

ღალი ტაბატი, აკაკი გასოკიძე

ბიორგანული ქიმია

სახელმძღვანელო

*სახელმძღვანელო შედგენილია
აფხაზეთის განათლებისა და კულტურის სამინისტროს
“აფხაზეთის მეცნიერთა მხარდაჭერის პროგრამის” ფარგლებში*

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა

თბილისი 2010

უაკ (UDC) 577.1 (057.8)

სახელმძღვანელო შედგენილია ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თსუ მეთოდსაბჭოს მიერ 2000 წელს დამტკიცებული პროგრამის მიხედვით. მასში ძირითადი ადგილი ეთმობა დაბალმოლეკულურ ბიორეგულატორებსა და ბიოპოლიმერებს, რომელთა გარეშე შეუძლებელია ცოცხალი მატერიის მნიშვნელოვან კომპონენტთა სტრუქტურულ-ფუნქციური შესწავლა. აღნიშნული კურსი განიხილავს ბუნებრივ ნაერთთა იმ უმნიშვნელოვანეს კლასებს, რომლებიც მთავარ როლს ასრულებენ სასიცოცხლო პროცესებში, სათანადო ყურადღება ეთმობა ბიორგანულ ნაერთთა ძირითადი კლასების წარმომადგენლების მიღებასა და ქიმიურ თვისებებს.

სახელმძღვანელო განკუთვნილია უნივერსიტეტის ქიმიის, ბიოლოგიისა და მედიცინის ფაკულტეტის ბაკალავრიატის, მაგისტრატურის და დოქტორანტურის სტუდენტებისათვის.

რედაქტორი: პროფესორი, რ. გახოკიძე

რეცენზენტები: პროფესორი, მ. გვერდწითელი
დოცენტი, მ. რამიშვილი

© თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 2010
© ლ. ტაბატაძე, ა. გახოკიძე

გამომცემლობა „უნივერსალი“, 2010

თბილისი, 0179, ი. ჭავჭავაძის გამზ. 19, : 22 36 09, 8(99) 17 22 30
E-mail: universal@internet.ge

ISBN 978-9941-17-089-8

შ ე ს ა ვ ა ლ ი

ბიორგანული ქიმიის საგანი და ამოცანები. ბიორგანული ქიმია წარმოადგენს თანამედროვე ქიმიის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან დარგს. იგი სასიცოცხლო პროცესების ქიმიური არსის შეცნობისა და მათი მიზანმიმართული რეგულირების საშუალებას იძლევა. ამ დარგის მომავალ პროგრესთანაა დაკავშირებული დაბერების პროცესის შენელება და განსაკუთრებით საშიში დაავადებების (კიბოს, ჰიპერტონიის, მემკვიდრული, სხივური და ფსიქიური დაავადებების, ადამიანის, ცხოველთა და მცენარეთა ინფექციურ დაავადებათა) ლიკვიდაცია. ფუნდამენტური ხასიათის პრობლემების დამუშავებასთან ერთად ბიორგანულმა ქიმიამ არსებობის მცირე ხნის განმავლობაში უდიდესი სტრატეგიული მნიშვნელობა მოიპოვა და საფუძველი ჩაუყარა თანამედროვე ტექნოლოგიებს. ბიორგანული ქიმია ბიოტექნოლოგიის საფუძველი გახდა. ანტიბიოტიკების, ვიტამინების, ჰორმონებისა და სხვა უნიკალური ნივთიერებების შექმნით მან განსაზღვრა ბიოლოგიის, მედიცინისა და სოფლის მეურნეობის დისციპლინების განვითარება.

ბიორგანული ქიმია შეისწავლის ცოცხალი მატერიის მნიშვნელოვანი კომპონენტების – ბიოპოლიმერებისა და დაბალმოლეკულური ბიორეგულატორების აღნაგობასა და ბიოლოგიურ ფუნქციებს. არსებითად, ბიორგანული ქიმია წარმოადგენს თანამედროვე ბიოლოგიის ქიმიურ ფუნდამენტს.

ბიოპოლიმერები მაღალმოლეკულური ბუნებრივი ნაერთებია, რომლებიც წარმოადგენს ცოცხალი ორგანიზმის სტრუქტურულ საფუძველს. მათ მიეკუთვნება პეპტიდები, ცილები, პოლისაქარიდები, ლიპიდები და ნუკლეინმჟავები. თვით ლიპიდები არ წარმოადგენს მაღალმოლეკულურ ნაერთებს, მაგრამ ორგანიზმში ისინი ჩვეულებრივ დაკავშირებულია სხვა ბიოპოლიმერებთან, რის გამოც მათ, როგორც წესი, ამ უკანასკნელთ მიაკუთვნებენ.

ბიორეგულატორები ისეთი ნაერთებია, რომლებიც არეგულირებენ ნივთიერებათა ცვლას ორგანიზმში. ასეთი ნაერთებია ვიტამინები, ჰორმონები, ანტიბიოტიკები და სხვა სინთეზური ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებები, ასევე მრავალი სამკურნალო დასახელების პრეპარატი.

ბიორგანული ქიმიის კვლევის ობიექტს – ცილების, ნუკლეინის მჟავების და სიცოცხლისათვის აუცილებელ სხვა ნივთიერებებთან ერთად, ნახშირწყლები წარმოადგენს. ნახშირწყლებისაგან წარმოიქმნება ყველა ორგანული ნივთიერება ჩვენს პლანეტაზე. მათ გარეშე დედამიწაზე სიცოცხლე შეუძლებელია. ისინი მონაწილეობენ ცოცხალ სტრუქტურათა წარმოქმნაში და ყველა ცოცხალი არსების ენერჯის უნივერსალურ წყაროს წარმოადგენენ. ნახშირწყლები ბუნებრივი საცხი ზეთებია, რომლებიც განაპირობებენ მრავალუჯრედიან ორგანიზმთა ნაწილების მექანიკურ გადაადგილებას და იცავენ ძვლის ქსოვილებს გადატეხვისაგან ხახუნის დროს; მათთანაა დაკავშირებული უჯრედის იმუნოქიმიური თვისებები. ისინი განაპირობებენ სისხლის ჯგუფურ სპეციფიკურობას და ქსოვილურ შემთავსებლობას; წარმოადგენენ ცილების ლპობის პროდუქტების, სინთეზური სამკურნალო პრეპარატებისა და სხვა ტოქსიკურ ნივთიერებათა გამაუვნებელ საშუალებებს. ნახშირწყლების ნაწარმებს წარმოადგენს მემკვიდრეობის მატარებელი ნივთიერებები – ნუკლეინის მჟავები, ზოგიერთი ვიტამინი, ანტიბიოტიკი და სხვადასხვა დანიშნულების სამკურნალო პრეპარატი (ვიტამინი C, ვიტამინი B₁₅, სტრეპტომიცინი, რიბოქსინი და სხვა). სიმსივნის საწინააღმდეგო ყველაზე ეფექტურად მოქმედი პრეპარატები მიღებულია ნახშირწყლების ბაზაზე.

მეცნიერება ნახშირწყლების შესახებ ტრადიციულად ვითარდებოდა სამი მიმართულებით:

1. მარტივი ნახშირწყლების აგებულების და თვისებების შესწავლა, რომლებიც შედგება 5-6 ნახშირბადის ატომისაგან;

2. როული პოლისაქარიდების სტრუქტურულ – ქიმიური ანალიზი, რომლებიც გვხვდებიან მცენარეულ ორგანიზმში და ცხოველთა სამყაროში, მათ აგებულებასა და ბიოლოგიურ ფუნქციას შორის კავშირის დადგენა;

3. ქიმიური ტექნოლოგიის საკითხების დამუშავება, ბუნებრივი ნედლეულისაგან ნახშირწყლების სამრეწველო მასშტაბით მიღება, მათი ქიმიური გარდაქმნის შესწავლა სასარგებლო ქიმიური პროდუქტების სინთეზის მიზნით. ამ გზით მიღებულმა წარმატებებმა დიდი წვლილი შეიტანა ისეთი მომიჯნავე მეცნიერების განვითარებაში, როგორცაა ბიოქიმია და ბიოფიზიკა, ფარმაკოლოგია და მედიცინა. ასევე ხელი შეუწყო დარგობრივი სამრეწველო წარმოების განვითარებას (ცელულოზა – ქაღალდის, ხელოვნური ბოჭკოს, საკვები და მიკრობიოლოგიური მრეწველობის წარმოებას).

მცენარეულ სამყაროში ყველაზე გავრცელებული პოლისაქარიდია ცელულოზა, რომელიც შედის უმაღლესი მცენარეების უჯრედშორისის შემადგენლობაში და ასრულებს კონსტრუქციული მასალის ფუნქციას, უზრუნველყოფს მაღალ მექანიკურ სიმტკიცეს და მცენარეული ქსოვილის ელასტიურობას. ცელულოზას სრული ჰიდროლიზით მიიღება სუფთა D-გლუკოზა. თუ მხედველობაში მივიღებთ იმ გარემოებას, რომ ყოველწლიურად დედამიწაზე ფოტოსინთეზის შედეგად წარმოიქმნება დაახლოებით 150-200 მილიარდი ტონა ცელულოზა, შეიძლება ითქვას, რომ ორგანულ ნივთიერებებს შორის ყველაზე მეტად გავრცელებულია გლუკოზა, რომელიც შედის ცელულოზას შედგენლობაში. გამოთვლილია, რომ ენერჯის რაოდენობა, რომელსაც იღებს დედამიწის ზედაპირი მზისგან ნახევარი წლის განმავლობაში, ექვივალენტურია ნავთობისა და ქვანახშირის მთელი მარაგისა დედამიწაზე.

ბიორგანული ქიმიის განვითარებაში დიდი წვლილი შეიტანა აკადემიკოსმა იური ანატოლის ძე ოფინინიკოვმა (1934-1998). 1970 წლიდან იგი ხელმძღვანელობდა ქ. მოსკოვში მ.მ. შემიაკინის (ამჟამად შემიაკინ-ოფინინიკოვის) სახელობის ბიორგანული ქიმიის ინსტიტუტს. აკადემიკოს ი.ა. ოფინინიკოვის და მისი მოსწავლეების მიერ გაშიფრულ იქნა მემბრანული ნერვული ბოჭკოს ფუნქციონირების მექანიზმი, რაც აუცილებელია დაავადებული ნერვული სისტემის მკურნალობის ახალი მეთოდის შემუშავებისათვის.

საქართველოში ნახშირწყლების ქიმიის ერთ-ერთ ფუძემდებლად აღიარებულია პროფესორი აკაკი გახოკიძე (1909-1964). უნდა აღინიშნოს, რომ მის მიერ მიღებული ნაერთები ამჟამად დიდი რაოდენობით იწარმოება მსოფლიოში. პროფესორმა აკაკი გახოკიძემ აფხაზეთში გავრცელებული მცენარეებიდან გამოყო უნიკალური პიგმენტები, დაადგინა მათი სტრუქტურა და დაამუშავა მათი სინთეზის მეთოდებიც. ამ ნაერთებს აღმოაჩნდათ გულის დაავადებათა და კიბოს საწინააღმდეგო თვისებები. სხვა მრავალრიცხოვან გამოკვლევებთან ერთად პროფესორმა აკაკი გახოკიძემ პირველმა დაიწყო საქართველოში ნავთობის (მირზაანის, შირაქის, სუფსის) საბადოების შესწავლა და გლუკოზიდან მიიღო ბენზინის მთავარი შემადგენელი კომპონენტი-იზოოქტანი. ამ გამოკვლევების საფუძველზე მან ჩამოაყალიბა ნახშირწყლებისაგან ნავთობის წარმოქმნის თეორია, რომელიც მხოლოდ 40 წლის შემდეგ იქნა დადასტურებული ექსპერიმენტულად კანადელი მეცნიერების მიერ. ერთ-ერთ ტაში აღმოჩენილ იქნა მიკროორგანიზმები, რომლებიც იწვევენ გლუკოზას, ე.წ. “ნავთობურ დუღილს”. ამ გამოკვლევებით საბოლოოდ დადგინდა იქნა, რომ ორგანული ნივთიერება (მათ შორის ნავთობიც კი) წარმოიქმნება ნახშირწყლებისაგან.

პროფესორმა ა. გახოკიძემ დაადგინა ზოგიერთი ბუნებრივი გლიკოზიდისა და საღებავის (აკრამერინი, ოლმელინი) მოლეკულის აღნაგობა და დაამუშავა მათი სინთეზის მეთოდები, რითაც ჩამოაყალიბა მცენარეებში ორგანულ მჟავათა წარმოქმნის ახალი შეხედულება. პირველმა გამოიყენა ნახშირწყლები სხვადასხვა წამლის ტოქსიკურობის შესამოწმებლად და მათი მოქმედების აქტიურობის გასადიდებლად. ამ მიმართულებამ შემდგომ ფართო გამოყენება პოვა მსოფლიო ფარმაცევტულ და სამედიცინო მეცნიერებაში.

ამჟამად, საქართველოში ნახშირწყლების ქიმიაში წარმატებით მუშაობს თბილისის ივანე ჯავახიშვილის სახელობის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ბიორგანული ქიმიის მიმართულება (1990 წლიდან) და ამავე სახელწოდების ლაბორატორია (1983 წლიდან),

რომლებიც ჩამოაყალიბა პროფესორმა რამაზ აკაკის ძე გახოკიძემ. პროფესორმა რამაზ გახოკიძემ აღმოაჩინა ნახშირწყლების შიდამოლეკულური გადაჯგუფების რეაქცია, რომელიც დღეს მსოფლიოში მის სახელს ატარებს. ამ რეაქციების საფუძველზე მიმართულებისა და ლაბორატორიის თანამშრომლებმა დაამუშავეს დეზოქსიშაქრების სინთეზის მარტივი მეთოდები, მათ შორის 2-დეზოქსირიბოზისა, რომელიც წარმოადგენს მემკვიდრეობითობის მატარებელი ნივთიერების, დნმ-ის ძირითად კომპონენტებს. მიღებულია აგრეთვე მცენარეთა ზრდის ახალი ტიპის რეგულატორები-ბიოენერგოაქტივატორები, მათი გამოყენებით მნიშვნელოვნად იზრდება სასოფლო-სამეურნეო კულტურათა მოსავლიანობა, იზრდება მოსავლის ხარისხობრივი მაჩვენებლები (ცილები, ამინმჟავები, ვიტამინები, მიკროელემენტები). მაგალითად, სიმინდის ნაყოფში იზრდება ძვირფასი ამინმჟავას-ლიზინის შემცველობა. როგორც ცნობილია ლიზინის ნაკლებობის გამო სიმინდი არასრულფასოვან საკვებს წარმოადგენს. ახალი პრეპარატებით დამუშავებული თესლით მიღებულ მოსავალში კი ლიზინის რაოდენობა თითქმის 1,5-ჯერ იზრდება, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის სიმინდის კვებით ღირებულებას.

ამჟამად, ბიორგანული ქიმიის მიმართულებით მუშავდება სამედიცინო დანიშნულების რამდენიმე პრეპარატი, რომლებიც ამჟღავნებენ მაღალ ფარმაკოლოგიურ აქტივობას, ეფექტურად მოქმედებენ ჰიპერტონიაზე, ნერვოზზე და სხვა დაავადებებზე, არეგულირებენ ნივთიერებათა ცვლას და აძლიერებენ ორგანიზმის სიცოცხლისუნარიანობას.

ნ ა ხ შ ი რ წ ყ ლ ე ბ ი

ნაშირწყლები ბუნებაში ფართოდ გავრცელებული ნაერთებია. ისინი ცილებთან და ლიპიდებთან ერთად წარმოადგენენ ორგანიზმის შემადგენლობაში შემავალ უმნიშვნელოვანეს ნაერთებს. ნახშირწყლები გავრცელებულია როგორც ცხოველურ (მშრალი მასის 2%), ისე მცენარეულ (მშრალი მასის 80%) სამყაროში. ადამიანის ორგანიზმში ნახშირწყლებს ძალზე მნიშვნელოვანი (ენერგეტიკული, სტრუქტურული, დაცვითი) ფუნქციები აკისრია. ისინი შედიან ნუკლეინის მუკებისა და შერეული ბიოპოლიმერების (გლიკოპროტეინები, გლიკოლიპიდები) შემადგენლობაში, რომლებიც უდიდეს როლს ასრულებენ სასიცოცხლო პროცესებში.

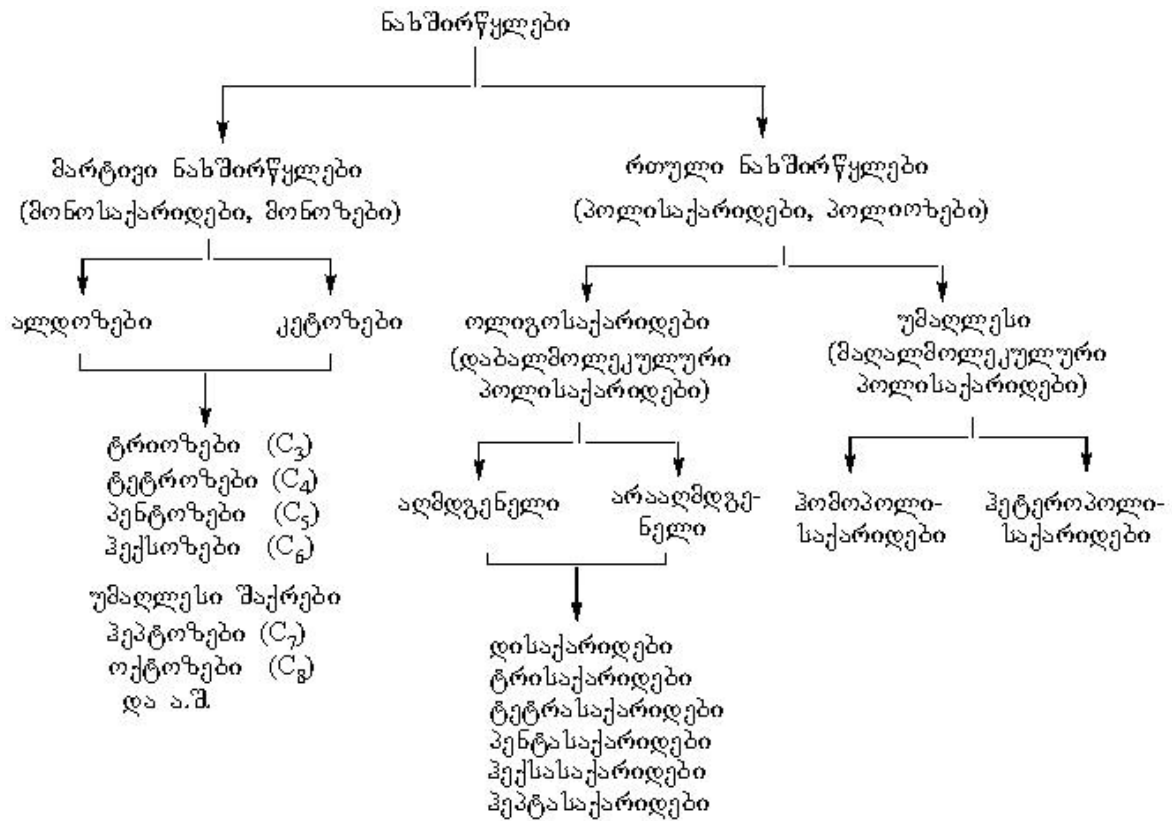
ნახშირწყლების ძირითადი წყაროა მცენარეები, სადაც ხდება მათი სინთეზი ფოტოსინთეზის გზით – ნახშირორჟანგისა და წყლისგან მზის სხივური ენერჯის ზემოქმედებით. მათი შემდგომი გარდაქმნით მიიღება ორგანულ ნივთიერებათა ის მრავალფეროვნება, რომელიც გვხვდება მცენარეებსა და ცხოველებში. ნახშირწყლების მეტაბოლიზმთანაა დაკავშირებული ცილების, ცხიმების, ნუკლეინის მუკებისა და სხვა ბიოორგანულ ნაერთთა სინთეზი.

ნახშირწყლები უზრუნველყოფენ ცოცხალი ორგანიზმის ყველა კომპონენტის ნორმალურ ფუნქციონირებას. ბუნებაში არ გვხვდება არც ერთი ცოცხალი უჯრედი, რომელიც თავისუფალი ან ბმული ფორმით არ შეიცავს ნახშირწყლებს. ნახშირწყლები ანუ შაქრები ისეთი პოლიფუნქციური ნაერთებია, რომელთა მოლეკულები შეიცავს კარბონილისა და ჰიდროქსილის ჯგუფებს. ნახშირწყლები იყოფა 2 დიდ ჯგუფად – მარტივი და რთული ნახშირწყლები. მარტივ ნახშირწყლებს მიეკუთვნება მონოსაქარიდები, რთულს ოლიგო- და პოლისაქარიდები.

მონოსაქარიდები, ანუ მარტივი ნახშირწყლები არ განიცდიან ჰიდროლიზს. პოლისაქარიდები მონოსაქარიდების პოლიკონდენსაციის პროდუქტებია და მათი მოლეკულები ათასობით მონოსაქარიდული ნაშთისგან შედგება. პოლისაქარიდების სრული ჰიდროლიზით წარმოიქმნება მარტივი ნახშირწყლები.

ოლიგოსაქარიდებს შუალედური ადგილი უკავიათ მონო- და პოლისაქარიდებს შორის. ნახშირწყლების კლასიფიკაცია მოცემულია 1-ელ სქემაზე.

აღდგენის ან კეტონის ჯგუფის შემცველობის მიხედვით მონოსაქარიდები იყოფა ალდოზებად და კეტოზებად. ნახშირბადატომთა რაოდენობის მიხედვით არჩევენ ტრიოზებს, ტეტროზებს, პენტოზებს და ა.შ. ექვსზე მეტ ნახშირბადატომთა შემცველ შაქრებს უმაღლესი შაქრები ეწოდება.



მარტივი ნახშირწყლები

მონოსაქარიდები

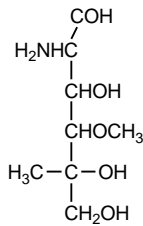
გავრცელება ბუნებაში. მონოსაქარიდები ბუნებაში გავრცელებულია, როგორც თავისუფალ მდგომარეობაში, ისე მათი წარმოებულების სახით (უფრო ხშირად ფოსფორმუავას ეთერების სახით), ან შედიან უფრო რთული ნივთიერებების – გლიკოზიდების, ოლიგო- და პოლისაქარიდების, გლიკოპროტეინების, გლიკოლიპიდების, ნუკლეინის მუავების და ბიოპოლიმერების შემადგენლობაში.

მონოსაქარიდებიდან ბუნებაში ყველაზე მეტად პენტოზები და ჰექსოზებია გავრცელებული, რომელთა შორის პირველი ადგილი D-გლუკოზას უკავია. იგი თავისუფალი სახით დიდი რაოდენობით შედის ყურძენში და სხვა ხილში. ფრუქტოზასთან ერთად გლუკოზას დიდი რაოდენობით შეიცავს თაფლი. ჰექსოზებიდან, გლუკოზის შემდეგ, ბუნებაში ფართოდ არის გავრცელებული D-გალაქტოზა და D-მანოზა. პენტოზებიდან გავრცელებულია L-არაბინოზა და D-ქსილოზა, რომლებიც შედიან მთელ რიგ პოლისაქარიდებსა და გლიკოზიდებში. სპეციფიკური ბიოლოგიური აქტიურობით ხასიათდება D-რიბოზა და 2-დეზოქსი-D-რიბოზა, რომელთაგანაც აგებულია რიბონუკლეინის და დეზოქსირიბონუკლეინის მუავას პოლიმერული ჯაჭვი.

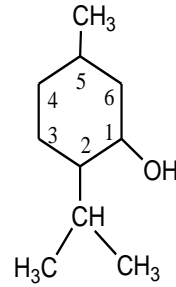
ნახშირწყლების ნომენკლატურა. ქიმიაში ბუნებრივი ნაერთების დასახელებისას ფართოდ გამოიყენება ტრივიალური სახელწოდებები. ეს სახელწოდებები გამოსახავს: ა) ნაერთის ბუნებრივ წყაროს, მაგალითად, ლაქტოზა გამოყოფილ იქნა რძიდან (ლათინურად “laqum”- რძეს ნიშნავს);

- ბ) ნაერთის განსაკუთრებულ თვისებას, მაგალითად, სახელწოდება გლიცერინი წარმოიშვა მისი ტკბილი გემოს გამო (ბერძნულად “glikus”- ტკბილს ნიშნავს);
- გ) ნაერთის მიღების მეთოდს, მაგალითად, პიროყურძენძეა მიიღება ყურძენძეას პიროლიზის შედეგად;
- დ) ნაერთის გამოყენების სფეროს, მაგალითად ასკორბინძეას იყენებენ სურავანდის საწინააღმდეგოდ (“skarbit”- სურავანდს ნიშნავს, “ა” კი უარყოფის მაჩვენებელია).

დღეისათვის მიღებულია თეორიული და გამოყენებითი ქიმიის საერთაშორისო კავშირის მიერ 1965 წელს უენევაში შემუშავებული ნომენკლატურა. მაგალითად:



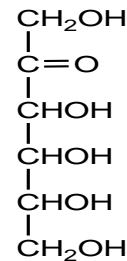
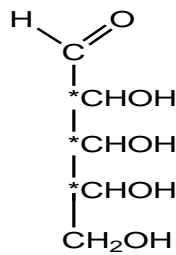
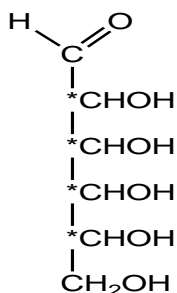
2-დეზოქსი-2-ამინო-4-0-მეთილ
5-C-მეთილჰექსოზა



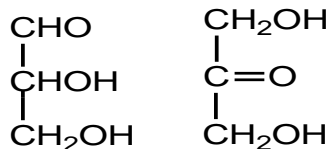
2-იზოპროპილ-5-მეთილ-ციკლოჰექსანოლ-1
მენტოლი, რომელიც შედის ვალიდოლის
შემადგენლობაში.

მონოსაქარიდების ფიზიკური თვისებები. მონოსაქარიდები წარმოადგენენ უფერო, ტკბილი გემოს მქონე კრისტალურ ნივთიერებებს. სხვადასხვა მონოსაქარიდის სიტკბო ერთმანეთისაგან განსხვავდება, მაგალითად, ფრუქტოზა 3-ჯერ უფრო ტკბილია გლუკოზაზე. მონოსაქარიდები კარგად იხსნება წყალში, სუსტად – სპირტში, გაცხელებით იშლებიან და ნახშირდებიან. მონოსაქარიდების ხსნარებს აქვთ ნეიტრალური რეაქცია.

მონოსაქარიდების აგებულება. მონოსაქარიდების ანუ მონოზების მოლეკულაში ერთდროულად შედის კარბონილის და ჰიდროქსილის ჯგუფები. კარბონილის ჯგუფი შეიძლება წარმოდგენილი იყოს როგორც ალდეჰიდის, ისე კეტონის ფორმით. ალდეჰიდის ჯგუფის შემცველ მონოსაქარიდებს ალდოზებს უწოდებენ, ხოლო კეტონური ჯგუფის შემცველ მონოსაქარიდებს – კეტოზებს. დაბოლოება “ოზა” დამახასიათებელია ნებისმიერი მონოსაქარიდისათვის: გლუკოზა, ფრუქტოზა, მანოზა და ა.შ. ჯაჭვში ნახშირბადის რაოდენობის მიხედვით არჩევენ: ტრიოზებს, ტეტროზებს, პენტოზებს, ჰექსოზებს და ა.შ. მონოსაქარიდიდან მთავარი ადგილი უკავიათ ალდოჰექსოზებს, ალდოპენტოზებს და კეტოჰექსოზებს.



უმარტივეს ალდოტრიოზას მიეკუთვნება გლიცერინის ალდეჰიდი, ხოლო უმარტივეს კეტოტრიოზას დიჰიდროქსიაცეტონი:



კარბონილისა და ჰიდროქსილის ჯგუფების გარდა მონოსაქარიდების მოლეკულაში შეიძლება შედიოდეს სხვა ფუნქციური ჯგუფებიც, მაგალითად, კარბოქსილის ან ამინის ჯგუფები. მონოსაქარიდებს, რომელიც ერთი ან რამდენიმე ჰიდროქსილის ჯგუფის ნაცვლად შეიცავენ წყალბადის ატომებს, ეწოდება დეზოქსიშაქრები, ხოლო ამინშაქრების შემთხვევაში ჰიდროქსილის ჯგუფი ჩანაცვლებულია ამინის ჯგუფით.

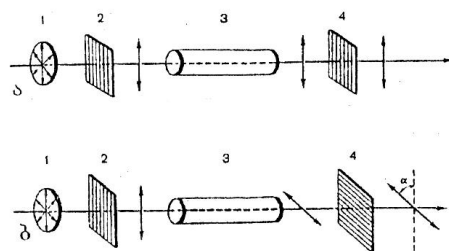
სტერეოიზომერია. სტერეოიზომერია იზომერიის ფორმაა, რომლის დროსაც მოლეკულებს გააჩნიათ ატომთა ქიმიური ბმების ერთნაირი თანმიმდევრობა და ამ ატომთა განსხვავებული განლაგება სივრცეში. სტერეოიზომერია შეიძლება იყოს ორი სახის: ოპტიკური და გეომეტრიული.

მონოსაქარიდების მოლეკულები შეიცავს ასიმეტრიულ ნახშირბადატომებს, რომელთა რიცხვი ჯაჭვის სიგრძის ზრდასთან ერთად მატულობს. ოპტიკური იზომერიის რაოდენობა განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით: $A=2^n$, სადაც n ასიმეტრიულ (ხირალურ) ნახშირბადატომთა რაოდენობაა. მაგალითად, ალდოპენტოზაში სამი ხირალური ცენტრია, აქედან გამომდინარე, სტერეოიზომერთა რიცხვია 2^3 ანუ 8; ალდოჰექსოზაში ოთხი ხირალური ნახშირბადატომია და სტერეოიზომერთა რიცხვია 2^4 ანუ 16. ტერმინი “ხირალობა” აღნიშნავს, რომ ნებისმიერი ორი მოლეკულა ერთმანეთის მიმართ ისეთ მდგომარეობაშია, როგორც მარჯვენა და მარცხენა ხელი, ე.ი. წარმოადგენენ ერთმანეთის სარკულ გამოსახულებებს, რომელთა შეთავსება სივრცეში არ ხერხდება. მოლეკულის ხირალობა განპირობებულია მასში ხირალური ცენტრის არსებობით. ამ როლს ასრულებს sp^3 -ჰიბრიდიზებულ მდგომარეობაში მყოფი ატომი, რომელიც დაკავშირებულია ოთხ სხვადასხვა ჩამნაცვლებელთან (მას ასიმეტრიულს უწოდებენ, რადგან არ გააჩნია სიმეტრიის ელემენტები).

სტერეოიზომერებს ყოფენ ენანტიომერებად და დიასტერეომერებად. ენანტიომერები ისეთი სტერეოიზომერებია, რომელთა მოლეკულები ისე შეესაბამება ერთმანეთს, როგორც საგანი და მასთან შეუთავსებადი მისი სარკული გამოსახულება. სტერეოიზომერებს, რომელთა მოლეკულები არ შეესაბამება ერთმანეთს როგორც საგანი და მისი სარკული გამოსახულება და მათ აქვთ განსხვავებული ფიზიკური და ქიმიური თვისებები, დიასტერეომერებს უწოდებენ. ენანტიომერებს გააჩნია სინათლის პოლარიზაციის სიბრტყის ბრუნვის უნარი, ე.ი. ოპტიკური აქტივობა; აქედან წარმოიშვა მათი მეორე სახელწოდება – ოპტიკური იზომერები.

ოპტიკური აქტივობის განსაზღვრა ხდება პოლარიმეტრის (სქემა 2) საშუალებით, იგი შედგება 2 პრიზმისაგან, რომელთა შორის მოთავსებულია პოლარიმეტრული მილი (3), რომელშიც თავსდება ოპტიკურად აქტიური ნივთიერების ხსნარი. ერთ პრიზმაში ხდება სინათლის სხივის პოლარიზება; მას ეწოდება პოლარიზატორი (2), მეორე პრიზმა არის ანალიზატორი (4), რომელიც ატარებს პოლარიმეტრის მილიდან გამოსულ სხივს. სინათლე განიხილება, როგორც ელექტრომაგნიტური ტალღების ერთობლიობა, რომელიც ირხევა სხვადასხვა სიბრტყეში. თუ ამგვარი სინათლე გატარდება ნიკოლას პრიზმაში, იგი ბრტყლად პოლარიზებული გახდება – მასში ტალღები ერთ სიბრტყეში დაიწყებს რხევას.

პოლარიმეტრი

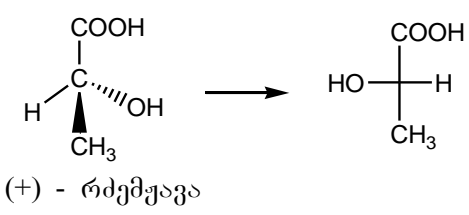


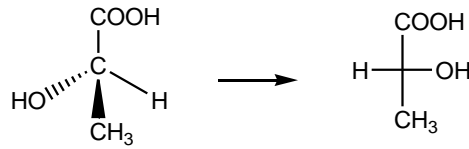
1. სინათლის წყარო
2. პოლარიზატორი
3. პოლარიმეტრული მილი
4. ანალიზატორი

ენანტიომერები ერთნაირი კუთხით, მაგრამ განსხვავებული მიმართულებით აბრუნებენ სინათლის პოლარიზაციის სიბრტყეს: ერთი მარცხნივ მბრუნავია, ხოლო მეორე მარჯვნივ მბრუნავი, ამიტომ მათ ოპტიკურ ანტიპოდებსაც უწოდებენ. მარჯვნივ ბრუნვას აღნიშნავენ (+)-ით, ხოლო მარცხნივ ბრუნვას (-) - ით. ენანტიომერების თანაბარი რაოდენობის ნარევის რაცემატი ეწოდება. მას ოპტიკური აქტივობა არ გააჩნია და აღნიშნავენ (±) ნიშნით.

სხვადასხვა ნაერთის მიერ სინათლის პოლარიზაციის სიბრტყის ბრუნვის ხარისხის აღსანიშნავად შემოღებულია ხვედრითი ბრუნვის ცნება $[\alpha]_D = \frac{100\alpha}{lc}$, სადაც

α – ბრუნვის კუთხეა (გრადუსებში), C – ნიმუშის კონცენტრაცია (ნივთიერების გრამების რაოდენობა 100მლ გამსხნელში), ხოლო L - პოლარიმეტრის კიუვეტის სიგრძე (დეციმეტრებში). უნდა აღინიშნოს, რომ რომელიმე ნაერთის ენანტიომერთა ხვედრითი ბრუნვის სიდიდე ერთნაირია. მაგალითად, რძემჟავაში $CH_3-C^*HOH-COOH$, მასში ერთი ქირალური ნახშირბადის ატომია. რძემჟავა შეიძლება არსებობდეს ენანტიომერის და მათი რაცემატის სახით. მიუხედავად იმისა, რომ სამგანზომილებიანი ფორმულები ძალიან კარგად ასახავს ხირალური მოლეკულების სტრუქტურას, მათი გამოყენება ფორმულების გრაფიკულად გამოსახვისას მოუხერხებელია (განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც მოლეკულაში რამდენიმე ხირალური ცენტრია). აღნიშნული პრობლემის გადასაწყვეტად ემილ ფიშერმა შეიმუშავა მეთოდი ასეთი სტრუქტურების ორ განზომილებაში (სიბრტყეზე) გამოსახვისათვის. ამ მიზნით მოლეკულა ისე უნდა შემოვაბრუნოთ, რომ ჰორიზონტალურად განლაგებული ჯგუფები მიმართული იყოს დამკვირვებლისაკენ, ხოლო ვერტიკალურად განლაგებული ჯგუფები დამკვირვებლის საპირისპირო მიმართულებით, შემდეგ კი მოვახდინოთ მისი პროექცირება სიბრტყეზე. ნახშირბადის ხირალური ატომი, რომელიც ტეტრაედრის ცენტრშია მოთავსებული, გადააქვთ სიბრტყეზე ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ხაზების გადაკვეთის წერტილში. მაგალითად, რძემჟავას ენანტიომერები შემდეგნაირად გამოისახება ფიშერის პროექციული ფორმულებით:





(-) - რქემუაჲა

აბსოლუტური კონფიგურაციის განსაზღვრა შესაძლებელი გახდა მხოლოდ რენტგენოსტრუქტურული ანალიზის გამოყენებით. პირველი ნაერთი, რომლისთვისაც (1951წ.) განსაზღვრულ იქნა აბსოლუტური კონფიგურაცია, იყო (+)-ღვინომუაჲა.

კონფიგურაციის სტანდარტად, როზანოვის წინადადებით, მიღებულ იქნა (1906წ.) გლიცერინის ალდეჰიდი, რომლის მარცხნივ და მარჯვნივ მბრუნავ ენანტიომერებს მიაწერეს განსაზღვრული კონფიგურაცია და აღნიშნეს, როგორც D-(+) და L-(-) გლიცერინის ალდეჰიდები.

გლიცერინის ალდეჰიდის ენანტიომერები



D-(+)გლიცერინის ალდეჰიდი L-(-)გლიცერინის ალდეჰიდი

D-სტერეოქიმიურ რიგს მიეკუთვნება D-გლიცერინის ალდეჰიდის მონათესავე ნაერთები ხირალური ცენტრის ისეთი კონფიგურაციით, როცა ფუნქციური ჯგუფები (-OH, -NH₂, -Hal) ფიშერის პროექციაში განლაგებულია ვერტიკალური ხაზის მარჯვნივ, L-რიგში კი მარცხნივ. თუ ალდოზის ბოლო ხირალურ ცენტრთან ჰიდროქსილის კონფიგურაცია ისეთივეა, როგორც D-გლიცერინის ალდეჰიდში, მაშინ ალდოზა ეკუთვნის D-რიგს. თუ ალდოზის ბოლო ხირალურ ცენტრთან ჰიდროქსილის კონფიგურაცია ისეთივეა, როგორც L-გლიცერინის ალდეჰიდში, მაშინ ალდოზა ეკუთვნის L-რიგს. D,L-სისტემა ხშირად გამოიყენება ამინმუაჲებისა და ნახშირწყლების ქიმიაში.

სტერეოიზომერების გამოსახვისთვის იყენებენ ფიშერის პროექციულ ფორმულებს. ნახშირბადული ჯაჭვი მათში ვერტიკალურადაა განლაგებული. ამასთან ალდოზებში მაღლა ათავსებენ ალდეჰიდის ჯგუფს, ხოლო კეტოზებში – პირველად სპირტულ ჯგუფს, რომელსაც მოსდევს კეტონური ჯგუფი. ქვემოთ მოყვანილია D-რიგის ალდოზების (სქემა 3) და D-რიგის კეტოზების (სქემა 4) აღნაგობა.

სტერეოქიმიურ ნომენკლატურაში D,L-სისტემა უფრო ხშირად იცვლება ახალი R,S-სისტემით, სადაც პირველ რიგში მიმდევრობით ისაზღვრება ხირალურ ცენტრთან დაკავშირებული ჩამნაცვლებლის უფროსობა შემდეგი კრიტერიუმით:

1. ორი ჩამნაცვლებლიდან ის არის უფროსი, რომელიც შეიცავს ხირალურ ცენტრთან უშუალოდ დაკავშირებული ელემენტის ატომს უფრო მაღალი ატომური ნომრით. მაგალითად: $I > Br > Cl > SH > F > OH > NH_2 > CH_3 > H$
2. თუ უშუალოდ ხირალურ ცენტრთან ბმული ორი ან მეტი ატომი ერთნაირია, მაშინ ჩამნაცვლებლის უფროსობა განისაზღვრება უკვე მათთან დაკავშირებულ ატომთა ატომური ნომრით. მაგალითად:
 $CH_2SH > CH_2OH > CH_2NH_2 > CH_2CH_3 > CH_2CH_2$
 $CH_2SH > CH_2CH_2OH > CH_2CH_2NH_2 > CH_2CH_2CH_3 > CH_2CH_3$
3. თუ მეორე (ან შემდგომი) შრის ატომებიც ერთნაირია, მაგრამ ასეთ ატომთა რიცხვი განსხვავებულია, მაშინ ის ჯგუფია უფროსი, რომელიც შეიცავს მეტ ჩამნაცვლებელს უფრო მაღალი ატომური ნომრით. მაგალითად, $CHCl > CH_2Cl$.
4. როდესაც ხირალურ ცენტრთან მდგარი ატომები ჯერადი ბმებით უკავშირდება სხვა ატომებს, მაშინ ამ უკანასკნელთა რიცხვი ორკეცდება (ორმაგი ბმების შემთხვევაში) ან სამკეცდება (სამმაგი ბმის შემთხვევაში).

აქედან გამომდინარე: $COOH > CN > COH > CH_2OH$. ჩამნაცვლებელთა უფროსობის დადგენის შემდეგ მოლეკულას უყურებენ ყველაზე უმცროსი ჩამნაცვლებლის საპირისპირო მხრიდან. თუ ამ შემთხვევაში დარჩენილი სამი ჩამნაცვლებელი დამკვირვებლისაკენ მიბრუნებულ ტეტრაედრის ფუძეზე უფროსობის შემცირების მიხედვით განლაგდება საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით, მაშინ ნაერთის ხირალური ცენტრის კონფიგურაციას აღნიშნავენ R ასოთი (ლათინურად *rectus* – ნიშნავს სწორს), ხოლო თუ ისინი განლაგდება საათის ისრის მოძრაობის საწინააღმდეგო მიმართულებით – S ასოთი (ლათინურად *sinister* ნიშნავს არასწორი). მაგალითად, რქემუავაში ხირალურ ცენტრთან დაკავშირებულ ჩამნაცვლებელთა უფროსობა ასეთი თანმიმდევრობით მცირდება: $OH > COOH > CH_3 > H$ ყველაზე უმცროსი ჩამნაცვლებელია H-ის ატომი, თუ მისი საპირისპირო მხრიდან შევხედავთ D-რქემუავას მოლეკულის სივრცით მოდელს, მისი ხირალური ნახშირბადის ატომი იქნება R-კონფიგურაციის, ხოლო L-რქემუავას შემთხვევაში S-კონფიგურაციისა.

მონოსაქარიდების და მათი ნაწარმების კონფორმაცია. კონფორმაცია განსაზღვრული კონფიგურაციის მოლეკულაში ატომთა სივრცითი განლაგებაა.

ნაჯერი ნახშირწყალბადების ჰომოლოგიურ რიგში, ეთანთან დაწყებული, ჩნდება ნახშირბადატომებს შორის არსებული მარტივი σ -ბმის გარშემო ბრუნვის შესაძლებლობა მოლეკულის ქიმიური აღნაგობის შეუცვლელად. ამის შედეგად იცვლება ჩამნაცვლებელთა სივრცითი განლაგება ერთმანეთის მიმართ. ბრუნვის კუთხეს ეწოდება ტორსიული კუთხე. ამ კუთხის სიდიდის მიხედვით მოლეკულამ შეიძლება მიიღოს განსხვავებული გეომეტრიული ფორმები ანუ კონფორმაციები.

ამჟამად, კონფორმაციის გამოსახვისას იყენებენ ნიუმენის პროექციულ ფორმულებს, რომელთა მიღება შეიძლება მოლეკულის პროექციის გადატანისას სივრცეზე C-C ბმის გასწვრივ. დამკვირვებლიდან უფრო დაშორებულ ნახშირბად ატომს გამოსახავენ წრით, ხოლო ახლოს მყოფს – წერტილით ამ წრეში. თითოეული ნახშირბადატომის სამი ბმა გამოსახება ხაზებით, რომლებიც გამოდის წრის ცენტრიდან (უახლოესი ნახშირბადატომისათვის), ან მის გარედან (დაშორებული ნახშირბადატომისათვის).

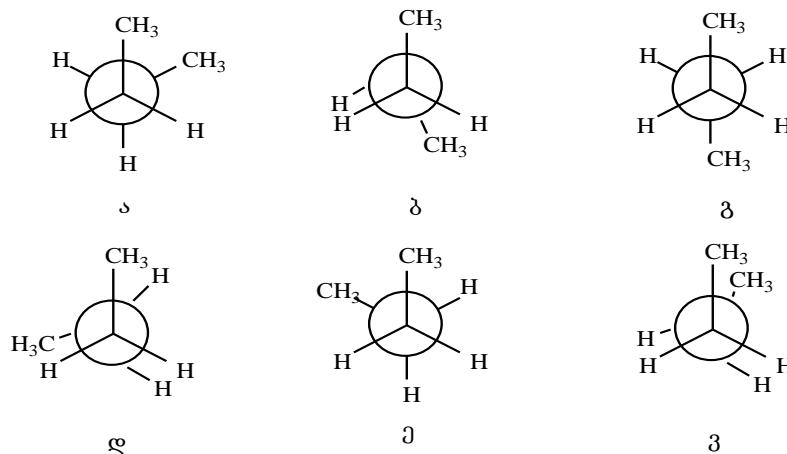
ამრიგად, წარმოიქმნება სხვადასხვა კონფორმაციული იზომერები, რომელთა ურთიერთგადასვლა ხორციელდება ქიმიური ბმების გაწყვეტის გარეშე. პირობითად, მინიმალურ ტორსიულ კუთხედ, რომლიდანაც იწყება ათვლა, მიჩნეულია 60° . კონფორმაციებს, რომლებშიც ჩამნაცვლებლები ყველაზე ახლოს იმყოფება

ერთმანეთთან, გადაფარული ეწოდება. მათ გააჩნიათ მაქსიმალური ენერგია. კონფორმაციებს, რომლებშიც ჩამნაცვლებლები ყველაზე უფრო დაშორებულია ერთმანეთისაგან სივრცეში, დამუხრუჭებული ეწოდება. მათ გააჩნიათ მინიმალური ენერგია. კონფორმაციებს, რომლებშიც ჩამნაცვლებლებს შორის კუთხე არის 60° , აცდენილი ეწოდება.

აციკლურ ნაერთებში გვხვდება დაძაბულობის ორი ტიპი: ტორსიული და ვანდერ-ვაალსური. როცა ბმები ერთმანეთის პირისპირ ხვდება, მათ შორის ადგილი აქვს ელექტრონულ განზიდვას. მოლეკულაში იქმნება დაძაბულობა, რომელსაც ტორსიული დაძაბულობა ეწოდება. რთულ ნაერთებში ხდება მოცულობითი ჩამნაცვლებლების ურთიერთგანზიდვა, რაც იწვევს სისტემის ენერგიის ზრდას ანუ დაძაბულობის წარმოქმნას. დაძაბულობა, რომელიც წარმოიქმნება ჩამნაცვლებელთა განლაგებით მანძილზე, ეწოდება ვან-დერ-ვაალსური დაძაბულობა.

ცენტრალური C-C ბმის გარშემო (360° -ით სრული შემობრუნებისას) ნ-ბუტანში წარმოიქმნება 6 კონფორმაცია (სურ.1), რომელთა შორის ყველაზე ხელსაყრელია დამუხრუჭებული (გ) კონფორმაცია. ტორსიული კუთხე ორ მეთილის ჯგუფს შორის არის 180° (ბ) და (დ) კონფორმაციებში გადაფარულ მდგომარეობაშია მეთილის ჯგუფი და წყალბადის ატომი, ხოლო (ვ) კონფორმაციაში კი – ორი მეთილის ჯგუფი, ამიტომ ამ უკანასკნელ კონფორმაციას გააჩნია მაქსიმალური ენერგია. (ა) და (ე) კონფორმაციებში ორ მეთილის ჯგუფს შორის კუთხე 60° -ია. ეს კონფორმაციები აცდენილია, მათი ენერგია 3,5 კჯ/მოლით მეტია დამუხრუჭებული კონფორმაციის ენერგიაზე.

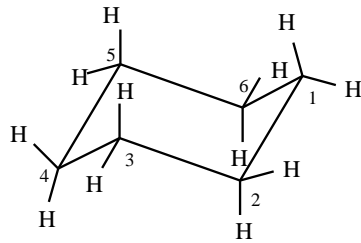
სურ. 1



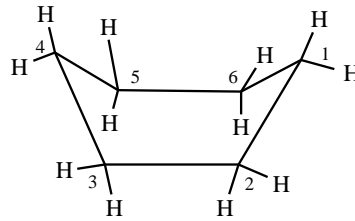
ნ-ბუტანის კონფორმაციები

ციკლური ნახშირწყალბადებისათვის, გარდა ტორსიული და ვანდერ-ვაალსური დაძაბულობისა, დამახასიათებელია ბაიერის დაძაბულობა, რომლის სპეციფიკურობა გამოწვეულია ჩაკეტილი ჯაჭვის ციკლის არსებობით და ბრტყელი აღნაგობით, ამ დროს ხდება შიგა ვალენტური კუთხეების მნიშვნელოვანი გადახრა $109,5^\circ$ -დან. დაძაბულობას, რომელიც გამოწვეულია ციკლში ნახშირბადატომებს შორის ვალენტური კუთხეების ნორმალური მნიშვნელობიდან ($109,5^\circ$) გადახრით, ეწოდება კუთხური ანუ ბაიერის დაძაბულობა.

ნ-ბმების გარშემო ნახშირბადატომების ბრუნვის ხარჯზე ციკლოპექსანი წარმოქმნის ნაკლებად დაძაბულ არაბრტყელ კონფორმაციებს, რომელთა შორის შედარებით მდგრადია “სავარძლის” და “აბაზანის” ანუ “ნავის” კონფორმაციები. ორივე კონფორმაცია თავისუფალია კუთხური დაძაბულობისაგან, რადგან მათში ვალენტური კუთხეები $109,5^\circ$ -ის ტოლია:



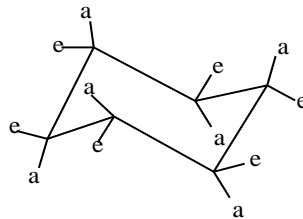
სავარძლის კონფორმაცია



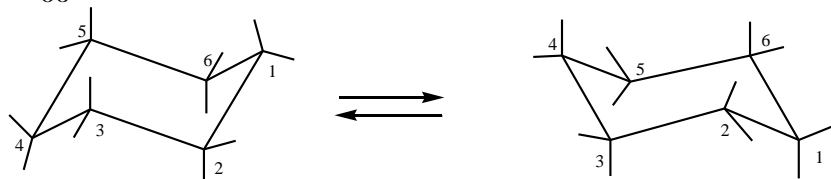
აბაზანის კონფორმაცია

ციკლოჰექსანის სავარძლის კონფორმაციაში არც წყალბადის და არც ნახშირბადის ატომები არ გვხვდება გადაფარულ მდგომარეობაში (მათ გააჩნიათ მინიმალური ენერგია), აბაზანის კონფორმაციაში ნახშირბადატომების ორ წყვილთან C-2, C-3, C-5, C-6 წყალბადის ატომები იმყოფება გადაფარულ მდგომარეობაში, რაც იწვევს ენერგიის ზრდას, ამ კონფორმაციის ენერგია 35 კჯ/მოლით მეტია სავარძლის კონფორმაციის ენერგიაზე, რის გამოც ოთახის ტემპერატურაზე ციკლოჰექსანის 99,9% იმყოფება სავარძლის კონფორმაციაში.

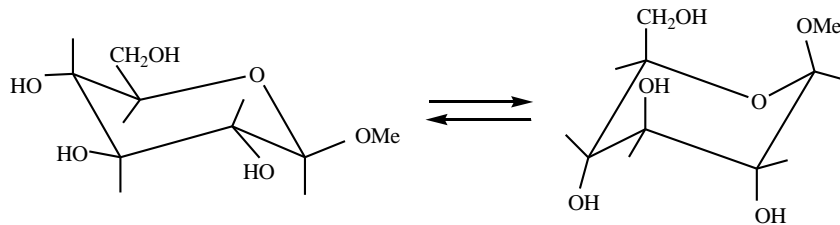
როდესაც ციკლოჰექსანის სავარძლისებრ კონფორმაციებში ექვსი C-H ბმა სიმეტრიის ღერძის პარალელურია, მიმართულია მონაცვლეობით ზევით და ქვევით, ასეთ ბმებს აქსიალური (a) ეწოდება, დარჩენილი ექვსი C-H ბმა ორიენტირებულია ღერძის მიმართ $109,5^{\circ}$ -ით. ამ ბმებს ეკვატორიალურს (e) უწოდებენ.



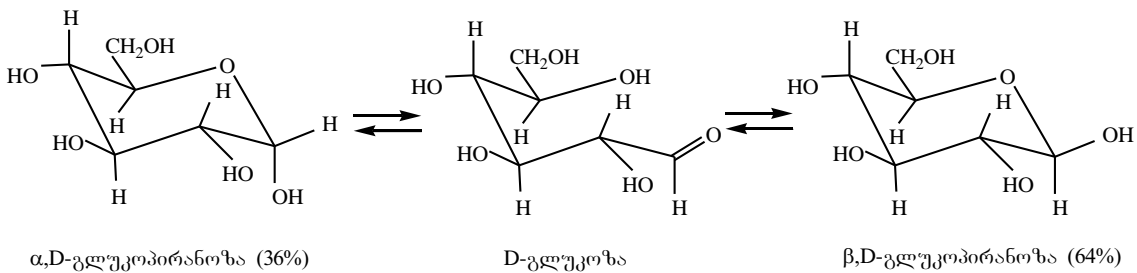
ასევე, ციკლოჰექსანისათვის შესაძლებელია ორი ენერგეტიკულად ერთნაირი სავარძლის კონფორმაციის არსებობა. მათი ერთმანეთში გადასვლისას აქსიალური ბმები ეკვატორიალური ხდება, ხოლო ეკვატორიალური – აქსიალური. ამ პროცესს ციკლის ინვერსია ეწოდება. ინვერსია მიმდინარეობს სწრაფად და ციკლოჰექსანი წარმოადგენს თანაბარი ენერგიების მქონე ორი სავარძლის კონფორმაციის წონასწორულ ნარევის:



პირანოზებისა და მათი ნაწარმების კონფორმაცია ციკლოჰექსანის კონფორმაციების მსგავსია, მაგრამ უანგზადატომის არსებობა ციკლში ზრდის შესაძლო კონფორმაციების რიცხვს. აბაზანის კონფორმაცია აქ პრაქტიკულად არ გვხვდება. სავარძლის ორი შესაძლო კონფორმაციიდან ენერგეტიკულად ის არის უფრო ხელსაყრელი, რომელშიც მოცულობითი ჩამნაცვლებლები (-OH, -CH₂OH, -NHAc და ა.შ.) ეკვატორიალურ მდგომარეობაშია:



D-გლუკოპირანოზის შემთხვევაში ჭარბობს β-ანომერი, რადგანაც α-ანომერისაგან განსხვავებით მასში ნახევარაცეტალური ჰიდროქსილის ჯგუფი, სხვა ჰიდროქსილის ჯგუფების მსგავსად, ეკვატორიალურ მდგომარეობაშია:



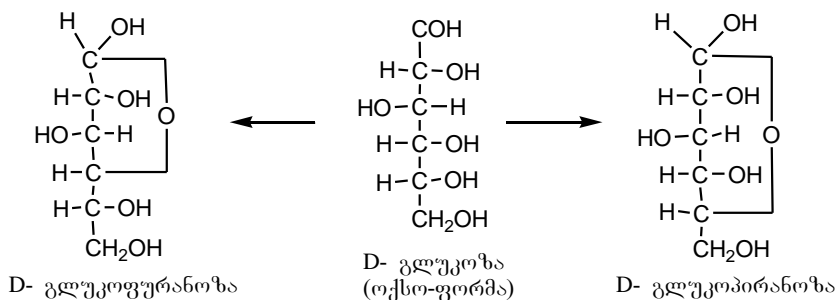
პირანოზების კონფორმაციათა სტაბილურობაში მნიშვნელოვანი წვლილი შეაქვს ე.წ. “ანომერულ ეფექტს” C-1 ატომთან არსებულ ელექტროუარყოფით ჩამაცვლებლებისა და ციკლის ჟანგბადატომის გაუნაწილებელი ელექტრონული წყვილის დიპოლ-დიპოლურ ურთიერთქმედებას, რის შედეგადაც აღნიშნული ჩამნაცვლებელი ცდილობს აქსიალური მდგომარეობის დაკავებას.

მონოსაქარიდების ციკლური სტრუქტურა. ტავტომერია. მონოსაქარიდები ძირითადად, ნახევარაცეტალური ციკლური ფორმების სახით არსებობს, რომელთა წარმოქმნა ხორციელდება მონოსაქარიდის კარბონილისა და ჰიდროქსილის ჯგუფების ურთიერთქმედების შედეგად.

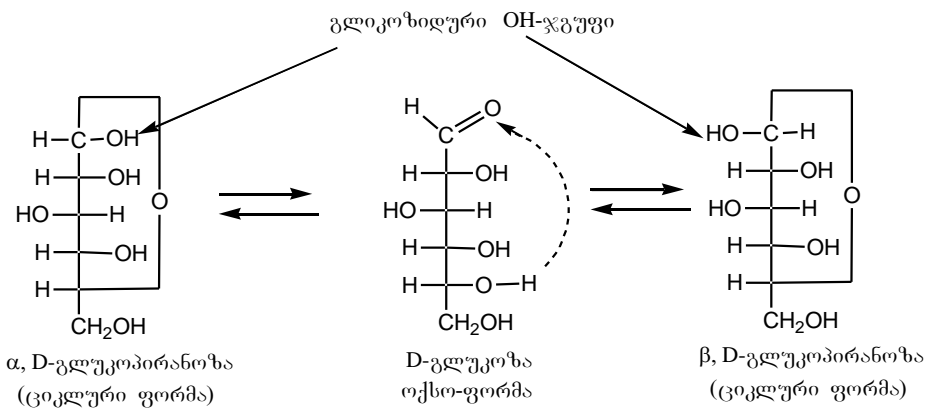
შაქრების ციკლური ფორმების არსებობის შესახებ ვარაუდი გამოთქვა ა. კოლიმ (1870წ.), შემდგომში კი (1883წ) ეს მოსაზრება განავითარა გერმანელმა მეცნიერმა ბ. ტოლენსიმ. მე-20 საუკუნის 20-იან წლებში უ. ჰეუროსმა ექსპერიმენტულად დაადგინა ზოგიერთი მონოსაქარიდის ციკლის ზომა. ექვსწევრიანი ციკლებით გამოსახულ ნახშირწყლებს პირანოზები ეწოდა, ხოლო ხუთწევრიანი ციკლებით გამოსახულთ ფურანოზები.

მონოსაქარიდის მოლეკულაში შესაძლებელია ოქსოჯგუფის დაახლოება სივრცეში მეოთხე ან მეხუთე ნახშირბადის ატომთან, რის შედეგადაც ხდება შიდამოლეკულური ურთიერთქმედება და ციკლური ნახევარაცეტალის წარმოქმნა.

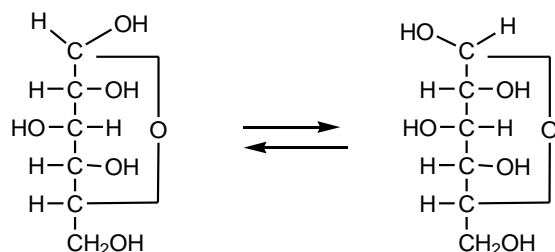
აღლოჰექსოზებში აღდეჰიდის ჯგუფთან რეაქციაში უპირატესად შედის მეხუთე ნახშირბადის ატომთან მდებარე ჰიდროქსილის ჯგუფი, რადგანაც ამ დროს წარმოიქმნება მდგრადი ექვსწევრიანი ციკლი. მეოთხე ნახშირბადის ატომთან მდებარე ჰიდროქსილის ჯგუფის ურთიერთქმედების შედეგად კი მიიღება ხუთწევრიანი ციკლი.



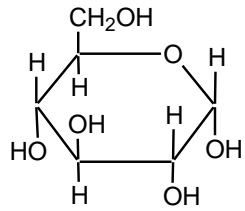
მონოსაქარიდებს ციკლურ ფორმაში პირველ ადგილას ემატება კიდევ ერთი ასიმეტრიული ნახშირბადი. თუ ალდეჰიდური ფორმით ალდოჰექსოზა ოთხ ასიმეტრიულ ნახშირბადს შეიცავს, ციკლური სახით იგი შეიცავს ხუთ ასიმეტრიულ ნახშირბადს. ამიტომ, იზომერთა რიცხვი ორკეცდება და ალდოჰექსოზებს ექნებათ $2^5=32$ იზომერი. ციკლურ ფორმაში ალდოზის პირველი ნახშირბადატომი (C-1) ხირალური ხდება და მას ანომერული ნახშირბადატომი ეწოდება, ხოლო ალდოზებს, რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან C-1-თან დაკავშირებული H და OH კონფიგურაციით, ანომერები ეწოდება. D-გლუკოზა არსებობს ორი ფორმით – α ,D-გლუკოზისა და β ,D-გლუკოზის ფორმით. α -ფორმა მიიღება მაშინ, როდესაც პირველ ნახშირბადთან მდებარე ჰიდროქსილი მეორე ნახშირბადთან მდებარე ჰიდროქსილის მიმართ იმყოფება ცის-მდგომარეობაში; β -ფორმა ეწოდება იმ ფორმას, რომელშიც პირველ ნახშირბადთან მდებარე ჰიდროქსილი მეორე ნახშირბადთან მდებარე ჰიდროქსილთან ტრანს-მდგომარეობაში.



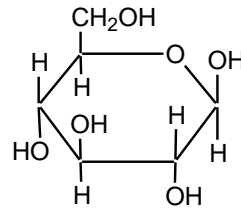
ანომერები დიასტერეომერებს წარმოადგენენ და ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან პოლარიზაციის სიბრტყის ბრუნვის კუთხით. მყარ მდგომარეობაში მონოსაქარიდებს ციკლური აღნაგობა აქვს. D-გლუკოზა მიიღება სპირტიდან ან წყლიდან გამოკრისტალებისას α ,D-გლუკოპირანოზის სახით, ხოლო პირიდინიდან გამოკრისტალებისას β ,D-გლუკოპირანოზის სახით. ისინი განსხვავებული კუთხით აბრუნებენ სინათლის პოლარიზაციის სიბრტყეს. α ,D-გლუკოზის ხვედრითი ბრუნვის კუთხეა $+112^\circ$, β ,D-გლუკოზის $+19^\circ$. თითოეული ამ ანომერის ხსნარის დაყოვნებისას ადგილი აქვს ხვედრითი ბრუნვის კუთხის ცვლილებას $+52,5^\circ$ -მდე. α ,D-გლუკოზის ხვედრითი ბრუნვის კუთხე თანდათანობით იკლებს და $+112^\circ$ -დან დადის $+52,5^\circ$ -მდე, ხოლო β ,D-გლუკოზის ხვედრითი კუთხე $+19^\circ$ თანდათან იზრდება $+52,5^\circ$ -მდე, რის შემდეგ უცვლელი რჩება. ამ პროცესს მუტაროტაცია ეწოდება.



ამ პროცესის ქიმიური საფუძველია მონოსაქარიდების ტაუტომერული ანუ ციკლურ და ღია ფორმებს შორის წონასწორობის დამყარება. ალდოზების და კეტოზების სტრუქტურებს ხშირად გამოსახავენ ჰეუორსის ფორმულებით. მაგალითად, D-გლუკოზა პირანოზული ფორმით ასე გამოისახება:

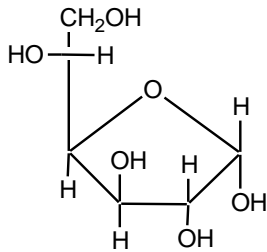


α, D-გლუკოპირანოზა

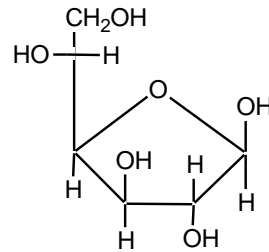


β, D-გლუკოპირანოზა

ხოლო ფურანოზული ფორმით ასე გამოსახვენ:

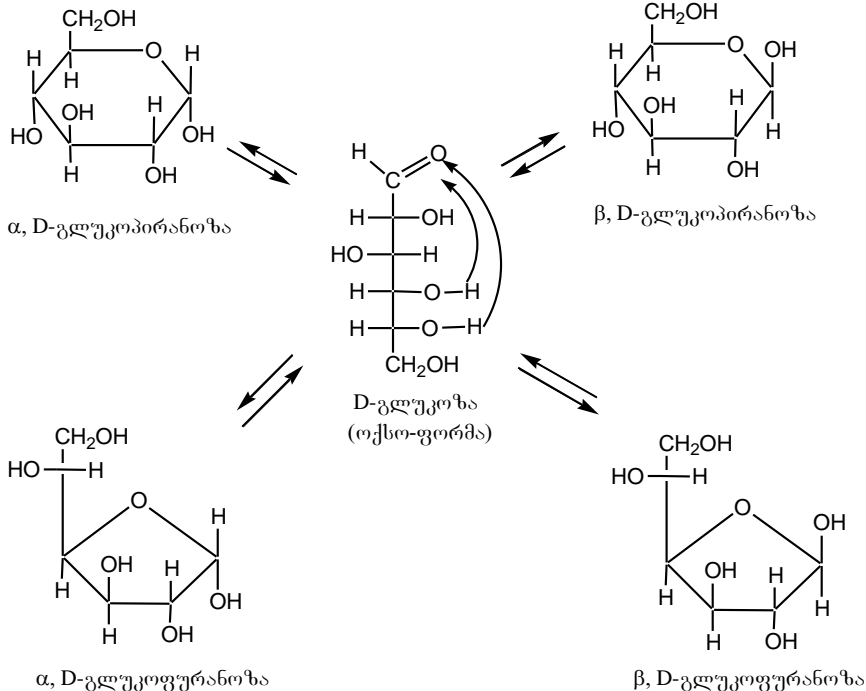


α, D-გლუკოფურანოზა



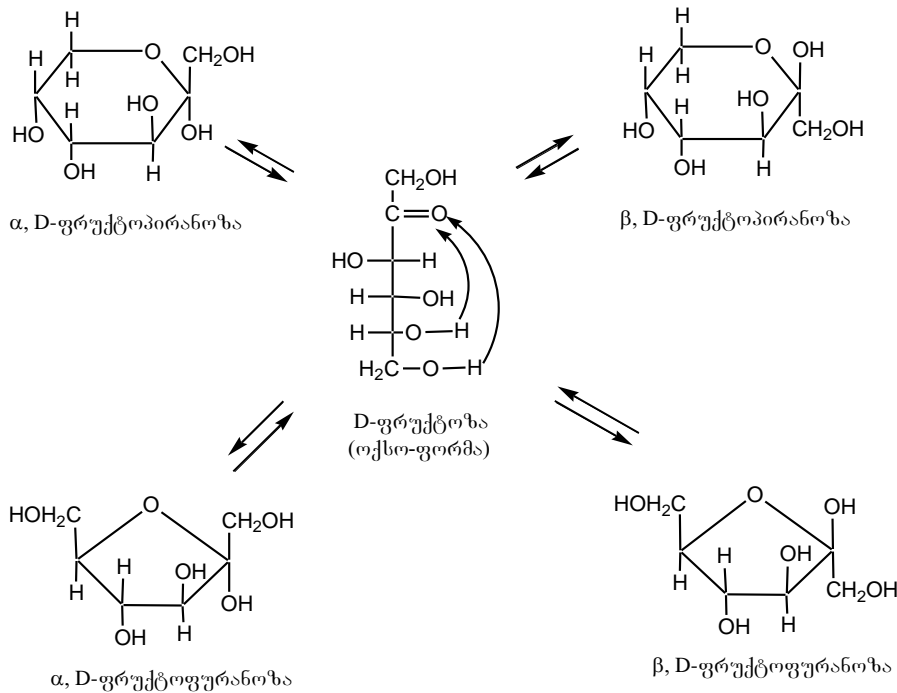
β, D-გლუკოფურანოზა

D-გლუკოზა წყალხსნარში ხუთი ტაუტომერიის სახით არსებობს (α- და β-ანომერთა პირანოზული და ფურანოზული ფორმები და ღია ფორმა). მუტაროტაცია დაკავშირებულია ამ ფორმებს შორის წონასწორობის დამყარებასთან. α- და β-ანომერების ურთიერთგარდაქმნას, შუალედური ოქსო-ფორმის წარმოქმნით, ანომერიზაცია ეწოდება:



D-გლუკოზის ტაუტომერთა ნარევეში ჭარბობს პირანოზული ფორმები, თუმცა ქიმიური რეაქციების დროს წონასწორობის არსებობის გამო, რომელიმე ფორმის რაოდენობის შემცირებისას ხდება მისი შევსება.

D-გლუკოზისაგან განსხვავებით D-ფრუქტოზის ტაუტომერებში ჭარბობს ფურანოზული ფორმები:

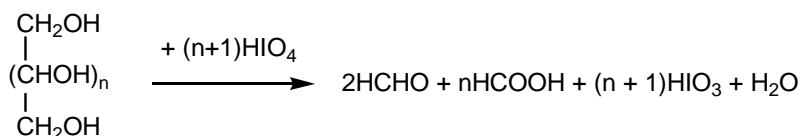


მონოზების სტრუქტურის განსაზღვრის მეთოდები. მონოზების სტრუქტურის განსაზღვრა ხდება მეთილირების და პერიოდატული დაჟანგვის მეთოდით.

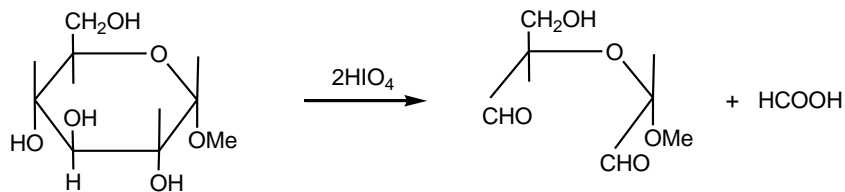
1. **მეთილირების მეთოდი.** მონოზების სტრუქტურის განსაზღვრისათვის აწარმოებენ აღნიშნული მონოზის ამომწურავ მეთილირებას. მაგალითად, D-გლუკოზაზე მეთილის სპირტის მოქმედებით, 1% მშრალი ქლორწყალბადის თანდასწრებით, მიიღება α - და β -მეთილგლიკოზიდების ნარევი, რომლისგანაც იოდმეთილის ან დიეთილსულფატის მოქმედებით ვერცხლის ჟანგის თანდასწრებით მიიღება პენტამეთილგლუკოზა. მისი ჰიდროლიზით წარმოიქმნება ტეტრამეთილგლუკოზა, რომელიც შეიცავს თავისუფალ ნახევარაცეტალურ ჰიდროქსილს და შესაძლებელია არსებობდეს, როგორც ციკლური, ისე ღია (აციკლური) ფორმით. ბრომიანი წყლით ტეტრამეთილგლუკოზის დაჟანგვით მიიღება ტეტრამეთილგლუკონმჟავა. ამ უკანასკნელზე კონცენტრირებული აზოტმჟავას მოქმედებით კარბონილისა და თავისუფალი ჰიდროქსილის ჯგუფებისაგან წარმოიქმნება კარბოქსილის ჯგუფები.

პირანოზული ფორმის შემთხვევაში თავისუფლდება C₅-თან მდებარე ჰიდროქსილი და წარმოიქმნება ტრიმეთოქსიგლუტარის მჟავა, ხოლო ფურანოზული ფორმის შემთხვევაში იჟანგება C₄-თან მდებარე ჰიდროქსილი და წარმოიქმნება დიმეთოქსიქარვის მჟავა. სინამდვილეში ყველა ამ რეაქციის ჩატარების შედეგად მიიღება ტრიმეთოქსიგლუტარის მჟავა, რაც ამტკიცებს გლუკოზაში პირანოზული ციკლის არსებობას.

2. **პერიოდატული დაჟანგვის მეთოდი.** მონოზების სტრუქტურის დადგენა ხდება იოდმჟავით დაჟანგვით. მრავალატომიანი სპირტების დაჟანგვით წყდება კავშირი მეზობლად მდებარე ნახშირბადებს შორის იმ ადგილას, სადაც ჰიდროქსილის ჯგუფები მდებარეობენ. ამასთან ერთად, თითოეული პირველადი სპირტის ჯგუფი - CH₂OH დაჟანგვისას იძლევა ფორმალდეჰიდს, ხოლო თითოეული მეორეული სპირტის ჯგუფი - CHOH კი იძლევა ჭიანჭველმჟავას:



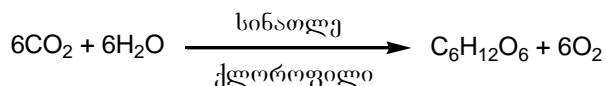
იოდმუავას დახარჯული რაოდენობის მიხედვით შეიძლება განისაზღვროს ჰიდროქსილის ჯგუფების რაოდენობა მოლეკულაში. გლიკოზიდების იოდმუავათი დაჯანგვით მიიღება დიალდეჰიდი და გამოიყოფა ჭიანჭველმუავა:



როგორც რეაქტიდან ჩანს, გლიკოზიდში II და IV ადგილას მყოფი ჯგუფები გადადიან ალდეჰიდში, მაგრამ არ მოწყდებიან იმის გამო, რომ მათთან მეზობლად მდებარე ნახშირბადის I და V ატომები არ შეიცავენ თავისუფალ ჰიდროქსილის ჯგუფს, მესამე ნახშირბადის ატომი კი იძლევა ერთ ჭიანჭველმუავას. ფურანოზული გლიკოზიდის შემთხვევაში კი მიიღება არა ჭიანჭველმუავა, არამედ ჭიანჭველმუავა ალდეჰიდი.

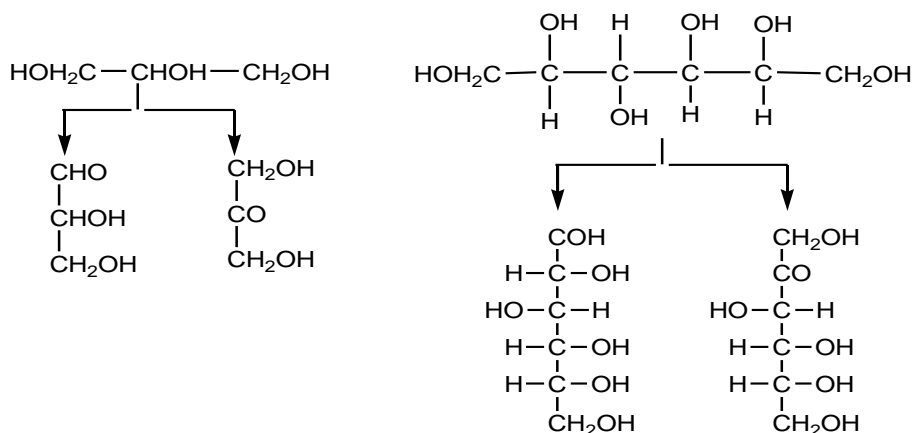
მონოსაქარიდების სინთეზი

1. ნახშირწყლები ბუნებაში წარმოიქმნება მცენარეთა ფოთლებში (ქლოროფილის მარცვლებში) ნახშირორჟანგისა და წყლისაგან ფოტოსინთეზის შედეგად, რომელიც მრავალსტადიური რთული ჟანგვა-აღდგენითი პროცესია. მზის სხივების საშუალებით ხდება ფოტოსინთეზის პირველი პროდუქტის – გლუკოზის წარმოქმნა:

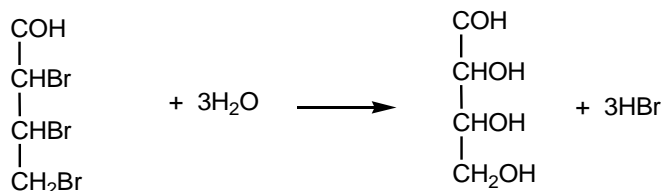


ფოტოსინთეზის შედეგად წარმოქმნილი გლუკოზა წარმოადგენს მასალას ყველა ბუნებრივი ორგანული ნივთიერების (ცილები, ცხიმები და ა.შ.) მისაღებად.

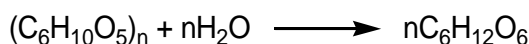
2. მონოზები სინთეზურად მიიღება მრავალატომიანი სპირტების დაჟანგვით. მაგალითად, გლიცერინის დაჟანგვით მიიღება გლიცერინის ალდეჰიდი და ლიპიდროქსიაცეტონი. სორბიტის დაჟანგვით – გლუკოზა და ფრუქტოზა:



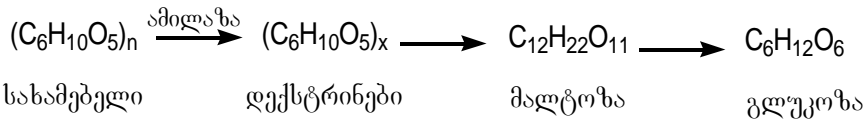
3. ალდეჰიდებისა და კეტონების ჰალოგენწარმოებულებში ჰიდროქსილის ჯგუფით ჰალოგენის ჩანაცვლებით მიიღება ტეტროზები:



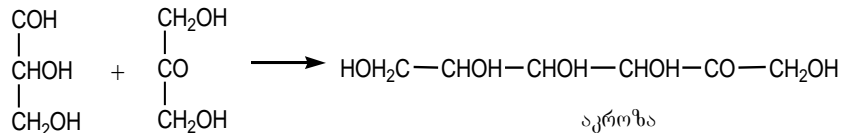
4. მონოზების მიღების ერთ-ერთი ძირითად ხერხს წარმოადგენს რთული ნახშირწყლების (პოლისაქარიდების) ჰიდროლიზი, მაგალითად, სახამებლის ჰიდროლიზით მიიღება გლუკოზა:



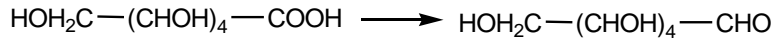
ჰიდროლიზი მიმდინარეობს მუავებისა და ფერმენტების მოქმედებით. სახამებლის დამშლელ ფერმენტს ამილაზა ეწოდება. მოხვედბა რა საკვების სახით სახამებელი პირის ღრუში, იგი ნერწყვში მყოფი ამილაზას საშუალებით განიცდის დაშლას. მაგრამ, რადგან საკვები პროდუქტები დიდხანს არ რჩება პირის ღრუში, სახამებელი მხოლოდ ნაწილობრივ განიცდის ჰიდროლიზს. მისი საბოლოო დაშლა წვრილ ნაწლავებში მიმდინარეობს, რის შედეგადაც წარმოიქმნება გლუკოზა:



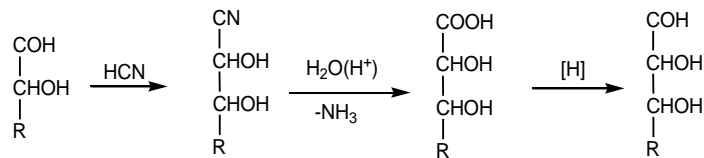
5. მონოსაქარიდების მიღება შეიძლება ალდეჰიდებისა და კეტონების კონდენსაციით. პირველი შაქროვანი ნივთიერება მეთილენიტანი მიღებულ იქნა ბუტლეროვის მიერ 1861 წელს ფორმალდეჰიდის ალდოლური კონდენსაციით კალციუმის ჰიდროჟანგის თანდასწრებით. მეთილენიტანიდან, რომელიც რამდენიმე ჰექსოზის ნარევეს წარმოადგენს, ე. ფიშერმა გამოყო ნახშირწყალი აკროზა, რომელიც წარმოადგენს D-ფრუქტოზისა და L-ფრუქტოზის ნარევეს. აკროზა შემდეგში მიღებულ იქნა აგრეთვე ტრიოზების-გლიცერინის ალდეჰიდისა და დიჰიდროქსიაცეტონის კონდენსაციით:



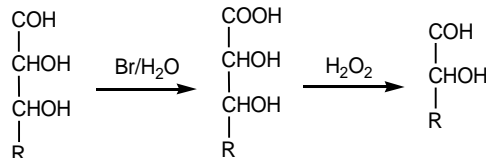
6. ალდოზები ადვილად მიიღება ერთფუძიანი მრავალატომიანი ოქსიმჟავების ალდეგნით:



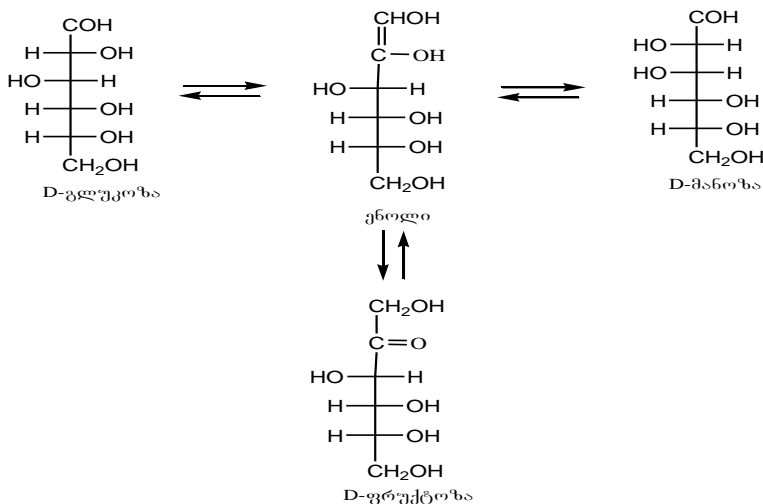
7. დაბალი რიგის მონოზებისაგან შესაძლებელია მაღალი რიგის მონოზების მიღება ნახშირბადის ჩონჩხის გაზრდით ციანჰიდრინის მეთოდით:



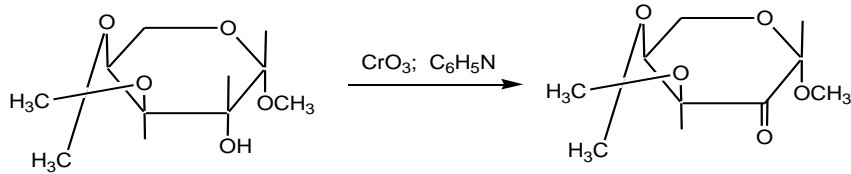
8. მაღალი რიგის მონოზებისაგან დაბალი რიგის მონოზების მიღება შეიძლება დესტრუქციის რეაქციებით, რომლის დროსაც ხდება ნახშირბადის ჩონჩხის ერთი ერთეულით დამოკლება:



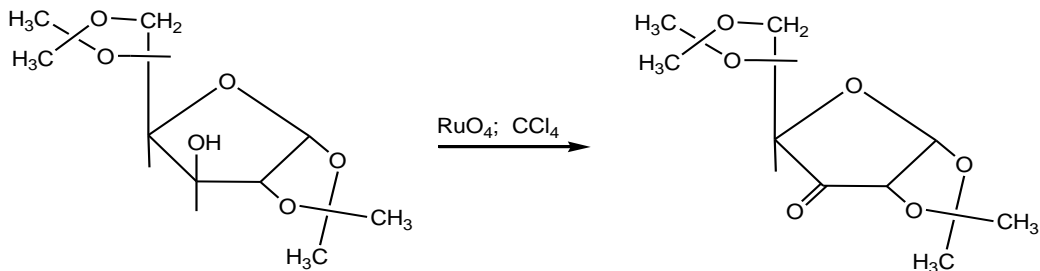
9. მონოზების და კეტოზების მიღება შეიძლება მონოსაქარიდების ეპიმერიზაციით. მაგალითად, გლუკოზის ხსნარზე კირიანი წყლის დამატებისას რამდენიმე დღის შემდეგ წარმოიქმნება D-გლუკოზის 63,5%, D-მანოზასა და 2,5% და D-ფრუქტოზას 31% ნარევი.



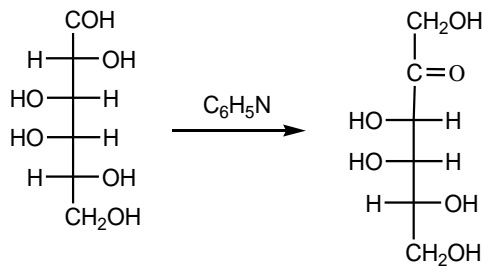
10. კეტოზების სინთეზის ერთ-ერთ გავრცელებულ მეთოდს წარმოადგენს შერჩევითი დაუანგვა. ამ დროს ხდება ყველა ჰიდროქსილის ჯგუფის დაცვა გარდა ერთისა, რომელიც ექვემდებარება დაუანგვას. მაგალითად, ქრომის ანჰიდრიდის მოქმედებით პირიდინის არეში მიიღება 3,4-0-იზოპროპილიდენ-β-მეთილ-D-ერიტროპენტულოზიდი:



მთელ რიგ ნაერთებში, რომლებშიც მეორად სპირტულ ჯგუფში წყალბადის ატომი აღმოჩნდება სივრცობრივად რთულ მდგომარეობაში, ვერ ახერხებს ქრომის ანჰიდრიდით დაუანგვას პირიდინის არეში. ასეთ ნაერთს მიეკუთვნება მაგალითად, 1,2,5,6-დი-0-იზოპროპილიდენ-D-გლუკოფურანოზა, სადაც წყალბადის ატომი C3-თან მდებარეობს ენდო-მდგომარეობაში ორი კონდენსირებული ხუთწევრიანი ბირთვის სისტემაში და ძნელი მისადგომია დამუანგველთა შეტევის დროს. ასეთ ნაერთთა დაუანგვა ხდება რუთენიუმის ოთხხანგი ოთხქლორიანი ნახშირბადის არეში, რომლის დროსაც მიიღება 1,2,5,6-დი-0-იზოპროპილიდენ-D-რიბო-ჰექსოფურანულოზა-3:



11. კეტოზების მიღება შეიძლება ალდოზებისაგან. მაგალითად, D-გალაქტოზის გახურებით პირიდინის არეში მიიღება D-ტაგატოზა. ეს რეაქცია ეფუძნება ლობრი დე ბრუინ-ალბერდ ვან ეკენშტაინის რეაქციას:



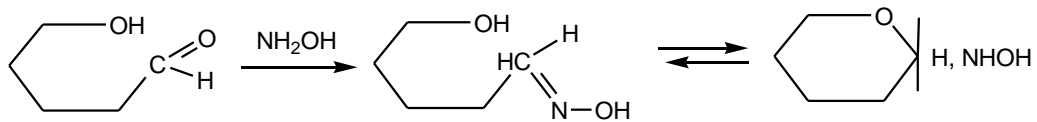
მონოსაქარიდების ქიმიური თვისებები

მონოსაქარიდები ხსნარებში რამდენიმე ტაუტომერული ფორმით არსებობს, ამიტომ მათ შეუძლიათ გამოამჟღავნონ სპირტების, კარბონილურ ნაერთთა და ციკლურ ნახევარაცეტალთა თვისებები.

მონოსაქარიდების კარბონილის ჯგუფის რეაქციები. მონოზებს ახასიათებს ოქსიალდეჰიდების და ოქსიკეტონების დამახასიათებელი რეაქციები. ჩვეულებრივი ალდეჰიდებისა და კეტონებისაგან განსხვავებით შაქრები წარმოადგენენ ციკლურ ნახევარაცეტალებსა და ნახევარკეტალებს, რომლებიც არ შეიცავენ კარბონილის ჯგუფებს. მაგრამ, რადგან მონოსაქარიდების ნახევარაცეტალური ფორმა იმყოფება ტაუტომერულ წონასწორობაში აციკლურ ფორმასთან, ამიტომ ნახშირწყლები შედიან ალდეჰიდებისა და კეტონებისათვის დამახასიათებელ რეაქციებში. უნდა აღინიშნოს, რომ მკვეთრი ზღვარის გავლება მონოსაქარიდების აციკლურ და ციკლურ ფორმებს შორის რიგ შემთხვევებში ძნელია, ხშირად ორივე ფორმა ერთდროულად მონაწილეობს ქიმიურ რეაქციებში.

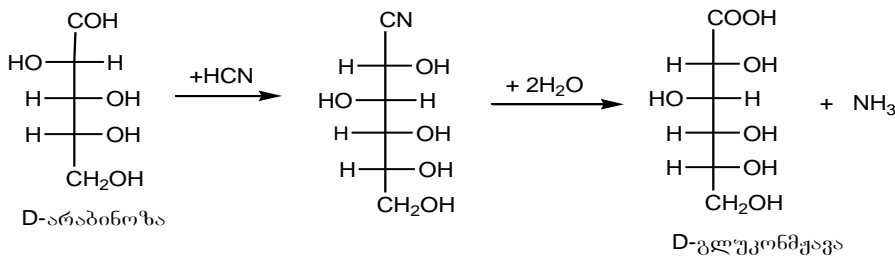
მონოსაქარიდების კარბონილის ჯგუფის რეაქციებია:

1. რეაქცია ჰიდროქსილამინთან (ოქსიმების წარმოქმნა). მონოსაქარიდები მოქმედებს ჰიდროქსილამინთან და წარმოქმნის შესაბამის ოქსიმებს. ოქსიმების წყალხსნარებში აღვილი აქვს მუტაროტაციას ტაუტომერული ციკლური ფორმების ურთიერთგადასვლის ხარჯზე.

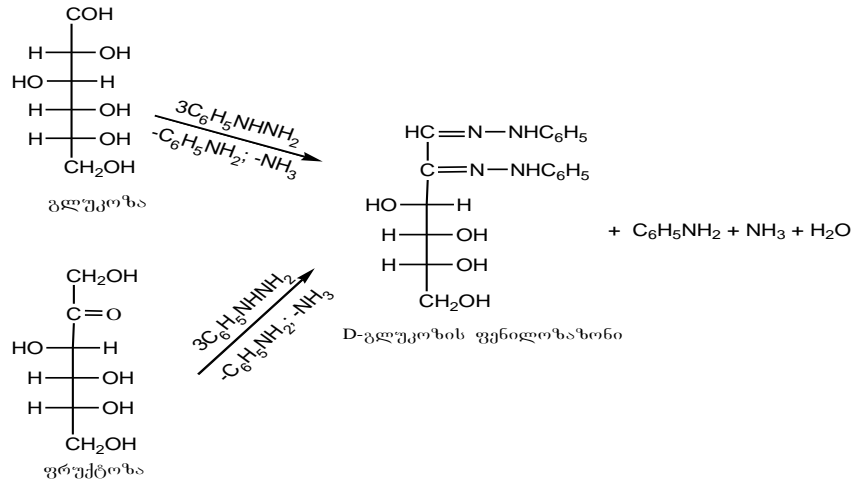


წონასწორულ ნარევეში ანომერულ პირანოზულ ფორმებთან ერთად ანომერული ფურანოზული ფორმებიც არსებობენ. ოქსიმები წყალში და სპირტში კარგად იხსნება.

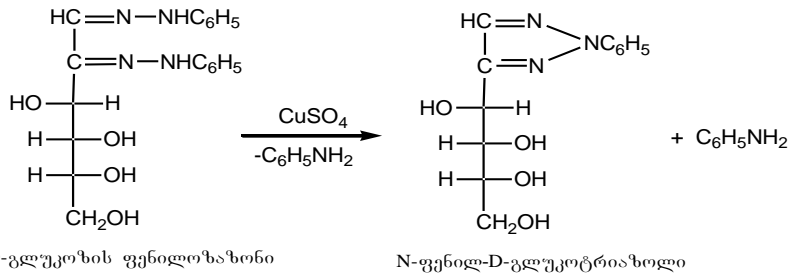
2. რეაქცია ციანწყალბადმჟავასთან, ციანჰიდრილის მეთოდი (ოქსინიტრილების წარმოქმნა). როგორც ალდოზები, ისე კეტოზები აღვილად იერთებს ციანწყალბადმჟავას და იძლევა ოქსინიტრილებს, რომელთა შესაპვნით მიიღება ერთი ნახშირბადატომით მეტი ალდონმჟავები. ამ გზით შესაძლებელია D-არაბინოზისაგან D-გლუკონმჟავას მიღება. ამ პროცესის დროს ხდება ნახშირწყლოვანი ჯაჭვის დაგრძელება.



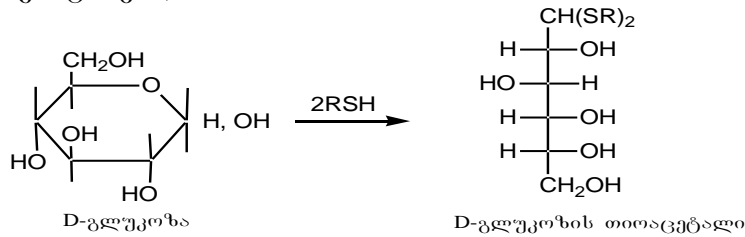
3. რეაქციები ფენილჰიდრაზინთან (ფენილჰიდრაზონებისა და ფენილოზაზონების მიღება). მონოსაქარიდების ფენილჰიდრაზონები წარმოიქმნება მონოზების ექვიმოლექულური რაოდენობის ფენილჰიდრაზინთან ურთიერთქმედებით. უმეტეს წილად ჰიდრაზონები კარგად კრისტალდება და ამიტომ გამოიყენება შაქრების იდენტიფიკაციისათვის. ოზაზონების წარმოქმნის რეაქცია აღმოჩენილ იქნა 1884 წ. ე. ფიშერის მიერ. იგი მიმდინარეობს შაქრებზე ჭარბი ფენილჰიდრაზონის მოქმედებით. ოზაზონები დიდ როლს თამაშობს ნახშირწყლების ქიმიაში. ისინი გამოიყენებიან ნარევიდან შაქრების გამოსაყოფად, იდენტიფიკაციისათვის, ნახშირბადის ჯაჭვის შედარებითი კონფიგურაციის შესასწავლად.



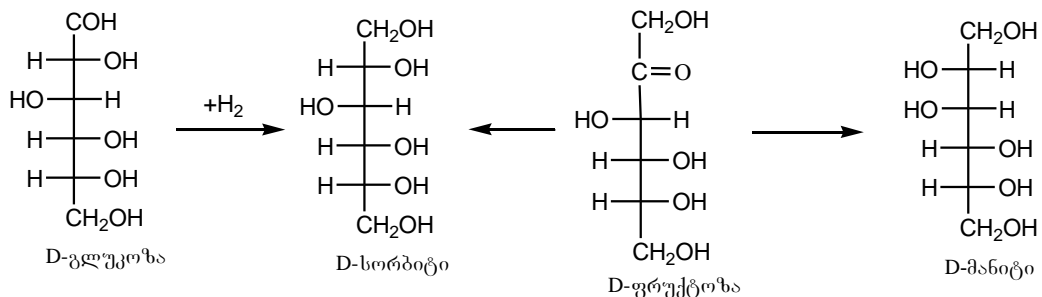
შაქრების ოხაზონების სუსტი დამჟანგველებით (CuSO_4) დაჟანგვით ხდება არომატული ამინის მოლეკულის მოხლეჩა და იზოტრიაზოლების წარმოქმნა. იზოტრიაზოლებს აქვთ ფიქსირებული ღღობის ტემპერატურა, ამიტომ მათი გამოყენება შაქრების იდენტიფიკაციისათვის უფრო მოსახერხებელია.



4. რეაქცია მერკაპტანებთან (თიოაცეტალების მიღება). მონოზები მოქმედებს მერკაპტანებთან (გოგირდშემცველი სპირტები). ისინი შეიძლება განვიხილოთ როგორც გოგირდწყალბადი, რომელშიც ერთი წყალბადი ჩანაცვლებულია რადიკალით $\text{H-S-H} \rightarrow \text{R-S-H}$. რეაქცია მიმდინარეობს მუავე არეში და მიიღება თიოაცეტატები (მერკაპტანები).

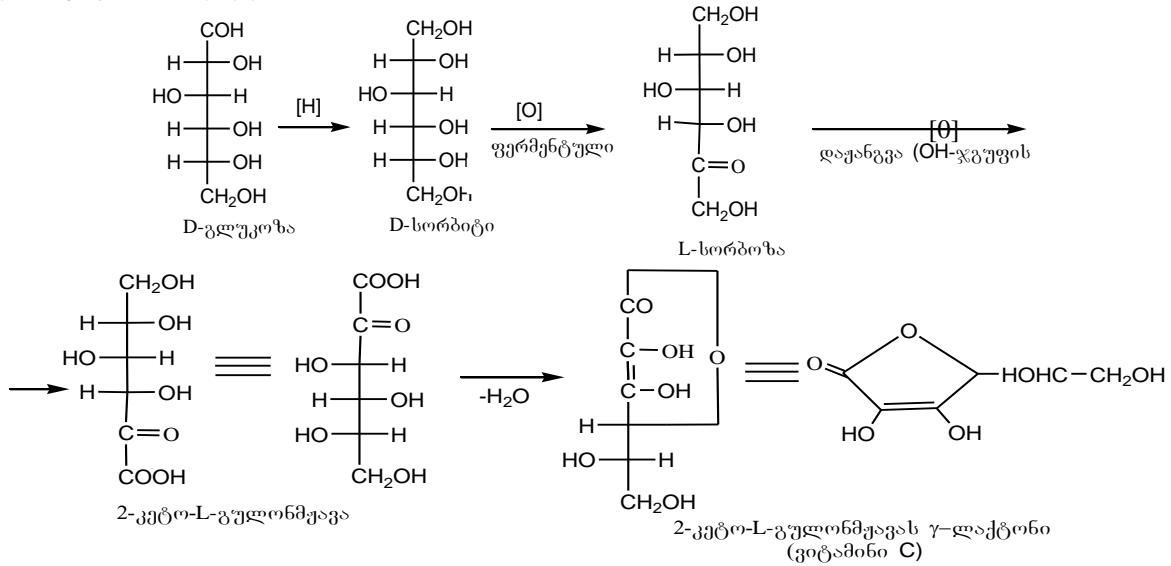


5. კარბონილის ჯგუფის აღდგენა (პოლიოლების წარმოქმნა). მონოზების აღდგენით მიიღება პოლიოლები (მრავალატომიანი სპირტები). მაგალითად, გლუკოზის აღდგენით მიიღება ექვსატომიანი სპირტი სორბიტი:



აღდგენის აღდგენით მხოლოდ ერთი პოლიოლი, ხოლო კეტოზების აღდგენით მიიღება მრავალატომიანი სპირტის ორი სტერეოიზომერი. მაგ, ფრუქტოზის აღდგენით

მიიღება D-სორბიტი და D-მანიტი. ანალოგიური გზით, D-მანოზის აღდგენით მიიღება D-მანიტი, D-გალაქტოზის აღდგენით D-ფულციტი და ა.შ. ისინი წყალში კარგად ხსნადი, ტკბილი კრისტალური ნივთიერებებია. ზოგიერთი მათგანი (ქსილიტი, სორბიტი) გამოიყენება დიაბეტით დაავადებულებისათვის, როგორც შაქრის შემცველი ნივთიერება. D-გლუკოზისგან D-სორბიტის მიღება ერთ-ერთი სტადიაა ასკორბინმჟავას (ვიტამინი C) სინთეზში. ეს უკანასკნელი წარმოადგენს 2-კეტო-L-გულონმჟავას γ -ლაქტონს:



L-ასკორბინმჟავა წარმოადგენს ორგანიზმში მიმდინარე ჟანგვა-აღდგენითი პროცესების კატალიზატორს. იგი ძლიერი აღდგენელია. ეს თვისება გამოწვეულია ენდიოლური სტრუქტურის არსებობით. დაჟანგვის შედეგად წარმოიქმნება დიკეტოგულონმჟავა (დეჰიდროასკორბინმჟავა), რომელიც აღდგენით აღვილად გადადის კვლავ ასკორბინმჟავაში:

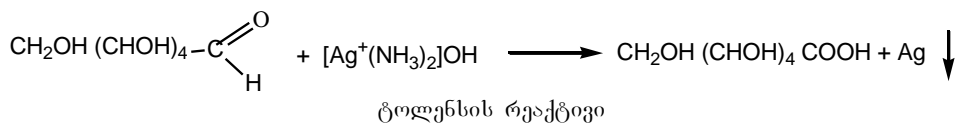
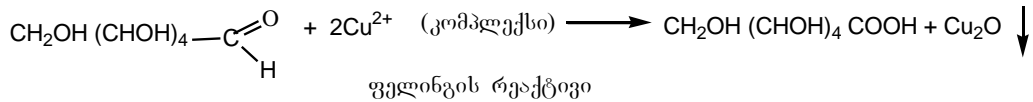


ასკორბინმჟავა ამჟღავნებს ძლიერ მჟავურ თვისებებს, რაც გამოწვეულია ენდიოლური ფრაგმენტის ერთ-ერთი ჰიდროქსილის ჯგუფის დისოციაციით. ასკორბინმჟავას ნაკლებობა ორგანიზმში იწვევს სხვადასხვა დაავადებას (მაგ, სურავანდს). იგი შედის ციტრუსების, კენკროვნების, ბოსტნეულისა და რძის შედგენილობაში. ასკორბინმჟავს γ -ლაქტონური ციკლი აღვილად ჰიდროლიზდება ტუტე არეში, ან ნეიტრალურ არეში გაცხელებისას. ამიტომ, მოხარშულ ბოსტნეულში C ვიტამინის შემცველობა გაცილებით ნაკლებია, ვიდრე ნედლში. მედიცინაში ასკორბინმჟავას იყენებენ მთელი რიგი ინფექციური და იმუნური დაავადებების, ათეროსკლეროზის, გაცივების და კიბოს თერაპიული მკურნალობის დროს.

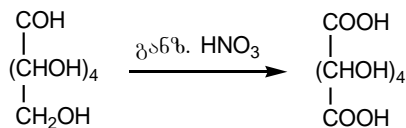
მონოსაქარიდების დაჟანგვა

მონოსაქარიდებისათვის ძალზე მნიშვნელოვანია დაჟანგვის რეაქციები. ტუტე არეში მონოზების დაჟანგვა დაკავშირებულია მოლეკულაში ნახშირბადული ჯაჭვის დესტრუქციასთან. ნეიტრალურ და მჟავე არეში კი ნახშირბადული ჯაჭვი შენარჩუნებულია.

ტუტე არეში დაჟანგვის რეაქციებიდან აღსანიშნავია ალდოზების რეაქცია ვერცხლის ჰიდროქსიდის ამიაკურ ხსნართან (ტოლენსის რეაქტივი) და სპილენძის (II) ტარტრატის კომპლექსთან (ფელინგისა და ბენედიქტის რეაქტივები). ეს რეაქციები დამახასიათებელია როგორც ალდოზებისათვის, ისე კეტოზებისათვის, რადგან კეტოზები ტუტე არეში იზომერიზდებიან ალდოზებად. მაგალითად, ალდონის მჟავას წარმოქმნა ტუტე არეში Ag^+ ან Cu^{2+} კათიონების მოქმედებით მიმდინარეობს შემდეგნაირად:

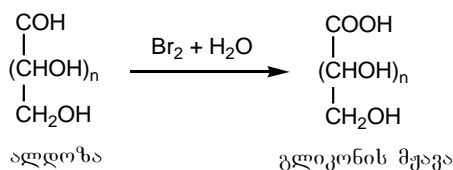


აღნიშნულ რეაქტივებს იყენებენ ალდოზების აღმოსაჩენად. თუ მონოსაქარიდი ან მისი ნაწარმი ექვემდებარება ამ რეაქციებს – აღმდგენელია. ალდონის მჟავების წარმოქმნა ხდება ასევე მონოზებზე განზავებული HNO_3 -ის მოქმედებით. ამ დროს ერთდროულად ხდება როგორც ალდეჰიდის, ისე პირველადი სპირტული ჯგუფების დაჟანგვა და წარმოიქმნება ალდარის მჟავა (გლუკოზის შემთხვევაში – გლუკარმჟავა).



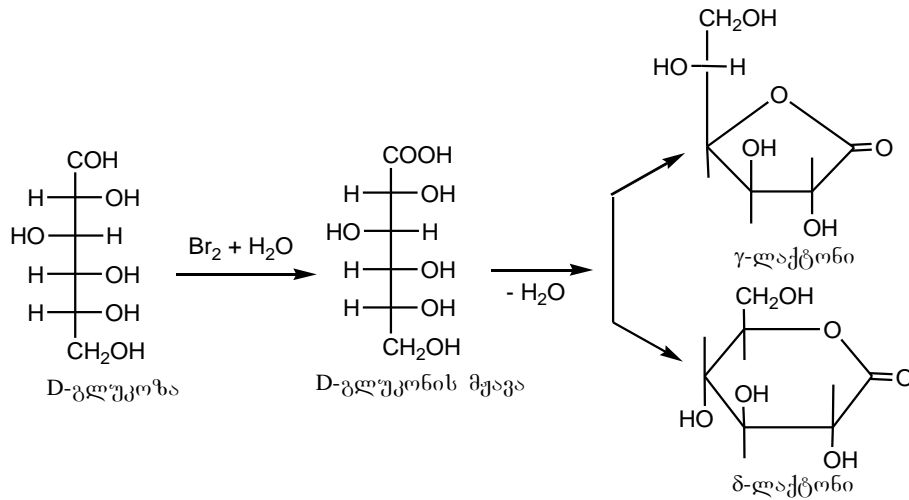
ნახშირწყლების ქიმიაში გამოიყენება მრავალი დამჟანგავი, რომლებიც მოქმედების ხასიათის მიხედვით იყოფა ორ ჯგუფად: შერჩევით და არასპეციფიკურ დამჟანგავებად. თავის მხრივ, არსებობს შერჩევითი დამჟანგავების სამი ტიპი: დამჟანგავები, რომლებიც გამოიყენება ნახევარაცეტალური ჯგუფის დასაჟანგად, დამჟანგავები ჰიდროქსიდის ჯგუფის შერჩევითი დაჟანგვისთვის და D-გლიკოლური დაჯგუფების გასახლეჩი დამჟანგავები.

1. ნახევარაცეტალური ჯგუფის შერჩევითი დაჟანგვა. მონოზებზე სუსტი დამჟანგავების (მაგალითად, ბრომიანი წყლის) მოქმედებით ხდება ალდეჰიდური ჯგუფის დაჟანგვა კარბოქსიდის ჯგუფად და მონოსაქარიდი გარდაიქმნება ალდონის მჟავად, წარმოიქმნება გლიკონმჟავები. გლუკოზისაგან მიიღება გლუკონმჟავები, გალაქტოზისგან - გალაქტონმჟავები, მანოზისგან - მანონმჟავები და ა.შ.



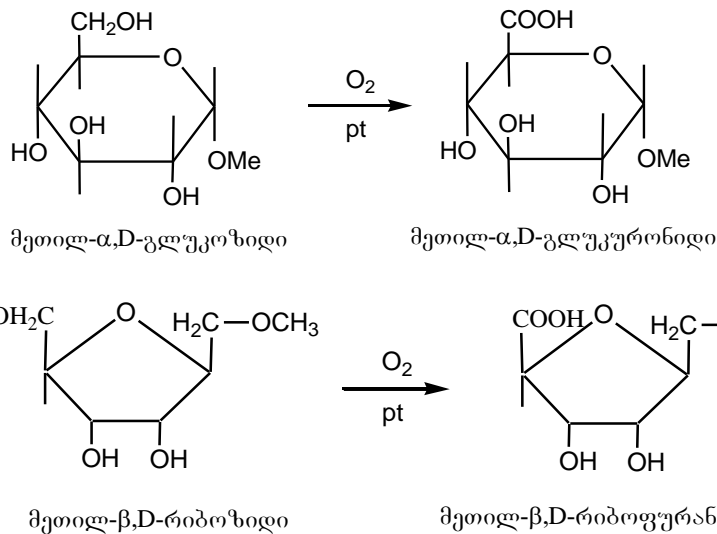
მონოზების დაჟანგვისას ჯერ იჟანგება ალდეჰიდი და შემდეგ პირველადი სპირტის ჯგუფი. ალდეჰიდის ჯგუფის დაჟანგვა ხდება სუსტი დამჟანგავებით,

როგორცაა მაგალითად, KMnO_4 , H_2O_2 , განზავებული HNO_3 . პირველადი სპირტული ჯგუფის დაუანგვა კი ხდება ძლიერი დამუანგავებით, მაგალითად კონცენტრირებული HNO_3 -ით. ანალოგიურად, D-გალაქტოზის დაუანგვით მიიღება ერთფუძიანი ოქსიმჟავა D-გალაქტონმჟავა და ორფუძიანი ოქსიმჟავა D-ლორწომჟავა. მანოზისაგან D-მანონმჟავა და D-მანონშაქარმჟავა. ალდონის მჟავებისაგან წყლის მოხლეჩით მიიღება ლაქტონები.



2. სპირტული ჰიდროქსილის ჯგუფის შერჩევითი დაუანგვა. მონოსაქარიდებსა და მათ წარმოებულეებში უანგბადის მოქმედებით პლატინის კატალიზატორის თანობისას ხორციელდება ჰიდროქსილის ჯგუფის შერჩევითი დაუანგვა. მონოზების დაუანგვით, ალდომჟავებისა და შაქარმჟავების გარდა, მიიღება აგრეთვე ურონმჟავები. ურონმჟავებში დაუანგულია პირველადი სპირტული ჯგუფი და ალდეჰიდის ან კეტონის ჯგუფი შენარჩუნებულია თავისუფალი სახით.

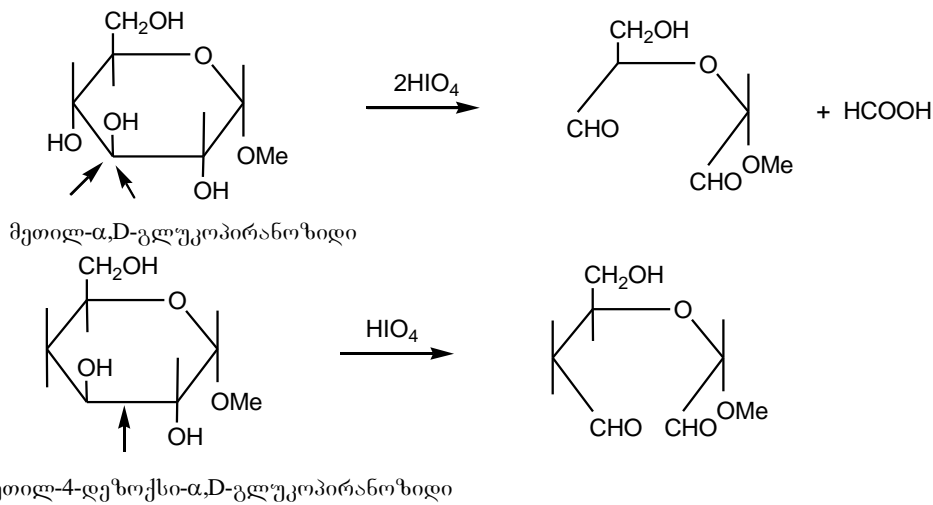
მონოზების კატალიზური დაუანგვის დროს იუანგება ნახევარაცეტალური ჰიდროქსილის ჯგუფი. ამ ჯგუფის დასაცავად მონოსაქარიდი გადაყავთ გლიკოზიდში ან რომელიმე სხვა წარმოებულში, რომელშიც ანომერული ცენტრი დაცულია. ჰექსოპირანოზიდის და პენტოფურანოზიდის კატალიზური დაუანგვის დროს ადვილად იუანგება პირველადი სპირტული ჯგუფი და წარმოიქმნება ურონმჟავები:



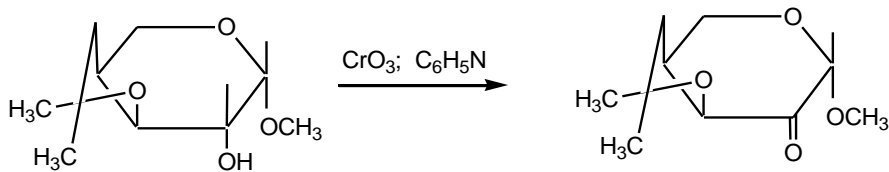
3. α -გლიკოლური ჯგუფების შერჩევითი დაუანგვა. ნახშირწყლების აგებულების დასადგენად α -გლიკოლური დაჯგუფების დაუანგვას გარკვეული მნიშვნელობა აქვს. იგი მიმდინარეობს იოდმჟავასა და მისი მარილების (პერიოდატები) მოქმედებით.

α -გლიკოლების გარდა პერიოდატით იჟანგება α -ჰიდროქსიკარბონილური ნაერთები, α -ამინსპირტები, α -კეტოალდეჰიდები და α -დიკეტონები. თითოეული α -გლიკოლური ჯგუფის დასაჟანგად იხარჯება 1 მოლი HIO_4 . ამ დროს პირველადი სპირტული ჯგუფისგან წარმოიქმნება ფორმალდეჰიდი, ხოლო 1,2,3-ტრიოლური დაჯგუფებისგან ჭიანჭველმჟავა. რეაქციის დროს წარმოიქმნება ხუთწევრიანი ციკლი, რომელიც მიიღება დიოლურ დაჯგუფებაზე იოდმჟავას ჰიდრატირებული ფორმის მიერთებით.

ვინაიდან რეაქცია მიმდინარეობს რაოდენობრივად, იგი ფართოდ გამოიყენება მონო-, ოლიგო- და პოლისაქარიდების ანალიზის დროს. ნახშირწყლების აგებულების მიხედვით დაჟანგვა განსხვავებულად მიმდინარეობს, მაგალითად მეთილ- α ,D-გლუკოპირანოზიდის დაჟანგვის დროს გამოიყოფა ჭიანჭველმჟავა და იხარჯება 2 მოლი იოდწყალბადმჟავა, α ,D-მეთილგლუკოზის 4-დეზოქსი წარმოებულის დაჟანგვაზე იხარჯება 1 მოლი იოდწყალბადმჟავა მაშინ, როცა 3-დეზოქსიწარმოებული არ ემორჩილება დაჟანგვას:



4. დაჟანგვა არასპეციფიკური დამჟანგავებით. არასპეციფიკურ დამჟანგავებს მიეკუთვნება აზოტმჟავა, კალიუმის პერმანგანატი, ქრომის ანჰიდრიდი, ჰიპოქლორატები და სხვ. მაგალითად, 3,4-0-იზოპროპილიდენ- β -მეთილ-L-არაბინოპირანოზიდზე ქრომის ანჰიდრიდის მოქმედებით პირიდინის არეში 50% გამოსავლიანობით მიიღება 3,4,-0-იზოპროპილიდენ- β -მეთილ-L-ერიტროპენტულოზიდი:

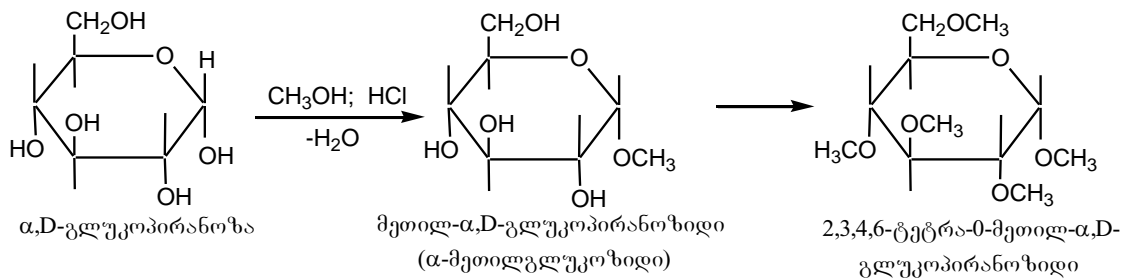


ჰიდროქსილის ჯგუფისათვის დამახასიათებელი რეაქციები

შაქრების ჰიდროქსილის ჯგუფის რეაქციები, ისევე როგორც ჩვეულებრივი სპირტების ჰიდროქსილის ჯგუფის რეაქციები იყოფა ორ ტიპად:

- ა. რეაქციები, რომლებიც მიმდინარეობს ჟანგბად-წყალბადური ბმების გახლეჩით;
- ბ. რეაქციები, რომელთა დროს ხდება ჟანგბად-ნახშირბადის ბმების გახლეჩა.

1. გლიკოზიდებისა და მარტივი ეთერების მიღება. სპირტებთან, ფენოლებთან და სხვა ჰიდროქსილშემცველ ნაერთებთან ურთიერთქმედებისას მჟავური კატალიზის პირობებში მონოსაქარიდები წარმოქმნის ციკლურ აცეტალებს – გლიკოზიდებს. გლუკოზის აცეტატებს ეწოდება გლუკოზიდები, რიბოზის – რიბოზიდები, ფრუქტოზის – ფრუქტოზიდები და ა.შ. სადაც დაბოლოება “ოზა” იცვლება “ოზიდით”. მაგალითად, გლუკოზაზე მეთილის სპირტის მოქმედებით მიიღება მეთილგლუკოზიდი, მასზე დიმეთილსულფატის ან იოდიანი მეთილის მოქმედებით ყველა დანარჩენი ჰიდროქსილის წყალბადი მეთილის ჯგუფით ჩაინაცვლება:

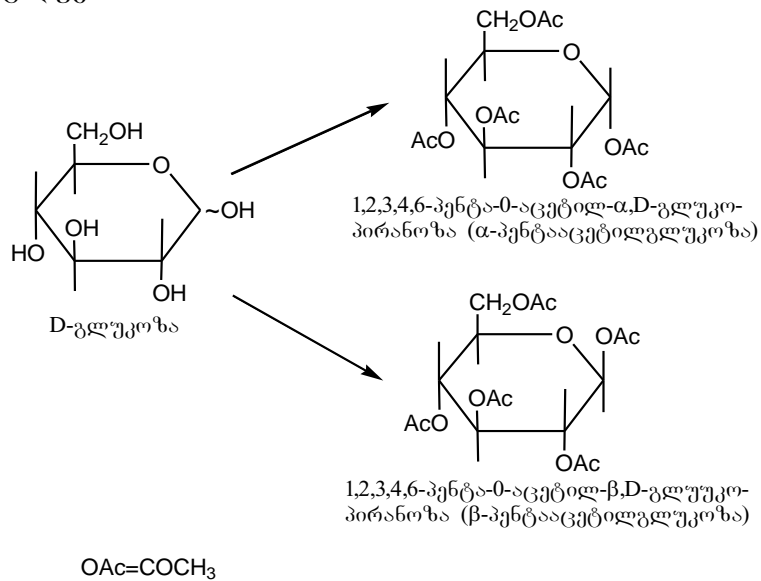


მონოზების მეთილის ეთერები წარმოადგენენ მნიშვნელოვან ნაერთებს ორი მიზეზის გამო. პირველ რიგში ზოგიერთი ნაწილობრივ მეთილირებული მონოსაქარიდი ფართოდ არის გავრცელებული ბუნებაში და შედის პოლისაქარიდების, საგულე გლიკოზიდების, ანტიბიოტიკებისა და სხვა ბუნებრივი ნაერთების შემადგენლობაში. ფერმენტებისა და მინერალური მჟავების მოქმედებით გლიკოზიდები ადვილად განიცდის ფერმენტულ ჰიდროლიზს. ჰიდროლიზის საშუალებით ხდება ორგანიზმში პოლისაქარიდების დაშლა, რის შედეგადაც მიიღება შაქარი და არაშაქროვანი ბუნების ნაერთი – აგლიკონი. ესენია: ფენოლები, სტეროიდები და სხვ. ასეთ გლიკოზიდებს ეწოდება O-გლიკოზიდები, რადგანაც ნახშირწყალსა და აგლიკონს შორის ბმა მყარდება ჟანგბადის ატომის საშუალებით. ბუნებრივი O-გლიკოზიდები უმთავრესად β-ფორმით არსებობს. გლიკოზიდების მნიშვნელოვანი ჯგუფია ე.წ. N-გლიკოზიდები, რომლებშიც შაქარსა და აგლიკონს შორის ბმა ხორციელდება აზოტის ატომის დახმარებით. N-გლიკოზიდებს მიეკუთვნება: ნუკლეოზიდები, ნუკლეოტიდები, ზოგიერთი ანტიბიოტიკი. ცნობილია ასევე S-გლიკოზიდები; მათ თიოგლიკოზიდები ეწოდება.

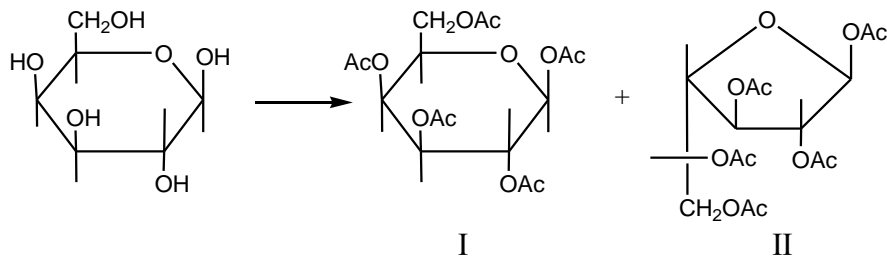
2. მონოსაქარიდების რთული ეთერების მიღება. ნახშირწყლები ადვილად განიცდის აცეტილირებას რთული ეთერების წარმოქმნით, რომელთა შორის მნიშვნელოვანია კარბონმჟავათა, სულფომჟავათა და არაორგანულ მჟავათა რთული ეთერები. ეს ნაერთები ამჟღავნებენ სხვადასხვა ქიმიურ თვისებებს და გამოიყენება ნახშირწყლების ქიმიაში სხვადასხვა მიზნებისათვის. პოლისაქარიდების ზოგიერთი რთული ეთერი, განსაკუთრებით, ცელულოზის ეთერები ფართოდ გამოიყენება მრეწველობის სხვა დარგში. კარბონმჟავათა რთული ეთერებიდან აღსანიშნავია აცეტატები, ბენზოატები და სხვ.

ა. გლუკოზაზე ძმარმჟავას ანჰიდრიდის მოქმედებით მიიღება პენტააცეტილგლუკოზა; ამასთან, სხვადასხვა კატალიზატორის მოქმედებით მიიღება α- ან β-პენტააცეტატი.

კერძოდ, პირიდინის თანდასწრებით ცივ მდგომარეობაში მიიღება α -პენტააცეტილგლუკოზა, მშრალი ნატრიუმის აცეტატის თანდასწრებით გაცხელებისას კი β -პენტააცეტილგლუკოზა:



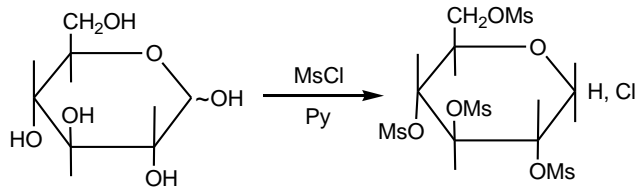
მონოსაქარიდების აცეტილირების დროს ზოგიერთ შემთხვევაში თავისუფალ გლიკოზიდურ ჰიდროქსილის ჯგუფთა რეაქცია რთულდება ფურანოზული ფორმის წარმოქმნით, რომელიც, თავის მხრივ, იძლევა α - და β -ანომერების ნარევის. მაგალითად, D-გალაქტოზის აცეტილირებით (ძმრის ანჰიდრიდით) პირიდინის არეში წარმოიქმნება β -D-გლუკოპირანოზა (I) და β -D-გალაქტოფურანოზის (II) პენტააცეტატების ნარევი:



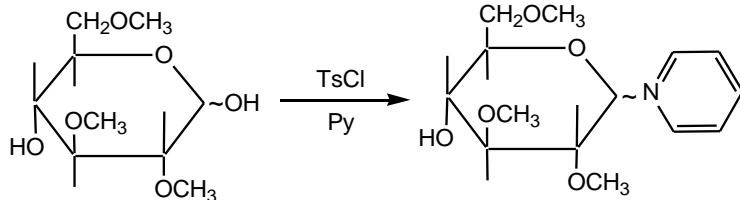
ბ. მონოსაქარიდების რთული ეთერებიდან აღსანიშნავია სულფონილმუავათა ეთერები. ზოგიერთი მათგანი, განსაკუთრებით კი *p*-ტოლუოლ-სულფონილმუავას (ტოზილატები) და მეთან-სულფონილმუავას (მეზილატები) ეთერები ძალიან საინტერესოა შაქრების სინთეზის თვალსაზრისით. ნახშირწყლების მოლეკულაში ტოზილის და მეზილის ჯგუფების შეყვანას აწარმოებენ ჰიდროქსილის ჯგუფის დაცვის მიზნით. ტოზილატები და მეზილატები, ჩვეულებრივ მიიღება მონოსაქარიდებისა და *p*-ტოლუოლ-სულფონილქლორიდის ან მეთანსულფონილქლორიდის ურთიერთქმედებით. ჩაუნაცვლებელი მონოსაქარიდების შემთხვევაში ზოგჯერ შესაძლებელია შემდეგი რეაქციები:

1. შიგამოლეკულური ჩანაცვლება ანჰიდროციკლის ჩართვით;
2. ელიმინირება ორმაგი ბმის წარმოქმნით;
3. ჰიდროქსილის ჯგუფის შეცვლა ქლორის ატომით;
4. მეოთხეული პირიდინის მარილის წარმოქმნა.

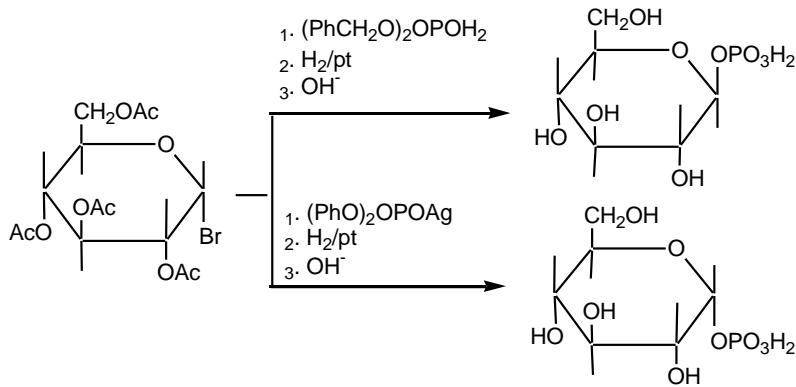
ბოლო ორი რეაქცია ადვილად მიმდინარეობს ჩაუნაცვლებელი გლიკოზიდური ჰიდროქსილის ჯგუფის შემცვლი მონოსაქარიდების შემთხვევაში. მაგალითად, გლუკოზაზე პირიდინის არეში 0⁰C-ზე მეთან-სულფონილქლორიდის მოქმედებით მიიღება ტეტრა-0-მეზილ-D-გლუკოზილქლორიდი:



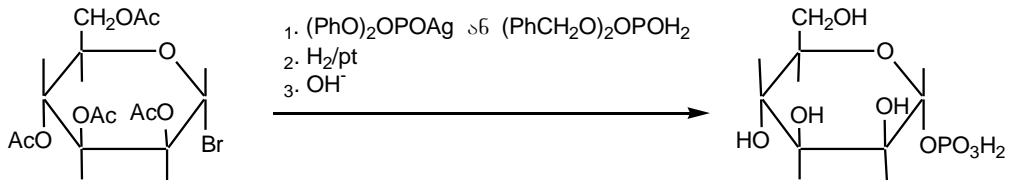
2,3,6-ტრი-0-მეთილ-D-გლუკოპირანოზის ტოზილირებით მიიღება მეოთხეული პირიდინის მარილი:



გ. მონოსაქარიდების რთული ეთერებიდან განსაკუთრებული ბიოლოგიური მნიშვნელობით ხასიათდება ფოსფორმუჟავათა ეთერები. ისინი მონაწილეობენ ნახშირწყლების თითქმის ყველა ბიოქიმიურ რეაქციებში. აცილგლიკოზილჰალოგენიდებზე დიბენზილფოსფორმუჟავას მოქმედებით წარმოიქმნება ფოსფატები 1,2-ტრანს-კონფიგურაციით, ხოლო დიფენილფოსფორმუჟავას მარილების მოქმედებით მიიღება ფოსფატები 1,2-ცის-კონფიგურაციით. მაგალითად, აცეტობრომ-გლუკოზის მოქმედებით ვერცხლის დიბენზილფოსფატთან მიღება β-გლუკოზიდ-1-ფოსფატი, ხოლო ვერცხლის დიფენილფოსფატთან აცეტობრომ-გლუკოზის მოქმედებით მიიღება α-გლუკოზიდ-1-ფოსფატი:

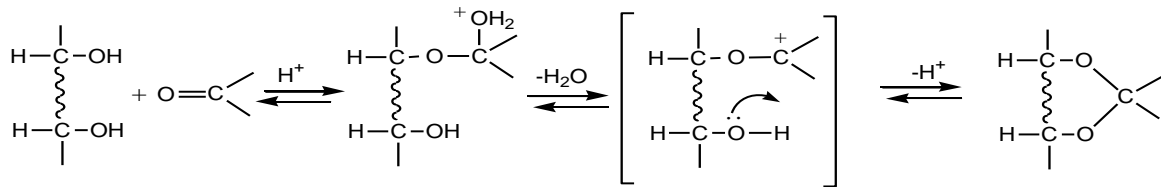


აცეტობრომმანოზასთან ორივე რეაგენტი იძლევა α-D-მანოზიდ-1-ფოსფატს:



**მონოზების კონდენსაცია ალდეჰიდებთან და კეტონებთან.
შაქრების ციკლური აცეტალები და კეტალები
(ალკილიდენური ნაწარმები)**

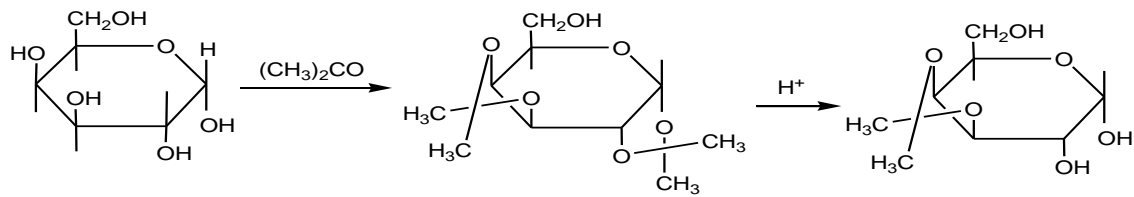
შაქრების ციკლური აცეტალები და კეტალები მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ნახშირწყლების სინთეზში და ფართოდ გამოიყენება ორი ან მეტი ჰიდროქსილის ჯგუფის ერთდროული დაცვისათვის. ალკილიდენური წარმოებულები წარმოიქმნება მონოსაქარიდების ურთიერთმოქმედებით ალდეჰიდებთან და კეტონებთან მჟავა კატალიზატორების თანდასწრებით. ამ დროს კარბონილური ნაერთის ერთი მოლეკულა კონდენსირდება მონოსაქარიდის ორ ჰიდროქსილის ჯგუფთან:



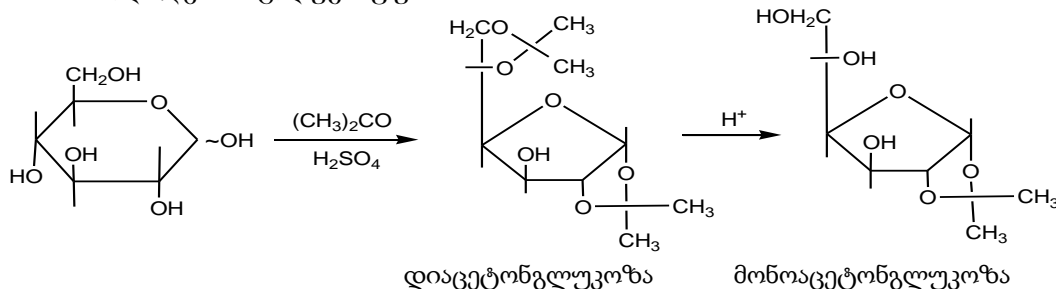
ეს პროცესი შექცევადია და მხოლოდ კარბონილური ნაერთის სიჭარბის დროს გადაიხრება ალკილიდენური წარმოებულის მხარეს. გასათვალისწინებელია სტერეოქიმიური ფაქტორები და ამიტომ ყველა ჰიდროქსილის ჯგუფის წყვილს არ შეუძლია ურთიერთმოქმედება კარბონილურ ნაერთთან. მხოლოდ ის ჰიდროქსილის ჯგუფები, რომლებიც ახლოს არიან ერთმანეთთან ($\sim 3\text{\AA}$), ან ისინი, რომლებსაც ახლოს მისვლა შეუძლიათ და მოლეკულის კონფორმაციის მკვეთრი დამახინჯების გარეშე მონაწილეობენ ამ რეაქციაში.

ალკილიდენურ ნაერთებს გააჩნია ჩვეულებრივი აცეტალებისა და კეტალების ყველა თვისება. ისინი მდგრადები არიან ნეიტრალურ და ტუტე გარემოში და ადვილად იხლიხებიან მჟავა ჰიდროლიზის დროს საწყისი მონოსაქარიდის გამოყოფით.

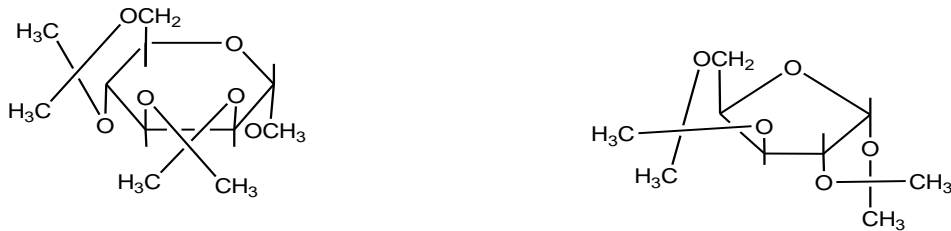
აცეტალების და კეტალების წარმოქმნას დიდი მნიშვნელობა აქვს ნახშირწყლების ქიმიაში მონოზების კონფიგურაციისა და სტრუქტურის დასადგენად. ამ მხრივ, განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მონო- და დიაცეტონწარმოებულები, რომლებსაც აგრეთვე მონო- და დი- იზოპროპილიდენწარმოებულებს უწოდებენ. თითოეული იზოპროპილიდენის ჯგუფი უერთდება ცის-მდგომარეობაში მყოფ ორ ჰიდროქსილის ჯგუფს. მაგალითად, გალაქტოზაზე აცეტონის მოქმედებით მიიღება დიიზოპროპილიდენგალაქტოზა, რომელიც ერთი იზოპროპილიდენის ჯგუფის ფრთხილი ჰიდროლიზით მონოიზოპროპილიდენგალაქტოზაში გადადის:



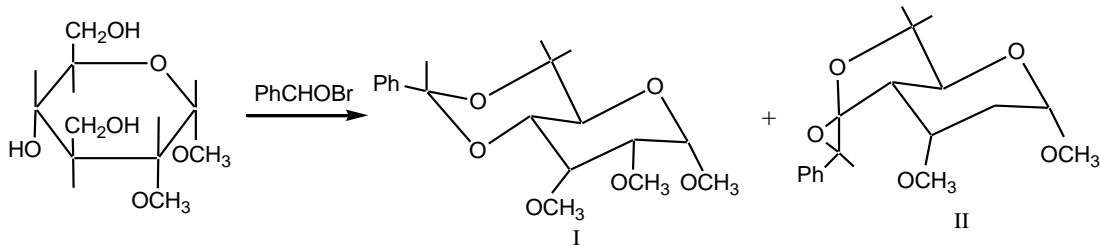
გლუკოზაზე აცეტონის მოქმედებისას ადგილი აქვს გლუკოზაში ქანგბადის ხიდის გადაჯგუფებას და მიიღება 1,2,5,6-დი-0-იზოპროპილიდენ- α ,D-გლუკოფურანოზა, რომელიც ერთი იზოპროპილიდენის ჯგუფის მოწყვეტით გადადის 1,2-0-იზოპროპილიდენ-D-გლუკოფურანოზაში:



ამრიგად, შაქრების იზომეროპილიდენურ წარმოებულებს ჩვეულებრივ, გააჩნიათ 5 - წევრიანი დიოქსოლანური ციკლი, იშვიათად 6-წევრიანი დიოქსანური. დიოქსოლანური ციკლი ყველაზე ნაკლებ დაძაბულია (ენერგეტიკულად არახელსაყრელი მდგომარეობა აქვს) ნაჯერ, ჟანგბადის შემცველ, ჰეტეროციკლურ ბირთვებს შორის, ამიტომ, იგი ადვილად წარმოიქმნება α -გლიკოლური დაჯგუფების ორი უახლოესი ჰიდროქსილის არსებობის შემთხვევაში. M-დიოქსანური ციკლი შედარებით ძნელად იკვრება, ვინაიდან მასში მყოფ ერთ-ერთ მეთილის ჯგუფს უკავია აქსიალური მდგომარეობა. M-დიოქსანური ციკლის შესაკვრელად აუცილებელია ორი უახლოესი 1,3-ჰიდროქსილის ჯგუფის არსებობა. დიოქსოლანური ციკლი წარმოიქმნება მონოსაქარიდების აციკლური ფორმის აცეტონირებით:



მონოსაქარიდების ბენზილიდენური წარმოებულების ქიმიური თვისებები არსებითად განსხვავდება იზომეროპილიდენური წარმოებულების ქიმიური თვისებებისაგან. განსხვავება მდგომარეობს იმაში, რომ ბენზალდეჰიდი მოქმედებს ნახშირწყლის β -გლიკოლურ დაჯგუფებასთან და წარმოქმნის M-დიოქსანურ ციკლს. ბენზალდეჰიდური ნაშთის მიერთების შემდეგ მონოსაქარიდის მოლეკულაში წარმოიქმნება ახალი ასიმეტრიული ნახშირბადის ატომი. M-დიოქსანური ციკლის დროს წარმოიქმნება მხოლოდ ერთი დიასტერეომერი, რომელშიც ფენოლურ ნაშთს უკავია ეკვატორული მდგომარეობა. მონოსაქარიდის კონდენსაციას ბენზალდეჰიდთან ატარებენ უწყლო $ZnCl_2$ -ის თანდასწრებით ოთახის ტემპერატურაზე რამდენიმე საათის განმავლობაში. რადგან ამ შემთხვევაში ბენზალდეჰიდის დანაკარგი დიდია, შემუშავებულ იქნა ნახშირწყლების ბენზილიდენური წარმოებულების მიღების ახალი მეთოდი, რაც მდგომარეობს მონოსაქარიდებთან ბრომირებული ბენზილიდენის კონდენსაციაში ფუძის თანდასწრებით. ამ გზით პირველად იქნა მიღებული M-დიოქსანური ციკლის ორი შესაძლო დიასტერეომერი. მაგალითად, 2,3-დი-O-მეთილ- α -მეთილ-D-გლუკოპირანოზიდის ურთიერთმოქმედებით ბენზილიდენდიბრომიდთან ტოლუოლში წარმოიქმნება ორი დიასტერეომერის ნარევი (I და II). სტერეოიზომერი (II), რომელშიც M-დიოქსანურ ბირთვის აქვს აბაზანის კონფორმაცია, არამდგრადია მჟავა არეში, და სწრაფად იზომერიზდება უფრო მდგრად იზომერად (I):

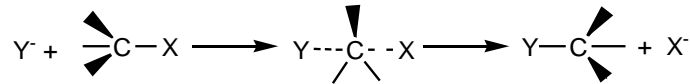


2,3,4,6 დი-O-იზომეროპილიდენ-მეთილ α ,D-მანოზა 1,2,3,5 დი-O-იზომეროპილიდენ-მეთილ α ,D-ქსილოზა

ბენზილიდენური ნაშთის მოსახსნელად გამოიყენება მოკლე დროით გაცხელება 1%-იან მინერალურ მჟავასთან განზავებული ძმარმჟავას თანაობისას.

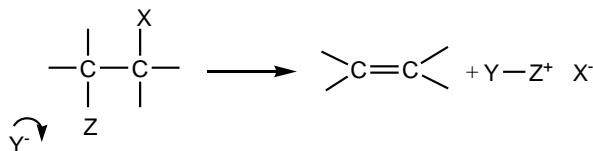
**ჰიდროქსიდის ჯგუფის და მისი წარმოებულების
ჩანაცვლების და ელიმინირების რეაქციები**

ნახშირწყლების ქიმიაში ჰიდროქსიდის ჯგუფის ჩანაცვლების და ელიმინირების რეაქციები გარკვეულ როლს ასრულებენ. ამ რეაქციის საფუძველზე შემუშავებულ იქნა ნახშირწყლების მნიშვნელოვანი კლასის –ამინშაქრების და დეზოქსიშაქრების მიღების მეთოდები, ამავე გზით განხორციელდა მონოსაქარიდის მოლეკულაში ცალკეული სპირტული ჰიდროქსიდის ჯგუფის ეპიმერიზაცია. სპირტული ჰიდროქსიდის ჯგუფის და მათი წარმოებულების ჩანაცვლების ყველა რეაქცია შაქრების ქიმიაში წარმოადგენს ნუკლეოფილური ჩანაცვლების რეაქციებს, რომელიც მიმდინარეობს S_N2 მექანიზმით, რომლის დროსაც ადგილი აქვს ვალდენურ შემობრუნებას:



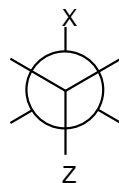
ანიონი Y⁻, რომელიც ნუკლეოფილურ აგენტს წარმოადგენს, ზურგიდან ახორციელებს შეტევას. გარდამავალ მდგომარეობაში ჩამნაცვლებლები X და Y მაქსიმალურად დაშორებულია ერთმანეთისაგან. ჩანაცვლების რეაქციები კონტროლირდება სივრცობრივი ფაქტორებით, რომლებიც ასევე ზურგიდან შემოტევას. ამიტომ, ჩანაცვლება ადვილად ხდება ნახშირბადის პირველად ატომთან და ძნელად მეორად და მესამედ ატომთან. განსაკუთრებით ადვილად მიმდინარეობს მონოსაქარიდის მოლეკულაში შიგამოლეკულური ნუკლეოფილური ჩანაცვლება, რომელიც ბოლო დროს ინტენსიურად გამოიყენება სხვადასხვა სინთეზურ გარდაქმნებში.

ელიმინირების (E2) რეაქცია მჭიდროდაა დაკავშირებული ნუკლეოფილური ჩანაცვლების რეაქციასთან და ხშირად ორივე პროცესი კონკურენციას უწევს ერთმანეთს. E2 მექანიზმის რეაქცია გამოისახება შემდეგი სქემით:



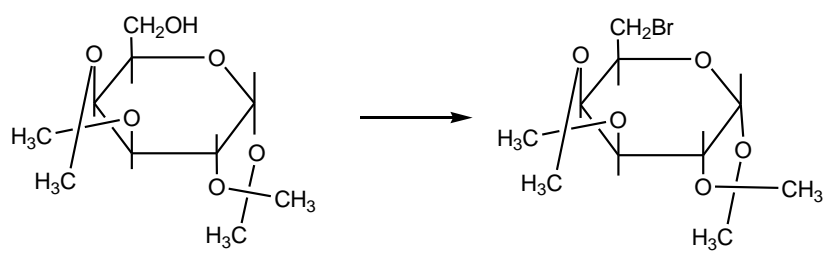
Z=H, Hal, SO₂R

რეაქციის მიმდინარეობას E2 მექანიზმით უზრუნველყოფს სივრცობრივი ფაქტორები, რომლებიც აძნელებენ ზურგიდან ნახშირბადის ატომზე შემოტევას. X და Z ჯგუფები მაქსიმალურად უნდა იყოს დაცილებული ერთმანეთისაგან, ისე როგორც მე-2 სურათზეა ნახვენები. ციკლური სისტემის ეს მოთხოვნა აღნიშნავს, რომ 1,2-ელიმინირების რეაქცია მიმდინარეობს უფრო ადვილად, თუ მოსაშორებელ ჯგუფს უკავია ტრანს-დიაქსიალური მდგომარეობა.

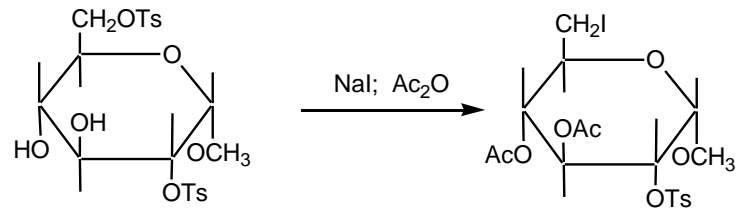


1. ჩანაცვლების რეაქციები. ჩანაცვლების რეაქციები ნახშირბადის პირველ ატომთან ადვილად მიმდინარეობს როგორც პირანოზული და ფურანოზული წარმოებულებისათვის, ისე მონოსაქარიდების აციკლური წარმოებულთათვის. ეს იძლევა თავისუფალი ჰიდროქსიდის ჯგუფის ჩანაცვლების საშუალებას. მაგალითად,

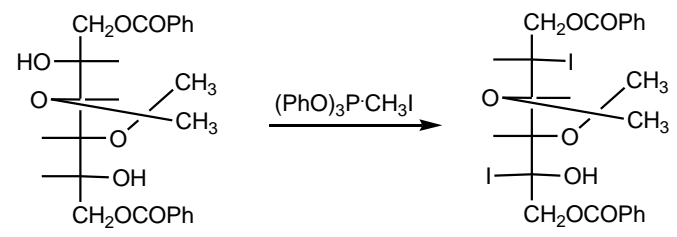
1,2,3,4-დი-0-იზოპროპილიდენ-D-გალაქტოზაზე კომპლექსის $[(C_6H_5O)_3P \cdot Br_2]$ მოქმედებით პირველადი სპირტული ჰიდროქსილის ჯგუფი ჩანაცვლება ბრომის ატომით:



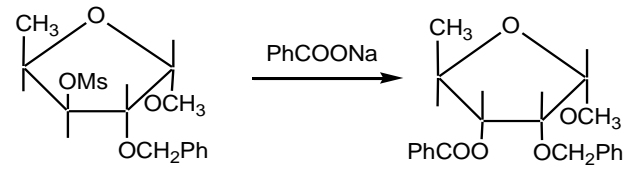
ასევე ადვილად მიმდინარეობს ნუკლეოფილური ჩანაცვლება ისეთ ნაერთებში, რომლებშიც ჰიდროქსილის ჯგუფი შეცვლილია უფრო აქსიალური ჯგუფით, რომელიც ხელს უწყობს ნუკლეოფილური აგენტის შეტევას. მათ მიეკუთვნება ტოზილატები და მეზილატები. მაგალითად, 2,6-დი-0-ტოზილ- α -მეთილ-D-გლუკოპირანოზიდის მოქმედებით ნატრიუმის იოდიდან (ძმრის ანჰიდრიდში) ადვილად ხდება პირველადი ტოზილოქსიჯგუფის ჩანაცვლება იოდის ატომით, ხოლო მეორადი ტოზილური ჯგუფი ამ პირობებში არ რეაგირებს:



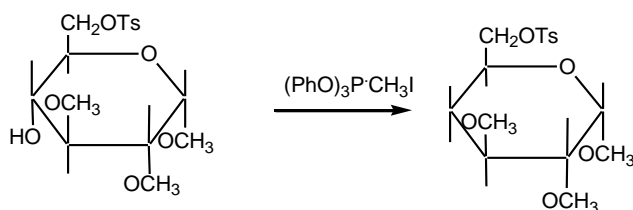
ჩანაცვლება მეორად ნახშირბადის ატომთან, რომელიც მიმდინარეობს ციკლური და აციკლური ფორმის შაქრების წარმოებულებში, დამოკიდებულია ნუკლეოფილურ რეაგენტზე და ჩანაცვლების პირობებზე. მაგალითად, ტრიფენილფოსფატზე იოდმეთილატის მოქმედებით 1,6-დი-0-ბენზოილ-3,4,0-იზოპროპილიდენ-D-მანიტზე მიმდინარეობს ორი OH-ჯგუფის ჩანაცვლება იოდის ატომით:



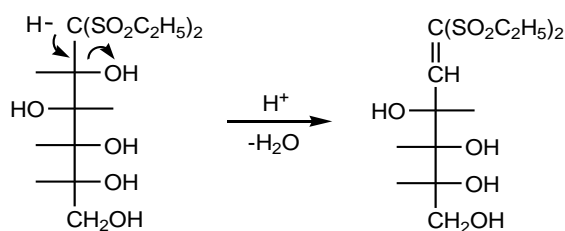
მონოციკლურ სისტემაში ხუთწევრიან ციკლში ჩანაცვლება მიმდინარეობს უფრო ადვილად, ვიდრე ექვსწევრიან ციკლში. მაგალითად, ნატრიუმის ბენზოატის მოქმედებით D-რიბოზის 3-0-მეზილის წარმოებულზე მიმდინარეობს მეზილოქსიჯგუფის ჩანაცვლება და წარმოიქმნება D-რიბოზის შემდეგი წარმოებული:



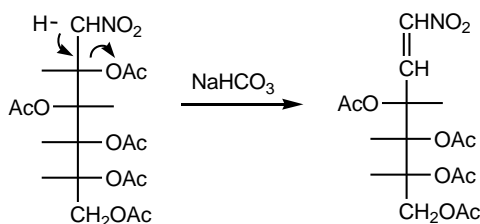
რაც შეეხება პირანოზულ ციკლს, ნუკლეოფილური ჩანაცვლება ძნელად მიმდინარეობს ისეთი ძლიერი ნუკლეოფილური აგენტების გამოყენებით, როგორცაა ტრიფენილფოსფატ იოდმეთილატი:



2. ელიმინირების რეაქციები. ელიმინირების რეაქციამ, რომელიც მიმდინარეობს E2-მექანიზმით, რომელთა საფუძველზე წარმოიქმნება უჯერი ნაერთები, ბოლო დროს გამოყენება პოვა ნახშირწყლების სინთეზში. თუ ჩამნაცვლებლების სტერეოქიმია და მოლეკულის კონფორმაცია აკმაყოფილებს E2 მექანიზმის მოთხოვნებს, მაშინ ელიმინირება მიმდინარეობს ძალიან ადვილად. მაგალითად, შაქრების სულფონები სუსტ მჟავე არეში C₂ ჯგუფთან ახდენენ ჰიდროქსილის ჯგუფის მოხლეჩას:

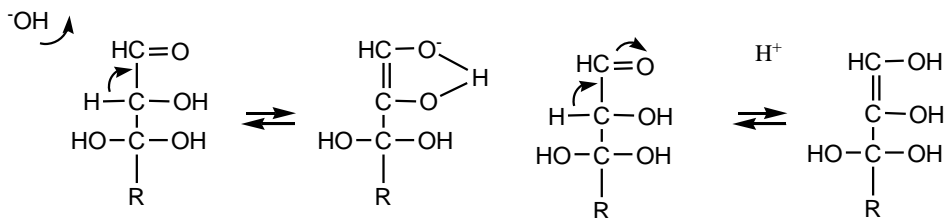


უფრო ადვილად მიმდინარეობს ელიმინირება აცეტატური სულფონების შემთხვევაში. ამ დროს ხდება ძმარმჟავას მოხლეჩა. ძმარმჟავას ელიმინირება ნიტროსპირტების აცეტატებით მიმდინარეობს ადვილად ნეიტრალურ არეში ნატრიუმის ბიკარბონატთან ურთიერთქმედებით. ამ დროს წარმოიქმნება ნიტროოლენი:

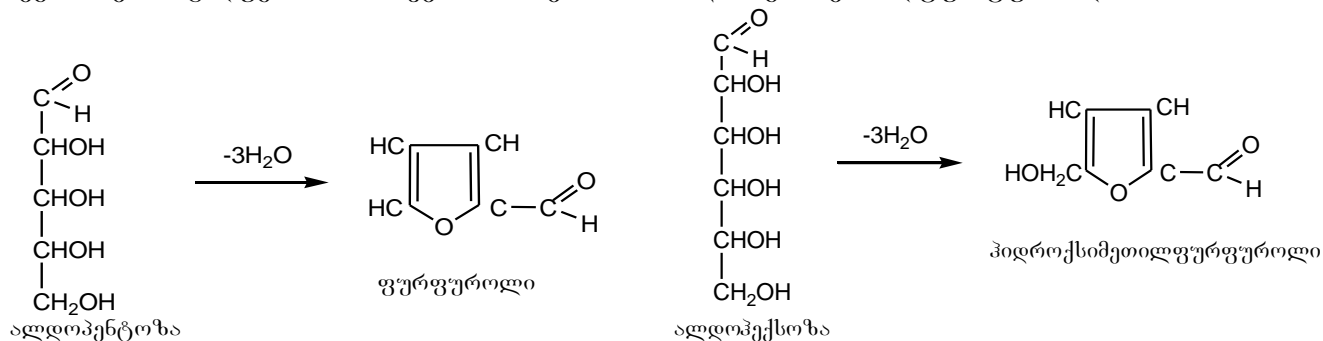


მონოსაქარიდების გარდაქმნები მჟავებისა და ფუძეების მოქმედებით

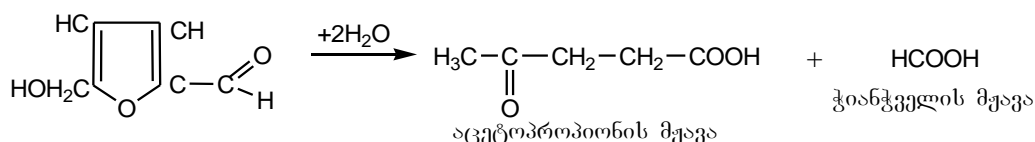
მონოსაქარიდები მჟავებისა და ტუტეების მოქმედებით განიცდის მრავალრიცხოვან გარდაქმნებს. ამ პროცესის პირველ, საერთო სტადიას წარმოადგენს ენოლიზაცია, რომელიც კატალიზდება ფუძეებითა და მჟავებით.



შემდგომი გარდაქმნები მჟავა და ტუტე გარემოში მიმდინარეობს სხვადასხვა გზით და დამოკიდებულია გამოყენებული მჟავას და ფუძის ბუნებასა და კონცენტრაციაზე. მონოსაქარიდებზე ძლიერი მინერალური მჟავების მოქმედებისას ხდება წყლის მოხლეჩა და ჰეტეროციკლური ნაერთის – ფურფუროლის წარმოქმნა. ალდოპენტოზები (არაბინოზა) ამ შემთხვევაში იძლევა ფურფუროლს, ხოლო ალდოჰექსოზები (გლუკოზა) იმავე პირობებში – ჰიდროქსიმეთილფურფუროლს:



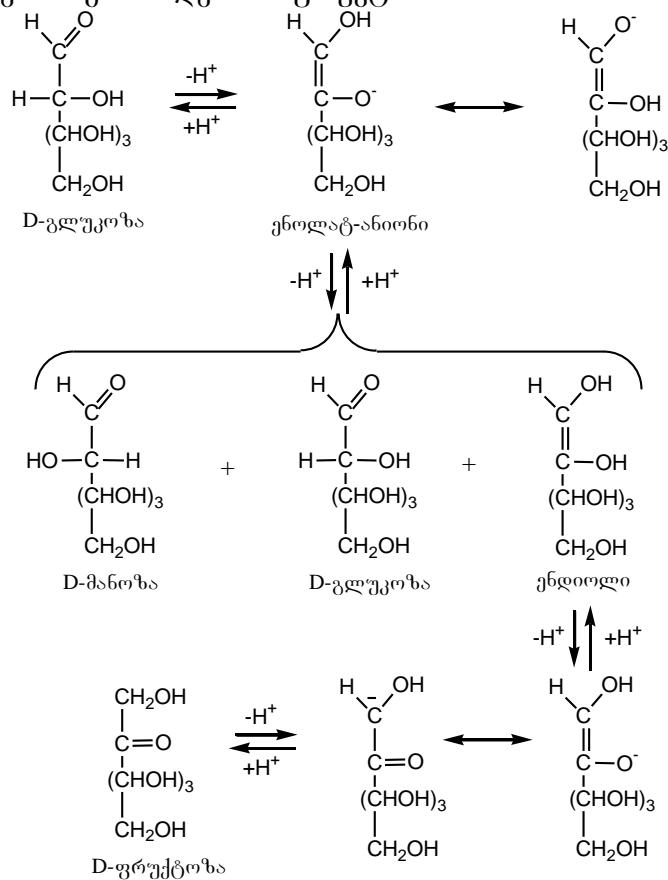
ჰიდროქსიმეთილფურფუროლი ძალიან ადვილად იერთებს წყალს და იძლევა ლევეულინის (აცეტოპროპიონის) და ჭიანჭველას მჟავებს:



აღნიშნული ნაერთები რეაგირებს ფენოლებთან და არომატულ ამინებთან შეფერილი პროდუქტების წარმოქმნით, რის გამოც ამ რეაქციებს ზოგჯერ იყენებენ მონოსაქარიდების თვისებრივი და რაოდენობრივი განსაზღვრისათვის. ფურფუროლი ძმარმჟავა ანილინთან ვარდისფრად იღებება. ამ რეაქციას იყენებენ პენტოზების აღმოსაჩენად. ფურფუროლს მხოლოდ პენტოზები იძლევა.

ლობრი დე ბრუინ-ალბერდ ვან ეკენშტაინის გადაჯგუფება

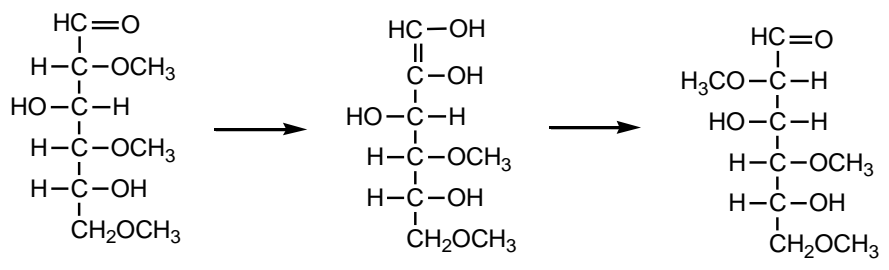
მონოსაქარიდები სუსტი ტუტეების მოქმედებით გარდაიქმნება მის ეპიმერად და მყარდება მათ შორის წონასწორობა. ეს გარდაქმნა შესწავლილ იქნა 1895 წ. ლობრი დე ბრუინისა და ალბერდ ვან ეკენშტაინის მიერ. პროცესი მიმდინარეობს ენდიოლის წარმოქმნით, რომელიც კვლავ გარდაიქმნება კარბონილურ ფორმაში და პროტონის მიერთების ადგილისა და სტერეოქიმიის მიხედვით შეიძლება წარმოიქმნას სამი ნიუთიერება: საწყისი ალდოზა, მისი ეპიმერი და კეტოზა; მაგალითად, გლუკოზის ხსნარზე კირიანი წყლის დამატებისას რამოდენიმე დღის შემდეგ მიიღება D-გლუკოზის (63,5%), D-მანოზის (2,5%) და D-ფრუქტოზის (31%) ნარევი, ხოლო სპეციალურ პირობებში წარმოიქმნება D-ფსიქოზა. ამ რეაქციის დროს დიდ როლს ასრულებს კათიონის ბუნება: ორვალენტიანი მეტალების ჰიდროქსიდები უფრო ეფექტურია, ვიდრე კალიუმისა და ნატრიუმის ჰიდროქსიდები, რაც აიხსნება ენდიოლის სტაბილიზაციით ორვალენტიანი იონებით. Ca-ის იონი უფრო ძლიერ ზემოქმედებას ახდენს, ვიდრე Ba-ის იონი. D-გლუკოზის მეორე ნახშირბადატომთან მდგარი წყალბადის ატომი ძვრადობით გამოირჩევა, რადგანაც ელექტრონოაქცეპტორულ (ჰიდროქსილის და ალდეჰიდის) ჯგუფებთან ახლოს მდებარეობს. სუსტ ტუტე არეში ხდება მისი მოწყვეტა და ენოლატ-ანიონის წარმოქმნა. ეს უკანასკნელი შეიძლება კვლავ პროტონირდეს და, იმის მიხედვით, თუ რომელი მხრიდან მოხდება პროტონის მიერ ენოლატ – ანიონის შეტევა, წარმოიქმნება D-გლუკოზა ან D-მანოზა. ალტერნატიულ ვარიანტში ენოლატ – ანიონის პროტონირება შეიძლება მოხდეს ჟანგბადის ატომთან. ამ შემთხვევაში წარმოიქმნება ენდიოლური ფრაგმენტის შემცველი ნაერთი, რომელიც მეორე ნახშირბადატომთან არსებული ჰიდროქსილის ჯგუფის პროტონის მოწყვეტისას გარდაიქმნება ახალ ენოლატ-ანიონად. ამ უკანასკნელის ხელახალი პროტონირებით კი მიიღება D-ფრუქტოზა:



იზომერაციის ეს პროცესი ცოცხალ ორგანიზმშიც მიმდინარეობს. მაგალითად, ერთ-ერთი ასეთი სტადიაა ორგანიზმში D-გლუკოზო-6-ფოსფატის გარდაქმნა D-

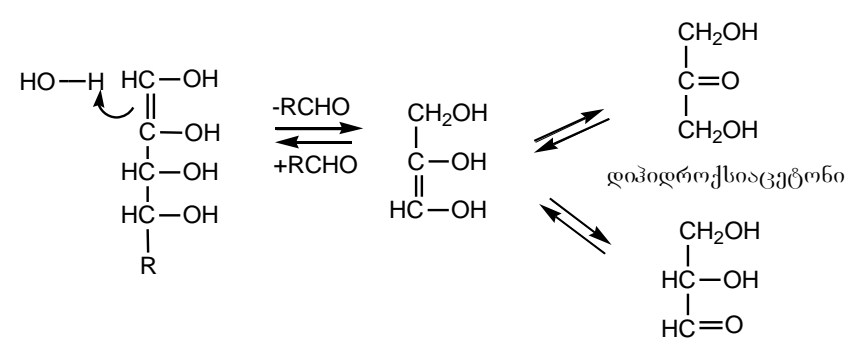
ფრუსტოზო-6-ფოსფატად, რომელიც ფერმენტ გლუკოზფოსფატიზომერაზას საშუალებით ხორციელდება. ლობრი დე ბრუინ-ალბერდ ვან ეკენშტაინის რეაქცია მიმდინარეობს სწრაფად შედარებით რბილ პირობებში. ამ რეაქციამ დიდი გამოყენება პოვა მთელი რიგი ძნელადხელმისაწვდომი კეტოზების სინთეზში.

აღნიშნული რეაქციით შესაძლებელია ძნელადხელმისაწვდომი მეთილირებული ალდოზების მიღება მათი ეპიმერებისაგან. მაგალითად, 2,4,6-ტრი-0-მეთილ-D-მანოზა მიღებულ იქნა შედარებით ხელმისაწვდომ 2,4,6-ტრი-0-მეთილ-D-გლუკოზისაგან:



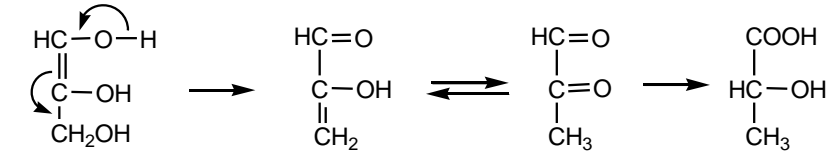
მონოსაქარიდების რეტროალდოლური გახლეჩა

ამ დროს ენდიოლი C-C ბმის გაწყვეტით შეიძლება გარდაიქმნას შედარებით მცირე ნახშირბადის ჯაჭვის მქონე ოქსიკარბონილურ ნაერთად. ალდოლურ კონდენსაციას ადგილი აქვს ტუტეებისა და მუავების მოქმედებით, ხოლო რეტროალდოლური გახლეჩვის რეაქცია პრაქტიკულად მხოლოდ ტუტე არეში მიმდინარეობს.

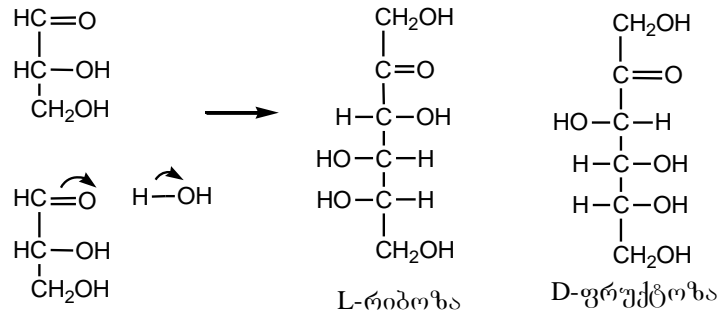


გლიცერინის ალდეჰიდი

დიჰიდროქსიაცეტონი და გლიცერინის ალდეჰიდი წარმოქმნის ერთი და იგივე ენოლს, რომელიც მონაწილეობს ზემოთ აღნიშნულ რეაქციებში. ლობრი დე ბრუინ-ალბერდ ვან ეკენშტაინის რეაქციის შედეგად მიიღება D- და L-გლიცერინის ალდეჰიდებისა და დიჰიდროქსიაცეტონის ნარევი, ხოლო წყლის მოხლეჩვის შედეგად წარმოიქმნება პიროყურძნის ალდეჰიდი, რომელიც კანიცაროს რეაქციის შედეგად იძლევა D,L-რძის მუავას:



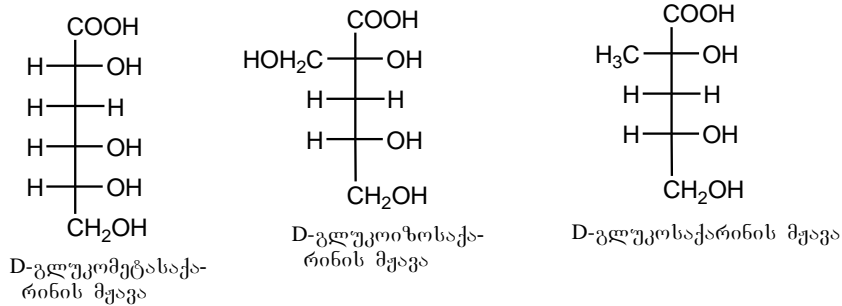
გლიცერინის ალდეჰიდი და დიჰიდროქსიაცეტონი ისევ შედის ალდოლურ კონდენსაციაში და შეუძლია წარმოქმნას L-სორბოზა და D,L-ფრუქტოზა:



გლიცერინის ალდეჰიდის კონდენსაციას დიჰიდროქსიაცეტონთან აქვს გარკვეული მნიშვნელობა, როგორც ჰექსულოზის სინთეზის მეთოდს.

საქარინული გადაჯგუფება

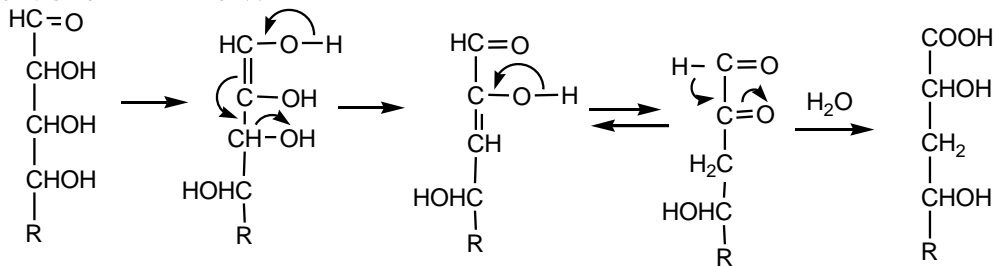
მონოსაქარიდების გადაჯგუფებამ ტუტე არეში დიდი ხანია მიიპყრო მკვლევართა ყურადღება. სხვადასხვა ფუძეების ზემოქმედებით აღმდგენელი ნახშირწყლებისაგან წარმოიქმნება საქარინული მჟავები ემპირიული ფორმულით $C_nH_{2n}O_n$, რომლებიც შეიცავენ ნახშირბადატომთა იგივე რაოდენობას, რასაც საწყისი მონოსაქარიდები. მონოსაქარიდების საქარინული გადაჯგუფება წარმოადგენს შიგამოლეკულური ჟანგვა-აღდგენის ტიპურ რეაქციას. წარმოიქმნება შემდეგი ტიპის საქარინული მჟავები:

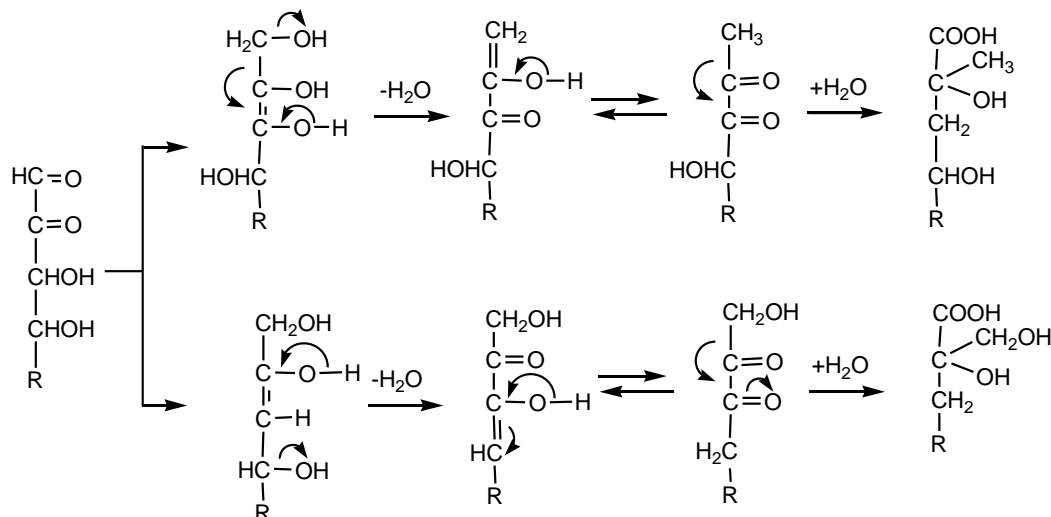


ცნობილია საქარინული მჟავების წარმოქმნის მრავალი მექანიზმი. ყველაზე გავრცელებული და დამუშავებულია ისბელის იონური მექანიზმი. საქარინული მჟავების წარმოქმნის ისბელის იონური მექანიზმი მოიცავს შემდეგ სტადიებს:

- ა) ენდიოლის წარმოქმნა და იონიზაცია;
- ბ) ჰიდროქსილის ან ალკოქსილის ჯგუფის β -მოსღეჭა;
- გ) α -დიკარბონილურ შუალედურ ნაერთებად გადაჯგუფება;
- დ) ბენზილური გადაჯგუფება საქარინული მჟავების წარმოქმნით.

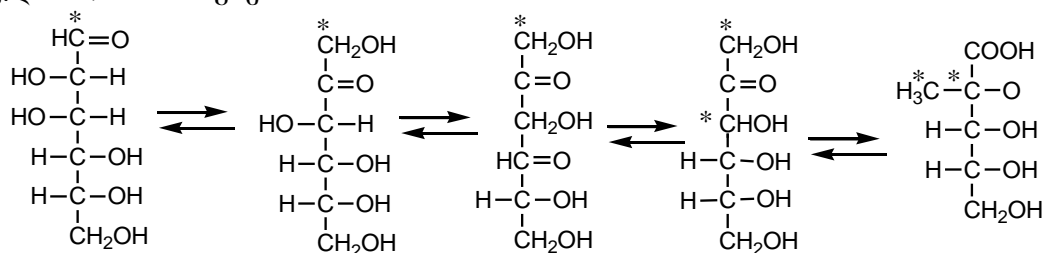
ამ მექანიზმის თანახმად საქარინული მჟავების წარმოქმნა შეიძლება წარმოვიდგინოთ შემდეგი რეაქციების მიხედვით:



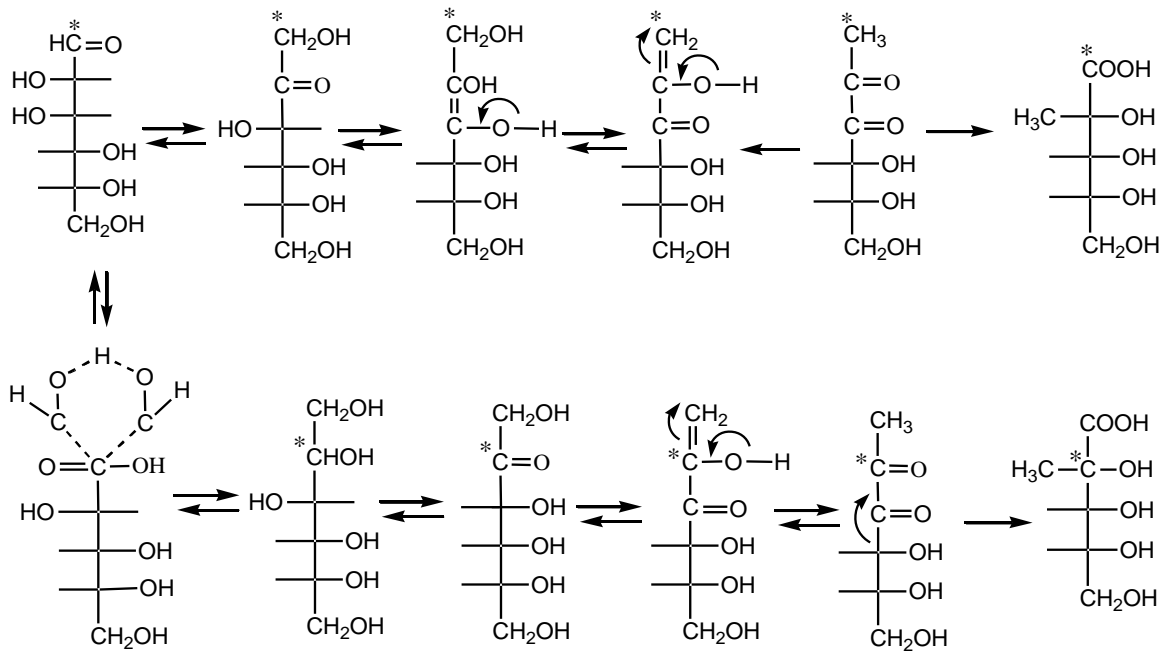


მოცემული შუალედური დიკარბონილური ნაერთები, რომლებიც მონაწილეობენ საქარინული მუაგების წარმოქმნის რეაქციებში, სინთეზირებულია ან გამოყოფილია შესაბამისი ჩანაცვლებული შაქრების ტუტით დამუშავებით მიღებული პროდუქტებისაგან. ისინი სწრაფად გარდაიქმნებიან საქარინულ მუაგებად..

ზემოთ მოცემული მექანიზმი მტკიცდება ნიშანდებულ ნაერთებზე ჩატარებული ექსპერიმენტითაც. გალაქტოზა-1-¹⁴C-ზე Ca(OH)₂-ის მოქმედებით მიღებულ იქნა α-D-გალაქტომეტასაქარინის მუაგა, რომელშიც საწყისი აქტივობის 95%-ს შეიცავს კარბოქსილის ჯგუფი, რაც სრულ შესაბამისობაშია ისბელის მექანიზმთან. ლაქტოზა-1-¹⁴C-სგან იგივე პირობებში წარმოიქმნება α- -გლუკოზოსაქარინის მუაგა, რომელშიც საწყისი აქტივობის 94%-ს შეიცავს C₂, რაც ასევე ეთანხმება ისბელის მექანიზმს. D-მანოზა-1-¹⁴C-ის კალციუმის ჰიდროქსიდით დამუშავებით წარმოიქმნება α-D-გლუკოსაქარინის მუაგა, რომელიც საწყისი აქტივობით შეიცავს შეიცავდა 39% CH₃ ჯგუფს და 57% C₂-ს. ისბელის მექანიზმის თანახმად, რადიოაქტივობა მთლიანად CH₃-ზე უნდა გადასულიყო. ამ მოვლენის ასახსნელად გამოითქვა მოსაზრება, რომ D-მანოზა რეაქციის პირობებში სწრაფად განიცდის რეტროალდოლურ გახლეჩას, ხოლო მიღებული ჰიდროქსიაცეტონისა და D-გლიცერინის ალდეჰიდისაგან კვლავ წარმოიქმნება ნიშანდებული პექსოზა-1,3-¹⁴C, რომლის გადაჯგუფებით მიიღება საქარინული -2,2-¹⁴C მუაგა.*



ეს ჰიპოთეზა უარყოფილ იქნა ჯ. სოუდენისა და მისი თანამშრომლების მიერ. მათი აზრით, ტრიოზების რეკომბინაციით კეტოზაში რადიოაქტივობა თანაბრად უნდა განაწილდეს C₁ და C₂-ს შორის და ისბელის სქემის მიხედვით უნდა წარმოიქმნას α-D-გლუკოსაქარინის მუაგა, რომელშიც თანაბარი ხარისხით რადიოაქტიური იქნება C₂ და ნახშირბადის ატომი CH₃-ში. ნავარაუდები იყო D-მანოზა-1-¹⁴C-ს იზომერიზაცია D-გლუკოზა-2-¹⁴C-ად წარმოქმნილ შუალედურ ნაერთში C₁ და C₂-ს შორის შიგამოლეკულური გახლეჩვის შედეგად. D-ფრუქტოზა-1-¹⁴C-ს (ისბელის მექანიზმის მიხედვით) და D-ფრუქტოზა-1-¹⁴C-ს (შიგამოლეკულური მექანიზმით) შეუძლიათ შესაბამისად, წარმოქმნან α-D-გლუკოსაქარინის მუაგა, რომელიც, რადიოაქტივობას შეიცავს მეთილის ჯგუფსა და C₂-ში.

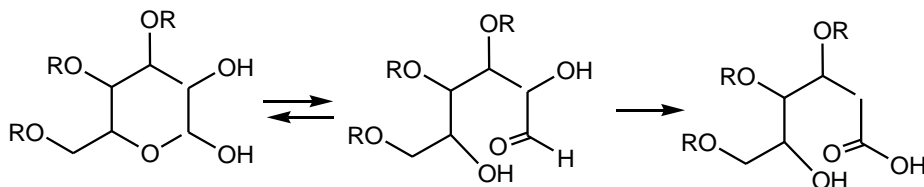


პროფ. რ. გახოკიძემ გამოთქვა მოსაზრება, რომ ჰიდროქსიდის იონები არ წარმოადგენს საქარინული გადაჯგუფების სპეციფიკურ კატალიზატორებს. ამასთან, სხვადასხვა ტიპის საქარინული მუავების წარმოქმნა არ არის ჰიდროქსიდის იონის გავლენის შედეგი, ვინაიდან შაქრები ძლიერ ფუძე იონმცვლელ ფისებზე მხოლოდ ეპიმერიზაციას განიცდიან, ხოლო სხვადასხვა მეტალის ჰიდროქსიდების მოქმედებით წარმოიქმნება სხვადასხვა ტიპის საქარინული მუავა. აქედან შეიძლება გაკეთდეს დასკვნა, რომ საქარინული გადაჯგუფების ძირითადი გამომწვევი ფაქტორი მეტალის იონის ბუნებაა. მაგალითად, შაქრებზე $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -ის მოქმედებით ძირითადად მიიღება გლუკოსაქარინის მუავა, ხოლო NaOH -ის მოქმედებით – მეტასაქარინის მუავა.

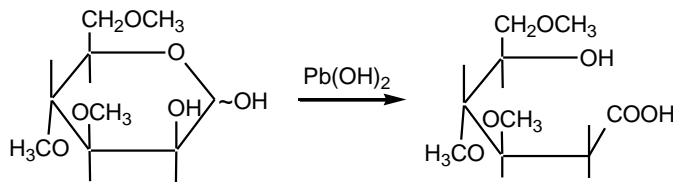
გახოკიდის გადაჯგუფება

კარბონილური და სპირტული ჯგუფების შეთანხმება განაპირობებს ნახშირწყლების დიდ რეაქციისუნარიანობას და მიდრეკილებას სხვადასხვა გარდაქმნებისადმი, სუსტი აგენტების მოქმედების შემთხვევაშიც კი. რეაქციის მიმართულება იცვლება რეაქციის პირობების მიხედვით. ნახშირწყლები ხასიათდებიან დიდი უმდგრადობით ტუტე ხსნარებში, განიცდიან დიასტერეოიზომერულ და ეპიმერულ გარდაქმნებს, კანიცაროს რეაქციას, საქარინულ გადაჯგუფებას და რეტროალდოლურ გახლეჩვას.

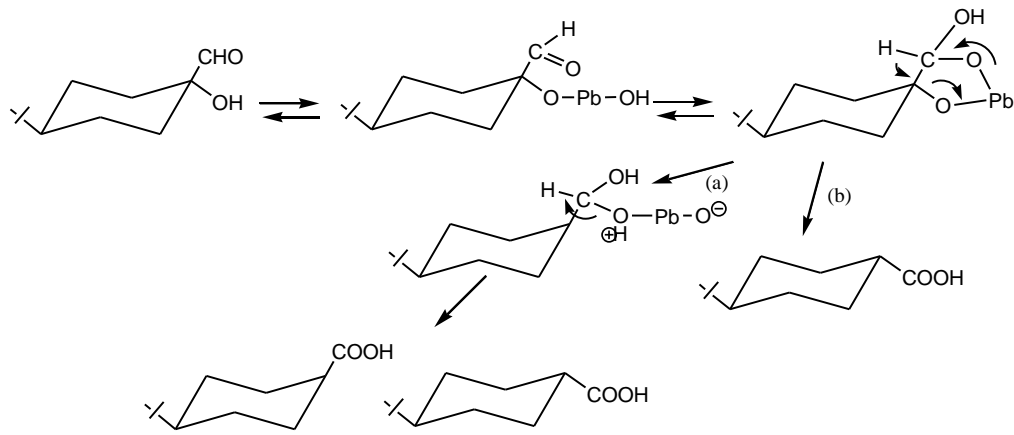
პროფ. რ. გახოკიდის მიერ დადგენილ იქნა, რომ საქარინული გადაჯგუფების მიმართულება დამოკიდებულია ტუტე რეაგენტის ბუნებაზე. მან თავის შრომებში აჩვენა, რომ ნაწილობრივ ჩანაცვლებული ალდოზები, რომლებიც შეიცავენ თავისუფალ ნახევარაცეტალურ და მეზობლად მდებარე სპირტულ ჯგუფებს, ცვლადი ვალენტობის მქონე მძიმე მეტალების – ტყვიისა და კალის ჰიდროქსიდების მოქმედებით განიცდიან შიგამოლეკულურ გადაჯგუფებას 2-დეზოქსიალდონის მუავების წარმოქმნით. ექსპერიმენტულმა დაკვირვებებმა აჩვენეს, რომ ჰიდროქსიდის იონები არ წარმოადგენენ საქარინული გადაჯგუფების სპეციფიკურ კატალიზატორებს. გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს მეტალის იონს. ამ შემთხვევაში ფორმალურად მიმდინარეობს მეზობელი ჯგუფების ურთიერთგაცვლა და მთლიანობაში მოლეკულის დაუანგულობის ხარისხი უცვლელი რჩება.



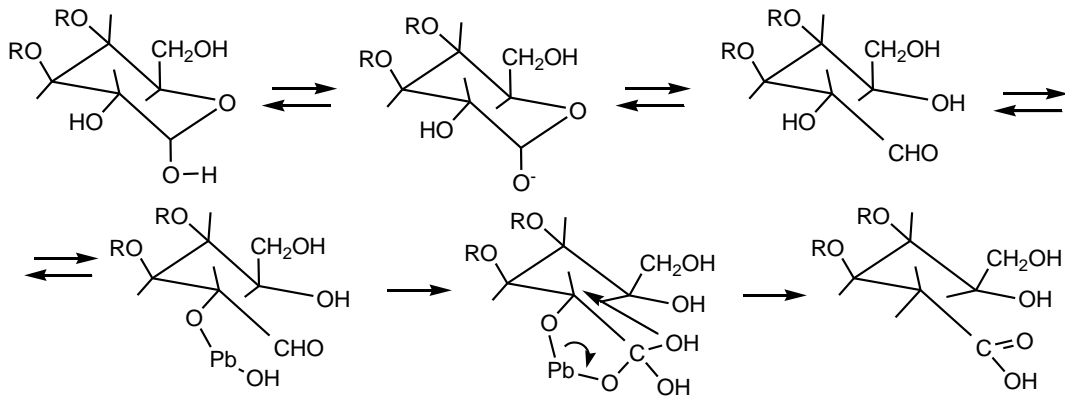
ასე მაგალითად, ტყვიის ჰიდროქსიდის მოქმედებით 3,4,6-ტრი-0-მეთილ-D-მანოპირანოზა გადადის 2-დეზოქსი-3,4,6-ტრი-0-მეთილ-D-გლუკონის მუავაში.



ამ გადაჯგუფების მექანიზმის შესასწავლად მოდელურ ნაერთად აღებულ იქნა 4-ტრეტ-ბუტილ-2-ჰიდროქსიციკლოჰექსანალი. დიდი მოცულობის ტრეტ-ბუტილურმა ჯგუფმა (ციკლის კონფიგურაციის მაფიქსირებელი) ავტორს საშუალება მისცა დაედგინა გადაჯგუფების მიმდინარეობა და თვალყური ედევნებინა მისი სტერეოქიმიისათვის. სარეაქციო ცენტრთან შესაძლებელია გადაჯგუფება წარიმართოს ორი ვარიანტით: საფეხურეობრივი ასინქრონული (მიმართულება a) და ციკლური სინქრონული მექანიზმით (მიმართულება b):



სავარაუდო მექანიზმის დასადგენად ჩატარდა შემდეგი ცდა: მესამეული ცის-4-ბუტილ-2-ოქსიციკლოპექსანალის დამუშავებით PbO-ით მიიღება მესამეული ტრანს-4-ბუტილ-2-ჰიდროქსიციკლოპექსანკარბონმჟავა, რომლის აგებულება დადგენილ იქნა კვლევის ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდებით. თავისუფალი ფსევდოალდეჰიდური და მეზობელი მეორადი სპირტული ჯგუფების შემცველი ნახშირწყლის გადაჯგუფება შეიძლება გამოისახოს შემდეგნაირად:

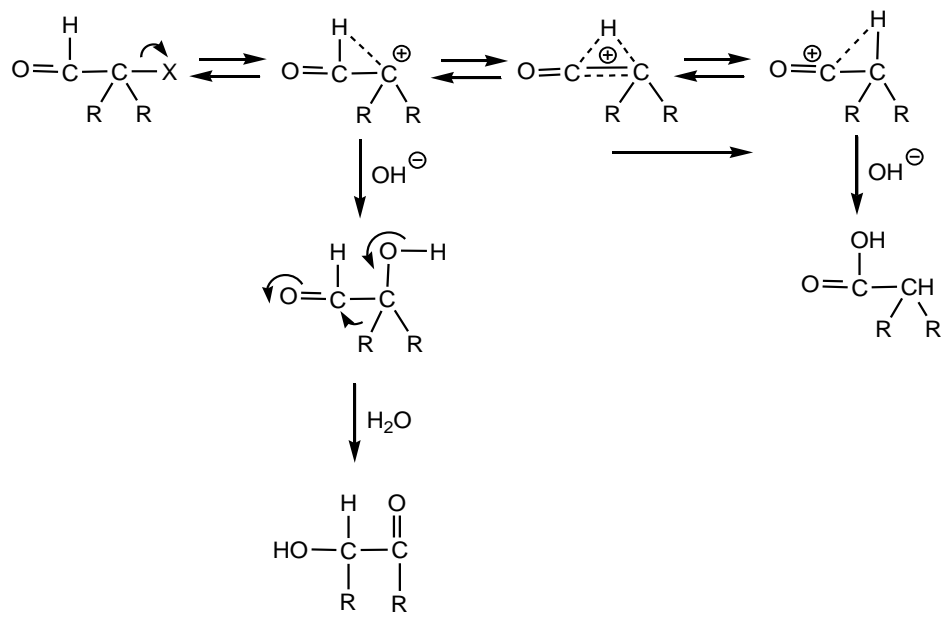


ნახშირწყლების მუავური გადაჯგუფება ანალოგიურია საქარინული გადაჯგუფებისა, მაგრამ მათ შორის არის პრინციპული განსხვავება: პირველი მიმდინარეობს შიგამოლეკულური, ხოლო მეორე მოლეკულათშორისი მექანიზმით, რომლის დროსაც ადგილი აქვს β-ელიმინირებას და შემდგომ ბენზილურ გადაჯგუფებას, რის შედეგად წარმოიქმნება საქარინული მუავები. როგორც ცნობილია, ჩაუნაცვლებელი გლიცერინის ალდეჰიდი გადაჯგუფების შედეგად გარდაიქმნება რძის მუავად – ჩვეულებრივ საქარინულ მუავად და არა იზომერულ 3-ჰიდროქსიპროპანმუავად. ანალო-გიურად ერიტროზა გარდაიქმნება 2,4-დიჰიდროქსიბუტანმუავად. ამიტომ, საქარინული მუავების წარმოქმნის თავიდან ასაცილებლად, საჭიროა ადებულ იქნეს არა თავისუფალი, არამედ ნაწილობრივ ჩანაცვლებული შაქრები ჩაუნაცვლებელი ფსევდოალდეჰიდური და მეორადი სპირტული ჯგუფებით (C-2-თან).

პოლივალენტურ მეტალთა ჰიდროქსიდების (ისევე როგორც ტუტე და ტუტემიწათა მეტალების ჰიდროქსიდების) მოქმედებით თავისუფალ შაქრებთან წარმოიქმნება საქარინული მუავები, იმ განსხვავებით, რომ ჩანაცვლებული ნახშირწყლები (მაგალითად, -მეთილწარმოებულები) უფრო ხელსაყრელია საქარინული მუავების წარმოსაქმნელად, მათზე ტუტე და ტუტემიწათა მეტალთა ჰიდროქსიდების მოქმედებისას. მაგალითად, D-გლუკოზის ტყვიის ჰიდროქსიდით დამუშავებისას ადგილი აქვს ნახშირბადის ჩონჩხის ცვლილებას და წარმოიქმნება გლუკოსაქარინის მუავა. მუავური გადაჯგუფების მექანიზმის შესწავლა საშუალებას იძლევა

დავასკვნათ, რომ C-2-თან ჩანაცვლებული ელექტრონულაქცეპტორული ჯგუფები ზრდიან კარბონილური ნაერთების რეაქციისუნარიანობას, აადვილებენ X⁻ მოხლეჩვას, რამდენადაც C^{δ+} - X^{δ-} კავშირი თავიდანვე არის პოლარული, ხოლო ნახშირბადის ატომი ელექტროფილური.

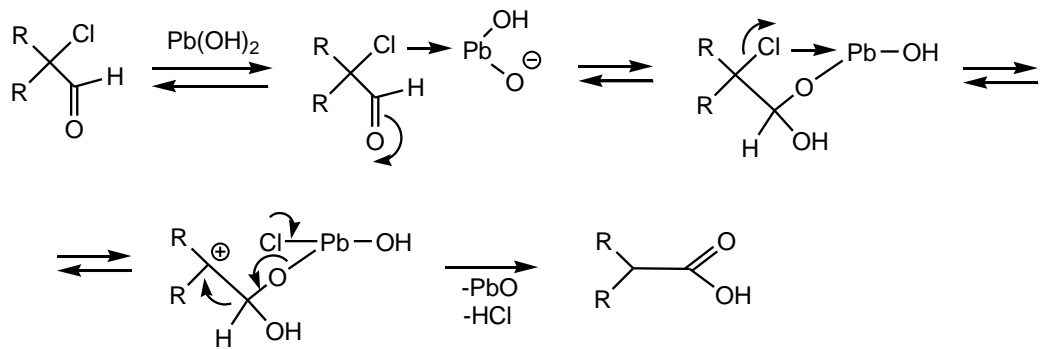
ჩამნაცვლებლის (წამსვლელი ჯგუფის) დიდი I - ეფექტი აადვილებს გადაჯგუფებას. ალდოზები და კეტოზები α-მდგომარეობაში ჩანაცვლებული ელექტრონაქცეპტორული ჯგუფებით ადვილად განიცდიან დისპროპროპორციონირების რეაქციას და გარდაიქმნებიან 2-დეზოქსიალდონის მჟავებად. კარბონილურ ნაერთთა მჟავური იზომერიზაცია, რომლებიც კარბონილის ჯგუფის მეზობლად მდებარე ნახშირბადატომთან შეიცავენ ელექტრონაქცეპტორულ ჩამნაცვლებლებს, შეიძლება მივაკუთვნოთ ნუკლეოფილურ გადაჯგუფებებს ელექტრონდეფიციტურ ცენტრთან (სექსტეტურ გადაჯგუფებებს). H₂¹⁸O-ით გამდიდრებულ წყალში გარდაქმნის პროდუქტში უნგბადის ატომები ნაწილობრივ მიმოიცვლება ¹⁸O -ით, რაც კარბკათიონის (როგორც გადაჯგუფების თანამდევი პროდუქტის) წარმოქმნაზე მიუთითებს. რეაქციის მექანიზმი ეთანხმება ჰიდროლიზის დროს თანამდევი პროდუქტის წარმოქმნასა და აცილონურ გადაჯგუფებას.



აქტიურობის მიხედვით, α-ჩანაცვლებული ალდოზები, რომლებიც განიცდიან დისპროპორციონირებას, შეიძლება განლაგებულ იქნას შემდეგი რიგის მიხედვით:



კატალიზატორის როლი შეიძლება შემდეგი სახით წარმოვიდგინოთ: მაგალითად, ჰალოგენალდოზებისაგან თავდაპირველად წარმოიქმნება ხელატური კომპლექსი, ხოლო მეორე სტადიაზე ხდება აქტივირებული კომპლექსის დაშლა წყალბადის გადაჯგუფებით:



C-2-თან მდებარე ელექტრონულაქცეპტორული ჯგუფების შემთხვევაში რეაქციის სიჩქარე განისაზღვრება კატალიზატორთან აქტიური კომპლექსის წარმოქმნით და C-X ბმის გახლეჩით. ბოლო სტადია მიმდინარეობს საკმაოდ სწრაფად. ამ შემთხვევაში პროცესის საერთო სიჩქარე დამოკიდებულია იმაზე, თუ რომელი α -ჩანაცვლებული კარბონილური ნაერთი იღებს რეაქციაში მონაწილეობას.

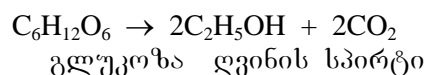
დუღილის რეაქციები მონოზებში

მიკროორგანიზმების მოქმედებით მონოზები განიცდის სხვადასხვა ქიმიურ გარდაქმნას. ამ გარდაქმნისას მიიღება სპირტი, რძემჟავა, ერბომჟავა, ძმარმჟავა და სხვა ნივთიერებები. საინტერესოა აღინიშნოს, რომ დუღილს ადვილად განიცდის წყვილნახშირბადშერეული მონოზები. ამასთან ერთად სხვადასხვა კონფიგურაციის მონოზები ერთნაირად არ განიცდის დუღილს. ოპტიკური ანტიპოდებიდან დუღილს ადვილად ის მონოზა განიცდის, რომელიც ბუნებაში გვხვდება.

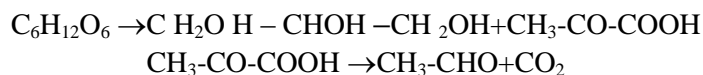
მიღებული პროდუქტების მიხედვით არსებობს: ალკოჰოლური ანუ სპირტული, რძემჟავური, ერბომჟავური, ლიმონმჟავური, პროპიონმჟავური, ბუტანოლ-აცეტონური, ძმარმჟავური დუღილი.

1. ალკოჰოლური დუღილი. ცნობილია, რომ ალკოჰოლური დუღილისას შაქარშემცველი ხსნარებისაგან მიიღება ღვინის სპირტი და ნახშირორჟანგი. 1857 წელს ლ. პასტერმა დაამტკიცა, რომ დუღილს იწვევს მიკროორგანიზმები (საფუარა სოკოები), რომლებიც ჰაერიდან შაქრის ხსნარში ხვდებიან. ამიტომ, ხელოვნურად დუღილის განსახორციელებლად საჭიროა შაქრის ხსნარს დაუმატოთ საფუარის სუფთა კულტურა.

1871 წ. მანასენინმა დაამტკიცა, რომ დუღილს იწვევს არა ცოცხალი მიკროორგანიზმები, არამედ მათ მიერ გამოყოფილი უჯრედის წვენი, რომელსაც ფერმენტი ანუ ენზიმი უწოდეს. შემდეგში 1896 წ. ბიუხნერმა ქვიშაში საფუარის გახეხვით გამოყო უჯრედის წვენი, რომელიც დუღილს იწვევდა. ალკოჰოლური დუღილის ამ ფერმენტს ზიმაზა უწოდეს. დუღილის პროცესების შემდგომი შესწავლისას გამოირკვა, რომ დუღილს იწვევს არა ერთი ფერმენტი ზიმაზა, არამედ ფერმენტების მთელი ჯგუფი და სხვადასხვა დამხმარე ნივთიერება. დუღილის ფერმენტები, ისევე როგორც სხვა ფერმენტები, ცილოვან ნივთიერებებს წარმოადგენენ და კატალიზურ აქტიურობას უჯრედის მოსპობის შემდეგაც ინარჩუნებენ. ამგვარად, დუღილი წარმოადგენს არა ბიოლოგიურ, არამედ ქიმიურ პროცესს, რომელიც დამოკიდებულია სპეციფიკურ ბიოლოგიურ კატალიზატორებზე-ცილებზე. ცოცხალ უჯრედებში კი დუღილი დამოკიდებულია მიკროორგანიზმების სიცოცხლისუნარიანობაზე, უჯრედში ნივთიერებათა ცვლის პროცესებზე. ალკოჰოლური დუღილის შეჯამებული რეაქციაა:



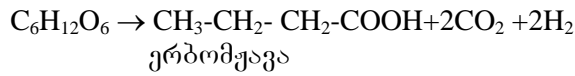
ამ რეაქციის მექანიზმის შესწავლაში დიდი წვლილი შეიტანეს ლ. ივანოვმა, ა. ფავორსკიმ, ა. ლებედევმა და სხვა. ალკოჰოლური დუღილის შუალედურ პროდუქტებად გამოყოფილ იქნა ძმარმჟავა ალდეჰიდი, პიროყურძენმჟავა და გლიცერინი. ძმარმჟავა ალდეჰიდი მიიღება პიროყურძენმჟავას დაშლით. თავდაპირველად დუღილის რეაქცია შემდეგნაირად მიმდინარეობს:



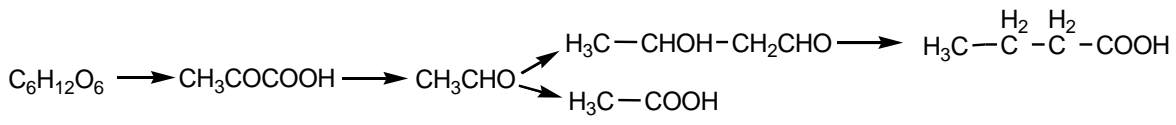
დუღილის პროცესების დროს დიდი მნიშვნელობა აქვს ფოსფორმჟავასა და მის მარილებს. 1905 წ. ლ. ივანოვმა დაამტკიცა, რომ ალკოჰოლური დუღილის დროს დუღილის სუბსტრატსა და არაორგანული ფოსფორის ხარჯზე წარმოიქმნება ფოსფორმჟავას ორგანული ნაერთები (სქემა 8). ალკოჰოლური დუღილი იწყება გლუკოზის დაფოსფორირებით, რომელიც ფოსფორმჟავას ატფ-იდან იღება. ეს რეაქცია მიმდინარეობს ფერმენტ ჰექსოკინაზას მოქმედებით. რეაქციის შედეგად მიიღება 6-გლუკო-ფოსფატი, რომელიც ფერმენტ იზომერაზას საშუალებით გადადის

რქემუავეურ დუდილს იყენებენ რძის პროდუქტების წარმოებაში, როგორცაა მაწონი, ხაჭო, ყველი, არაჟანი და სხვა.

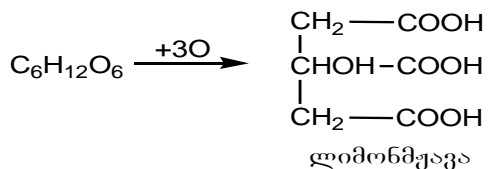
3. ერბომუავეური დუდილი. ერბომუავეურ დუდილს იწვევს ანაერობული ბაქტერიები:



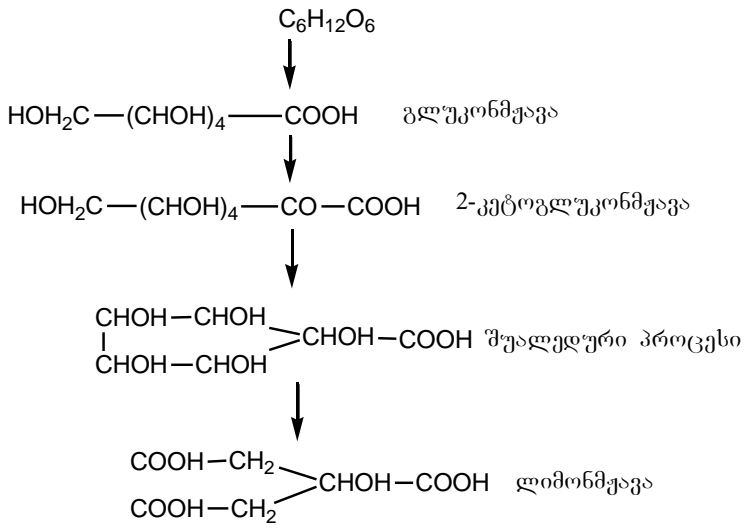
ერბომუავეური დუდილის დროს, ისევე როგორც ალკოჰოლური დუდილის შემთხვევაში, მიიღება ძმრის ალდეჰიდი. მისი მცირე ნაწილი დაუანგვით ძმარმუავეაში გადადის, ძირითადი ნაწილი კი ალდოლური კონდენსაციის შედეგად იძლევა ალდოლს, რომელიც შიგამოლეკულური გადაჯგუფების შედეგად გარდაიქმნება ერბომუავეად. ერბომუავეური დუდილისას შაქარი შემდეგი სქემით გარდაიქმნება:



4. ლიმონმუავეური დუდილი. ლიმონმუავეურ დუდილს იწვევს ობის სოკოები.

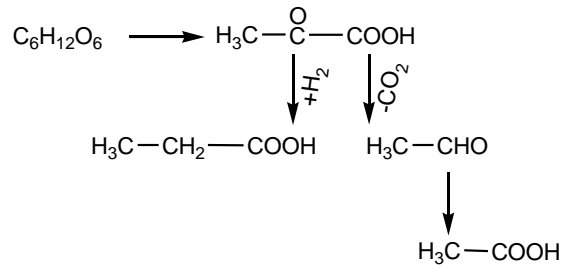


ლიმონმუავეური დუდილი მრავალსტადიანია. ლიმონმუავეა წარმოიქმნება შაქრებისა-გან პირდაპირი უანგვითი პროცესების შედეგად:

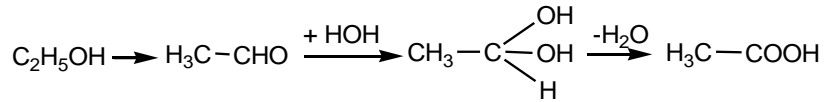


ლიმონმუავეური დუდილის დროს ლიმონმუავეას გამოსავლიანობა 90 %-ს და, ხშირად 100% -ს შეადგენს. ლიმონმუავეურ დუდილს დიდი წარმატებით იყენებენ ლიმონმუავეას მისაღებად.

5. პროპიონმუავეური დუდილი. დუდილის მთავარ პროდუქტს წარმოადგენს პროპიონმუავეა, ძმარმუავეა და ნახშირორჟანი. თავდაპირველად რეაქცია მიმდინარეობს ალკოჰოლური დუდილის მსგავსად. შემდეგ პიროყურძენმუავეას 1/3 იუანგება, 2/3 კი – ალდეგება პროპიონმუავეად.



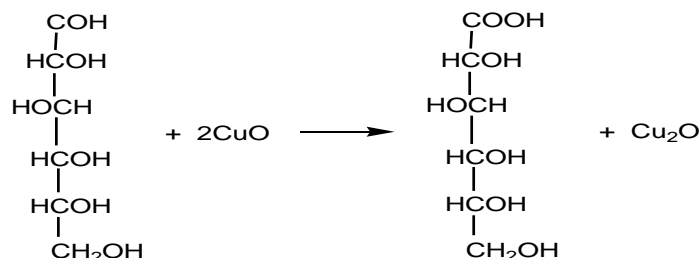
6. ძმარმუაგური დუღილი. ძმარმუაგური დუღილი მიმდინარეობს აერობულ პირობებში. პროცესი მიმდინარეობს ეთილის სპირტის დაჟანგვით ჰაერის ჟანგბადის თანდასწრებით:



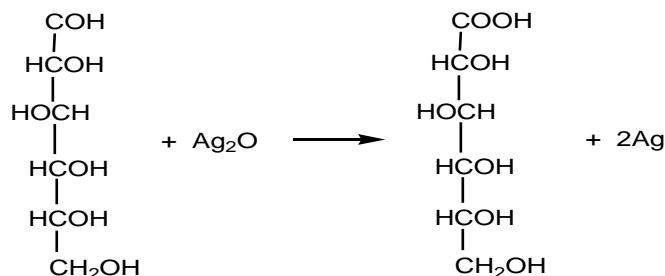
ძმარმუაგური დუღილი ფართოდ გამოიყენება ძმარმუაგას მისაღებად.

აღდოზების თვისებითი რეაქციები

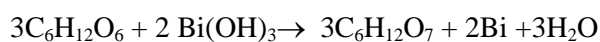
1. **ფელინგის სითხის მოქმედება.** ფელინგის სითხესთან აღდოზების გაცხელებით გამოიყოფა სპილენძის ქვეყანგის მოწითალო-აგურისფერი ნალექი. ამ დროს მონოზების აღდგომის ჯგუფი იჟანგება, ხოლო სპილენძი ნაწილობრივ აღდგება:



2. **ვერცხლის სარკის რეაქცია.** მონოზების ვერცხლის ჟანგთან გაცხელებით გამოიყოფა თავისუფალი ვერცხლი, რომელიც სარეაქციო ჭურჭლის კედლებს გადაეკვრის და ბზინავს როგორც სარკე:



3. **ნილანდერის რეაქცია.** აღდომონოზებზე ნილანდერის ხსნარის (4 გ სეგნეტის მარილი, 2 გ ბისმუტის აზოტმჟავა ფუძემარილი, 10 გ კალიუმის ტუტე გახსნილი 100 მლ წყალში) მოქმედებით გამოიყოფა ბისმუტის შავი ლითონური ნალექი:



4. **ბარფერდის სინჯი.** აღდომონოზებზე ბარფერდის რეაქტივის (50 გ სპილენძის აცეტატი, 50 გ ნატრიუმის აცეტატი, 5 მლ ძმარმჟავა გახსნილი 1 ლ წყალში) მოქმედებით აღდომონოზები იჟანგებიან და გამოიყოფა სპილენძის მოწითალო-აგურისფერი ნალექი.

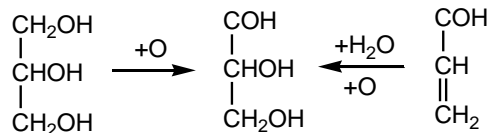
5. **სინჯი პიკრინმჟავათი.** 2% პიკრინმჟავისა და 20% სოდის ხსნართან აღდომონოზების გაცხელებით ხსნარი წითლად იფერება.

კეტოზების თვისებითი რეაქციები

1. **სელივანოვის რეაქცია.** კეტომონოზის, მაგალითად, კონცენტრირებულ მარილმუავასა და რეზორცინთან ერთად ფრუქტოზის ხსნარის გაცხელებით სითხე წითლად იღებება, საიდანაც გაცივების შემდეგ გამოიყოფა წითელი ნალექი.
2. **სინჯი დიფენილამინით.** დიფენილამინის სპირტიან ხსნარსა და კონცენტრირებულ მარილმუავასთან ფრუქტოზის ხსნარის დუღილით სითხე ლურჯ ფერს იღებს.
3. **პინოვის რეაქცია.** კონცენტრირებული გოგირდმუავასა და α -ნაფტოლის სპირტიან ხსნართან ფრუქტოზის ხსნარის გაცხელებით სითხე იისფრად იფერება.

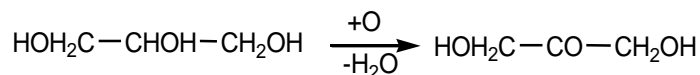
მონოზების ცალკეული წარმომადგენლები

ტრიოზები. გლიცერინის ალდეჰიდი. გლიცერინის დაჟანგვით ან აკროლეინის ჟანგვა-ალდეგენით მიიღება D-L-გლიცერინმუავა ალდეჰიდი:

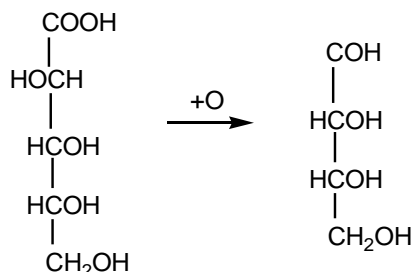


გლიცერინის ალდეჰიდი უფერო, ტკბილი გემოს კრისტალური ნივთიერებაა. იგი ღვება 138°C -ზე, ალდეგენს ფელინგის სითხეს, იძლევა ვერცხლის სარკის რეაქციას. ფენილჰიდრაზინთან წარმოქმნის ოზაზონს, ტუტის მოქმედებით განიცდის კონდენსაციას და გადადის აკროზაში. D- და L- გლიცერინის ალდეჰიდები ზეთისებური სითხეებია.

დიჰიდროქსიაცეტონი მიიღება გლიცერინის ბრომით ან ტუტით დაჟანგვით, ის კრისტალური ნივთიერებაა, ღვება 80°C -ზე.



ტეტროზები. ალდოტეტროზები. ცნობილია 2 მონოზა. D-ერიტროზა და ტრეოზა. D-ერიტროზა მიიღება D-არაბინის მუავას წყალბადის ზეჟანგვით დაჟანგვით:

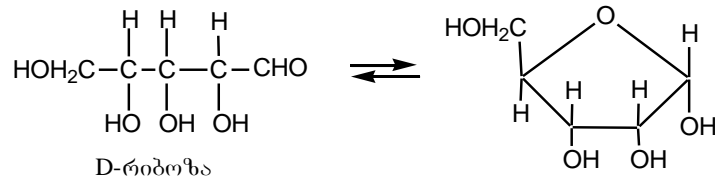


L-ერიტროზა მიიღება L-არაბინომუავას დაჟანგვით. ის ზეთისებრი სითხეა. D- და L- ტრეოზა მიიღება ქსილოზიდან. ისინი კრისტალური ნივთიერებებია. კეტოტეტროზებიდან ცნობილია D-ერიტროლოზა. იგი ზეთისებრი სითხეა.

პენტოზები. ალდოპენტოზებიდან ბუნებაში გავრცელებულია D-რიბოზა, D-ქსილოზა და D-არაბინოზა. ცხოველებში განსაკუთრებით გავრცელებულია D-რიბოზა. იგი შედის ნუკლეინმჟავების, ფერმენტებისა და ვიტამინების შედგენილობაში, ღლვება 95°C ტემპერატურაზე.

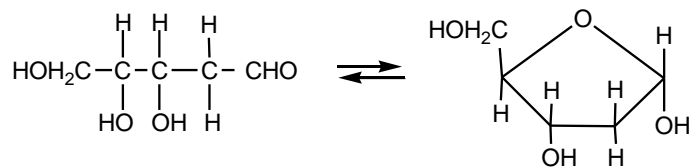
L-არაბინოზა წარმოადგენს ტკბილი გემოს მქონე კრისტალურ ნივთიერებას, ღლვება 160°C-ზე. სინთეზურად იგი მიიღება L-გლუკონმჟავას დაჟანგვით. D-არაბინოზა მიიღება D-გლუკონმჟავას დაჟანგვით.

რიბოზა წარმოადგენს არაბინოზას ეპიმერს. D-რიბოზა (დნ. T. 87°C) ბუნებაში გვხვდება როგორც რიბონუკლეინური მჟავების, ისე ზოგიერთი ვიტამინების შემადგენელი ნაწილი.



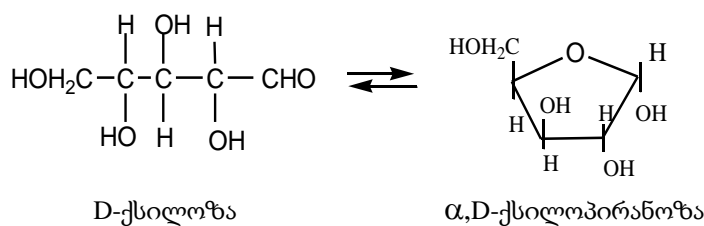
რიბოზას შესაბამისი კეტოზა რიბულოზის სახელწოდებას ატარებს. ფოსფორმჟავა ეთერების სახით ისინი მონაწილეობას ღებულობენ ფოტოსინთეზში.

2-დეზოქსირიბოზა წარმოადგენს უჯრედის ბირთვის დეზოქსირიბონუკლეინური მჟავების ძირითად ნაწილს, საიდანაც იგი ჰიდროლიზით შეიძლება მიღებულ იქნეს მცირე გამოსავლით. სინთეზურად ის მიიღება D-რიბოზიდან.



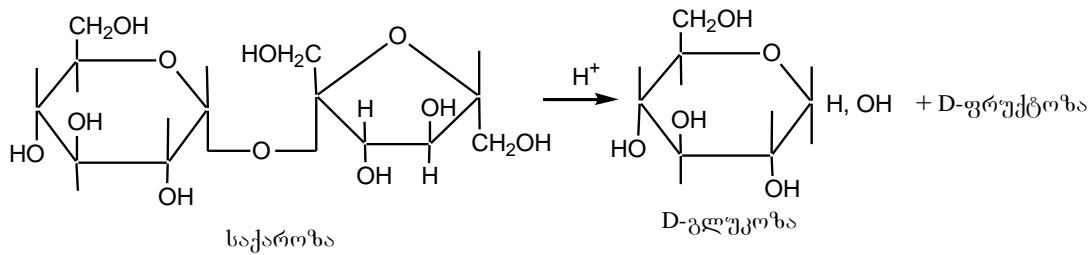
2-დეზოქსი-D-რიბოზა

D-ქსილოზა ანუ ხის შაქარი ძალიან გავრცელებულია მცენარეებში. პენტოზანების-ქსილანის სახით. მას დიდი რაოდენობით შეიცავს მერქანი, სიმინდის ფუჩენი და მცენარის გახევებული ნაწილები. მისი ღლვების ტემპერატურაა 143°C.

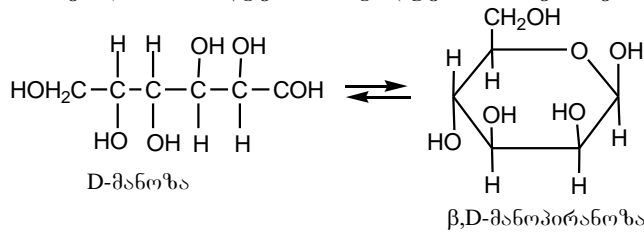


L-ქსილოზა ბუნებაში არ გვხვდება. იგი მიიღება L-გლუკონმჟავას დაჟანგვით. L-ლიქსოზა მიიღება D-გალაქტონის მჟავას დაჟანგვით. D-რიბოზა შედის ნუკლეინის მჟავების შედგენილობაში. კეტოპენტოზები ბუნებაში არ გვხვდება. მათ იღებენ სინთეზურად.

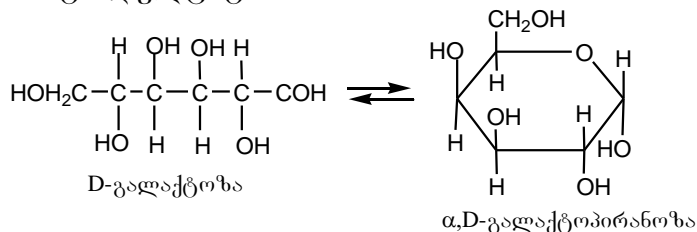
ჰექსოზები. ალდოჰექსოზები ტკბილი გემოს, უფერო, კრისტალური ნაერთებია. ჰექსოზებიდან ბუნებაში ყველაზე მეტად გავრცელებულია D-გლუკოზა, D-მანოზა და D-გალაქტოზა. D-გლუკოზა გვხვდება თითქმის ყველა მცენარესა და ადამიანის ორგანიზმში თავისუფალი სახით. იგი დიდი რაოდენობით შედის ყურძენში (20%), ხილში (17%). D-გლუკოზა გავრცელებულია ბუნებაში აგრეთვე რთული ნახშირწყლების – საქაროზის, სახამებლისა და ცელულოზის სახით, საიდანაც მას მჟავური ჰიდროლიზის საშუალებით ღებულობენ:



საქაროზას ჰიდროლიზით მიიღება როგორც D-გლუკოზა, ისე D-ფრუქტოზა. D-გლუკოზა მცენარეებში დიდი რაოდენობითაა გავრცელებული გლუკოზიდების სახით. D-გლუკოზა კრისტალური ნივთიერებაა. ღლვება 146⁰C-ზე. D-მანოზა თავისუფალ მდგომარეობაში მოიპოვება მხოლოდ მცენარეებში, ისიც იშვიათად (მაგ. ციტრუსების ნაყოფის ქერქში). იგი მიიღება ექვსტომიანი სპირტის – მანიტის დაჟანგვით. მანოზა დიდი რაოდენობით მიიღება პოლისაქარიდების ჰიდროლიზით. იგი პოლისაქარიდის (მანანების ჰემიცელულოზების) სახით მონაწილეობს მცენარეული უჯრედის კედლის შენებაში. ღლვება 132⁰C-ზე, წარმოადგენს D-გლუკოზის ეპიმერს.



D-გალაქტოზა მიიღება რძის შაქრის ჰიდროლიზით. იგი კრისტალური ნივთიერებაა, ღლვება 180⁰C-ზე. მცენარეებში იგი გავრცელებულია პოლისაქარიდების – გალაქტანების სახით, მონაწილეობს ცერობროზიდების, ნუკლეინის მჟავების შენებაში. ბუნებაში გავრცელებულია α - და β -გალაქტოზიდები. D-გალაქტოზა აღდგენით იძლევა სპირტს-დულციტს.

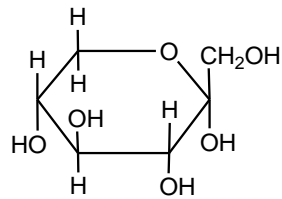


კეტოზები. კეტოზები ბუნებაში აღდობებთან შედარებით ნაკლებადაა გავრცელებული. კეტოზებიდან აღსანიშნავია D-ფრუქტოზა, რომელიც ნახშირწყლების ენერგეტიკულ ცვლაში გლუკოზასთან ერთად ასრულებს მნიშვნელოვან როლს. D-ფრუქტოზა შედის მცენარეული პოლისაქარიდების ასევე სუფრის შაქრის საქაროზის შედგენილობაში. ბუნებრივ ობიექტებში განსაზღვრული რაოდენობით აღმოჩენილია ასევე D-სორბოზა, D-ტაგატოზა, D-ფსიქოზა და L-ტრეო-პენტულოზა. ოლისაქარიდების ბაქტერიულ ქსოვილებში აღმოჩენილია 2-კეტო-3-დეზოქსიალდონის მჟავები.

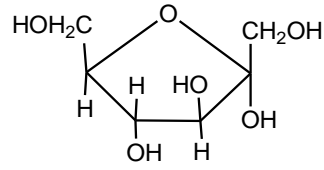
კეტოზების მოლეკულაში შედის ერთი ატომით ნაკლები ნახშირბადის ასიმეტრიული ატომი, ვიდრე შესაბამის აღდობებში. კეტოზების სახელწოდება წარმოდგება შესაბამისი აღდობების სახელწოდებიდან, სადაც დაბოლოება “ოზა” შეცვლილია “ულოზით”. მაგალითად, პენტულოზა, ჰექსულოზა და ა.შ.

კეტოჰექსოზებიდან განსაკუთრებით აღსანიშნავია ფრუქტოზა ანუ ლევეულოზა. იგი თავისუფალი სახით გვხვდება ხილში, გლუკოზასთან ერთად დიდი რაოდენობით შედის თაფლში. ფრუქტოზის ნაშთი შედის დისაქარიდ საქაროზაში და პოლისაქარიდ ინულინში, საიდანაც მას ჰიდროლიზის გზით დებულობენ. D-ფრუქტოზა ტკბილი გემოს მქონე კრისტალური ნივთიერებაა. წყალხსნარში D-ფრუქტოზა პოლარიზაციის

სიბრტყეს მარცხნივ აბრუნებს მუტაროტაციით, რაც იმის დამადასტურებელია, რომ იგი α - და β - ფორმების სახით არსებობს. მისი ხვედრითი ბრუნვის კუთხე $[\alpha]_{20}^D = -92^\circ$. ფრუქტოზა ბიოორგანულ გარდაქმნებს, ისევე როგორც გლუკოზა, ადვილად განიცდის.



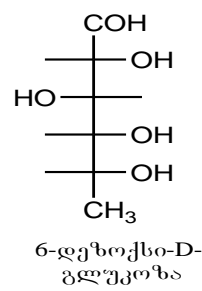
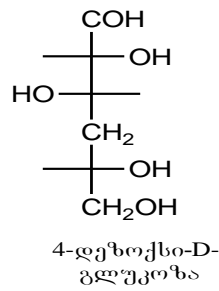
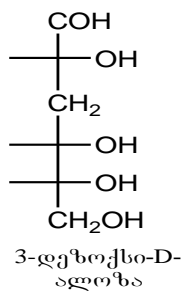
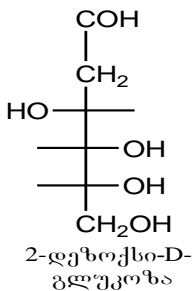
α ,D-ფრუქტოპირანოზა



α ,D-ფრუქტოფურანოზა

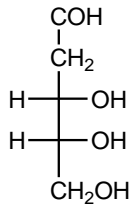
დეზოქსიშაქრები

დეზოქსიშაქრები ეწოდება მონოსაქარიდების ნაწარმებს, რომელთა მოლეკულაში ერთი ან რამდენიმე ჰიდროქსიდის ჯგუფი შეცვლილია წყალბადის ატომებით. შესაბამისად ანსხვავებენ მონოდეზოქსი-, დიდეზოქსი-, ტრიდეზოქსი- და ა.შ. შაქრებს. დეზოქსიშაქრების სახელწოდება წარმოდგება მონოსაქარიდის სახელწოდებისაგან, რომელსაც ემატება პრეფიქსი “დეზოქსი”. მაგალითად:

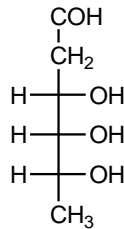
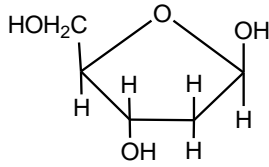


დეზოქსიშაქრები ბუნებაში ფართოდაა გავრცელებული. ისინი სპეციფიკურ ბიოლოგიურ როლს ასრულებენ, წარმოადგენენ დეზოქსირიბონუკლეინის მუავას კომპონენტებს და შედიან საგულე გლიკოზიდების, ანტიბიოტიკების, ოლიგო- და პოლისაქარიდების შედგენილობაში. დეზოქსიშაქრები და მათი წარმოებულები დიდ ინტერესს წარმოადგენენ ბიოლოგიური კვლევებისათვის, რაც დაკავშირებულია ფერმენტული რეაქციების მექანიზმების, ფიზიოლოგიური და იმუნოქიმიური პრობლემების შესწავლასთან. ამიტომაც დეზოქსიშაქრების სინთეზის მეთოდების შემუშავება ბიოორგანული ქიმიის ერთ-ერთ ძირითად ამოცანას წარმოადგენს. მნიშვნელოვანი ბიოლოგიური ფუნქციები, რომლებსაც დეზოქსიშაქრები ასრულებენ მცენარეთა და ცხოველურ ორგანიზმთა სასიცოცხლო პროცესებში აქტუალურს ხდის მათი სინთეზის პრობლემა.

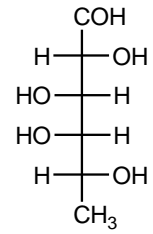
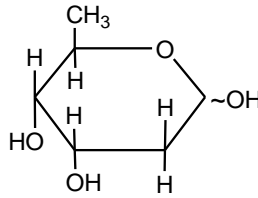
დეზოქსიშაქრებიდან აღსანიშნავია: 2-დეზოქსი-D-რიბოზა, რომელიც შედის ნუკლეინმუავათა შემადგენლობაში; 2,6-დიდეზოქსი-D-ალოზა, ანუ D-დიგიტოქსოზა, რომელიც შედის საგულე გლიკოზიდების შედგენილობაში და 6-დეზოქსი-D-გალაქტოზა, ანუ D-ფუკოზა, რომელიც შედის მიკრობთა მრავალ პოლისაქარიდში:



2-დეზოქსი-D-რიბოზა



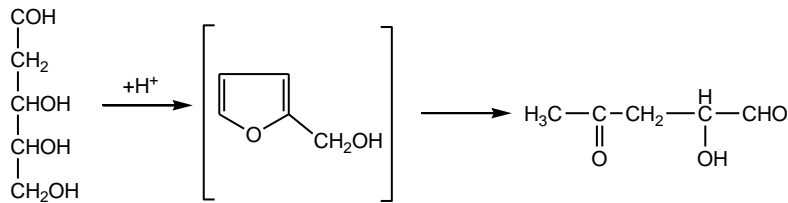
2,6-დიდეზოქსი-D-ალოზა



D-ფუკოზა

დეზოქსიშაქრების თვისებები. მონოსაქარიდის მოლეკულაში დეზოქსი ჯგუფის შეყვანა იწვევს ნაერთში საერთო პოლარობის შემცირებას, ამიტომ დეზოქსიშაქრები, ჩვეულებრივი მონოსაქარიდებისაგან განსხვავებით, გამოირჩევიან ორგანულ გამსხნელებში მაღალი ხსნადობით და აქროლადობით. ამასთან, პირველადი სპირტული ჯგუფის ჩანაცვლება იწვევს უფრო დიდ გავლენას ზემოთ აღნიშნულ თვისებებზე, ვიდრე მეორადი ჰიდროქსიდის ჯგუფის ჩანაცვლება.

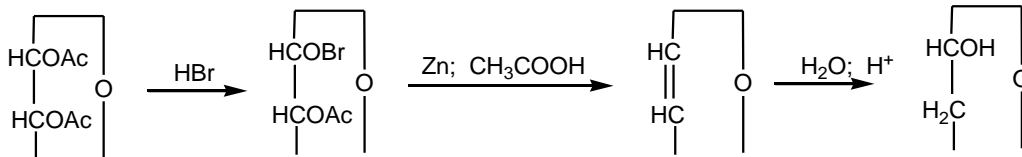
2-დეზოქსიშაქრები, უმთავრესად 2-დეზოქსიპენტოზები, გამოირჩევიან მჟავების მიმართ მაღალი მგრძობელობით. 2-დეზოქსიპენტოზების გაცხელებით მჟავების თანდასწრებისას წარმოიქმნება α -ოქსილევულინის ალდეჰიდი; ამ რეაქციის შუალედურ პროდუქტს წარმოადგენს ფურფუროლის სპირტი;



ეს გარდაქმნა გამოიყენება 2-დეზოქსიპენტოზების კალორიმეტრული მეთოდებით განსაზღვრის დროს, რომლის საფუძველს წარმოადგენს α -ოქსილევულინის ალდეჰიდის ფერადი რეაქციები.

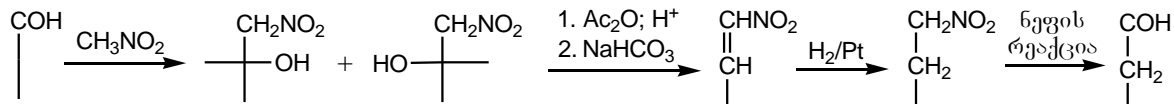
დეზოქსიშაქრების სინთეზის მეთოდები. აღსანიშნავია დეზოქსიშაქრების სინთეზის გლიკალური, ნიტროლევინური, მეტასაქარინული მჟავების და ალდოპენტოზების ნაწარმთა მჟავური ტრანსფორმაციის მეთოდები.

ა. 2-დეზოქსიშაქრების გლიკალური მეთოდი აღმოაჩინა და შეიმუშავა ე. ფიშერმა. ამ დროს ხორციელდება დეზოქსიჯგუფის შეყვანა ნებისმიერი მონოსაქარიდის მოლეკულაში C-2 მდგომარეობაში. მეთოდი მდგომარეობს ალდოზების აცეტილირების გზით გარდაქმნაში აცეტობრომალდოზად, რომელსაც ამუშავებენ თუთიით ძმარმჟავაში, რის შედეგად მიიღება აცეტილირებული გლიკანი. მასზე განზავებული მჟავების მოქმედებით ხდება წყლის მოლეკულის მიერთება და მიიღება 2-დეზოქსიალდოზა:



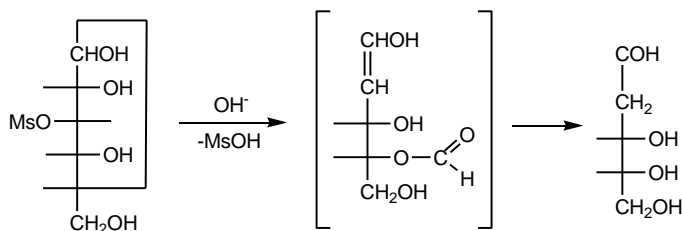
ეს რეაქცია გამოიყენება 2-დეზოქსიშაქრების დიდი რაოდენობით მისაღებად.

ბ. დეზოქსიშაქრების სინთეზის დროს გამოიყენება მონოსაქარიდების კონდენსაციის რეაქცია ნიტრონაერთებთან, რომლის დროს ხდება ნახშირბადის ჯაჭვის დაგრძელება. 2-დეზოქსიალდოზების სინთეზის ნიტროლევინური მეთოდი შემუშავებულ იქნა ფიშერის და სოუდენის მიერ:

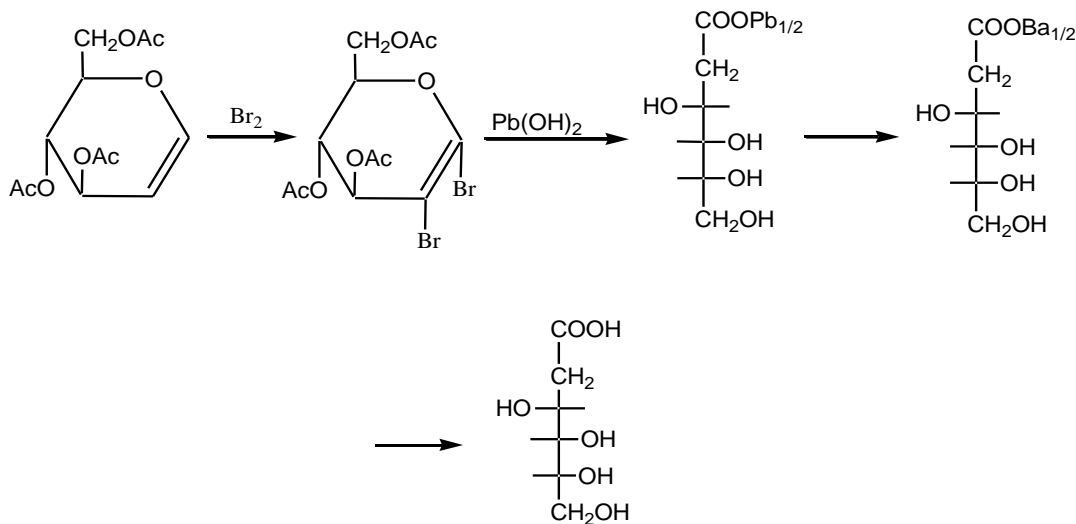


აღლოხის კონდენსაციით ნიტრომეთანთან, წარმოიქმნება ნიტროსპირტების დიასტერეომერული ნარევი, რომლის აცეტილირებით მჟავური კატალიზის პირობებში მიიღება აცეტატები, რომელთაგანაც ნატრიუმის ბიკარბონატის მოქმედებით წარმოიქმნება ნიტროლუფინი, რომელიც ჰიდრირებით პლატინის კატალიზატორის და ნეფის რეაქციის გამოყენების შემდეგ გარდაიქმნება ნახშირბადის ერთი ატომით გაზრდილ 2-დეზოქსიაღლოზად.

გ. დეზოქსიმაქრები წარმოიქმნება მონოსაქარიდებისაგან საქარინული გადაჯგუფების პირობებში. მაგალითად, 3-0-მეზილ-D-გლუკოზიდან ტუტეების მოქმედებით მიიღება 2-დეზოქსი-D-რიბოზა:



დ. 2-დეზოქსი-D-გლუკონის მჟავა მიიღება დანილოვ-გახოკიძის მეთოდით. თავდაპირველად ტრიაცეტილგლუკალზე ქლოროფორმში გახსნილი ბრომის ხსნარის დამატების შედეგად მიიღება 1,2-დიბრომ-3,4,6-ტრი-0-აცეტილ-D-გლუკოპირანოზა, მასზე ახლადდალექილი ტყვიის ჰიდროქსიდის დამატებით და ბარიუმის კარბონატის წყლიან სუსპენზიასთან შენჯღრევით და გაცხელებით 2-დეზოქსი-D-გლუკონის მჟავას ბარიუმის მარილი, შემდგომ კი ბარიუმის გოგირდმჟავათი დალექვით მიიღება 2-დეზოქსი-D-გლუკონის მჟავა:



გლიკოზიდები

გლიკოზიდები ძლიერ გავრცელებული ნაერთებია როგორც ცხოველურ, ისე მცენარეულ სამყაროში. გლიკოზიდური ბმა წარმოადგენს ყველა ბუნებრივ ნახშირბადშემცველ ნაერთთა ძირითად ბმას.

ბუნებრივი გლიკოზიდების კლასიფიკაციას ხშირად მათი აგლიკონის მიხედვით ახდენენ, მაგალითად: ფენოგლიკოზიდები, ანტრაქინონგლიკოზიდები, ფლავოგლიკოზიდები, გულის გლიკოზიდები, ციანოფორული გლიკოზიდები და ა.შ. ფენოგლიკოზიდების ჯგუფს მიეკუთვნება მცენარეებში ფართოდ გავრცელებული გლიკოზიდები, რომლებიც აგლიკონების სახით შეიცავენ ფენოლებსა და ფენოლისპირტებს. ასეთებია, მაგალითად, ჰიდროქინონის გლიკოზიდი - არბუტინი, სალიცილის სპირტის გლიკოზიდი - სალიცინი (შედის ტირიფის ქერქში), კონიფერილის სპირტის გლიკოზიდი - კონიფერინი (შედის წიწვოვანი მცენარეების წვენიში).

ანტრაქინონგლიკოზიდების ჯგუფი, რომლის აგლიკონს წარმოადგენს ანტრაქინონი, მიეკუთვნება რუბერიტრინის მუავა (ალიზარინის გლიკოზიდი), რომელიც შედის ჭინჭარსა და ენდროში.

ფლავოგლიკოზიდების ჯგუფს მიეკუთვნება გლიკოზიდები, რომლებიც ჰიდროლიზის დროს იძლევიან ფლავონს. მას მიეკუთვნება რუტინი. ანტოციანების ჯგუფის გლიკოზიდები ყვავილებისა და ნაყოფების შემფერავი ნივთიერებებია, რომლებიც აგლიკონების სახით შეიცავენ ანტოციანიდებს.

საგულე გლიკოზიდებს მიეკუთვნება გლიკოზიდები, რომელთა აგლიკონს წარმოადგენს სტეროიდული ტიპის ნივთიერებები: ისინი ძლიერ გავლენას ახდენენ გულის კუნთზე. ასეთებია: სათითურას, სტროფენტის, ცხვირსატყეელას გლიკოზიდები. საგულე გლიკოზიდები ორ ჯგუფად იყოფა: კარდენოლიდებად და ბუფადიენოლიდებად. კარდენოლიდები გავრცელებულია მცენარეებში, ბუფადიენოლიდები - გომბეშოს კანის ჯირკვლებში. კარდენოლიდები მცირე დოზით გამოყენებულია გულის დაავადების სამკურნალოდ, დიდი დოზით კი იწვევს გულის გაჩერებას. გულის გლიკოზიდები მუავური ან ფერმენტული ჰიდროლიზის შედეგად იშლება ნახშირწყლებად და სტეროიდულ აგლიკონად, რომელსაც გენინი ეწოდება.

კარდენოლიდებიდან მნიშვნელოვანია დიგიტოქსიგენინი, სტროფანტინი და უბაინი.

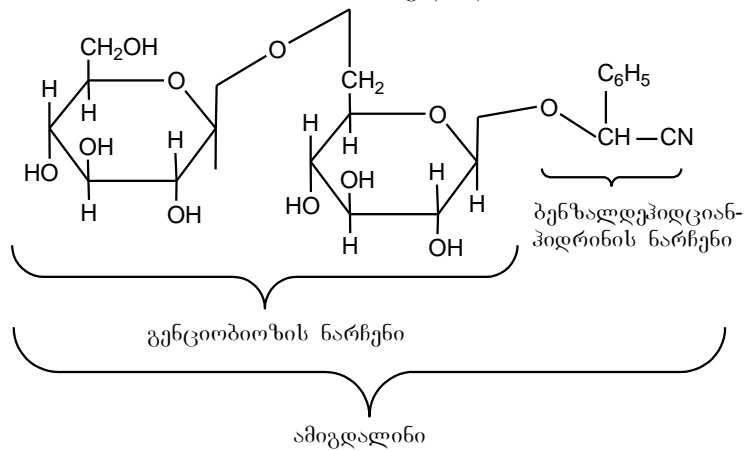
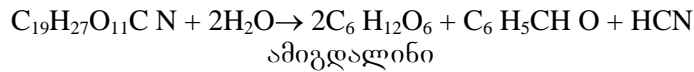
ციანოფორულ გლიკოზიდებს მიეკუთვნება ამიგდალინი და პრუნაზინი, რომლებიც ჰიდროლიზის დროს გამოყოფენ წყალბადციანმუავას; ინდიკანები, რომლებიც ჰიდროლიზით იძლევიან ინდოქსილს, მათგან შემდეგ მიიღება საღებავი - ინდიგო; ნუკლეოზიდები, რომლებიც წარმოადგენენ N-გლიკოზიდებს და აგლიკონის სახით შეიცავს პურინულ და პირიმიდინულ ფუძეებს. აღსანიშნავია, რომ ცნობილი ბუნებრივი გლიკოზიდების უმრავლესობა წარმოადგენს β-გლიკოზიდებს. გლიკოზიდების მნიშვნელოვანი ჯგუფია N-გლიკოზიდები, S-გლიკოზიდები და O-გლიკოზიდები.

O-გლიკოზიდებში ნახშირწყალსა და აგლიკონს შორის ბმა მყარდება ჟანგბადის ატომის საშუალებით. ბუნებრივ გლიკოზიდებში, ოლიგოსაქარიდებში, პოლისაქარიდებსა და ნახშირბადშემცველ შერეულ ბიოპოლიმერებში O-გლიკოზიდური ბმა ერთმანეთთან აკავშირებს მონოსაქარიდულ ნაშთებს და არანახშირწყლოვან კომპონენტებს. O-გლიკოზიდების სინთეზი პირველად განახორციელა გერმანელმა მეცნიერმა ნობელის პრემიის ლაურიატმა ემილ ფიშერმა 1893 წელს. მონოზებზე მოქმედებენ სპირტით, მშრალი ქლორწყალბადის თანდასწრებით, რომლის დროსაც ხდება ნახევარაცეტალური ჰიდროქსილის ჯგუფის ჩანაცვლება ალკოქსიჯგუფით. რეაქცია მიმდინარეობს წონასწორული ნარევის მქონე ყველა ოთხი შესაძლო გლიკოზიდის წარმოქმნით, რომელშიც როგორც წესი, სჭარბობს პირანოზიდული ფორმები. ბუნებრივი O-გლიკოზიდები ბუნებაში უმთავრესად β-ფორმით არსებობენ.

S-გლიკოზიდები. S-გლიკოზიდები, ანუ თიოგლიკოზიდები ეწოდება შაქრების ციკლური ფორმის წარმოებულებს, რომლებშიც ნახევარაცეტალური ჰიდროქსილი შეცვლილია ალკილთიო – ან არილთიო ჯგუფით.

თიოგლიკოზიდები მუავებთან მოქმედებით განიცდის ჰიდროლიზს მერკაპტანებისა და შესაბამისი მონოსაქარიდების წარმოქმნით.

N-გლიკოზიდები. მათ მიეკუთვნება ციანოფორული გლიკოზიდები და ნუკლეოზიდები. ციანოფორული გლიკოზიდების ჰიდროლიზის დროს მიიღება ციანწყალბადმჟავა. მაგალითად, ამიგდალინი $C_{20}H_{27}O_{11}N \cdot 3H_2O$. იგი შედის მწარე ნუშის თესლში (2,5-3,5%), ატმის (2-3%), ჭერამის, ქლიავის (1-1,8%), ალუბლის (0,8%) კურკებში, ასევე წყავის ფოთლებში. ამიგდალინის აგლიკონს წარმოადგენს ბენზალდეჰიდის ციანჰიდრინი. მისი ჰიდროლიზი ხორციელდება ფერმენტ β -გლიკოზიდაზით. ამ დროს მიიღება ციანწყალბადმჟავა, რითაც აიხსნება აღნიშნული გლიკოზიდის მომწამლავი მოქმედება.



ნუკლეოზიდები წარმოადგენს N-გლიკოზიდების პურინულ და პირიმიდინულ ფუძეებს. ისინი მდგრადები არიან ტუტეების მიმართ და საკმაოდ ჰიდროლიზდებიან მუავების მოქმედებით.

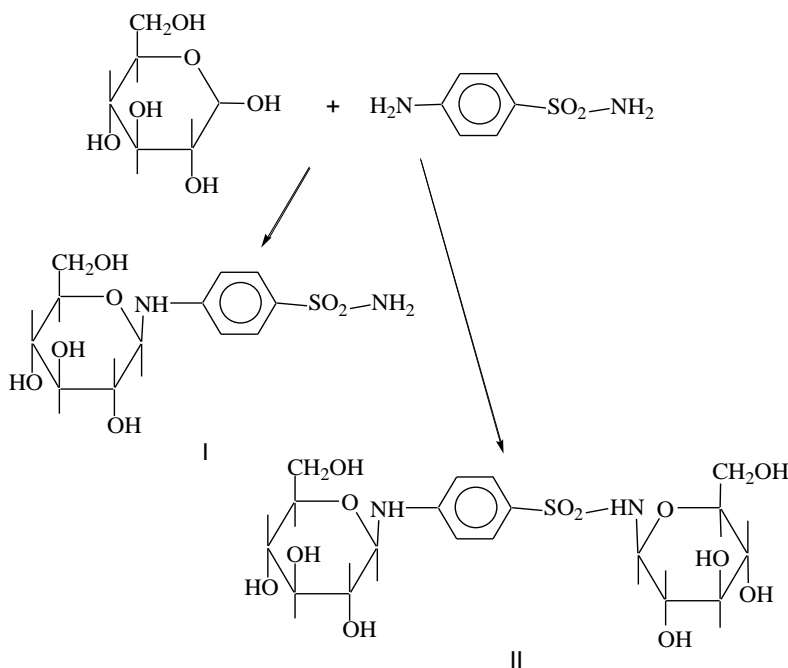
გლიკოზიდების გამოყენება მედიცინაში

ნახშირწყლები, როგორც გადამტანები (გლიკოზილირების პრინციპი). სამკურნალო პრეპარატთა ეფექტიანობის პრობლემის გადაჭრის ტრადიციული მიდგომა მდგომარეობს განსაზღვრულ, ბიოლოგიურად აქტიურ ნაერთთა ახალი კლასების ძიებაში, აგრეთვე უკვე ცნობილი ფარმაკოლოგიური პრეპარატების სტრუქტურული ანალოგების შექმნაში თერაპიული ეფექტის გაზრდისა და ტოქსიკური მოქმედების შემცირების მიზნით. პროფესორ ა. გახოკიძის მიერ მოწოდებული სამკურნალო საშუალებათა გლიკოზილირების პრინციპი, რომელიც დაფუძნებულია უჯრედულ მემბრანებში ნახშირწყლოვანი ფრაგმენტების აქტიურ ტრანსპორტზე, წარმოადგენს მიზანმიმართული მოქმედების ეფექტურ სამკურნალო პრეპარატთა შექმნის პრობლემის ახალ მიდგომას.

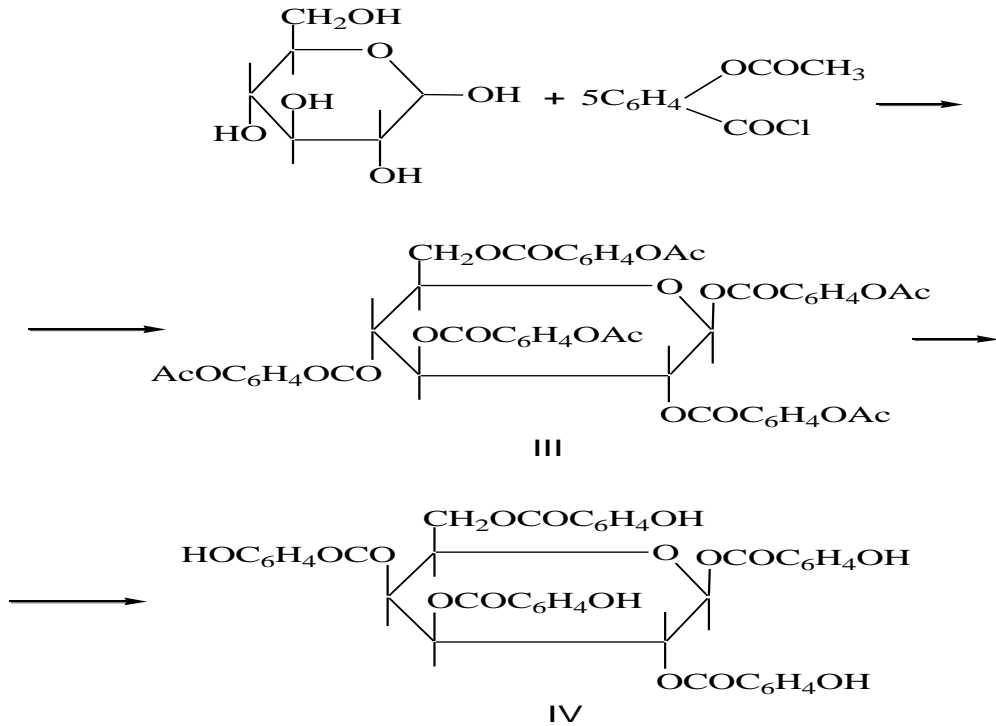
იმ პრეპარატების დიდ ნაკლს, რომლებიც წყალში არ იხსნებიან, წარმოადგენს ის, რომ მათი მიღება შესაძლებელია მხოლოდ შინაგანი გზით ან გარეგანი ზემოქმედებით. ეს გარემოება ზღუდავს მათ გამოყენებას სამედიცინო პრაქტიკაში, შესაძლო გამოყენების შემთხვევაში კი საჭიროა მათი განსაკუთრებით დიდი დოზებით მიღება.

„უხსნადი პრეპარატების გადაყვანა წყალში ხსნად ფორმებში დიდ გამოყენებას პოვებს სამედიცინო პრაქტიკაში, რადგან შესაძლებელი გახდება მათი შეყვანა კანქვეშ ან ვენაში, რაც, თავის მხრივ, შეცვლის არა მარტო შეთვისების სიჩქარეს, არამედ მოქმედების ხასიათსაც“. სულფამიდური პრეპარატების წყალში ხსნად ფორმებში გადაყვანამ (სტრეპტოციდი, სულფიდინი, სულფაზოლი, სულგინი და სხვ.), განსაკუთრებულად დიდი მნიშვნელობა მოიპოვეს მედიცინაში, როგორც ბაქტერიოსტატიკურმა საშუალებებმა, მთელი რიგი პათოგენური მიკრობების მიმართ.

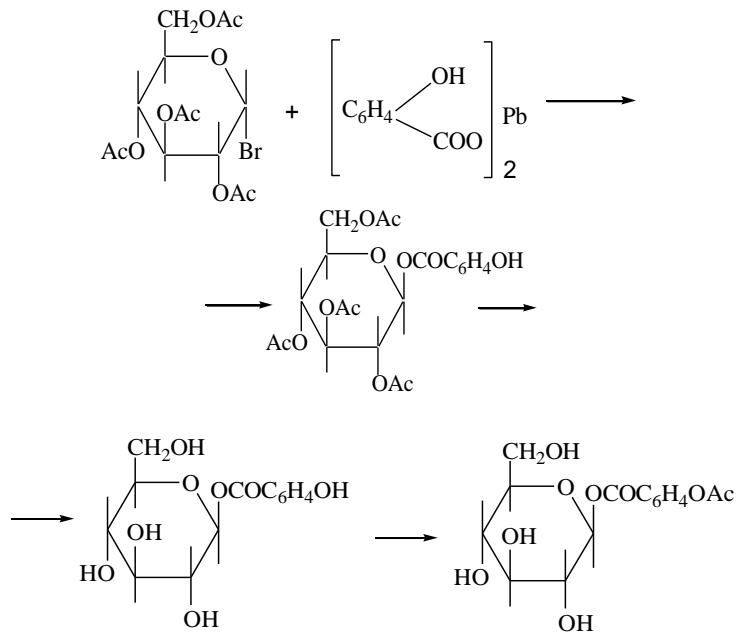
ცნობილია, რომ სულფამიდური პრეპარატები, პირველადი ამინის ჯგუფის შემცველობის გამო, ძლიერ ორგანულ მჟავებთან წარმოქმნიან წყალში ხსნად მარილებს, რომლებსაც ძლიერი მჟავიანობა ახასიათებთ, რაც ხელს უშლის კანქვეშ ან ვენაში მათ შეყვანას. გარდა ამისა, ეს მარილები წყალხსნარებში იშლება საწყისი სულფამიდების გამოყენებით, რის გამოც მათ ვერ პოვებს მედიცინაში პრაქტიკული გამოყენება. ა. გახოკიძემ ხსნადი სტრეპტოციდის მისაღებად განახორციელა სტრეპტოციდის კონდენსაცია გლუკოზასთან და დადგინა რეაქციის პირობები. სტრეპტოციდი გლუკოზასთან ურთიერთმოქმედებისას, კალციუმის ქლორიდის თანდასწრებით, განზავებულ სპირტში იძლევა მონოგლუკოსტრეპტოციდს (I), აბსოლუტურ სპირტში კი დიგლუკოსტრეპტოციდს (II):



ა. გახსოვიდეთ მიიღო ხსნადი ასპირინიც. გლუკოზისა და ასპირინის ქლორანჰიდრიდის (რომელიც, თავის მხრივ, მიიღო ასპირინის ნატრიუმის მარილისა და თიონილქლორიდის ურთიერთმოქმედებით) კონდენსაციით (ქინოლინის თანდასწრებით) და წარმოქმნილი პენტაასპირინგლუკოზის (III) ნაწილობრივი შესაპვნით (ნატრიუმის აცეტატით) მან მიიღო პენტაალილაცილგლუკოზა (IV). იგი წარმოადგენს წყალში ხსნად პრეპარატს, რაც მისი საინექციოდ გამოყენების საშუალებას იძლევა.

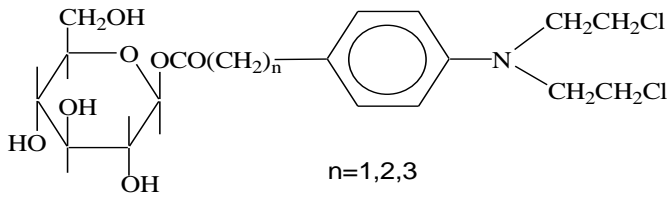


წყალში ხსნადი მონოასპირინგლუკოზა მიღებულ იქნა შემდეგი სქემით:



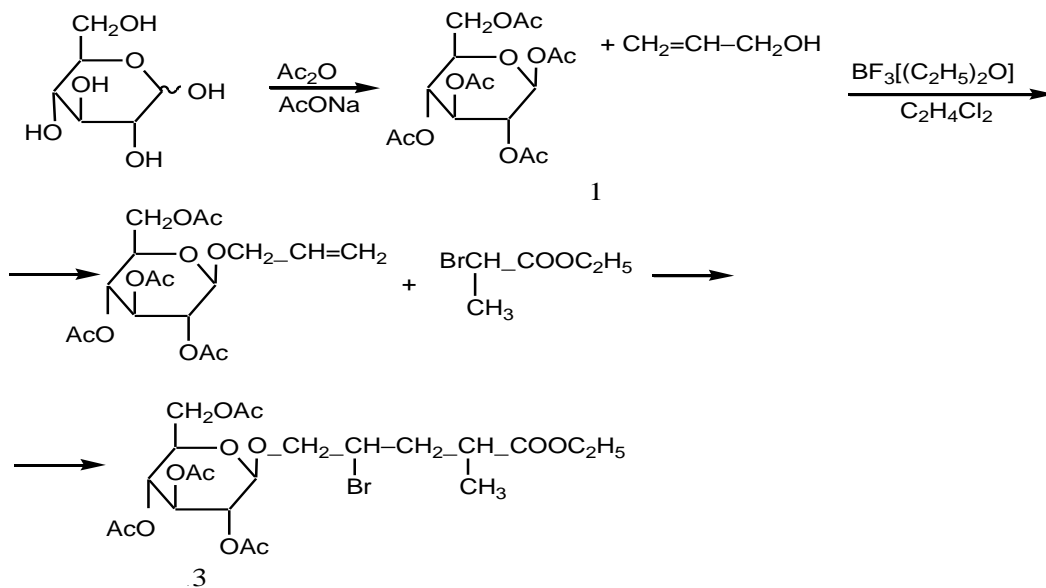
ამგვარად, ნახშირწყლების მოლეკულათა „გამობმით“ უხსნადი პრეპარატები წყალში იხსნება და ადვილად იწოვება ორგანიზმში. საგრძნობლად მცირდება მათი ტოქსიკურობაც, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის სამკურნალო პრეპარატების ეფექტიანობას. ამჟამად ასეთ მიდგომას ფართოდ იყენებენ სიმსივნის საწინააღმდეგო პრეპარატე-

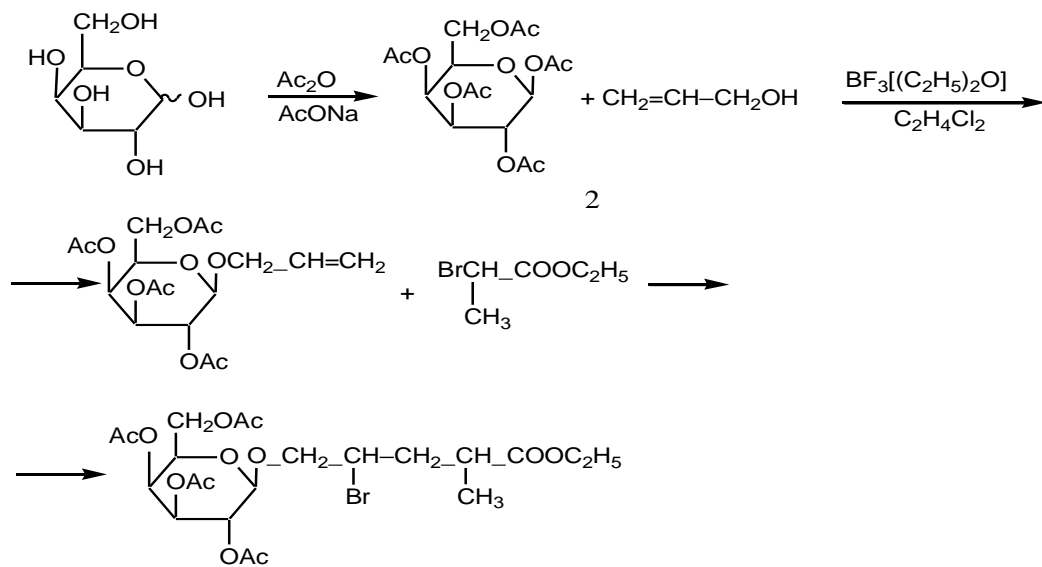
ბისა და სხვა სამკურნალო საშუალებათა „გასაკეთილშობილებლად“. მაგალითად: აზოტოვანი იპრიტისა და გლუკოზის ურთიერთმოქმედების პროდუქტს ამჟამად წარმატებით იყენებენ ონკოლოგიაში [5].



როგორც ცნობილია, სიმსივნური უჯრედები ინტენსიური გლიკოლიზით გამოირჩევიან ჯანმრთელ უჯრედებთან შედარებით. ამის მიზეზია გლუკოზის უჩვეულო შეღწევადობა სიმსივნური უჯრედების გარსში. ამიტომ ასეთ ნაერთებში ნახშირწყლის ნაშთი წარმოადგენს გადამტანს, რომელიც უზრუნველყოფს ციტოტოქსიკური ნივთიერების უფრო შერჩევით კონცენტრაციას სიმსივნურ უჯრედებში.

ბრომიან ნაერთებს განსაკუთრებული ადგილი უკავიათ ფარმაკოლოგიურ პრაქტიკაში. ისინი წარმოადგენენ ტრანკვილიზატორებს, გამოიყენებიან ბრონქიალური ასთმის, ფილტვების ანთების დროს. თსუ-ში ბიოორგანული ქიმიის ლაბორატორიაში ბრომშემცველი შაქრების სინთეზის მიზნით შესწავლილ იქნა მონოსაქარიდების (გლუკოზა, გალაქტოზა) და დისაქარიდების (მალტოზა, ლაქტოზა) ალილწარმოებულების მიერთების რეაქციები 2-ბრომპროპიონმჟავას ეთილის ეთერთან. ნახშირწყლების აცეტილირებით ძმარმჟავას ანჰიდრიდისა და ნატრიუმის აცეტატის თანაობისას მიღებულ β-აცეტილირებულ პროდუქტზე $BF_3[O(C_2H_5)_2]$ -ის მოქმედებით სინთეზირებულ იქნა შესაბამისი ალილწარმოებულები (1,2). ალილირებული პროდუქტების გახსნით 2-ბრომპროპიონის მჟავის ეთილის ეთერში და ბენზოლის ზეჟანგის ხსნარის (გახსნილს 2-ბრომპროპიონის მჟავის ეთილის ეთერში) დამატებით მუდმივი მორევის პირობებში აზოტის არეში სინთეზირებული იქნა ახალი ნაერთები: β-0-(2,3,4,6-ტეტრა-0-აცეტილ-D-გლუკოპირანოზილ)-2-მეთილ-4-ბრომპენტონატი (3), β-0-(2,3,4,6-ტეტრა-0-აცეტილ-D-გალაქტოპირანოზილ)-2-მეთილ-4-ბრომპენტონატი (4), ჰეპტა-0-აცეტილ-1-0-(α-მეთილ-γ-ბრომ-ეთილ-ვალერატ) β-D-მალტოზა და ჰეპტა-0-აცეტილ-1-0-(α-მეთილ-γ-ბრომ-ეთილ-ვალერატ) β-D-ლაქტოზა.

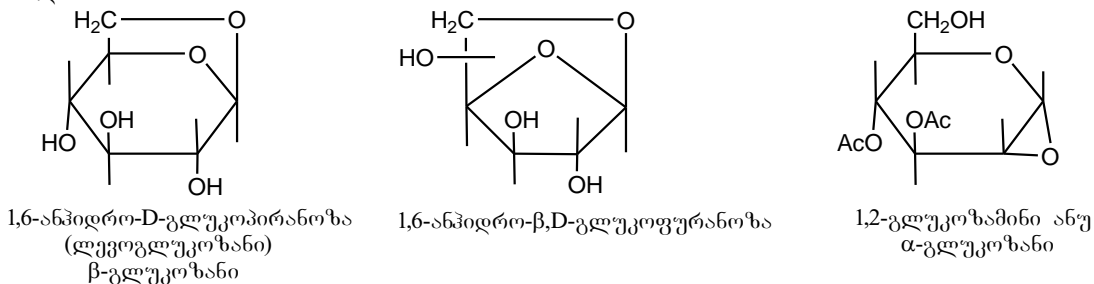




შესწავლილ იქნა სინთეზირებულ ნაერთთა ბაქტერიოციდული თვისებები.

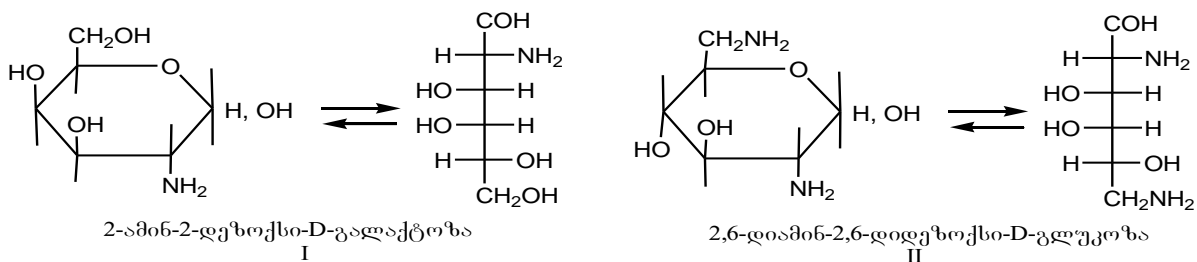
მონოსაქარიდების ანჰიდრიდები

მონოსაქარიდების ანჰიდრიდები ეწოდება შიგა-0-გლუკოზიდებს, რომელთა ოქსიდური ციკლის შემადგენლობაში შედის ნახშირბადის გლიკოზიდური ატომი, მაგალითად:

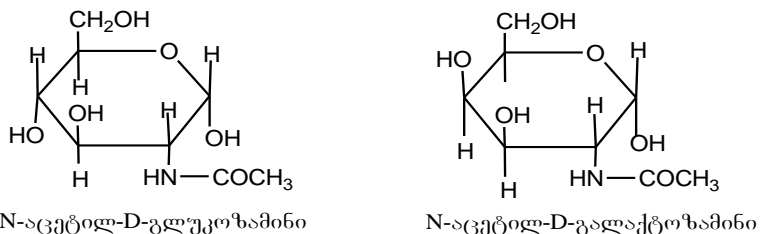


ამინშაქრები

ამინშაქრების მოლეკულებში ერთი ან რამდენიმე ჰიდროქსიდის ჯგუფი შეცვლილია ამინის ჯგუფით. ამინშაქრების მოლეკულაში ამინის ჯგუფის მდებარეობის მიხედვით განასხვავებენ 2-ამინ-, 3-ამინ-, 5-ამინშაქრებს და სხვ. მაგალითად:

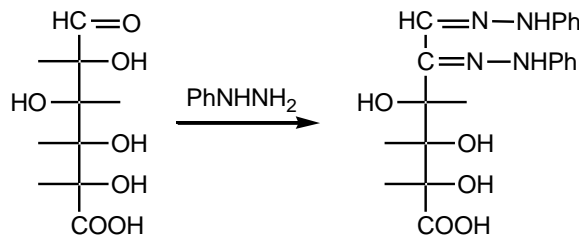


ტრივიალური ნომერკლატურის მიხედვით მათი სახელწოდებაა: გალაქტოზამინი (I), გლუკოზამინი (II). ამინშაქრები ფართოდ გავრცელებულია ბუნებაში. ისინი წარმოადგენენ ბიოპოლიმერების სტრუქტურულ ერთეულებს. გლუკოზამინის პოლიმერი ქიტინი წარმოადგენს კბოსნაირთა და მწერთა ჯავშანს. ამინშაქრები შედის ანტიბიოტიკების (სტრეპტომიცინის, პურომიცინის, კანამიცინის) შედგენილობაში. ამინშაქრები ორგანიზმში ადვილად განიცდიან აცეტილირებას.

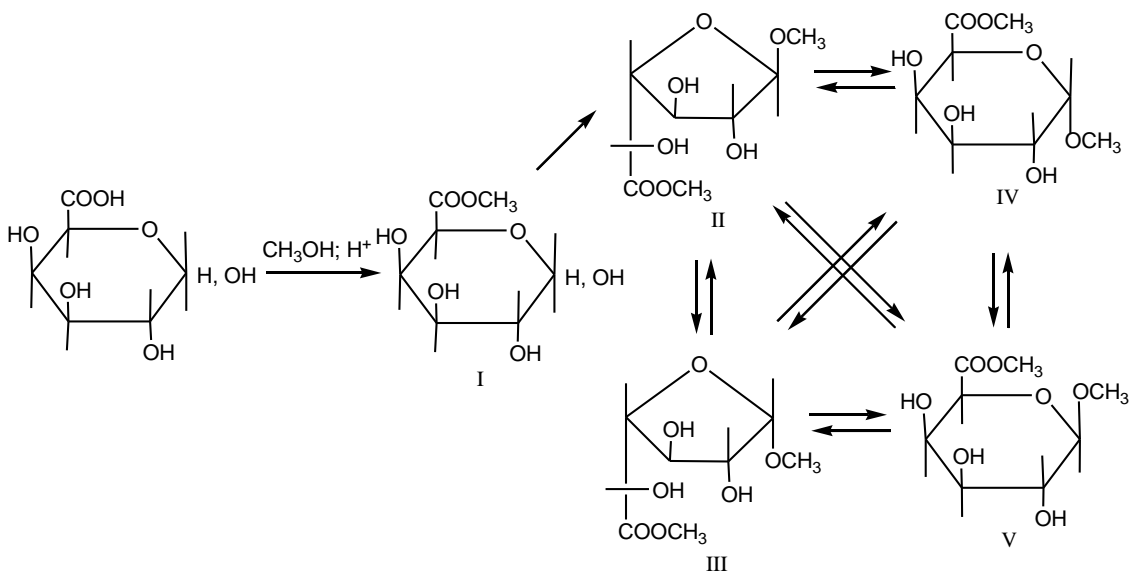


ამინშაქრები და მათი აცეტილირებული ფორმები N-აცეტილ-გლუკოზამინი, N-აცეტილ-გალაქტოზამინი, მონაწილეობენ გლიკოპროტეინების შენებაში (ჰიალურონის მუავა, ჰეპარინი, ქონდროიტინ-გოგირდმუავა, ქიტინი და სხვ). აცეტილგლუკოზილამინი, გლუკურონის მუავასთან ერთად, წარმოადგენს მუკოპილისაქარიდის-ჰიალურონის მუავას სტრუქტურულ ელემენტს. ჰიალურონის მუავას საშუალებით ხდება ცხოველთა შემაერთებელ ქსოვილთა სისტემების ურთიერთმიწებება. ფუტკრისა და გველის შხამში შედის ფერმენტი ჰიალურონიდაზა, რომელიც იწვევს მუკოპოლისაქარიდის ჰიდროლიზს, რაც ხელს უწყობს შხამის ქსოვილში შესვლას.

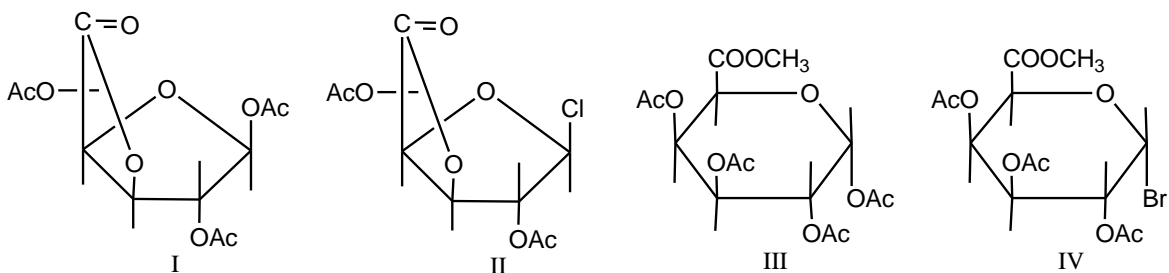
3. გლუკურონის მუავას ურთიერთმოქმედებით ფენილჰიდრაზინთან წარმოიქმნება ფენილჰიდრაზინის მარილი – ფენილოზაზონი:



4. D-გალაქტურონის მუავაზე განხავევებული HCl-ის მოქმედებით მეთანოლის ხსნარში წარმოიქმნება გალაქტურონის მუავას მეთილის ეთერი (I), მისი წარმოქმნის სიჩქარე დაახლოებით 25-ჯერ მეტია, ვიდრე ანომერული D-გალაქტოფურანოზიდებისა (II) და (III), რომლებიც რეაქციის შემდეგ სტადიაზე წარმოიქმნებიან. მათი შემდგომი გაცხელებით წარმოიქმნება შესაბამისი პირანოზიდები (IV) და (V):



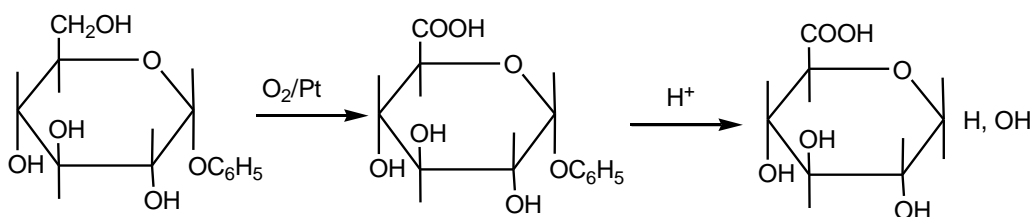
6. D-გლუკურონის აცეტილირებით ძმრის ანჰიდრიდთან პირიდინის არეში მიიღება 1,2,5-ტრი-0-აცეტილ-β-D-გლუკურონის მუავას ლაქტონი (I), რომელზედაც უწყლო ალუმინის ქლორიდის მოქმედებით წარმოიქმნება 2,5-დი-0-აცეტილ-1-ქლორ-1-დეზოქსი-β-D-გლუკურონის მუავას ლაქტონი (II), ხოლო D-გლუკურონის ან D-გალაქტურონის მუავების პირანოზული ფორმების აცეტატების მისაღებად გამოიყენება მათი მეთილის ეთერები. მაგალითად, გალაქტურონის მუავას მეთილის ეთერისაგან დებულობენ ტეტრა-0-აცეტილ-α-D-გალაქტოპირანოზის მუავას მეთილის ეთერს (III), რომელზედაც ბრომწყალბადის მოქმედებით წარმოიქმნება შესაბამისი აცეტობრომ წარმოებული (IV).



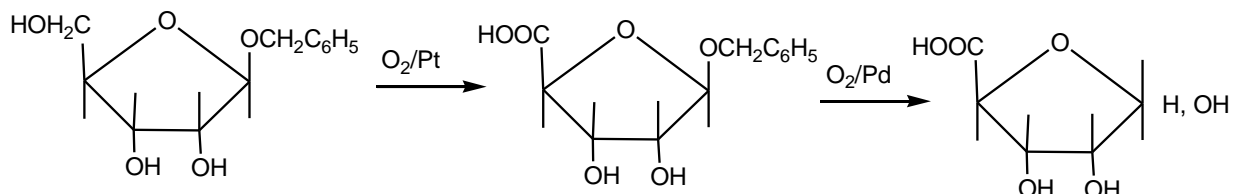
ურონმჟავების მიღების სინთეზური მეთოდები:

1. ალდოზების პირველადი სპირტული ჯგუფის დაჟანგვა;
2. ერთი სახის ურონმჟავების გარდაქმნა მეორედ ნახშირბადული ჯაჭვის დაგრძელების ან დამოკლების გზით.
3. კარბოქსილური ჯგუფის შეყვანის სხვა მეთოდები.

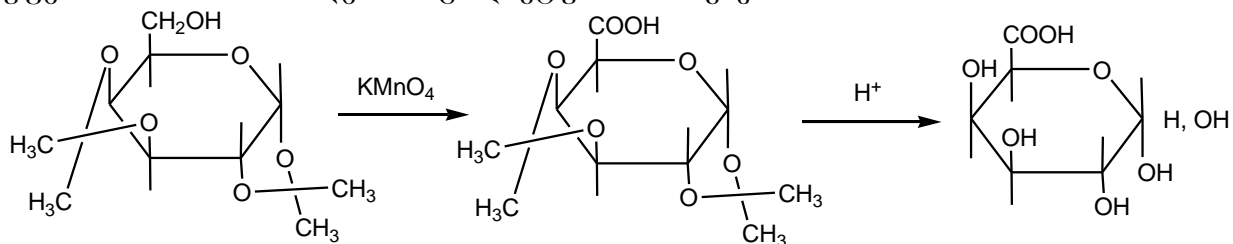
1. ალდოზების პირველადი სპირტული დაჟანგვის დროს ხშირად გამოიყენება კატალიზური დაჟანგვა ჟანგბადით პლატინის კატალიზატორის თანაობისას. ამ შემთხვევაში ხდება პირველადი სპირტული ჯგუფის შერჩევითი დაჟანგვა, ამ დროს დაცული უნდა იყოს გლიკოზიდური ჰიდროქსილის ჯგუფი. იმდენად, რამდენადაც ურონმჟავები არამდგრადია მჟავების და ფუძეების მოქმედების მიმართ, გლიკოზიდური ცენტრის დასაცავად ხშირად იყენებენ ალკილიდენურ წარმოებულებსა და ბენზილგლიკოზიდებს. ჰექსოპირანოზიდების ან პენტოფურანოზიდების კატალიზური დაჟანგვის დროს იჟანგება პირველადი სპირტული ჯგუფი და წარმოიქმნება ურონმჟავები. მაგალითად, α -ფენილ-D-გლუკოპირანოზიდი გარდაიქმნება α -ფენილ-D-გლუკოპირანურონიდად, რომლის დამცავი ჯგუფის მოხსნა ხდება მჟავური ჰიდროლიზით:



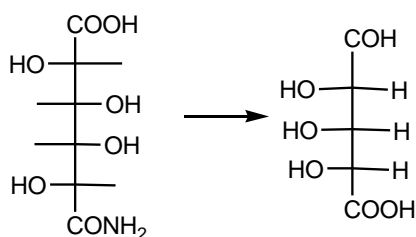
ხოლო β -ბენზილ-D-რიბოფურანოზიდისაგან წარმოიქმნება β -ბენზილ-D-რიბოფურანოზიდი, რომლის ჰიდრირებით პალადიუმის კატალიზატორის თანდასწრებით ხდება დამცავი ჯგუფის მოხსნა და მიიღება ურონმჟავა.



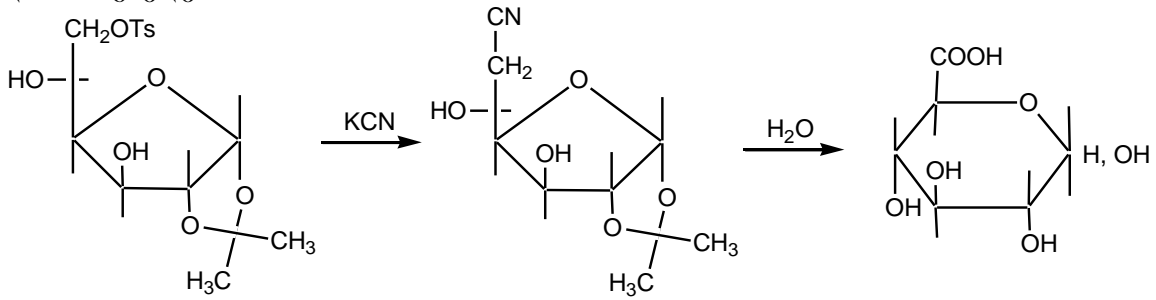
1,2;3,4-დი-0-იზოპროპილიდენ-D-გალაქტოზის დაჟანგვით და იზოპროპილიდენური ჯგუფების მოხსნით მიიღება D-გალაქტურონის მჟავა:



2. ერთი სახის ურონმჟავების გარდაქმნისათვის მეორე სახის ურონმჟავებად შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ეპიმერიზაცია ან ნახშირბადული ჯაჭვის დამოკლება. მაგალითად, D-გალაქტარმჟავას მონოამიდის დეგრადაციით მიღებულ იქნა L-ლიქსურონის მჟავა:



3. ურონმუავეები მიიღება 6-0-ტოზილ-1,2-0-იზოპროპილიდენ-D-გლუკოზაზე კალიუმის ციანიდის მოქმედებით:

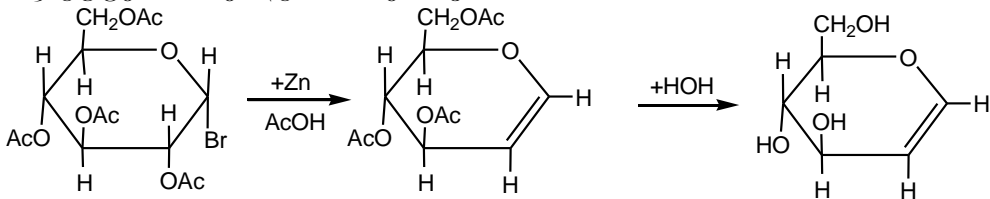


2 6 4 3

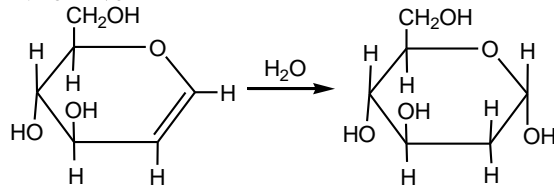
უჯერი მონოსაქარიდები

ცნობილია ორი ტიპის უჯერი ნახშირწყლები: გლიკალები და გლიკოზენები.

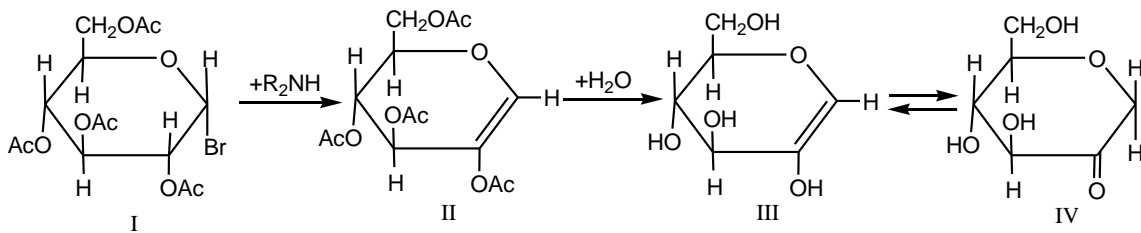
გლიკალები. ბუნებაში გლიკალები თავისუფალი სახით არ არსებობენ. მათ დებულობენ სინთეზური გზით. გლიკალები მიიღება აცეტოჰალოგენოზის აღდგენით, მაგალითად, აცეტობრომგლუკოზის თუთიით აღდგენით ძმარმუავაში და დარჩენილი აცეტილური ჯგუფების შემდგომი შესაპვნით:



გლიკალზე წყლის მოლეკულის მიერთებით (H_2SO_4 -ის თანდასწრებით) მიიღება 2-დეზოქსიგლუკოზა ანუ გლიკოდეზოზა:



გლიკოზენები. გლიკოზენები მიიღება აცეტოჰალოგენოზებისაგან მაგალითად, აცეტობრომგლუკოზაზე (I) მეორადი ამინების მოქმედებით ჰალოგენწყალბადის წარმოების გზით:



1,2-გლუკოზენის ტეტრააცეტატის (II) შესაპვნით წარმოიქმნება თავისუფალი გლუკოზენი ენოლურ ფორმაში (III), რომელიც იზომერიზდება კეტონურ ფორმად (IV).

რთული ნახშირწყლები

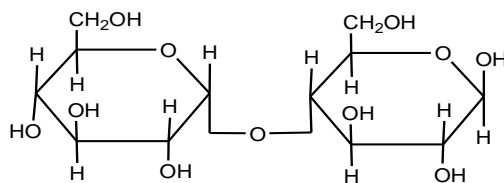
რთული ნახშირწყლები ისეთი ნაერთებია, რომლებიც ჰიდროლიზის შედეგად იძლევიან მარტივ ნახშირწყლებს-მონოზებს. რთული ნახშირწყლები იყოფა ორ ჯგუფად: ოლიგოსაქარიდებად და პოლისაქარიდებად. ოლიგოსაქარიდები დაბალმოლეკულური წონის მქონე პოლისაქარიდებია, რომლებიც წყალში იხსნებიან და დაკრისტალების უნარი აქვთ. პოლისაქარიდები მაღალმოლეკულური წონის მქონე ნაერთებია, რომლებიც წყალში სუსტად ან სრულებით არ იხსნებიან და დაკრისტალების უნარი არ გააჩნიათ.

ოლიგოსაქარიდები

მონოსაქარიდების რიცხვის მიხედვით ოლიგოსაქარიდები იყოფა დისაქარიდებად, ტრისაქარიდებად, ტეტრასაქარიდებად, პენტასაქარიდებად და ა.შ. ოლიგოსაქარიდებიდან განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია დისაქარიდები ანუ ბიოზები.

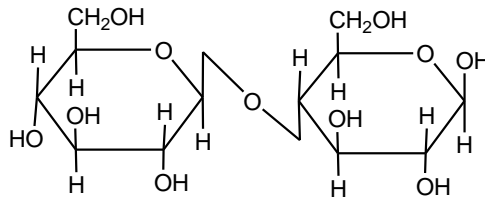
დისაქარიდები ორი ერთნაირი ან განსხვავებული მონოსაქარიდული ნაშთისაგან შედგება, რომლებიც ერთმანეთთან დაკავშირებულია 0-გლიკოზიდური ბმით. ამ უკანასკნელის წარმოქმნაში მონაწილეობს ერთი მონოსაქარიდის ნახევარაცეტალური ჰიდროქსიდის ჯგუფი და მეორე მონოსაქარიდის ნებისმიერი ჰიდროქსიდის ჯგუფი, მათ შორის ნახევარაცეტალურიც. თუ დისაქარიდის რომელიმე მონოსაქარიდული ნაშთი შეიცავს ნახევარაცეტალურ ჰიდროქსიდის ჯგუფს, მაშინ ის აღმდგენელია, წინააღმდეგ შემთხვევაში - არააღმდგენელი. დისაქარიდები მუავა არეში ჰიდროლიზდება მონოსაქარიდების წარმოქმნით. დისაქარიდის შედგენილობაში შემავალი ორივე მანობა შესაძლებელია ერთნაირი ან განსხვავებული იყოს.

აღმდგენელი დისაქარიდების წარმომადგენლებია: მალტოზა, ცელობიოზა, ლაქტოზა, გენციობიოზა. ალტოზა, ანუ ალაოს შაქარი β-ამილაზით სახამებლის ჰიდროლიზის ძირითადი პროდუქტია. ეს ფერმენტი გამოიყოფა სანერწყვე ჯირკვლების მიერ, მაგრამ იგი განსაკუთრებით დიდი რაოდენობითაა ალაოში (აღმოცენებულ, შემდეგ გამომშრალ და დაქუცმაცებულ ხორბლეულის მარცვალში). მალტოზაში D-გლუკოპირანოზის ორი მოლეკულა ერთმანეთთან დაკავშირებულია 1,4-გლიკოზიდური ბმით. ამ ბმის წარმოქმნაში მონაწილე ანომერულ ნახშირბადის ატომს α-კონფიგურაცია აქვს, ხოლო თავისუფალი ნახევარაცეტალური ჰიდროქსიდის ჯგუფის შემცველ ანომერულ ნახშირბადის ატომს შეიძლება გააჩნდეს როგორც α-(α-მალტოზა), ისე β-კონფიგურაცია (β-მალტოზა). ამ დისაქარიდის სრული სახელწოდებაა α-D-გლუკოპირანოზიდ-1,4-α-D- (ან β, D) გლუკოპირანოზა:



β-მალტოზა

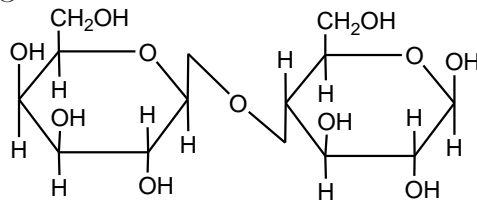
ცელობიოზა მიიღება ცელულოზის არასრული ჰიდროლიზით. მისი მოლეკულა შედგება 1,4-გლიკოზიდური ბმით დაკავშირებული ორი β-D-გლუკოპირანოზის ნაშთისაგან. ამ დისაქარიდის სახელწოდებაა: β-D-გლუკოპირანოზიდ-1,4-β-D-გლუკოპირანოზა:



β-ცელობიოზა

როგორც მალტოზა, ისე ცელობიოზა მუკოვური ჰიდროლიზის დროს წარმოქმნის გლუკოზას. ცოცხალ ორგანიზმში ცელობიოზა ჰიდროლიზდება β-გლუკოზიდაზით, რომელიც ადამიანის ორგანიზმში არ გვხვდება. ამიტომ, ცხოველებისაგან განსხვავებით, რომელთაც საჭმლის მომნელებელ ტრაქტში გააჩნიათ β-გლუკოზიდაზური აქტივობის მქონე ბაქტერიები, ადამიანისათვის საკვებ პროდუქტს არ შეიძლება წარმოადგენდეს ცელობიოზა და მისი შესაბამისი პოლისაქარიდი ცელულოზა.

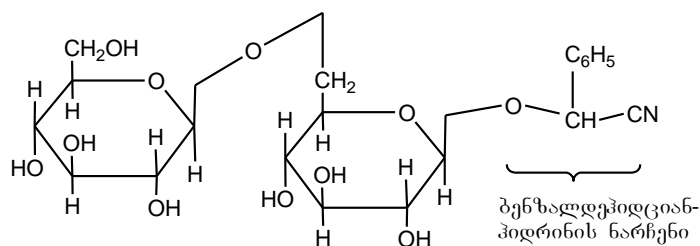
დისაქარიდებიდან აღსანიშნავია ლაქტოზა, ანუ რძის შაქარი. იგი შედის რძის შედგენილობაში (4-5%). მას ღებულობენ რძის შრატოდან ხაჭოს მოცილების შემდეგ. ლაქტოზაში β-D-გალაქტოპირანოზისა და β-D-გლუკოპირანოზის ნაშთის ანომერული ნახშირბადის ატომს აქვს β-კონფიგურაცია, ხოლო D-გლუკოპირანოზის ნაშთის ანომერულ ნახშირბადის ატომს კი შეიძლება ჰქონდეს როგორც α-(α-ლაქტოზა), ისე β-(β-ლაქტოზა) კონფიგურაცია:



β-ლაქტოზა

β-ლაქტოზის სრული სახელწოდებაა: β-D-გალაქტოპირანოზიდ-1,4-β-D-გლუკოპირანოზა. ლაქტოზას იყენებენ ფარმაკოლოგიაში ფხვნილებისა და აბების დასამზადებლად, საკვებად ჩვილი ბავშვებისათვის. დედის რძე შეიცავს 8% ლაქტოზას. მას 4-5-ჯერ ნაკლები სიტკბო აქვს, ვიდრე საქაროზას.

ჩვენ მიერ განხილულ დისაქარიდებში (მალტოზა, ლაქტოზა, ცელობიოზა) ერთი მონოსაქარიდის მოლეკულა უკავშირდება მეორე მონოსაქარიდის მოლეკულას 1,4-გლიკოზიდური ბმით. აღმდგენელ დისაქარიდებს მიეკუთვნება ასევე გენციობიოზა, რომელშიც მონოსაქარიდული ნაშთები ერთმანეთთან დაკავშირებულია 1,6-გლიკოზიდური ბმით. იგი შედის მრავალი მცენარეული გლიკოზიდის შედგენილობაში. მაგალითად, მწარე ნუშიდან გამოყოფილია გლიკოზიდი ამიგდალინი, რომლის აგლიკონს ბენზალდეჰიდის ციანჰიდრინი წარმოადგენს.

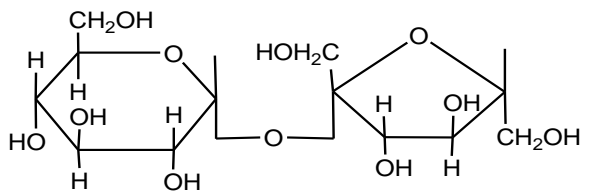


გენციობიოზას ნარჩენი

ამიგდალინის ჰიდროლიზი ხორციელდება ფერმენტ β-გლუკოზიდაზით. ამ დროს წარმოიქმნება ციანწყალბადმჟავა, რითაც აიხსნება აღნიშნული გლიკოზიდის მომწამლავი მოქმედება. მჟავების მოქმედებით ამიგდალინის მოლეკულა იშლება ორ მოლეკულა გლუკოზად, ერთ მოლეკულა ბენზონის ალდეჰიდად და ერთ მოლეკულა ციანწყალბადმჟავად:



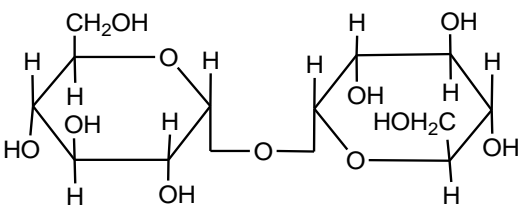
არააღმდგენელი დისაქარიდების წარმომადგენელია დისაქარიდი-საქაროზა (ლერწმის შაქარი, ჭარხლის შაქარი). საქაროზა მიიღება D-გლუკოპირანოზისა და D-ფრუქტოფურანოზის ნახევარაცეტალური ჰიდროქსილის ჯგუფების ერთმანეთზე გადაბმით. იგი ფართოდაა გავრცელებული მცენარეულ სამყაროში. განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით გვხვდება შაქრის ლერწმისა და შაქრის ჭარხლის შედგენილობაში (28%), საიდანაც ხდება საწარმოო მასშტაბით მისი მიღება. ამ დისაქარიდში D-გლუკოზა (პირანოზულ ფორმაში) დაკავშირებულია D-ფრუქტოზასთან (ფურანოზულ ფორმაში) ანომერულ ნახშირბადის ატომებთან არსებული ჰიდროქსილის ჯგუფების ხარჯზე:



საქაროზა

საქაროზა არ იძლევა ალდეჰიდებისა და კეტონებისათვის დამახასიათებელ რეაქციებს. მისი ჰიდროლიზის შედეგად, რომელსაც ინვერსია ეწოდება, მიიღება D-გლუკოზისა და D-ფრუქტოზის ნარევი, ე.წ. ინვერტული შაქარი, რომელიც იძლევა ალდეჰიდებისა და კეტონების დამახასიათებელ რეაქციას. ამასთან, აღსანიშნავია ის გარემოება, რომ ინვერსიის შედეგად საქაროზას შემადგენლობაში შემავალი არასტაბილური ფრუქტოზა (ფრუქტოფურანოზა) გადაჯგუფდება სტაბილურ ფრუქტოზაში (ფრუქტოპირანოზაში). საქაროზა სინათლის პოლარიზაციის სიბრტყეს მარჯვნივ აბრუნებს, ხოლო მისი ჰიდროლიზის შედეგად მიღებული პროდუქტებიდან ფრუქტოზა უფრო ძლიერ აბრუნებს პოლარიზაციის სიბრტყეს, ვიდრე გლუკოზა-მარჯვნივ.

არააღმდგენელ დისაქარიდებში მონოსაქარიდის მეორე მოლეკულა დებულს გლიკოზიდებისათვის დამახასიათებელ დაბოლოებას “ოზიდი”. მაგალითად, საქაროზის სახელწოდებაა α-D-გლუკოპირანოზილ 1,2-β-D-ფრუქტოფურანოზიდი. არააღმდგენელი დისაქარიდებიდან აღსანიშნავია ტრეჰალოზა, ანუ მიკოზა (სოკოს შაქარი):

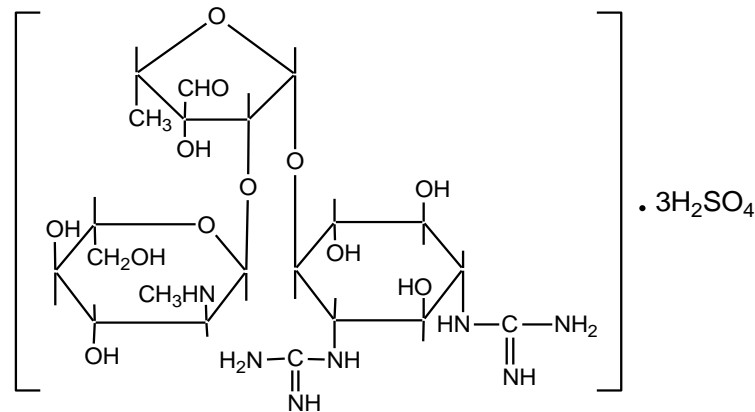


ტრეჰალოზა

ტრეჰალოზა შედის სოკოების, წყალმცენარეების და სხვ. შედგენილობაში. მისი მოლეკულა შედგება გლუკოზის ორი ნაშთისაგან, რომლებიც ერთმანეთთან დაკავშირებულია გლიკოზიდ-გლიკოზიდური ბმით.

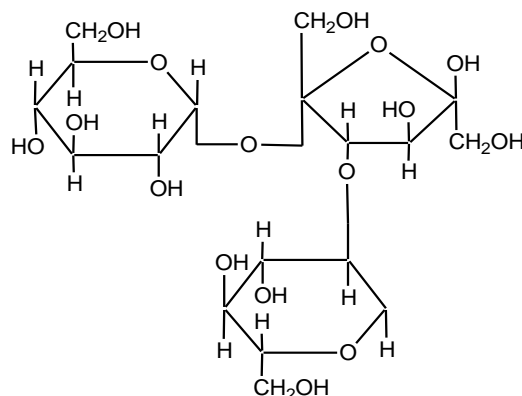
დისაქარიდები ფართოდ გამოიყენება მედიცინაში. დისაქარიდული ფრაგმენტი შედის ზოგიერთი ნახშირწყლვანი ანტიბიოტიკის შედგენილობაში. მაგალითად, ამინგლიკოზიდი სტრეპტომიცინი შეიცავს სტრეპტოზისა და N-მეთილირებული

გლუკოზამინის ნაშთებს, სადაც აგლიკონი არის სტრეპტიდინი (1,3-დიგუანიდინ-2,4,5,6-ტეტ-რაოქსიციკლოპქსანი). ამინგლიკოზიდების ანტიბაქტერიული აქტივობა განპირობებულია მათ მოლეკულაში ერთდროულად სტრეპტიდინისა და ამინშაქრების არსებობით. ცალ-ცალკე მათ არ გააჩნიათ ანტიბიოტიკური აქტიურობა. სტრეპტიდინში არსებითი მნიშვნელობა აქვს გუანიდინის ნაშთს. თუ მას მოვხვებით, ნაერთი დაკარგავს ანტიბაქტერიულ აქტივობას. ასევე მნიშვნელოვანია სტრეპტოზის ალდეჰიდური ჯგუფი. თუ მას დავუანგავთ კარბოქსილამდე, გამოიწვევს პრეპარატის ინაქტივაციას. სტრეპტომიცინი გამოიყენება იმ ბაქტერიების საწინააღმდეგოდ, რომლებიც მდგრადებია პენიცილინების მიმართ:



სტრეპტომიცინის სულფატი

ტრისაქარიდები. ტრისაქარიდები საკმაო რაოდენობითაა წარმოდგენილი მცენარეებსა და სოკოებში. შედგება სამი მონოსაქარიდული ნაშთისაგან. ტრისაქარიდების დიდ ჯგუფს ალდეგენის უნარი არ ახასიათებს, ვინაიდან დაკავშირება უპირატესად გლიკოზიდური ნახშირბადის ჰიდროქსილის ჯგუფების ხარჯზე ხორციელდება. ტრისაქარიდების წარმომადგენლებია: მელიციტოზა, რაფინოზა, გენციანოზა. მელიციტოზა შედგება ორი მოლეკულა გლუკოზისა და ერთი მოლეკულა ფრუქტოზისაგან. იგი არაა-დმდგენელი ტრისაქარიდია. შედის ზოგიერთი წიწვიანი ხის (ფიჭვი) შედგენილობაში.



მელიციტოზა

რაფინოზა არაა დმდგენელი ტრისაქარიდია, მისი მოლეკულა შედგება ერთი მოლეკულა გალაქტოზის, ერთი მოლეკულა გლუკოზისა და ერთი მოლეკულა ფრუქტოზისაგან. რაფინოზა დიდი რაოდენობით შედის შაქრის ჭარხალში, ბამბის თესლში, ზოგიერთ წყალმცენარეში, სოკოში და სხვადასხვა მცენარეებში.

გენციანოზა არაა დმდგენელი ტრისაქარიდია. შედის მცენარე ნალველას ფესვებში, ასევე ზოგიერთი მცენარის ღეროში. მისი მოლეკულა შედგება ორი მოლეკულა გლუკოზისა და ერთი მოლეკულა ფრუქტოზისაგან:

ტეტრასაქარიდები. ტეტრასაქარიდების მნიშვნელოვანი წარმომადგენელია სტაქიოზა, რომელიც გალაქტოზის ორი მოლეკულის, გლუკოზისა და ფრუქტოზისაგან შედგება. სტაქიოზას აღნაგობა ასეთია. იგი არააღმდგენელი ტეტრასაქარიდია. შედის ზოგიერთი მცენარის ფესვებსა და ბოლქვებში, პარკოსნების თესლში.

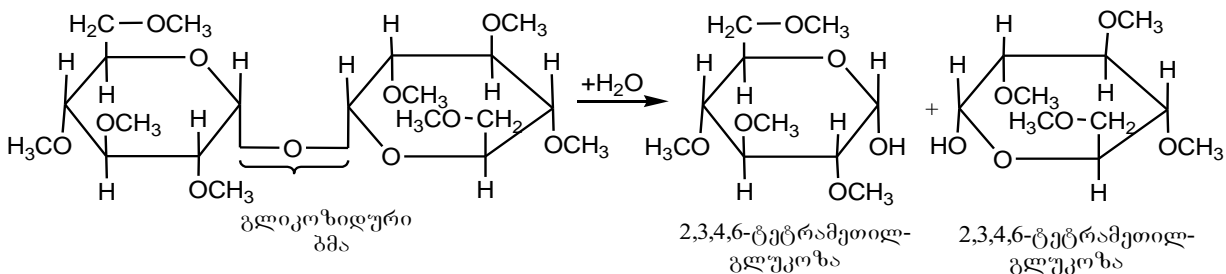
დისაქარიდების აგებულება. დისაქარიდების აგებულების შესასწავლად საჭიროა დადგინდეს იქნეს:

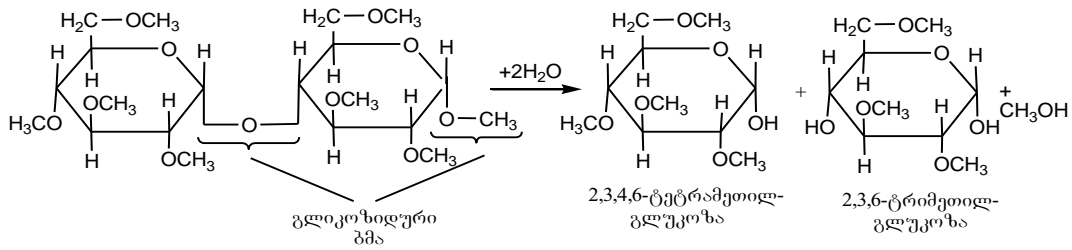
- ა. რომელი მონოსაქარიდების ნაშთები შედის მოლეკულაში;
- ბ. რომელი ფორმის სახით შედის ეს ნაშთები (α - ან β -ფორმები, პირანოზული ან ფურანოზული ციკლები);
- გ. რომელი ჰიდროქსიდების ხარჯზე ხდება ორი მოლეკულა მონოსაქარიდის შეერთება დისაქარიდის წარმოქმნის დროს.

იმისათვის, რომ დადგინდეს, თუ რომელი მონოსაქარიდების ნაშთებისგანაა წარმოქმნილი დისაქარიდის მოლეკულა, ახდენენ ამ უკანასკნელის ჰიდროლიზს, შემდეგ კი წარმოქმნილი მონოსაქარიდის იდენტიფიკაციას ამა თუ იმ მეთოდით. გლიკოზიდური კავშირის (α ან β) დასადგენად სარგებლობენ შერჩევითი ფერმენტული ჰიდროლიზით. რომელიც ხორციელდება α -გლიკოზიდაზას და β -გლიკოზიდაზას დახმარებით.

პირანოზული ან ფურანოზული ციკლის დადგენა შეიძლება მჟავური ჰიდროლიზის კინეტიკის შესწავლით. ფურანოზიდების ჰიდროლიზის სიჩქარე გაცილებით მეტია პირანოზიდების ჰიდროლიზის სიჩქარეზე. ციკლების ბუნებაზე ზუსტ ცნობებს იძლევა მეთილირების მეთოდი. ამისათვის დისაქარიდზე მეთილირდით ან დიმეთილსულფატით მოქმედებენ ტუტე არეში. ამ დროს ყველა ჰიდროქსილის ჯგუფის წყალბადატომები ჩაინაცვლება მეთილის ჯგუფებით. მაგალითად, ტრეჰალოზის მეთილირებით წარმოიქმნება ოქტამეთილტრეჰალოზა. მეთილირების შემდეგ ახდენენ ფრთხილ მჟავურ ჰიდროლიზს, რის შედეგადაც მეთილირებული დისაქარიდი იშლება მეთილირებულ მონოსაქარიდებად. მეთილირებული მონოსაქარიდების აგებულების შესწავლა საშუალებას იძლევა დაგვასკვნათ, თუ დისაქარიდებში მონოსაქარიდების ნაშთები რომელი ჰიდროქსილის ჯგუფების ხარჯზე არიან შეკავშირებული (ჰიდროლიზის შედეგად წარმოქმნილ მეთილირებულ მონოსაქარიდებში შეკავშირების ადგილზე თავისუფალი ჰიდროქსილის ჯგუფები წარმოიქმნება).

მეთილირებული მალტოზის მჟავური ჰიდროლიზის დროს ორი მონოსაქარიდის ნაშთის შემადგენელი გლიკოზიდური ბმების გაწყვეტის გარდა მიმდინარეობს ერთ-ერთი მონოსაქარიდის ნაშთის მეთილგლიკოზიდური კავშირის ჰიდროლიზიც. ამრიგად, ტრეჰალოზის ტიპის და მალტოზის ტიპის ოქტამეთილჩანაცვლებული დისაქარიდების ჰიდროლიზის დროს, პირველ შემთხვევაში, მიიღება ორი მოლეკულა ტეტრა-მეთილჰექსოზა, ხოლო მეორე შემთხვევაში, ტეტრამეთილჰექსოზა და ტრიმეთილჰექსოზა.

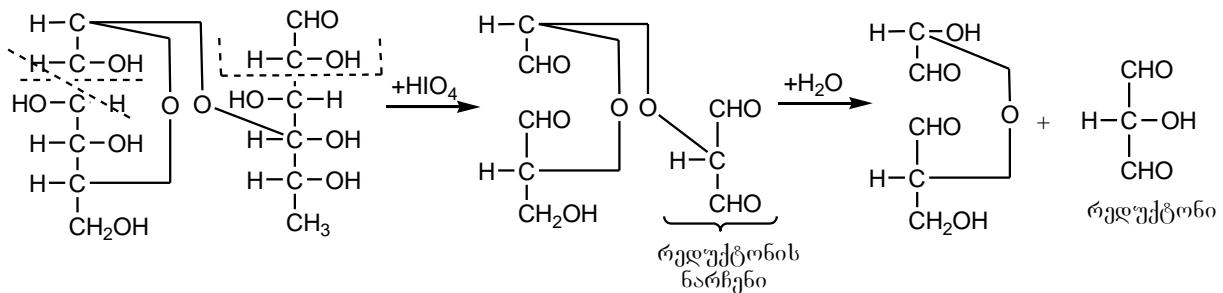




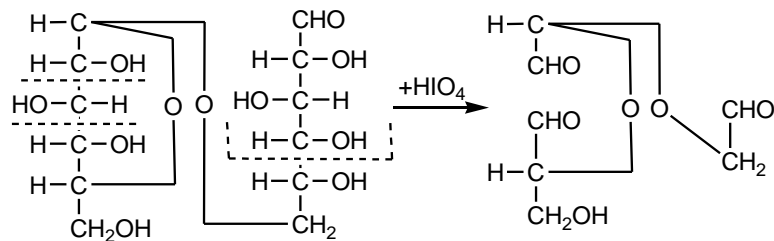
ოქტამეთილმალტოზის ჰიდროლიზი

ორი სხვადასხვა მონოსაქარიდის ნაშთისაგან შემდგარი აღმდგენელი პოლისაქარიდის აგებულების დასადგენად ასევე საჭიროა გაირკვეს თუ რომელი ნახევარაცეტალური ჰიდროქსილია ჩანაცვლებული და რომელი თავისუფალი. ამისათვის უნდა განისაზღვროს მეთილირების დროს მონოსაქარიდების რომელი ნაშთები წარმოქმნიან ტრიმეთილწარმოებულს და ტეტრა-O-მეთილწარმოებულს.

ოლიგოსაქარიდებში მონოსაქარიდული ნაშთები ერთმანეთთან შეერთებულია 1,2;1,6 და სხვა კავშირებით. ბოლო წლებში ფართოდ გამოიყენება პერიოდატული მეთოდი, რაც საშუალებას იძლევა განვსხვაოთ დისაქარიდებში 1,4-და 1,6-კავშირები. 1,4-კავშირის შემცველ დისაქარიდზე იოდის მჟავას მოქმედების დროს გამოიყოფა იოდი, მაშინ როდესაც 1,6-კავშირის არსებობისას არ ხდება იოდის გამოყოფა. იოდის მჟავადან გამოყოფა განპირობებულია წარმოქმნილი რედუქტონის $O=CH-CH(OH)-CH=O$ აღმდგენელი მოქმედებით. მაგალითად, მალტოზა (ალ-ფორმაში) რეაგირებს იოდის მჟავასთან შემდეგი სქემის მიხედვით:

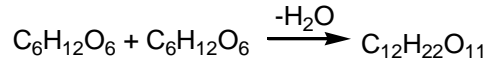


თუ დისაქარიდებს შორის არის 1,6-კავშირი, მაშინ პერიოდატული დაჟანგვის დროს არ მიმდინარეობს არც რედუქტონის ნაშთის წარმოქმნა, არც გლიკოზიდური ბმის ჰიდროლიზი.



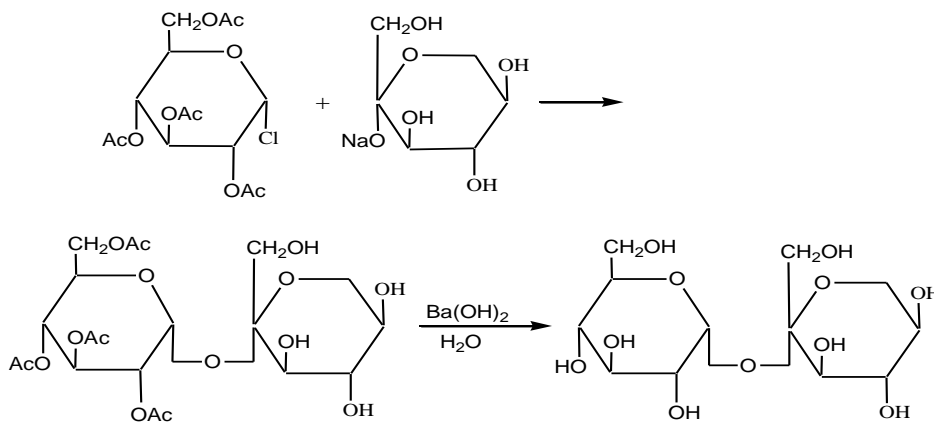
ოლიგოსაქარიდების სინთეზი

1. *მონოზებზე მჟავების რევერსიული მოქმედება.* რევერსია ეწოდება ინვერსიის შებრუნებულ მოვლენას, რომლის დროსაც ორი მოლეკულა მონოზის კონდენსაციით მიიღება ერთი მოლეკულა დისაქარიდი:

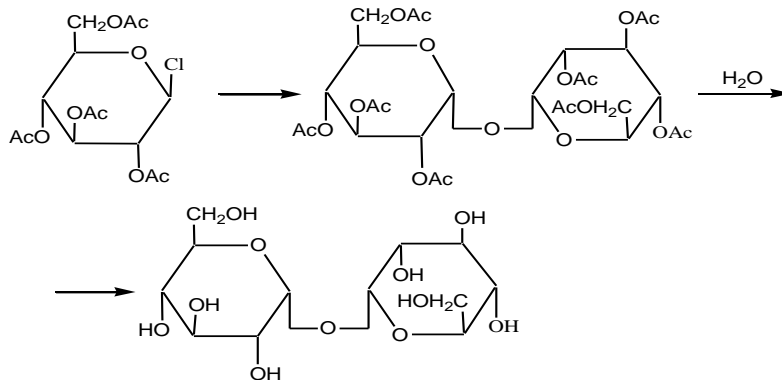


ამ შემთხვევაში კატალიზატორებად გამოიყენება კონცენტრირებული მინერალური მჟავები. რევერსიის მეთოდით მიიღება არაერთი რომელიმე ინდივიდუალური დისაქარიდი, არამედ წარმოიქმნება სხვადასხვა დისაქარიდის ნარევი.

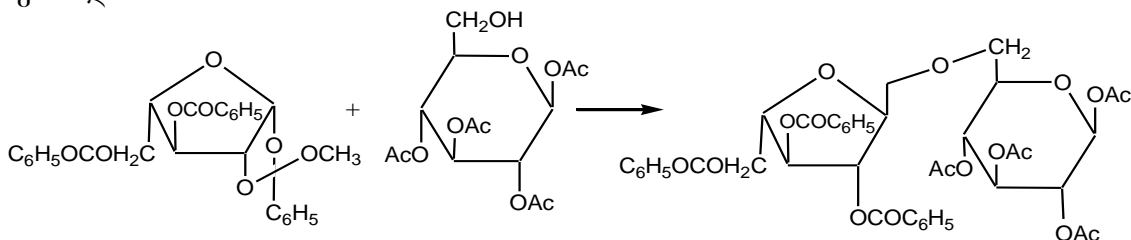
2. *აცეტილჰალოგენოზებზე მონოზების ნატრიუმწარმოებულების მოქმედებით.* 1879 წელს კოლიმ ამ მეთოდით პირველად ჩაატარა საქაროზის სინთეზი. მიღებული დისაქარიდი ბუნებრივი საქაროზისგან იმით განსხვავდება, რომ მის შემადგენლობაში შედის D-გლუკოპირანოზისა და D-ფრუქტოფურანოზის ნაშთებისაგან. ამ იზომერულ დისაქარიდს ეწოდება საქაროზა



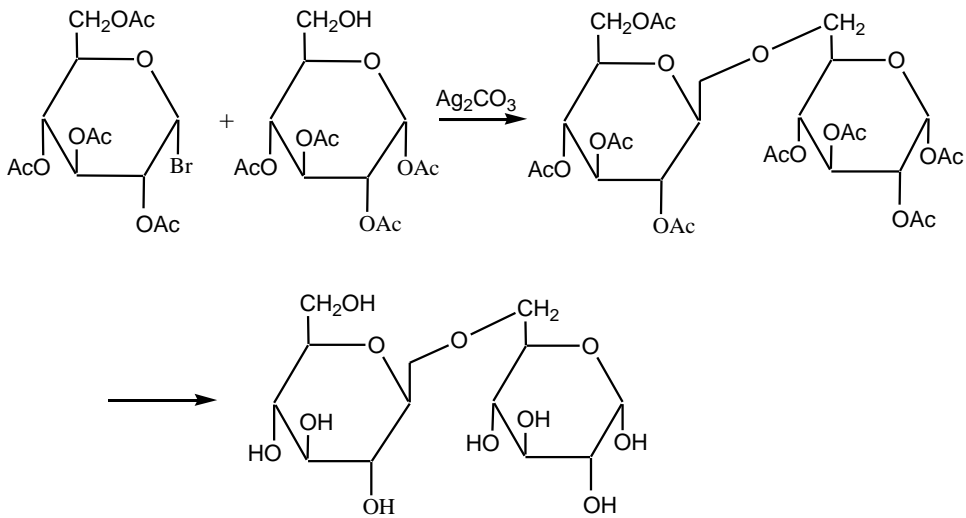
3. *აცეტილჰალოგენოზებზე ვერცხლის კარბონატის მოქმედებით:*



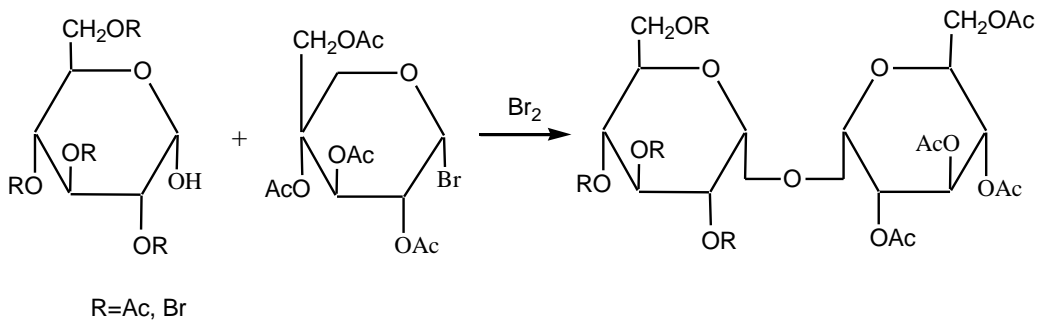
4. *ორთოეთერული მეთოდით,* რომელიც დამუშავებულია კონცეკოვისა და მისი თანამშრომლების მიერ. ოლიგოსაქარიდი მიიღება მონოსაქარიდის აცილირებული 1,2-ორთოეთერის ურთიერთქმედებით თავისუფალი ჰიდროქსილის შემცველ აცილირებულ მონოსაქარიდთან:



5. აცეტილჰალოგენოზისა და აცეტილირებული მონოზის კონდენსაციით, რომელსაც გააჩნია ერთი თავისუფალი ჰიდროქსილი:



რ. გახოკიდის და მისი მოწაფეების მიერ დამუშავებულია α -დისაქარიდების სტერეოსპეციფიკური სინთეზი თხევადი ბრომის არეში:



6. თავისუფალი გლიკოზიდური ჯგუფის შემცველი აცილირებული მონოზისა და თავისუფალი ჰიდროქსილის ჯგუფის შემცველი აცილირებული ან ალკილიდენური მონოზის კონდენსაციით. ამ მეთოდით პროფ. ა. გახოკიძემ მიიღო ახალი ტიპის დისაქარიდები, რომელთა მოლეკულებში მონოსაქარიდთა ნაშთები დაკავშირებულია 1,2 და 1,3 ბმებით.

7. ერთი დისაქარიდის მეორეში იზომერიზაციით. ამ მეთოდით პროფ. ა. გახოკიძემ განახორციელა დისაქარიდების ეპიმერიზაცია(დისაქარიდის აღმდგენელ ნაწილში მეორე ნახშირბადის ატომთან წყალბადისა და ჰიდროქსილის ჯგუფის შემობრუნება) ბენტონიტური თიხების მოქმედებით.

8. ბიოქიმიური სინთეზი. მონოსაქარიდებზე ფერმენტების მოქმედებით მიიღება სხვადასხვა დისაქარიდი. მაგალითად, D-გლუკოზაზე ემულსინის მოქმედებით მიიღება გენციობიოზა და ცელობიოზა.

პოლისაქარიდები (პოლიოზები)

პოლისაქარიდები ჰიდროლიზის შედეგად იძლევიან მრავალ მოლეკულა მონოსაქარიდს, ამიტომ ისინი მაღალმოლეკულური ნაერთებია. მონოსაქარიდული შედგენილობის მიხედვით პოლისაქარიდები იყოფა 2 ჯგუფად: ჰომოპოლისაქარიდებად, რომლებიც აგებულია ერთნაირი მონოსაქარიდული ნაშთისაგან და ჰეტეროპოლისაქარიდებად, რომლებიც შედგებიან სხვადასხვა მონოსაქარიდული ნაშთებისაგან.

ქიმიური ბუნების მიხედვით პოლისაქარიდები უნდა განვიხილოთ როგორც პოლიგლიკოზიდები ანუ პოლიაცეტალები. მონოსაქარიდის თითოეული რგოლი გლიკოზიდური ბმით უკავშირდება წინა და მომდევნო რგოლს. ამასთან, მომდევნო რგოლთან დაკავშირება ხდება ნახევარაცეტალური (გლიკოზიდური) პოლისაქარიდის ჯგუფის საშუალებით, ხოლო წინა რგოლთან – სპირტული ჰიდროქსიდის ჯგუფით, რომელიც როგორც წესი, მეოთხე და მეექვსე ნახშირბადატომთან მდებარეობს.

მცენარეული წარმოშობის პოლისაქარიდებში ძირითადად მონაწილეობს 1,4- და 1,6-გლიკოზიდური ბმები, ხოლო ცხოველური და ბაქტერიული წარმოშობის პოლისაქარიდებში დამატებით გვხვდება 1,3- და 1,2-გლიკოზიდური ბმები. ჯაჭვის ბოლოში იმყოფება მონოსაქარიდის აღმდგენელი ნაშთი. მისი წილი მთელ მოლეკულაში იმდენად მცირეა, რომ პოლიოზებს თითქმის არ ახასიათებს აღმდგენელი თვისებები.

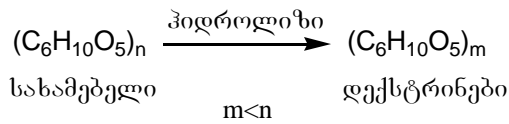
პოლისაქარიდთა გლიკოზიდური ბუნება განაპირობებს მათ ადვილ ჰიდროლიზს მჟავა არეში და მაღალ მდგრადობას ტუტე არეში. სრული ჰიდროლიზით წარმოიქმნება მონოსაქარიდები, ხოლო არასრული ჰიდროლიზით – ოლიგოსაქარიდები.

ჰომოპოლისაქარიდებს მიეკუთვნება: სახამებელი, გლიკოგენი, ცელულოზა, ჰემიცილულოზა, დექსტრანები, პექტინური ნივთიერებები. ჰეტეროპოლისაქარიდებს მიეკუთვნება: შემაერთებული ქსოვილის პოლისაქარიდები- ქონდროიტინსულფატი, ჰიალურონის მჟავა, ჰეპარინი, ბაქტერიული უჯრედის კედლის პოლისაქარიდი- მურამინი; მუკოპოლისაქარიდები, მცენარეული გუმფისები.

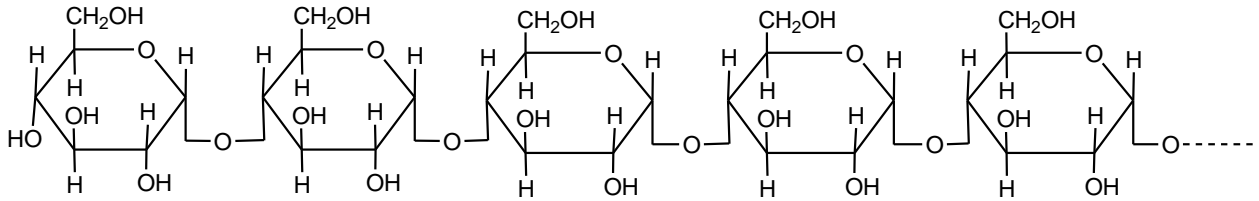
ჰომოპოლისაქარიდები

სახამებელი. სახამებელი წარმოადგენს ნახშირორჟანგის ასიმილაციის საბოლოო პროდუქტს მცენარეებში, ამიტომ ყველა მწვანე მცენარე შეიცავს სახამებელს, რომელიც წარმოადგენს მასში სამარაგო ნივთიერებას, ადამიანისათვის კი – საკვებს. სახამებელს დიდი რაოდენობით შეიცავს კარტოფილი (20%), სიმინდი (70%), ხორბალი (66%), ქერი (75%). სახამებლის მარცვლები მოთავსებულია მცენარის უჯრედებში. სახამებლის მისაღებად მცენარეს წინასწარ ჭრიან და აქუცმაცებენ, რათა უჯრედები დაიშალოს და სახამებელი ადვილად გამოვიდეს. შემდეგ ამ დაქუცმაცებულ მასას უმატებენ წყალს და ურევენ. მიღებული მღვრიე წყალი გადააქვთ ცალკე ჭურჭელში და აყოვნებენ, სანამ სახამებელი არ დაილექება. რამდენიმე ხნის შემდეგ სუფთა წყალს გადაღვრიან და ჭურჭლის ფსკერზე დალექილ სახამებელს აშრობენ.

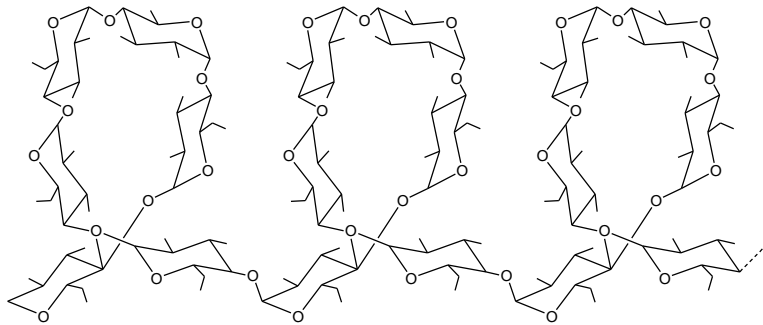
სახამებელი α-გლუკოზის ნაშთებისაგან შემდგარი ორი ჰომოპოლისაქარიდის- ამილოზის (10-20%) და ამილოპექტინის (80-90%) ნარევი. სახამებელი თეთრი ამორფული ნივთიერებაა. იგი ცივ წყალში არ იხსნება, ცხელ წყალში კი – ჯირჯვდება და მისი გარკვეული ნაწილი თანდათანობით იხსნება. სახამებლის სწრაფი გაცხელებისას მასში ჰიგროსკოპული ტენის (10-20%) არსებობის გამო ხდება მაკრომოლეკულური ჯაჭვის ჰიდროლიზური დაშლა, რის შედეგადაც მიიღება უფრო დაბალმოლეკულური პოლისაქარიდების ნარევი-დექსტრინები. დექსტრინინზაცია მიმდინარეობს პურის ცხობის პროცესში. დექსტრინებად გარდაქმნილი ფქვილის სახამებელი კარგი ხსნადობის გამო უფრო ადვილად შეითვისება ორგანიზმის მიერ:



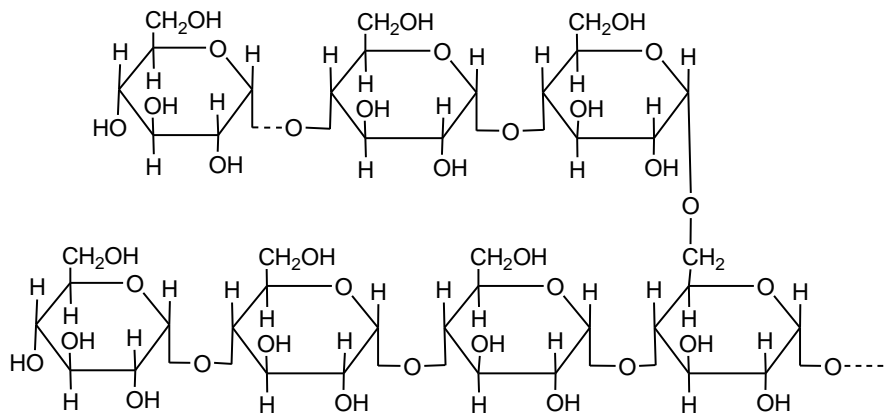
ამილოზაში D-გლუკოპირანოზული ნაშთები ერთმანეთთან შეერთებულია α -1,4-გლიკოზიდური ბმებით, ე.ი. ამილოზას დისაქარიდული ფრაგმენტი მალტოზაა. მისი ჯაჭვი არაა განშტოებული, შეიცავს 200-1000-მდე გლუკოზის ნაშთს, მოლეკუკური მასაა 40000-160000.



რენტგენოსტრუქტურული ანალიზის თანახმად, ამილოზას მაკრომოლეკულა სპირალურადაა დახვეული. ამასთან, სპირალის თითოეულ ხვიაზე 6 მონოსაქარიდული ნაშთი თავსდება.

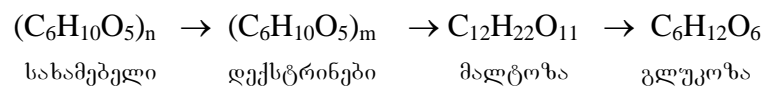


სპირალის შიგა არხში შეიძლება მოთავსდეს შესაბამისი ზომის მოლეკულა (მაგალითად, იოდის) წარმოიქმნება კომპლექსი, რომელსაც ჩართვის ნაერთი ეწოდება. იოდის კომპლექსს ამილოზასთან ლურჯი შეფერვა გააჩნია, რის გამოც იგი გამოიყენება როგორც სახამებლის, ისე იოდის აღმოსაჩენად. ამილოზისაგან განსხვავებით ამილოპექტინს განშტოებული აღნაგობა აქვს. ძირითად ჯაჭვში გლუკოპირანოზული ნაშთები ერთმანეთთან დაკავშირებულია α -1,4-გლიკოზიდური ბმებით, ხოლო განშტოების ადგილებში α -1,6-გლიკოზიდური ბმებით:

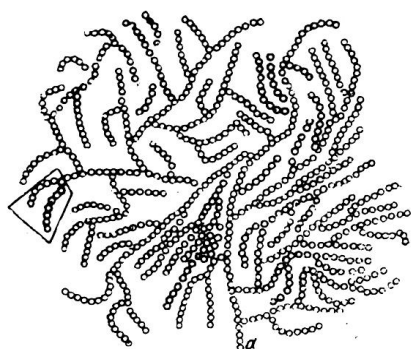


საჭმლის მომნელებელ ორგანოებში მინერალური მჟავებისა და ფერმენტ ამილაზას მოქმედებით, სახამებლის მაკრომოლეკულაში წყდება როგორც α -1,4-, ისე

α-1,6-გლიკოზიდური ბმები. სახამებლის ჰიდროლიზი საფეხურებად მიმდინარეობს: ჯერ მიიღება დექსტრინები, შემდეგ – მალტოზა და ბოლოს გლუკოზა:



გლიკოგენი ანუ ცხოველური სახამებელი $(C_6H_{10}O_5)_n$. გლიკოგენი წარმოადგენს ღვიძლის სამარაგო პოლისაქარიდს და ცხოველებში ასრულებს იმავე როლს, რასაც სახამებელი მცენარეებში. ორგანიზმში მიმდინარე ყველა სასიცოცხლო პროცესი დაკავშირებულია გლიკოგენის ბიოლოგიურ დაშლასთან, რის შედეგად მიიღება რძემჟავა. გლიკოგენის ქიმიური გარდაქმნის შედეგად წარმოიქმნილი ენერგია ხმარდება ორგანიზმის არსებობას. გლიკოგენი აღნაგობით წააგავს ამილოპექტინს, მაგრამ უფრო განშტოებულია. ძლიერი განშტოება განაპირობებს ამ პოლისაქარიდის ენერგეტიკულ ფუნქციას, რადგანაც ამ შემთხვევაში შესაძლებელია საჭირო რაოდენობის გლუკოზის მოლეკულების სწრაფი მოწყვეტა. გლიკოგენის მოლეკულური მასა 100 მილიონს აღწევს.



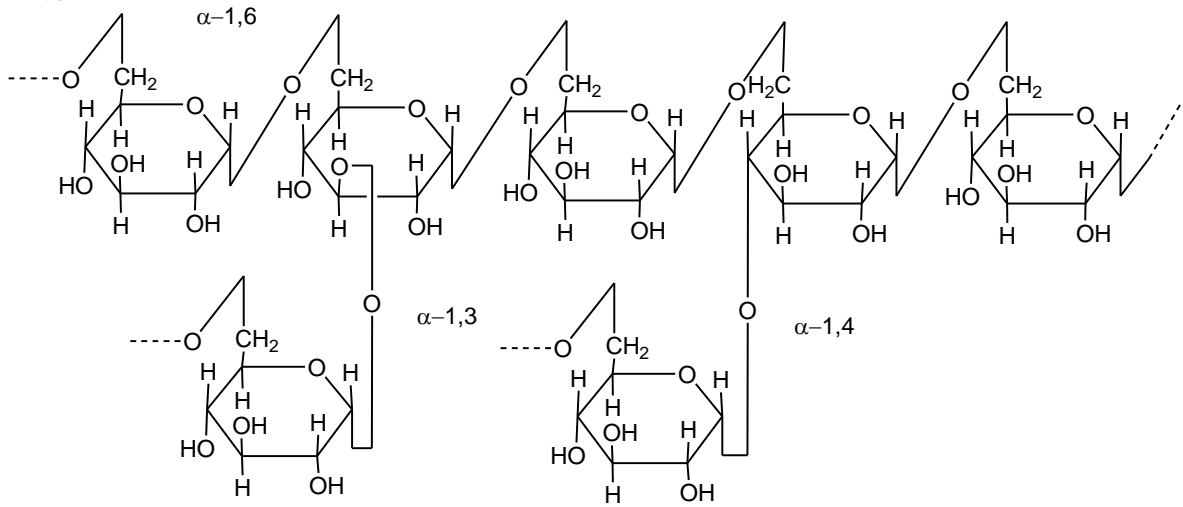
სურ. 2

გლიკოგენის აგებულება

გლიკოგენი აღმოჩენილ იქნა ადამიანის ღვიძლში 1857 წელს. ღვიძლში მისი რაოდენობა აღწევს 150 გ-ს. გლიკოგენის დაგროვების წყაროს ღვიძლში წარმოადგენს გლუკოზა, რომელიც მიიღება სახამებლის დაშლის შედეგად. სახამებელი, რომელსაც ადამიანი საკვების სახით ღებულობს, ფერმენტ ამილაზას მოქმედებით გლუკოზამდე იშლება. მიღებული გლუკოზა იხსნება წყალში და წვრილი ნაწილაკების კედლებიდან შეიწოვება სისხლში, სადაც იგი გარდაიქმნება გლიკოგენად და გროვდება ღვიძლში. მცირე რაოდენობით (0,1%) რჩება სისხლში, რომელიც ჩასუნთქული ჟანგბადის მოქმედებით იშლება წყლად და ნახშირორჟანგად. ამ აერობული გარდაქმნისას წარმოიქმნება ენერგია, რომელიც აუცილებელია ორგანიზმის არსებობისათვის. გლუკოზის გარდაქმნა მიმდინარეობს აგრეთვე კუნთებში ანაერობულ პირობებში. ამ დროს გამოიყოფა რძემჟავა. იმის შემდეგ, რაც დაიხარჯება სისხლსა და კუნთებში მყოფი გლუკოზა, ღვიძლიდან გლიკოგენის ნაწილი ფერმენტების მოქმედებით იშლება გლუკოზად და გადადის სისხლში. ამგვარად, გლუკოზა მცირე რაოდენობით ყოველთვის მოიპოვება სისხლსა და კუნთებში, ღვიძლს კი გლიკოგენი თანდათანობით აკლდება, რის გამოც საჭიროა მისი შევსება საკვები პროდუქტების საშუალებით (დაწვრილებით იხილეთ ნახშირწყლების მეტაბოლიზმი). გლიკოგენის მისაღებად ღვიძლს ამუშავებენ 5-10%-იანი სამქლორიანი ძმარმჟავათი, საიდანაც გლიკოგენს შემდეგ სპირტით ამოწვლილავენ.

გლიკოგენი წყალში ხსნადი თეთრი ამორფული მასაა. იოდთან იგი წითელი-იისფერ შეფერვას იძლევა. მჟავების და ფერმენტების მოქმედებით გლიკოგენი ადვილად ჰიდროლიზდება და იძლევა D-გლუკოზას. გლიკოგენის ჰიდროლიზით წარმოიქმნება დექსტრინები და მალტოზა.

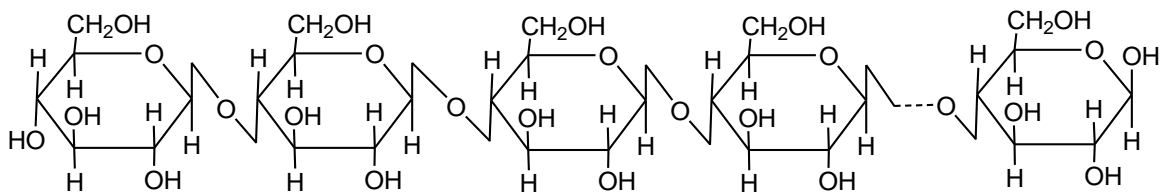
დექსტრანები – ბაქტერიალური წარმოშობის პოლისაქარიდებია. მათ ღებულობენ საქაროზის ხსნარზე სპეციალური მაკროორგანიზმების მოქმედებით. დექსტრანებში α -D-გლუკოპირანოზული ნაშთები ერთმანეთთან დაკავშირებულია α -1,6-გლიკოზიდური ბმებით, განშტოება ხორციელდება α -1,4-, α -1,3-, უფრო იშვიათად, α -1,2-ბმების საშუალებით:



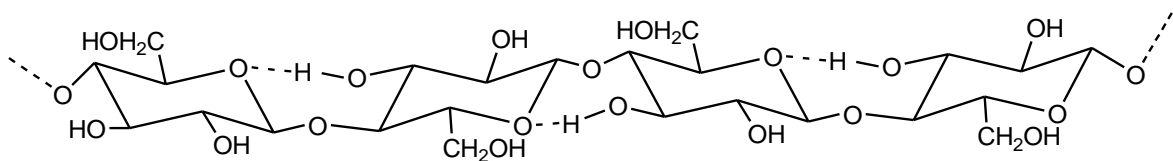
დექსტრანებს იყენებენ სისხლის პლაზმის შემცვლელად, მაგრამ ბუნებრივი დექსტრანების მაღალი მოლეკულური მასის (რამოდენიმე მილიონი) გამო მათგან საინექციო ხსნარების მომზადება არ ხერხდება. ამიტომ, მჟავური ჰიდროლიზით ან ულტრაბგერის მოქმედებით ახდენენ მოლეკულური მასის შემცირებას 50-100 ათასამდე, რათა მიიღონ “კლინიკური დექსტრანები”, როგორცაა მაგალითად, პრეპარატი პოლიგლუკინი.

ცელულოზა ანუ უჯრედისი (ლათ. cellula-უჯრედი) ყველაზე გავრცელებული მცენარეული პოლისაქარიდია. ბამბა შეიცავს 90% ცელულოზას, ხის მერქანი 50-70%-ს.

ცელულოზაში β -D-გლუკოპირანოზული ნაშთები ერთმანეთთან შეერთებულია β -1,4-გლიკოზიდური ბმებით. ცელულოზის დისაქარიდული ფრაგმენტი არის ცელობიოზა. ამ პოლისაქარიდის მაკრომოლეკულური ჯაჭვი არ არის განშტოებული. მასში 2500-12000 გლუკოზური ნაშთია. ცელულოზის მოლეკულური მასა იცვლება 400 ათასიდან 1-2 მილიონამდე.



ანომერული ნახშირბადატომის β -კონფიგურაცია განაპირობებს ცელულოზის მაკრომოლეკულის ხაზოვან აღნაგობას, რაც თავის მხრივ იწვევს წყალბადური ბმების წარმოქმნას როგორც ჯაჭვის შიგნით, ისე მეზობელ ჯაჭვებს შორის:

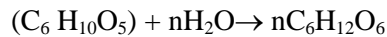


პოლიმერული ჯაჭვის ასეთი აღნაგობა უზრუნველყოფს მაღალ მექანიკურ სიმტკიცეს, წყალში უხსნადობას, ქიმიურ ინერტულობას, რის გამოც ცელულოზა

წარმოადგენს საუკეთესო მასალას მცენარის უჯრედის კედლების ასაგებად. კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის ფერმენტები ვერ შლის ცელულოზას, მაგრამ, მიუხედავად ამისა, ეს უკანასკნელი აუცილებელია ადამიანის კვებისათვის.

ცელულოზას ძალიან დიდი პრაქტიკული გამოყენება აქვს. მისგან ღებულობენ ღვინის სპირტს, ქაღალდს, კინო- და ფოტო-ფირებს, ხელოვნურ ბოჭკოს, უკვამლო დენტს და სხვ. მაღალმოლეკულურ ნაერთთა ქიმიის თვალსაჩინო მკვლევარმა პროფესორმა ჰერმან კლარემ, კითხვაზე, თუ რომელი პოლიმერი ან პოლიმერთა კლასი მიაჩნია მას ყველაზე პერსპექტიულად, უპასუხა: ცელულოზა. საქმე მარტო იმაში კი არაა, რომ ცელულოზისაგან დამზადებული ქსოვილები ყოველთვის მოდაშია, ჰიგიენური და ტექნოლოგიურად ხელმისაწვდომია, არამედ ცელულოზის ბოჭკოთა წარმოებისათვის აუცილებელი ნედლეული რეგულარულად იქმნება ნავთობისა და გაზისაგან განსხვავებით, რომელთა წარმოქმნას საუკუნეები სჭირდება, ცელულოზა მუდმივად წარმოიქმნება ყოველწლიურად, თბილ ქვეყნებში კი წელიწადში ორჯერ.

ცელულოზა წყალში არ იხსნება, იგი იხსნება მხოლოდ სპილენძამონიაკურ კომპლექსურ ხსნარში, ე.წ. “შვეიცარიის რეაქტივში“ – $[Cu(NH_3)_4](OH)_2$ და კონცენტრირებულ მინერალურ მჟავებში. ცელულოზის ხსნარის მოქმედებით შვეიცარიის რეაქტივთან წყლის მიმატებით ცელულოზა მოდიფიცირებული სახით გამოილექება. ამგვარად მიღებულ ცელულოზას ჰიდრატცელულოზას უწოდებენ. მას დიდი პრაქტიკული გამოყენება აქვს საფეიქრო მრეწველობაში. მინერალურ მჟავათა წყალხსნარებთან გაცხელებით მიმდინარეობს ცელულოზის ჰიდროლიზი D-გლუკოზის წარმოქმნით:

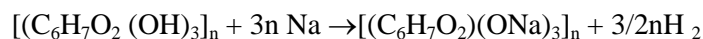


ქიმიური თვისებები. ცელულოზას თითქმის არ გააჩნია აღმდგენელი თვისებები და არ იძლევა მონოსაქარიდებისათვის დამახასიათებელი კარბონილის ჯგუფის სხვა რეაქციებს. მაგალითად, იგი ასჯერ უფრო სუსტად აღადგენს ფელინგის სითხეს, ვიდრე გლუკოზა, რაც განპირობებულია მხოლოდ ერთი ნახევარაცეტალური ჰიდროქსილიანი გლუკოზის ნარჩენის არსებობით პოლიმერული ჯაჭვის ბოლოს.

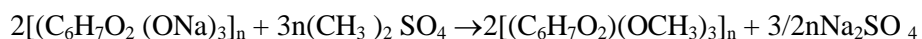
ცელულოზას, გლუკოზის მსგავსად ახასიათებს მრავალატომიანი სპირტის თვისებები. რადგან ყოველი ელემენტარული რგოლი ($C_6H_{10}O_5$) შეიცავს სამ სპირტულ ჰიდროქსილს, ცელულოზის ფორმულა შემოკლებით ასე გამოისახება: $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$. ცელულოზის, როგორც მრავალატომიანი სპირტის, ძირითად რეაქციებს წარმოადგენს ალკოჰოლატებისა და ეთერების წარმოქმნა. ცელულოზა მოქმედებს კონცენტრირებულ მწვავე ტუტეებთან ტუტე-ცელულოზის წარმოქმნით:



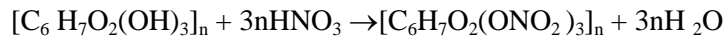
ტუტეების მოქმედებით ცელულოზაში ჰიდროქსილის წყალბადები ჩაენაცვლება მთლიანად ან ნაწილობრივ. ამ პროცესს მერსერიზაცია ეწოდება. ცელულოზა მოქმედებს ტუტე ლითონებთან თხევად ამიაკში და მიიღება ალკოჰოლატები:



რეაქციის ხანგრძლივობისა და ტუტე მეტალთა რაოდენობის მიხედვით შეიძლება მეტალების ყველა სპირტული ჰიდროქსილის ან მხოლოდ მათი ნაწილის ჩანაცვლება. ცელულოზის ალკოჰოლატებზე ალკისულფატების მოქმედებით მიიღება ცელულოზის მარტივი ეთერები:



ცელულოზის მარტივი ეთერებიდან ტექნიკაში დიდ მნიშვნელობა აქვს მეთილ-, ეთილ- და ბენზილცელულოზას, რომლებიც გამოიყენება ქაღალდის, საფეიქრო და ლაქების მრეწველობაში. ცელულოზა მოქმედებს მჟავებთან და მიიღება რთული ეთერები. ცელულოზის რთულ ეთერებს შორის მნიშვნელოვანია აზოტმჟავა და ძმარმჟავა ეთერები და ცელულოზის ქსანტოგენატი. ცელულოზის ეთერიფიკაციით აზოტმჟავასა და გოგირდმჟავას ნარევით მიიღება ნიტროცელულოზა, სადაც გოგირდმჟავა მონაწილეობს როგორც წყალწამრთმევი საშუალება.

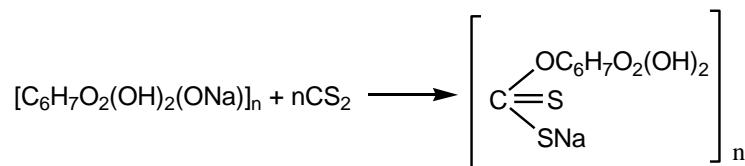


ნიტრირების ხარისხის მიხედვით მიიღება პიროქსილინი, ანუ ტრინიტროცელულოზა, რომელშიც ეთერიფიცირებულია ცელულოზის თითქმის ყველა ჰიდროქსილი, დარჩენილია თავისუფალი ჰიდროქსიდების 20-30%. ნიტროცელულოზა ძლიერ ფეთქებადია, რისთვისაც მას უკვამლო დენთის მისაღებად იყენებენ. იგი ასევე იხმარება პლასტმასის წარმოებაში, ხელოვნური აბრეშუმის მისაღებად და სხვ.

ცელულოზის რთული ეთერებიდან მნიშვნელოვანია აგრეთვე აცეტოცელულოზა. მას იყენებენ კინოფირების, პლასტმასების, ხელოვნური აბრეშუმის წარმოებაში. აცეტილცელულოზა მიიღება ცელულოზის ეთერიფიკაციით ძმარმჟავას ანჰიდრიდით:



ცელულოზის ქსანტოგენატი მიიღება ცელულოზის გოგირდნახშირბადით დამუშავებისას ნატრიუმის ტუტის თანდასწრებით:



ცელულოზის ქსანტოგენატი კარგად იხსნება წყალში და იძლევა ვისკოზურ ხსნარს, რომლის წვრილ ხვრელებში გატარებით მიიღება ძაფი, რისგანაც ვისკოზურ ქსოვილს ამზადებენ.

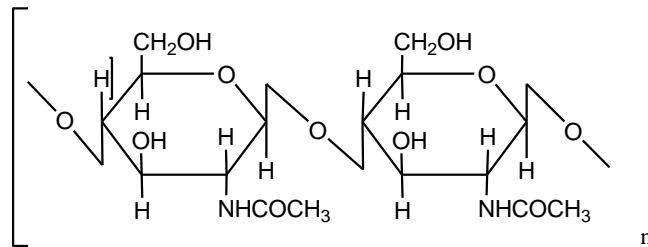
ჰემიცელულოზები. მცენარეები ცელულოზასთან ერთად შეიცავენ ჰემიცელულოზებს. ისინი შედგებიან გალაქტოზის, ქსილოზის, არაბინოზის, ფრუქტოზის და ურონის მჟავების ნაშთებისაგან და დატოტვილი სტრუქტურა აქვთ. მონოსაქარიდების ნაშთები ხაზოვანი აღნაგობის ჯაჭვში დაკავშირებულია β-1,4-გლიკოზიდური ბმებით, განშტოებაში კი მოთავსებულია არაბინოზის და სხვა მონოსაქარიდების ნაშთები C-2 და C-3 ატომებთან. ჰემიცელულოზები შედის მერქანში 6%-დან 41%-მდე. წიწვიანი ხეების მერქანში ჭარბობენ ჰექსოზანები, ხოლო ფოთლოვანი ხეების მერქანში პენტოზანები.

პენტოზანები (ქსილანები, არაბანები) პენტოზების პოლიკონდენსაციის პროდუქტია. ფოთლოვანი ხეების მერქანში მათი შემცველობა 22-27%-ია, თივაში 10-15%. პენტოზანები ძირითადად D-ქსილოზის ნაშთებისაგან შედგება. ქსილანები თეთრი ამორფული ფხვნილია, რომელიც წყალში იჯირჯვება. იგი შედგება D-ქსილოპირანოზის ნაშთებისაგან, რომლებიც ერთმანეთთან დაკავშირებულია β-1,4-გლიკოზიდური ბმებით. ქსილანი შედის მერქანში, ბამბის ჩენჩოში, ხილის კურკაში და სხვა. არაბანები შედგება L-არაბოფურანოზის ნაშთებისაგან, რომლებიც ერთმანეთთან დაკავშირებულია α-1,5- და α-1,3-გლიკოზიდური ბმებით. არაბანი შედის მრავალი ხილის შედგენილობაში, აკაციის წვენიში, ალუბლის წებოში.

ჰექსოზანებიდან ყველაზე გავრცელებულია მანანები და გალაქტანები. მანანები შედგება D-მანოპირანოზის ნაშთებისაგან, რომლებიც ერთმანეთთან დაკავშირებულია β-1,4-გლიკოზიდური ბმებით. გალაქტანების შედგენილობაში შედის β-D-

გალაქტოპირანოზის ნაშთები, რომლებიც ერთმანეთთან დაკავშირებულია β -1,4-გლიკოზიდური ბმებით. მანანები შედის პალმის ნაყოფში, ხორბლის მარცვლებში, საფუარში, წიწვოვან ხეებში და სხვ. გალაქტანები შედის შაქრის ჭარხალში და სხვ.

ქიტინი. ქიტინი ასრულებს ცელულოზის ანალოგიურ ფუნქციას (საყრდენი, მექანიკური). მისგან არის აგებული მწერების, კბოსმაგვართა რქოვანი გარსები. იგი წყალში უხსნადია, იხსნება ორგანულ გამხსნელებში, საკმაოდ მდგრადია ტუტეების მიმართ. ქიტინი აგებულია N-აცეტილგლუკოზამინის ნაშთებისაგან, რომლებიც ერთმანეთს უკავშირდებიან β -1,4-გლიკოზიდური ბმებით.



მჟავური ჰიდროლიზის დროს ქიტინი იშლება გლუკოზამინის წარმოქმნით, ფერმენტ ქიტაზას მოქმედებით მიიღება N-აცეტილგლუკოზამინი.

პექტონები ბუნებაში ფართოდ გავრცელებული ნაერთებია. ისინი შედიან ხილის და ზოგიერთი მცენარის ძირების (ჭარხალი, სტაფილო) შედგენილობაში. პექტინოვანი ნივთიერება მაღლა სწევს ხარისხს, არბილებს მას და აძლევს სპეციფიკურ არმატს.

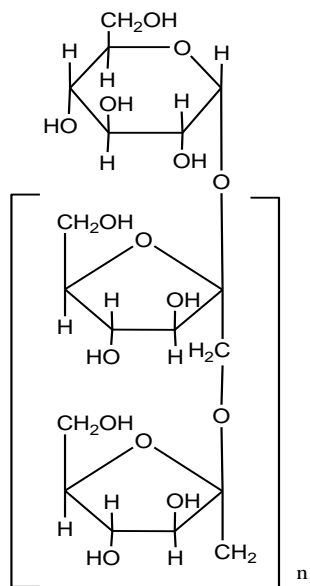
პექტინური ნივთიერებების მაკრომოლეკულა შედგება D-გალაქტურონის მჟავას ნაშთებისაგან, რომლებიც ერთმანეთთან α -1,4-გლიკოზიდური ბმებით არიან დაკავშირებული. პექტინში კარბოქსილის ჯგუფებში შეიძლება ჩანაცვლებული იყოს მეთილის ჯგუფები. სხვადასხვა მცენარისაგან გამოყოფილი პექტინები ერთმანეთისგან განსხვავდებიან პოლიმერიზაციის ხარისხით. პექტინში კარბოქსილის ჯგუფები სხვადასხვა ხარისხით არიან მეთილირებული. ამიტომ პექტინი ყოველთვის შეიცავს კარბოქსილის თავისუფალ ჯგუფს და შეუძლია მარილის წარმოქმნა, რომელსაც პექტინატები ეწოდება. პექტონურ ნივთიერებებს იყენებენ კვებისა და ფარმაცევტულ მრეწველობაში. პექტონური ნივთიერებები შაქართან წარმოქმნის ელეს და შედის მარმელადის და სხვა საკონდიტრო პროდუქტის შედგენილობაში.

აგარის 80% შედგება პოლისაქარიდ აგაროზასგან. აგაროზა ხაზოვანი აღნაგობის პოლისაქარიდია, რომელიც შედგება D და L გალაქტოზას ნაწარმებისგან. აგაროზას მაკრომოლეკულაში L გალაქტოზას ნაშთი ნაწილობრივ ეთერიფიცირებულია გოგირდმჟავით. აგარი წყალში იჯირჯვება და გაცივების შემდეგ მყარდება. ის გამოიყენება ბიოქიმიურ გამოკვლევებში და საკონდიტრო წარმოებაში.

ჰეტეროპოლისაქარიდები

ჰეტეროპოლისაქარიდები სხვადასხვა მონოსაქარიდების ნაშთებისაგან შედგება. ისინი გვხვდებიან მცენარეულ და ცხოველურ ორგანიზმებში, ასევე მიკროორგანიზმებში. ჰეტეროპოლისაქარიდებიდან აღსანიშნავია ინულინი; შემაერთებელი ქსოვილის პოლისაქარიდები-ქონდროიტინსულფატი, ჰიალურონის მჟავა, ჰეპარინი, ბაქტერიული უჯრედის კედლის პოლისაქარიდი მურამინი.

ინულინი ძირითადად ფრუქტოზის პოლიკონდენსაციის პროდუქტია. იგი გვხვდება რთულყვავილოვან მცენარეებში (გეორგინას ბოლქვებში), ზოგიერთ წყალმცენარეში. ინულინი ჰიდროლიზით იძლევა D-ფრუქტოზას და მცირე რაოდენობით (2-3%) D-გლუკოზას. იგი პირველად გამოყოფილ იქნა მცენარე კულმუხოსაგან. ინულინი შედგება β -1,2-ბმებით დაკავშირებულ D-ფრუქტოფურანოზის 35-42 ნაშთისაგან, რომლის ბოლოს მდებარეობს D-გლუკოპირანოზის ნაშთი. ინულინი არააღმდგენელი პოლისაქარიდია, ცივ წყალში ცუდად იხსნება, ცხელ წყალში კი კარგად; იოდთან არ იძლევა შეფერილობას; შემჟავებულ წყალთან გაცხელებით ადვილად განიცდის ჰიდროლიზს. ცხოველებისა და ადამიანების ორგანიზმი ადვილად ითვისებს მას და ამიტომ ინულინის შემცველი მცენარეები კარგ საკვებს წარმოადგენს. ინულინი გამოყენებულია მედიცინაში როგორც საქაროზისა და სახამებლის შემცველი შაქარი დიაბეტიკებისათვის.



ჰეტეროპოლისაქარიდებს მიეკუთვნება შემაერთებელი ქსოვილის პოლისაქარიდები, რომელთა შორის კარგადაა შესწავლილი ქონდროიტინსულფატები, ჰიალურონმჟავა და ჰეპარინი. მათ მუკოპოლისაქარიდებსაც უწოდებენ, რადგან ამ კლასის მთელ რიგ ნივთიერებებს გააჩნიათ ლორწოვანი კონსისტენცია. (mucor-ლათ. ლორწო). ყველა აღნიშნული პოლისაქარიდი აგებულია დისაქარიდული ფრაგმენტებისაგან, რომელთა შემადგენლობაში შედის ურონმჟავა და N-აცეტილჰექსოზამინი. ზოგიერთი მათგანი შეიცავს აგრეთვე გოგირდმჟავას ნაშთს.

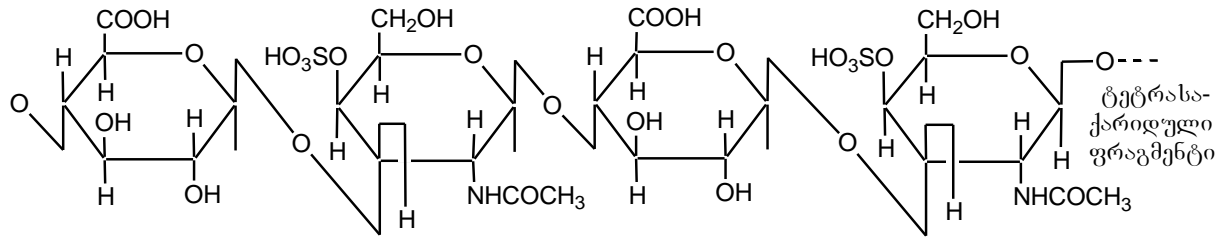
ქონდროიტინსულფატებში N-აცეტილირებული ქონდროზინის დისაქარიდული ფრაგმენტები ერთმანეთთან შეერთებულია β -1,4-გლიკოზიდური ბმებით. ქონდროზინის შედგენილობაში შედის β -1,3-გლიკოზიდური ბმით ერთმანეთთან დაკავშირებული D-გლუკურონმჟავა და D-გალაქტოზამინი. ამასთან, ამ უკანასკნელის მეოთხე და მეექვსე ნახშირბადატომთან მდებარე ჰიდროქსილის ჯგუფი ეთერიფიცირებულია გოგირდმჟავით. ამის მიხედვით არჩევენ: ქონდროიტინ-4-სულფატს და ქონდროიტინ-6-სულფატს. ქონდროიტინსულფატების მოლეკულური მასა მერყეობს 10000-60000-ის

ფარგლებში. ქონდროიტინსულფატის ჯაჭვის ბოლოში ტეტრასაქარიდული ფრაგმენტი მოთავსებული. იგი შედგება თანმიმდევრულად განლაგებული D-გლუკურონ-მუავას, ორი D-გალაქტოზისა და D-ქსილოზის ნაშთებისაგან. ეს უკანასკნელი 0-გლიკოზიდური ბმით უკავშირდება ამინმუავა სერინით დაბოლოებულ პილიპეპტიდის მოლეკულას და წარმოიქმნება შერეული ბიოპოლიმერი – პროტეოგლიკანი. ქონდროიტინსულფატი შედის ძვლებისა და ხრტილოვანი ქსოვილების შედგენილობაში. ცილებთან (კოლაგენთან) დაკავშირებული კომპლექსის სახით და ასრულებს საყრდენის ფუნქციას. მონაწილეობს უჯრედის მემბრანის გამტარისუნარიანობის პროცესების რეგულაციაში.

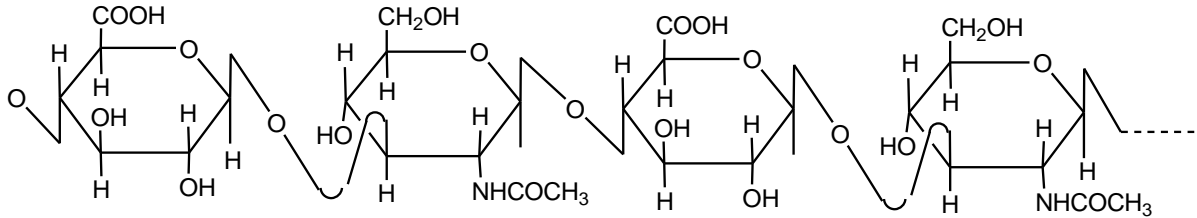
ჰეპარინი ჰეტეროპოლისაქარიდია, რომელიც ფართოდ არის გავრცელებული ცხოველური ორგანიზმის ქსოვილებში. იგი მნიშვნელოვანი რაოდენობით შედის პროტეინებთან ნაერთის სახით ღვიძლში, გულში, კუნთებში, ფილტვებში (ლათინურად heper-ღვიძლი) და ძუძუმწოვართა სხვა ქსოვილებში.

ჰეპარინის დისაქარიდული ფრაგმენტი შეიცავს D-გლუკოზამინს და D-გლუკურონმუავას, ან L-იდურონმუავას ნაშთებს. რაოდენობრივი თვალსაზრისით ჭარბობს L-იდურონმუავა. დისაქარიდული ფრაგმენტის შიგნით მყარდება α -1,4-გლიკოზიდური ბმა, ხოლო დისაქარიდულ ფრაგმენტებს შორის კი α -1,4-(როცა ფრაგმენტი მთავრდება L-იდურონმუავას ნაშთით) ან β -1,4-(როცა ფრაგმენტი მთავრდება D-გლუკურონმუავას ნაშთით) ბმებით. გლუკოზამინების ნაშთების უმრავლესობა სულფიცირებულია, ხოლო მცირე ნაწილი კი აცეტილირებული. გარდა ამისა, სულფო-ჯგუფები გვხვდება L-იდურონმუავას მეორე ნახშირბადატომთან და გლუკოზამინების მეექვსე ნახშირბადატომთან, ხოლო D-გლუკურონმუავას ნაშთები კი არ არის სულფატირებული. ჰეპარინის მოლეკულური მასა მერყეობს 16000-20000-ის ფარგლებში. ჰეპარინი ხელს უშლის სისხლის შედედებას, რის გამოც ფართოდ გამოიყენება მედიცინაში, როგორც ანტიკოაგულანტი სისხლის გადასხმისას, თრომბოზების სამკურნალოდ.

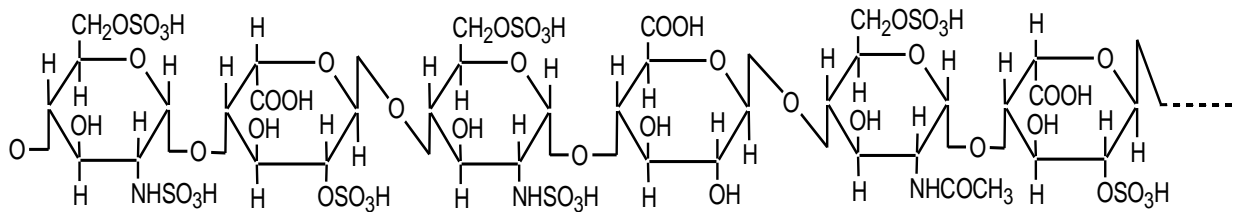
ჰიალურონმუავა. ამჟამად კოსმეტიკაში სახის კანის გასახალგაზრდავებლად, ნაოჭების გასასწორებლად ფართოდ გამოიყენება ჰეტეროპოლისაქარიდი – ჰიალურონის მუავა. ის გამოყოფილ იქნა თვალის შუშისმაგვარი სხეულიდან, სინოვიალური სითხიდან (სითხე, რომელიც მოთავსებულია სახსრების ღრუში). ჰიალურონმუავა შედის მყესის, თვალის მინისებრი სხეულის, ჭიპლარის, ავთვისებიანი სიმსივნის შედგენილობაში. ჰიალურონმუავას β -1,4-გლიკოზიდური ბმების ერთმანეთთან დაკავშირებული დისაქარიდული ფრაგმენტები შედგება D-გლუკურონმუავასა და N-აცეტილ-D-გლუკოზამინის ნაშთებისაგან, რომლებიც, თავის მხრივ, ერთმანეთთან დაკავშირებულია β -1,3-გლიკოზიდური ბმებით. ამ მუავას მუავური ჰიდროლიზის დროს ექვიმოლური რაოდენობით მიიღება გლუკოზამინი, გლუკურონის მუავა და ძმარმუავა. ფერმენტ ჰიალურონიდაზით იგი ჰიდროლიზდება გლუკურონის მუავას და N-აცეტილგლუკოზამინის წარმოქმნით. ჰიალურონმუავა კარბოქსილის ჯგუფის საშუალებით უერთდება ცილებს და წარმოქმნის მაღალმოლეკულურ კომპლექსებს. ჰიალურონმუავას მოლეკულური მასა 2-7 მილიონის ფარგლებში მერყეობს. იგი დიდ როლს ასრულებს ცხოველურ ორგანიზმებში. მაღალი სიბლანტის გამო იგი ამცირებს ქსოვილის გარსის გამტარისუნარიანობას და ეწინააღმდეგება ქსოვილში ავადმყოფობის მატარებელი მიკროორგანიზმების შეღწევადას.



ქონდროიტონ-4-სულფატი



ჰიალურონმუჟა

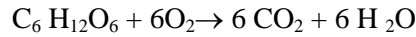


ჰეპარინი

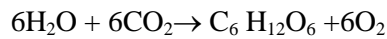
მურამინი – ბაქტერიის უჯრედის კედლის პოლისაქარიდია (ლათ. murus–კედელი). მისი ჯაჭვი არაგანშტოებულია, რომელიც შედგება თანმიმდევრობით განლაგებული N-აცეტილგლუკოზამინისა და N-აცეტილმურამინის მუჟას ნაშთებისაგან. თავის მხრივ, მურამუჟა წარმოადგენს D-გლუკოზამინს, რომელიც მესამე ნახშირბადის ატომთან ეთერიფიცირებულია რქემუჟათი. მურამინი შედის უჯრედის კედლის ნახშირწყლოვან-ცილოვანი კომპლექსის მურეინის შედგენილობაში.

ნახშირწყლების მეტაბოლიზმი

ნახშირწყლები უდიდეს როლს ასრულებენ ცხოველთა და მცენარეთა ცხოველმოქმედებაში. ნახშირწყლები წარმოადგენენ ისეთ ნივთიერებებს, რომლებიც შეიცავენ ქიმიური ენერჯის დიდ მარაგს, რის გამოც ცოცხალი ორგანიზმები მათ, პირველ რიგში, იყენებენ როგორც ენერჯის წყაროს. ცხოველურ ორგანიზმში სუნთქვის პროცესში ხორციელდება ნახშირწყლების ჟანგვა შემდეგი შემაჯამებელი რეაქციით:

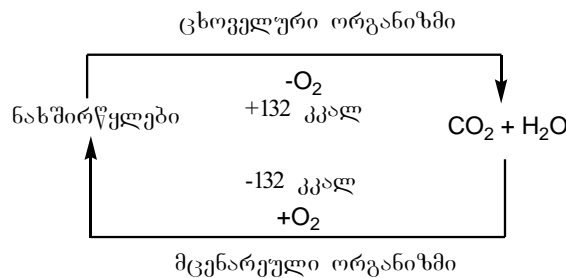


ნახშირბადის ერთი ატომის დაჟანგვისას გამოიყოფა 132 კკალორია სითბო. ნახშირწყლების სინთეზი წყლისა და ნახშირორჟანგისაგან ნახშირწყლების დაჟანგვის საპირისპირო რეაქციაა:



მწვანე მცენარეებში ჭარბობს ეს რეაქცია. ნახშირბადის წრებრუნვა ბუნებაში, რომელშიც ნახშირწყლებს წამყვანი როლი უჭირავთ, შეიძლება შემდეგი სქემით გამოისახოს:

სქემა 5



როგორც სქემიდან ჩანს, მწვანე მცენარეებში ძირითადად მიმდინარეობს სინთეზი ნახშირწყლებისა, რომლებიც წარმოადგენენ ცხოველური ორგანიზმის ძირითად საკვებ პროდუქტს. ასეთი სინთეზი საჭიროებს ენერჯის ხარჯვას. ნივთიერებათა ცვლის საბოლოო პროდუქტს წარმოადგენს CO₂, რომელსაც ენერგეტიკული ღირებულება არ გააჩნია. ეს ნაერთი რომ კვლავ გარდაიქმნას ორგანიზმულ ნაერთებად (ნახშირბადად), რომელთაც აქვთ ენერჯის დიდი მარაგი, აუცილებელია მზის ენერჯია. ამ ენერჯის გარდაქმნა ხდება მწვანე მცენარეთა უჯრედების განსაკუთრებულ უბნებში – ქლოროპლასტებში, ქლოროფილის მარცვლებში. ამ მოვლენას ფოტოსინთეზი ეწოდება. ფოტოსინთეზის გარეშე სიცოცხლე წარმოუდგენელია. ის უზრუნველყოფს ცხოველთა სამყაროს საკვები პროდუქტებითა და ჟანგბადით. ატმოსფეროში ჟანგბადის დონე მთლიანად ფოტოსინთეზზეა დამოკიდებული.

ფოტოსინთეზი

ფოტოსინთეზი (ბერძნ. photos-სინათლე, synthesis-შეერთება) არის პროცესი, რომლის დროსაც მზის სხივების ენერჯის, ნახშირორჟანგისა და წყლის ხარჯზე წარმოებს ნახშირწყლების სინთეზი. უფრო დეტალურად, ფოტოსინთეზი არის პროცესი, რომლის შედეგადაც მზის ელექტრომაგნიტური ენერჯია გადადის ქიმიურში ნახშირ-ორჟანგის ადღენისა და ატმოსფეროში ჟანგბადის განთავისუფლების გზით, ე.ი. ეს არის არაორგანული ნივთიერებების გარდაქმნა რეაქციისუნარიან ორგანულ ნივთიერებებად მზის ენერჯის გავლენით. ამრიგად, ფოტოსინთეზის პროცესში მზის (სინათლის) ენერჯია გარდაიქმნება ქიმიურ ენერჯიად. დედამიწაზე არსებულ ყველა ცოცხალ ორგანიზმში მიმდინარე სინთეზური პროცესები მოითხოვს ქიმიური ენერჯის ხარჯვას და ამ ენერჯიით მათ ამარაგებს მწვანე მცენარეები. ფოტოსინთეზი ასრულებს ერთგვარი ხიდის როლს მზის ენერჯიასა და დედამიწაზე სიცოცხლისათვის აუცილებელ ენერჯიას შორის. ნახშირწყლებთან ერთად ფოტოსინთეზის მნიშვნელოვანი პროდუქტია მოლეკულური ჟანგბადიც. უნდა აღინიშნოს, რომ ატმოსფეროში არსებული ჟანგბადის უმეტესი ნაწილი წარმოქმნილია მწვანე მცენარეების მიერ ფოტოსინთეზის დროს.

ფოტოსინთეზის შესწავლა დაიწყო 1630 წლიდან, როდესაც პირველად ფლამანდიელმა მეცნიერმა ვან ჰელმონტმა დაადგინა, რომ მცენარეები თვითონ წარმოქმნიან ორგანულ ნივთიერებებს და მას ისინი ნიადაგიდან არღებულობენ, როგორც ეს ადრე ეგონათ. მან აწონა ნიადაგი ქოთანში, რომელშიც იზრდებოდა ტირიფის ხე და შეადარა მისი წონა მცენარის წონას. აღმოჩნდა, რომ 5 წლის განმავლობაში ტირიფმა მოიმატა 64 კგ, მაშინ როცა ნიადაგმა დროის ამავე პერიოდში დაიკლო მხოლოდ 56 გრამით. ვან ჰელმონტმა ამ დაკვირვების შედეგად არასწორად დაასკვნა, რომ საკვების დანარჩენი ნაწილი მცენარემ მიიღო წყლისაგან. დღეს უკვე კარგადაა ცნობილი, რომ ორგანული ნივთიერების სინთეზის დროს მთავარი სამშენებლო მასალა ნახშირორჟანგია, რომელსაც მცენარე ჰაერიდანღებულობს.

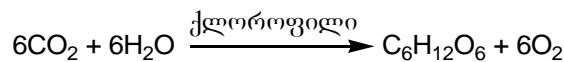
1772 წელს ინგლისელმა ქიმიკოსმა ჟოზეფ პრისტლიმ აღმოაჩინა, რომ პიტნის ყლორტი ასუფთავებს სანთლის წვით დაბინძურებულ ჰაერს. ამრიგად პრისტლიმ პირველმა აღმოაჩინა, რომ მწვანე მცენარეები „ასუფთავებენ“ და აკეთილშობილებენ ჩვენს ატმოსფეროს და სწორედ ეს უნარჩუნებს ორგანიზმებს სიცოცხლეს დედამიწაზე. 7 წლის შემდეგ ჰოლანდიელმა ექიმმა ინგენჰაუზმა დაადგინა, რომ მცენარეებს შეუძლიათ გამოასწორონ დაბინძურებული ჰაერი მხოლოდ მზით დასხივების შემთხვევაში. სიბნელეში მცენარეები გამოყოფენ არასასარგებლო ჰაერს. იგი ათავსებდა ტირიფის ფოთოლს წყალში და აკვირდებოდა, რომ სინათლეში ფოთლის ზედაპირზე წარმოიქმნებოდა ჟანგბადის ბუშტუკები. სიბნელეში კი ფოთოლი ჟანგბადს არ გამოყოფდა. ამ ცდით მან ექსპერიმენტულად დაამტკიცა, რომ მწვანე მცენარეები ჟანგბადს გამოყოფენ მხოლოდ სინათლეზე.

შემდგომი საფეხური ფოტოსინთეზის შესწავლის ისტორიაში იყო შვეიცარიელი ექიმის ნ. სოსიურას მიერ 1804 წელს ჩატარებული ცდები. ფოტოსინთეზამდე და ფოტოსინთეზის შემდეგ მცენარისა და ჰაერის წონების შედარებით სოსიურმა დაადგინა, რომ მცენარის წონის მომატებაში გარდა წყლისა, ნახშირბადის (IV) ოქსიდიც მონაწილეობს. მოგვიანებით, ამავე საუკუნეში აღმოჩენილ იქნა რომ ფოტოსინთეზის დროს მიმდინარეობს ნახშირწყლების სინთეზი. ყოველივე ამის საფუძველზე კიდევ 1,5 საუკუნის წინათ გამოირკვა ფოტოსინთეზის მთავარი არსი. ნახშირწყლები ის პირველადი პროდუქტებია, რომლებიც წარმოიქმნიებიან ფოტოსინთეზისა და ქემოსინთეზის უნარის მქონე ორგანიზმებში და დასაბამს აძლევენ უჯრედში ორგანულ ნივთიერებათა მრავალფეროვნებას.

ფოტოსინთეზის შესწავლაში დიდი დვაწლი მიუძღვის ინგლისელ მეცნიერს, მცენარეთა ფიზიოლოგს ფ. ბლეკმანს. მან 1905 წელს აღმოაჩინა, რომ ფოტოსინთეზი

შედგება ორი თანმიმდევრულად მიმდინარე განსხვავებული ტიპის რეაქციებისაგან: ჩქარი, ე.წ. სინათლის რეაქციებისაგან და შედარებით ნელი-სიბნელის რეაქციებისაგან. 1931 წელს ექსპერიმენტულად დამტკიცდა, რომ ბაქტერიებში ფოტოსინთეზი შეიძლება მიმდინარეობდეს ანაერობულ პირობებში, ჟანგბადის გამოყოფის გარეშე.

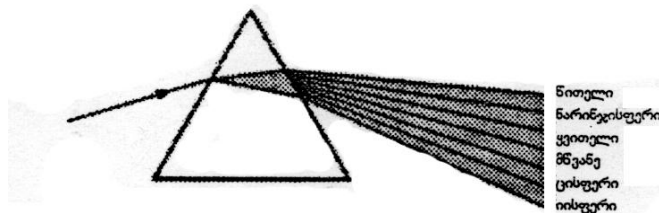
1940 წლიდან ფოტოსინთეზის პროცესის შესასწავლად მეცნიერებმა დაიწყეს ნიშანდებული ანუ რადიოაქტიური ელემენტების გამოყენება. კერძოდ, ცდებით, რომელშიც გამოყენებულ იქნა რადიოაქტიური ნახშირბადი, დადგინდა, რომ ბაქტერიებისა და მწვანე მცენარეების ყველა უჯრედს შეუძლია ნახშირბადის (IV) ოქსიდისაგან ორგანული ნივთიერების წარმოქმნა. განსხვავებულია მხოლოდ წყარო, საიდანაც ისინიღებულობენ ამ პროცესისათვის საჭირო ენერგიას. ფოტოსინთეზის საბოლოო პროცესი გამოისახება შემდეგნაირად:



მწვანე მცენარეები ყოველი 6 მოლეკულა ნახშირბადის (IV) ოქსიდისა და 6 მოლეკულა წყლისაგან წარმოქმნიან 6 მოლეკულა ჟანგბადს და ერთ მოლეკულა გლუკოზას. ამ განტოლებაში ნახვენებია მხოლოდ რეაქციაში მონაწილე ნივთიერებები და რეაქციის შედეგად მიღებული პროდუქტები. ნამდვილი პროცესი, რომელიც ფოტოსინთეზის დროს მიმდინარეობს, ძალზე რთულია. მრავალრიცხოვან რეაქციებს შორის, რომლებიც ფოტოსინთეზს უდევს საფუძვლად, განსხვავებენ რეაქციათა ორ ძირითად ჯგუფს: სინათლის რეაქციებს, რომლებშიც სინათლის ენერგია უშუალოდ მონაწილეობს და სიბნელის რეაქციებს, რომლებშიც ამ ენერგიას უშუალოდ არ გამოიყენებენ.

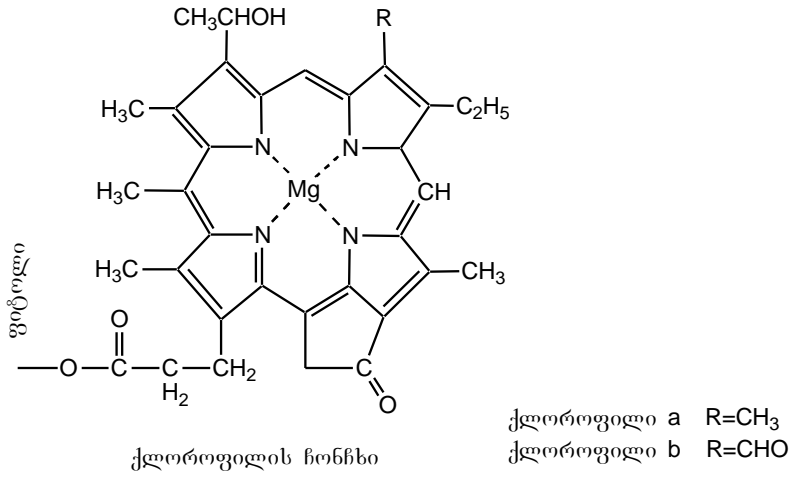
სინათლის რეაქციები. ფოტოსინთეზის ქიმიურ რეაქციებს, რომლებიც სინათლის ენერგიას უშუალოდ გამოიყენებენ, სინათლის ფაზა ეწოდება. ამ რეაქციების მსვლელობისას სინათლის ენერგია გარდაიქმნება ორგანულ ნივთიერებათა ქიმიური ბმების ენერგიად. რა სახით და როგორ შთნთქავს მწვანე მცენარის ფოთოლი მზის ენერგიას? ცნობილია, რომ სინათლე ვრცელდება როგორც ტალღა. თუ მზის სინათლეს, ანუ ხილულ სინათლეს, გავატარებთ მინის პრიზმაში, იგი დაიშლება სხვადასხვა სიგრძის მქონე სხივებად. ყოველი სხივის ტალღის სიგრძეს დამახასიათებელი ფერი აქვს. რაც უფრო მოკლეა სინათლის სხივის ტალღის სიგრძე, მით უფრო მეტი ენერგია გააჩნია მას. მაგალითად, ცისფერი სხივის ტალღის სიგრძე უფრო მოკლეა, ვიდრე წითლისა. ამიტომ, ცისფერ სხივს გააჩნია მეტი ენერგია, ვიდრე წითელს. მწვანე მცენარის ფოთლებში სინათლის აღნიშნული სხივებიდან ზოგი შთაინთქმება, ზოგი კი აირეკლება. ეს ხდება სხვადასხვა პიგმენტების მონაწილეობით.

სურ. 3



ფოტოსინთეზი ემორჩილება ფოტოქიმიის ძირითად კანონს, რაც ფოტოქიმიური რეაქციების დროს ენერგიის შთანთქმაში ვლინდება. ეს გარდაქმნები ხორციელდება მწვანე მცენარის ფოთლებში მყოფი ქლოროფილის მარცვლების მიერ მზის სხივური ენერგიის გამოყენებით. ქლოროფილი სინათლისადმი მგრძნობიარე პიგმენტია და ასრულებს ფოტოსენსიბილიზატორის როლს. იგი შთანთქავს სხივურ ენერგიას, რომელსაც გადასცემს CO₂-სა და H₂O-ს. უმაღლეს მცენარეებში არჩევენ ორი სახის

ქლოროფილს a და b, რომელთა ემპირიული ფორმულებია: a-C₅₀H₇₂O₅N₄Mg, b-C₅₅H₇₀O₆N₄Mg. ქლოროფილი წარმოადგენს რთულ ჰეტეროციკლურ ნაერთს, რომელსაც საფუძვლად უდევს პორფირინის ბირთვი, რომელიც შედგება ერთიმეორესთან შეერთებული პიროლის ოთხი ბირთვისაგან. პორფირინის ბირთვი ორი ძირითადი და ორი დამატებითი ვალენტობით უკავშირდება მაგნიუმის ატომს. ქლოროფილი ჰგავს სისხლის წითელ პიგმენტ ჰემოგლობინს, იმ განსხვავებით, რომ მოლეკულის ცენტრში Mg-ის მაგიერ შედის Fe. გარდა ამისა, ქლოროფილის რგოლი დაკავშირებულია მრავალატომიან სპირტთან, ფიტოლთან.



ქლოროპლასტი შეიცავს გრანებს, რომლებსაც ბრტყელი ტომსიკისებური სტრუქტურა გააჩნიათ. მათ თილაკოიდებს უწოდებენ. გრანები გარშემორტყმულია სტრომით, ანუ მატრიქსით, რომელიც შეიცავს ფოტოსინთეზში მონაწილე ფერმენტებს: რიბონუკლეაზას, რიბულოზოდიფოსფატკარბოქსილზას, გლიცერალდეჰიდროფოსფატდეჰიდროგენაზას, ტრიოზოფოსფატიზომერაზას, ალდოზას და სხვ.

სინათლის სტადიაზე გამოიყენება ქლოროფილით შთანთქმული ენერჯია. α-ქლოროფილის შთანთქმის მაქსიმუმი 680-700 ნმ, ხოლო β-ქლოროფილისა – 650 ნმ; ქლოროფილებთან ერთად ფოტოსინთეზში მონაწილეობენ დამხმარე პიგმენტები, რომელთა შორის განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება კაროტინოიდებს, ფიკოციანინებს (ლუჯმწვანე წყალმცენარეები), ფიკოერითრინს (წითელი წყალმცენარეები). დამხმარე პიგმენტებით შთანთქმული სინათლის ენერჯიის 80-100% გადაეცემა α-ქლოროფილს, რომელიც ენერჯიით უზრუნველყოფს ფოტოსინთეზის სინათლის ეტაპს.

- სინათლის ფაზაში ადგილი აქვს შემდეგ ძირითად მოვლენებს:
1. სინათლის ქვანტის ენერჯია გარდაიქმნება ატფ-ის მაკროერგული ბმების ენერჯიად, ანუ ადგილი აქვს ენერჯიის დაგროვებას ატფ-ს სახით;
 2. წარმოიქმნება მოლეკულური ქანგბადი, რომლის ძირითადი ნაწილი გამოიყოფა ატმოსფეროში;
 3. წყალბადის ატომები უკავშირდება წყალბადის გადამტან ორგანულ ნაერთებს.

ამ სამი პროცესით მთავრდება ფოტოსინთეზის სინათლის ფაზა. **სიბნელის ფაზა ანუ სიბნელის რეაქციები.** როგორც სახელწოდება გვიჩვენებს, ეს პროცესი დამოკიდებული არ არის სინათლის არსებობაზე. ამ დროს სინათლის ენერჯია უშუალოდ არ გამოიყენება. ამიტომ იგი მიმდინარეობს სიბნელეშიც და სინათლეზეც. ეს რეაქციები ციკლური ხასიათისაა და ცნობილია კალვინის ციკლის სახელწოდებით (იგი პირველად აღმოაჩინა და აღწერა ნობელის პრემიის ლაურეატმა მელვინ კალვინმა). ქიმიური რეაქციები სიბნელის ფაზაში ხორციელდება იმ ენერჯიის ხარჯზე, რომელიც დაგროვდა სინათლის ფაზაში ატფ-ს სახით. მასში მონაწილეობენ

აგრეთვე ქლოროპლასტებში მოთავსებული ფერმენტები და ნადფ-H₂-ის მოლეკულები. სიბნელის ფაზის პირველ საფეხურზე ნახშირბადის (IV) ოქსიდი გარდაიქმნება რიბულოზის ფოსფატად. ამის შემდეგ სინთეზირდება ექვსნახშირბადიანი ნაერთი, რომელიც სწრაფად იშლება ორ სამნახშირბადიან მოლეკულად-ფოსფოგლიცერინის მჟავებად. თითოეული მოლეკულა შედის რეაქციაში ნადფ-ს მოლეკულისაგან გამოთავისუფლებულ წყალბადატომებთან და წარმოიქმნება ფოსფოგლიცერინის ალდეჰიდი. ეს მოლეკულა ფოტოსინთეზის შუალედური პროდუქტია. მცენარე საჭირო ენერჯიას დებულობს ამ მოლეკულების დაჟანგვის შედეგად. დარჩენილი მოლეკულების ნაწილი გარდაიქმნება გლუკოზად, ნაწილი კი – რიბულოზის ფოსფატად და კვლავ ჩაერთვება სიბნელის ფაზის ციკლურ რეაქციებში.

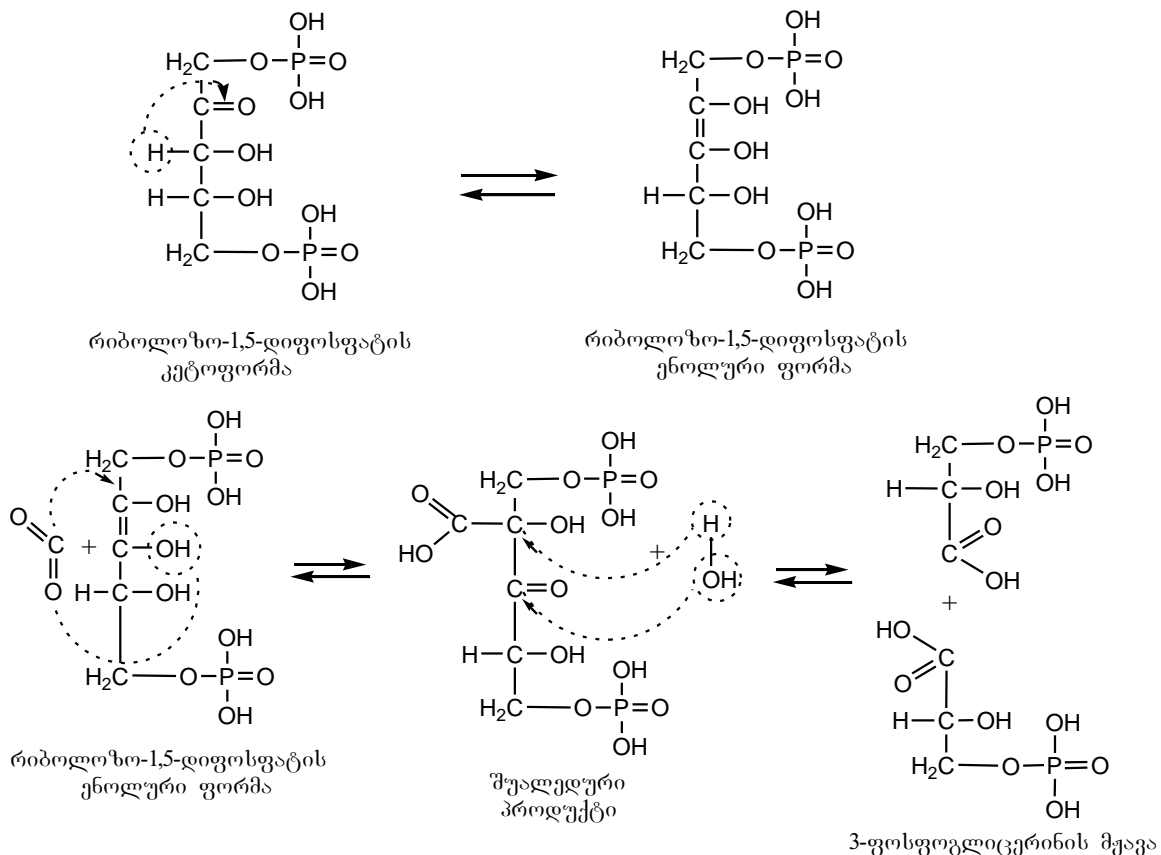
სიბნელის ფაზაში არაორგანული ნივთიერება ნახშირბადის (IV) ოქსიდი, რომელიც ფოთლის ბაგეებიდან გამოდმებით ხვდება ჯერ უჯრედშორისებში, შემდეგ უჯრედში და ბოლოს ქლოროპლასტების გრანებში, ტრანსფორმირდება ორგანულ ნივთიერებად – გლუკოზად.

ფოტოსინთეზის დროს ¹⁴CO₂-ის ფიქსაციის მექანიზმების შესწავლის მიზნით ნიშანდებული CO₂-ის გარემოში ჩატარებული იყო სპეციალური ცდები მწვანე წყალ-მცენარე Scenedesmus-ზე. 5 წამის განმავლობაში განათების პირობებში ნიშანდებული ¹⁴C-ის 87% ჩაერთო ფოსფოგლიცერინის მჟავაში, 10% – ფოსფოენოლპიროყურძნის მჟავაში, ხოლო 3% – ვაშლის მჟავაში.

ნიშანდებული C¹⁴-ის გამოყენებით დადასტურდა, რომ ფოტოსინთეზის პირველადი პროდუქტია ფოსფოგლიცერინის მჟავა. ამ გამოკვლევების საფუძველზე დამუშავდა ნახშირორჟანგის ფიქსაციის ბიოქიმიური ციკლი (სქემა 6), რომელიც კალვინის ციკლის (სიბნელის სტადია) სახელწოდებითაა ცნობილი.

სქემა 6

ფოტოსინთეზში ნახშირორჟანგის ფიქსაციის ბიოქიმიური მექანიზმი

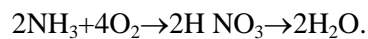


ქემოსინთეზი

ფოტოსინთეზის გარდა ორგანულ ნივთიერებათა წარმოქმნა შესაძლებელია მიკროორგანიზმებით იმ ქიმიური ენერგიის ხარჯზე, რომელიც გამოიყოფა აზოტის, წყალბადის, გოგირდწყალბადის, რკინისა და ნივთიერებათა დაჟანგვის შედეგად. ამ პროცესს ქემოსინთეზი ეწოდება. ქემოსინთეზი აღმოჩენილია რუსი მეცნიერის ს. ნ. ვინოგრადსკის მიერ 1980 წელს. ფოტოსინთეზის მსგავსად, ქემოსინთეზის პირველადი პროდუქტია ფოსფოგლიცერინის მჟავა, რომლის სინთეზი დაკავშირებულია რიბულოზა-1,5-დიფოსფატის კარბოქსილირების რეაქციასთან. პარალელურად მიმდინარეობს ენერგიით მდიდარი ატფ-ის დაგროვება. ამგვარად, ფოტოსინთეზსა და ქემოსინთეზს ბევრი საერთო აქვთ, რაც გარკვეულ ინტერესს წარმოადგენს ფოტოსინთეზის ევოლუციაში.

წყალსაცავებში, რომლებიც შეიცავენ გოგირდწყალბადს, მრავლდება უფერული გოგირდბაქტერიები, რომლებიც ჟანგავენ H_2O -ს შემდეგნაირად: $2H_2S + O_2 \rightarrow 2H_2O + 2S$. ამ დროს გამოიყოფა ორგანული ნაერთების სინთეზისათვის საჭირო ენერგია (71000 კალორია). გამოყოფილი გოგირდი გროვდება უჯრედებში გრანულების სახით. H_2O -ის ნაკლებობის დროს იგივე ბაქტერიები დაგროვილ გოგირდს ჟანგავენ, გოგირდ-მჟავამდე: $2S + 3O_2 + 2H_2O \rightarrow 2H_2SO_4$. დაჟანგვის შედეგად გამოყოფილი ენერგია (118000 კალორია) ხმარდება CO_2 -იდან ორგანული ნაერთების სინთეზს.

მანიტრიფიცირებელი ბაქტერიები ჟანგავენ ამიაკს აზოტმჟავამდე. ამ დროს გამოიყოფა 66000 კალორია ენერგია, რომელიც გამოიყენება ორგანული ნივთიერებების სინთეზისათვის:



ამრიგად, ფოტოსინთეზი და ქემოსინთეზი წარმოადგენენ ორგანულ ნივთიერებათა შექმნის წყაროს დედამიწაზე. ორგანიზმებს, რომლებიც ქმნიან ორგანულ ნივთიერებებს ფოტოსინთეზის ან ქემოსინთეზის გზით, ე.ი. აქვთ უნარი ნახშირორჟანგიდან ორგანული ნაერთების სინთეზისა, ეწოდებათ აუტოტროფები (დამოუკიდებლად მკვებავნი). ორგანიზმებს, რომლებიც იყენებენ უმაღლესი მცენარეების ან მიკროორგანიზმების მიერ სინთეზირებულ ორგანულ ნივთიერებებს, ეწოდებათ ჰეტეროტროფები. მათ მიეკუთვნება: ბაქტერიები, სოკოები, უქლოროფილო პარაზიტი მცენარეები და ცხოველთა მთელი სამყარო.

ნახშირწყლების შიგაუჯრედული ცვლა

შიგაუჯრედული ანუ შუალედური ცვლა ეწოდება ნივთიერებათა იმ ქიმიურ გარდაქმნებს, რომელთა საშუალებით ხდება ენერჯის მიღება. ამ დროს წარმოქმნილი ენერჯია უშუალოდ უჯრედიდან არ გამოიყოფა. მისი აკუმულირება ხდება პოტენციური ენერჯიით მდიდარ ქიმიურ ბმეებში, რომელთაც მაკროერგული ბმეები ეწოდება. მაკროერგული ბმის ენერჯია აღწევს 7000-16000 კალორიას. ნახშირწყლების მეტაბოლიზმი მიმდინარეობს სამი ძირითადი სტადიით: ნახშირწყლების მონელებით კუჭ-ნაწლავის ტრაქტში, მათი შეწოვით და უჯრედშიგა ცვლით.

კვების პროდუქტებში ნახშირწყლები შედიან პოლისაქარიდების (სახამებელი, გლიკოგენი), ოლიგოსაქარიდების, დი- და მონოსაქარიდების სახით. მოზრდილი ადამიანის საკვები საჭიროა შეიცავდეს 350-450 გ ნახშირწყლებს. სისხლში გადასვლამდე ისინი წინასწარ განიცდიან ფერმენტულ გარდაქმნას საჭმლის მომნელებელ ორგანოებში. პირის ღრუში ნახშირწყლები განიცდიან ნერწყვი მიყოფი ფტიალინის მოქმედებას, რომელიც წარმოადგენს ფერმენტების – ამილაზასა და მალტაზის ნარევეს. ამილაზა მოქმედებს სახამებელზე და გლიკოგენზე. მოუხარშავი (ნედლი) პროდუქტების სახამებელს ნერწყვის ამილაზა ვერ შლის. სახამებლისა და გლიკოგენის დაშლის პირველი პროდუქტებია დექსტრინები, რომლებიც შემდეგ იშლებიან დისაქარიდ მალტოზის მოლეკულებად, რომელთა ნაწილი ფერმენტ მალტაზით კვლავ იშლება და წარმოიქმნება გლუკოზა. როდესაც საჭმელი შეერევა კუჭის მუავე წვენს, ნერწყვის ფერმენტების მოქმედება წყდება. კუჭის წვენს არ გააჩნია ნახშირწყლების დამშლელი ფერმენტები, ამიტომ, კუჭიდან თორმეტგოჯა ნაწლავში გადასვლის შემდეგ საკვები განაგრძობს დაშლას კუჭქვეშა ჯირკვლიდან გამოსულ წვენში, რომელიც შეიცავს ამილაზასა და მალტაზას. ისინი შლიან სახამებელს და გლიკოგენს ჯერ მალტოზამდე, შემდეგ კი გლუკოზამდე.

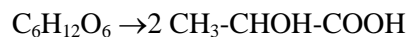
ნახშირწყლების მონელებაში დიდ როლს ასრულებს ასევე ნაწლავების წვენის ფერმენტები: ამილაზა, მალტაზა, საქარაზა, და ლაქტაზა. მათი მორიგეობით მოქმედების შედეგად საკვებში შემავალი ნახშირწყლები გარდაიქმნება მონოსაქარიდებად.

შაქრების მეტაბოლიზმის მეორე ეტაპზე იწყება მონოსაქარიდების შეწოვა. სტადიებად დაყოფა პირობითია, რადგან პოლისაქარიდების დაშლა და მონოსაქარიდების შეწოვა პარალელურად მიმდინარეობს. რაც შეეხება დისაქარიდებს, მათი შეწოვა პრაქტიკულად არ ხდება და ჭარბი რაოდენობით დაგროვებისას, ორგანიზმიდან შარდთან ერთად გამოიყოფიან. მონოსაქარიდების შეწოვა ნატრიუმის იონებზეა დამოკიდებული. ისინი ნატრიუმის იონებთან ქმნიან კომპლექსებს და ამ სახით ხორციელდება უჯრედში მათი ტრანსპორტი. უჯრედში შეღწევის შემდეგ ნატრიუმ-მონოსაქარიდის კომპლექსი იშლება. მონოსაქარიდი ერთვება მეტაბოლიზმში, ნატრიუმის იონები კი უჯრედიდან გამოიდევნება. მათი გავლენით აქტიურდება Na^+ , K^+ -ზე დამოკიდებული ადენოზინტრიფოსფატაზა (Na^+ , K^+ -ატფ-აზა) ატფ-ის დაშლის დროს განთავისუფლებული ენერჯია კი ხმარდება მონოსაქარიდების აქტიურ ტრანსპორტს. გლუკოზა ნაწლავებიდან შეიწოვება სისხლში, სადაც მისი რაოდენობა ცვალებადია, რაც დამოკიდებულია საკვებ ნახშირწყლებზე და კვების დროზე. სისხლში მყოფი გლუკოზა გროვდება ღვიძლში სარეზერვო პოლისაქარიდ გლიკოგენის სახით, სადაც მისი რაოდენობა 150 გრამს აღწევს. ღვიძლის უნარს შეინარჩუნოს გლუკოზა, მოახდინოს მისგან გლიკოგენის სინთეზი და გახლიჩოს გლიკოგენი გლუკოზამდე და ისევ შეიყვანოს სისხლში – ეწოდება ღვიძლის გლიკოგენური ფუნქცია. გლუკოზას ითვისებს და იყენებს სხვადასხვა ორგანო, რის შედეგად ხდება მისი რაოდენობის შემცირება სისხლში. ასეთ შემთხვევაში ღვიძლის გლიკოგენის მარაგი იშლება გლუკოზამდე და გადადის სისხლში. გლიკოგენის დაშლა ღვიძლში მიმდინარეობს ფერმენტ-ფოსფორილაზას მოქმედებით და წარმოიქმნება გლუკოზაფოსფატი, რომელიც ფოსფატაზას მოქმედებით იშლება

ფოსფორმუჟავად და გლუკოზად. გლუკოზა შედის სისხლში, ფოსფორმუჟავა კი კვლავ ხმარდება გლუკოზაფოსფატის სინთეზს. ამრიგად, გლუკოზის დანაკლისი სისხლში მუდმივად ივსება გლიკოგენის ხარჯზე. ღვიძლის გარდა, გლიკოგენს აგროვებს ორგანიზმის თითქმის ყველა უჯრედი და ქსოვილი, მხოლოდ გაცილებით ნაკლები რაოდენობით. თუ ორგანიზმში დიდი რაოდენობითაა გლიკოგენი, მაშინ საკვებიდან მიღებული ნახშირწყლები გარდაიქმნება ცხიმებად მარაგის სახით.

აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ ცხოველურ ორგანიზმს არ გააჩნია ცელულოზის დამშლელი ფერმენტი ცელულაზა, რაც ცელულოზის როგორც საკვების აუთვისებლობის ერთ-ერთი მიზეზია. ცელულოზის დაშლის შუალედურ პროდუქტს წარმოადგენს ცელობიოზა. ცელობიოზა ჰიდროლიზდება გლუკოზიდაზით, რომელიც ადამიანის ორგანიზმში არ გვხვდება. ამიტომ, ცხოველებისაგან განსხვავებით, რომელთაც საჭმლის მომნელებელ ტრაქტში გააჩნიათ β-გლუკოზიდაზური აქტივობის მქონე ბაქტერიები, ცელულოზა და მისი შესაბამისი პოლისაქარიდი ცელობიოზა ადამიანებისათვის საკვებ პროდუქტს არ წარმოადგენს. ცხოველები, განსაკუთრებით მცოცავები, ნაწილობრივ ასევე ხევენ ცელულოზის შეთვისებას მსხვილ ნაწლავებში არსებული მიკროფლორით გამოიმუშავებული ცელულაზას და დისაქარიდ ცელობიოზის დამშლელი ფერმენტის ცელობიაზას ხარჯზე. ამასთან, უნდა აღინიშნოს, რომ საკვებში ცელულოზის შემცველობა აუცილებელია, ვინაიდან მისი გავლენით ძლიერდება კუჭ-ნაწლავის პერისტალტიკური მოძრაობა და საკვებმომნელებელი ფერმენტების გამოყოფა.

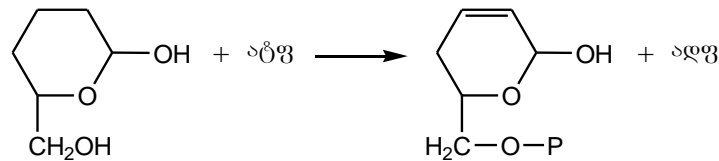
ნახშირწყლების გარდაქმნა ადამიანის და უმადლესი ცხოველების ქსოვილებში მიმდინარეობს ორ სტადიად. პირველი სტადია მიმდინარეობს ჟანგბადის მონაწილეობის გარეშე და მას ეწოდება ანაერობული სტადია, პროცესი, რომელშიც ნახშირწყლების გახლეჩის საბოლოო პროდუქტია რქემუჟავა:



ნახშირწყლების გახლეჩის ანაერობული სტადია შეიძლება დაიწოს გლიკოგენიდან ან გლუკოზიდან. ნახშირწყლების ანაერობულ გახლეჩას, რომელიც იწყება გლიკოგენიდან, ეწოდება გლიკოგენოლიზი. იმ სტადიას კი, რომელიც იწყება გლუკოზიდან – გლიკოლიზი. მეორე სტადია ნახშირწყლების გახლეჩისა მიმდინარეობს ჟანგბადის მონაწილეობით და მას ეწოდება აერობული სტადია.

გლიკოგენის სინთეზი

გლიკოგენის სინთეზი მიმდინარეობს თითქმის ყველა ქსოვილში, მაგრამ განსაკუთრებით ინტენსიურად ღვიძლში. სისხლში საშუალოდ 0,11 % გლუკოზაა. ორგანიზმში მყოფი გლუკოზის დანარჩენი რაოდენობა რჩება ღვიძლში და გარდაიქმნება მაღალმოლეკულურ პოლისაქარიდად, გლიკოგენად (C₆H₁₀O₅)_n. ღვიძლი წარმოადგენს ნახშირწყლების საცავს. რეაქციის პირველ სტადიაზე ფერმენტ გლუკოკინაზით ხდება გლუკოზის ფოსფორილირება ატფ-ის ხარჯზე, რომელიც თავის მოლეკულაში შეიცავს არამტკიცედ დაკავშირებულ ენერგიით მდიდარ ფოსფორმუჟავას, რომელიც ადვილად ახდენს გლუკოზის ფოსფორილრებას. ღვიძლში მიმდინარეობს ატფ-იდან ერთი ფოსფორმუჟავას ნაშთის გადატანა გლუკოზის მოლეკულაზე:



მიიღება გლუკოზა-6-ფოსფატი, რომელიც ფერმენტ ფოსფოგლუკომუტაზით განიცდის იზომერიზაციას და გარდაიქმნება გლუკოზა-1-ფოსფატად. ეს უკანასკნელი ფერმენტ-ფოსფორილაზას მონაწილეობით რეაგირებს არსებულ გლიკოგენტან. ამ რეაქციების შედეგად გლუკოზა სისხლში კლებულობს, გლიკოგენის მოლეკულა ღვიძლში იზრდება. როდესაც ორგანიზმი განიცდის ნახშირწყლების ნაკლებობას და სისხლში გლუკოზის რაოდენობა კლებულობს, მაშინ ღვიძლში იწყება გლიკოგენის ჰიდროლიზური დაშლა და გლუკოზის გადასვლა სისხლში. გლუკოზა სისხლის საშუალებით გადადის ორგანიზმის ყველა ქსოვილში. იგი შემდეგ იხარჯება ქსოვილების სუნთქვის პროცესზე. განსაკუთრებით აქტიურად იხარჯება ნახშირწყლები კუნთოვანი ქსოვილის მუშაობის დროს. დასვენებულ კუნთებში გლუკოზა გარდაიქმნება გლიკოგენად, რომელიც წარმოადგენს ნახშირწყლების მარაგის როლს.

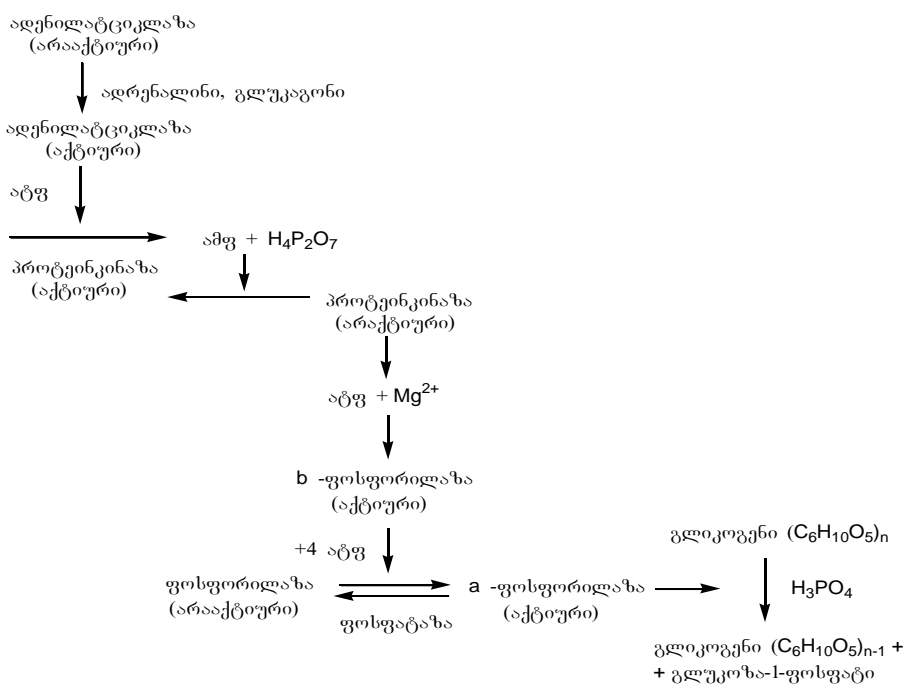
გლიკოგენის დაშლა

ცხოველური ორგანიზმების ფიზიოლოგიური დატვირთვის დროს აღინიშნება შინაგანი სეკრეციის ჯირკვლების გააქტივება და ნეიროჰორმონების – ადრენალინისა და გლუკაგონის გამოთავისუფლება. პარალელურად ხდება გლიკოგენის ინტენსიური დაშლა. ადრენალინი და გლუკაგონი წარმოადგენს თირკმელზედა ჯირკვლის და კუჭკვეშა ჯირკვლის ჰორმონებს. ამ რთულ პროცესში მონაწილეობენ ჰორმონები, ციკლური ადენოზინმონოფოსფატი (ც-ამფ), პროტეინკინაზები და ფოსფორმუავა.

ადრენალინის და გლუკაგონის მონაწილეობით აქტიურდება ადენილატციკლაზა, რომელიც ატფ-ს ხარჯზე ასინთეზირებს ციკლურ ადენოზინმონოფოსფატს. ეს უკანასკნელი ააქტიურებს პროტეინკინაზას, რომელსაც ატფ-ის თანდასწრებით აქტიურ ფორმაში გადაყავს β-ფოსფორილაზა. β-ფოსფორილაზა განიცდის ფოსფორილირებას და წარმოიქმნება აქტიური α-ფოსფორილაზა. გლიკოგენზე α-ფოსფორილაზას მოქმედებით ფოსფორმუავას თანდასწრებით, გლიკოგენი განიცდის ფოსფორილიზს: აღდგენის უნარს მოკლებული უბნიდან გლიკოგენს ჩამოსცილდება გლუკოზის ერთი კიდურა მოლეკულა გლუკოზა-1-ფოსფატის სახით. უჯრედში, ფოსფორმუავას მაღალი შემცველობისას გლიკოგენფოსფორილაზური რეაქცია ინტენსიურად მიმდინარეობს გლიკოგენის დაშლის და შესაბამისად, გლუკოზა-1-ფოსფატის სინთეზის მიმართულებით. ფოსფორილაზას მოქმედება კავდება ფერმენტ ფოსფატაზით α-ფოსფორილაზას ფოსფორილირების შედეგად. ფერმენტ ფოსფორილაზას გააქტიურების რეაქცია მოცემულია სქემაზე 7.

სქემა 7

ფოსფორალიზით გლიკოგენის ფოსფოროლიზური დაშლა და თავისუფალი გლიკოზა-1-ფოსფატის სინთეზი



ნახშირწყლების მონელების დროს განთავისუფლებული მონოსაქარიდი გლუკოზა, ერთი მხრივ, გამოიყენება გლიკოგენის სინთეზში და ინახება როგორც სამარაგო ნივთიერება, ხოლო მეორე მხრივ, მისი ფოსფორილაზის გზით დაშლის შედეგად კვლავ წარმოშობილი გლუკოზა-1-ფოსფატი ინტენსიურად ერთვება ნახშირწყლების მეტაბოლიზმში. რაც შეეხება ფრუქტოზას, იგი ფოსფორილირებული ფორმით გარდაიქმნება იზომერაზულ გლუკოზა-1-ფოსფატად, რომელიც შეიძლება ჩაერთოს გლიკოლიზში ან მოხმარდეს გლიკოგენის სინთეზს.

ნახშირწყლების ანაერობული გარდაქმნა (გლიკოლიზი)

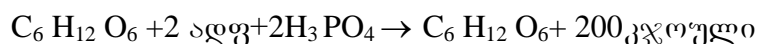
ნახშირწყლების ანაერობული გარდაქმნა განიხილება როგორც დუდილი, სადაც ძირითადი ენერგეტიკული სუბსტრატია გლუკოზა. ცნობილია ნახშირწყლების ანაერობული გარდაქმნის ანუ დუდილის სახეები, მაგალითად, სპირტული დუდილი, რძემჟავური დუდილი, ერობმჟავური დუდილი. შეჯამებულად დუდილის რეაქციები შემდეგი განტოლებებით გამოისახება:

- 1) $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$ (სპირტული დუდილი)
- 2) $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2H_3CHOH-COOH$ (რძემჟავური დუდილი)
- 3) $C_6H_{12}O_6 \rightarrow CH_3CH_2CH_2COOH + 2H_2 + 2CO_2$ (ერობმჟავური დუდილი)

დუდილის პროცესები შესწავლილია გამოჩენილი ფრანგი ქიმიკოსის ლუი პასტერის მიერ. პასტერის სიტყვით: დუდილი – “სიცოცხლეა უჟანგბადოდ”. მართლაც, დუდილის გამომწვევი მიკროორგანიზმები არ საჭიროებს ჰაერის ჟანგბადს. ენერგიას მიკროორგანიზმები დაშლის პროცესებიდანღებულაობენ და არა წვის რეაქციებიდან.

ნახშირწყლების ანაერობული გარდაქმნა, ანუ გლიკოლიზი, განიხილება როგორც აერობული გარდაქმნის მოსამზადებელი ეტაპი. მართალია, ნახშირწყლების უჯრედშიგა ცვლის ეს ეტაპი არ გამოირჩევა ატფ-ში ენერგიის მობილიზაციის მაღალეფექტიანობით, მაგრამ ამზადებს მეტაბოლიზმებს აერობულ ციკლში მათი სრული დაჟანგვისათვის.

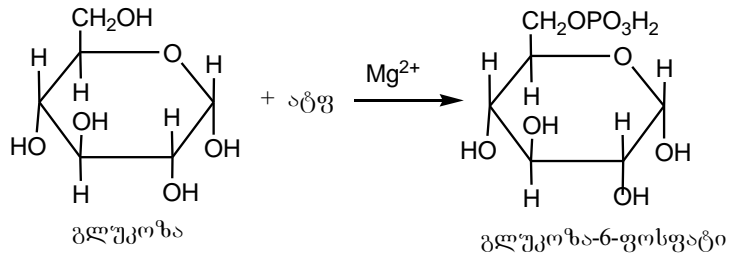
გლიკოლიზი მცენარეებისა და ცხოველების უჯრედებში მიმდინარე მრავალ-საფეხურებრივი პროცესია, რის შედეგად გლუკოზის მოლეკულა იშლება რძემჟავას ორ მოლეკულად. ეს გარდაქმნა ხდება ფერმენტული რეაქციების გრძელი ჯაჭვის მონაწილეობით. გლიკოლიზი მიმდინარეობს ციტოპლაზმაში და მემბრანებთან არ არის დაკავშირებული. მასში მონაწილეობს 13 სახის ფერმენტი და ათამდე შუალედური ნივთიერება. გლუკოზის ყოველი დახარჯული მოლეკულისაგან წარმოიქმნება ატფ-ის ორი მოლეკულა. ეს პროცესი მარტივად ასე გამოისახება:



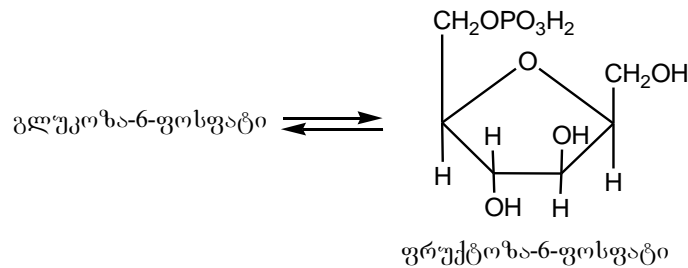
ერთი მოლეკულისაგან ანაერობული დაშლისას წარმოიქმნება რძემჟავას ორი მოლეკულა და გამოთავისუფლდება 200 კჯოული ენერგია. გამოთავისუფლებული ენერგიის ნაწილი ხმარდება ორი მოლეკულა ადფ-იდან ორი მოლეკულა ატფ-ის სინთეზს. როგორც ცნობილია, ადფ-იდან ატფ-ის ერთი მოლეკულის სინთეზზე, ე.ი. ერთი მოლეკულა ფოსფორმჟავას ნაშთის მიერთებაზე იხარჯება 40 კჯოული ენერგია; ორ მოლეკულაზე, შესაბამისად – 80 კჯოული. მაშასადამე, 200 კჯოული ენერგიიდან, რომელიც თავისუფლდება ერთი მოლეკულა გლუკოზის დაშლისას, მხოლოდ 80 კჯოული ინახება უჯრედის მიერ ორი მოლეკულა ატფ-ის სახით. ეს დაახლოებით 40%-ია. დანარჩენი 60% ენერგიისა – 120 კჯოული – იფანტება სითბოს სახით. გლიკოლიზის პროცესი ხორციელდება საფეხურებრივად, ამიტომ, სითბური ენერგია უჯრედში თანდათანობით გამოიყოფა. ამის გამო იგი ასწრებს გარემოში გაბნევას ისე, რომ არ იწვევს ცილებისა და სხვა ნივთიერებების გადახურებას.

გლიკოლიზი წარმოსდგება ბერძნული სიტყვიდან glykys-ტკბილი, lysis დაშლას ნიშნავს. კუნთის ქსოვილში მას ანაერობულ გლიკოლიზს უწოდებენ და ატფ-ის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი წყაროა ინტენსიური ფიზიკური დატვირთვის დროს. გლიკოლიზში გამოიყოფა ორი ძირითადი სტადია: მოსამზადებელი და ენერგიის მობილიზაციის სტადია. მოსამზადებელი სტადია მოიცავს ოთხ ფერმენტულ რეაქციას, რის შედეგად გლუკოზის დაშლით მიიღება 2 ტრიოზა - 3-ფოსფოგლიცერინის ალდეჰიდი და 3-ფოსფოჰიდროქსიაცეტონი. გლიკოლიზი იწყება α,D-

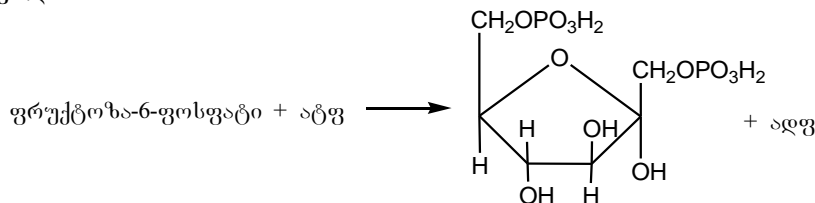
გლუკოზის ფოსფორილირებით. რეაქციას აკატალიზებს ფერმენტი ჰექსოკინაზა ან გლუკოკინაზა. ჰექსოკინაზა რეაქციაში აქტიურად ჩაერთვება გლუკოზის შედარებით დაბალი კონცენტრაციის დროს. გლუკოკინაზა კი აქტიურდება მაშინ, როცა ქსოვილში აღინიშნება გლუკოზის სიჭარბე. ამ თვალთახედვით გლუკოკინაზა ასრულებს კომპენსატორულ ფუნქციას ჰიპერგლიკემიის პირობებში, მაგალითად, დიაბეტით დაავადებისას, როცა სისხლში შაქრის რაოდენობა საგრძნობლად მატულობს. სამწუხაროდ, ამ დაავადების დროს, აღინიშნება თვით გლუკოკინაზას ნაკლებობა.



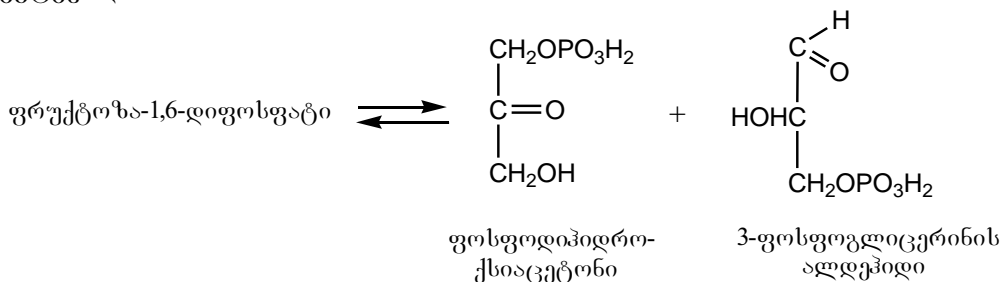
გლიკოლიზის შემდგომ ეტაპზე გლუკოზა-6-ფოსფატი განიცდის იზომერულ გარდაქმნას ფერმენტ გლუკოზაფოსფატიზომერაზით და მიიღება ფრუქტოზა-6-ფოსფატი:



რეაქცია შექცევადია, სადაც ფერმენტი გლუკოზაფოსფატიზომერაზა ამუღავნებს თანაბარ აქტიურობას როგორც გლუკოზა-6-ფოსფატის, ისე ფრუქტოზა-6-ფოსფატის მიმართ. შემდგომ სტადიაზე ხდება ფრუქტოზა-6-ფოსფატის ფოსფორილირება. რეაქციის კატალიზატორია ფერმენტი 6-ფოსფოფრუქტოკინაზა ატფ-ის თანდასწრებით, რეაქცია შეუქცევადია:

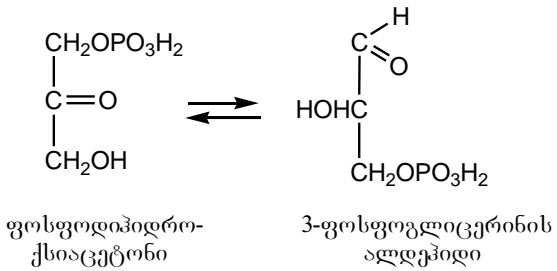


ფრუქტოზა-1,6-დიფოსფატზე ფერმენტ ალდოლაზას მოქმედებით იგი იშლება ორ ტრიოზად – ფოსფოდიჰიდროქსიაცეტონად და 3-ფოსფოგლიცერინის ალდეჰიდად, რეაქცია შექცევადია:

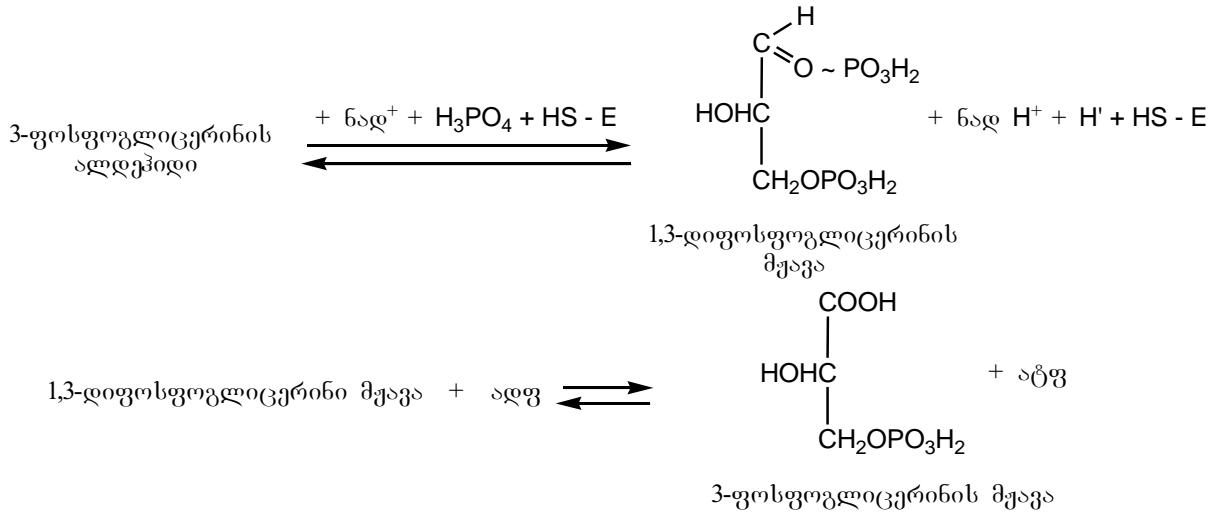


გლიკოლიზის შემდგომ რეაქციაში გამოიყენება 3-ფოსფოგლიცერინის ალდეჰიდი, ამიტომ წონასწორობის დამყარების მიზნით რეაქცია გადახრილია მარჯვნივ, ფოსფოგლიცერინის ალდეჰიდის წარმოშობის მიმართულებით. წონასწორობის

დამყარებისას, ტრიოზების მთელი რაოდენობის 90%-ს ფოსფორდიჰიდროქსიაცეტონი შეადგენს. რეაქციას აკატალიზებს ტრიოზოფოსფატიზომერაზა:



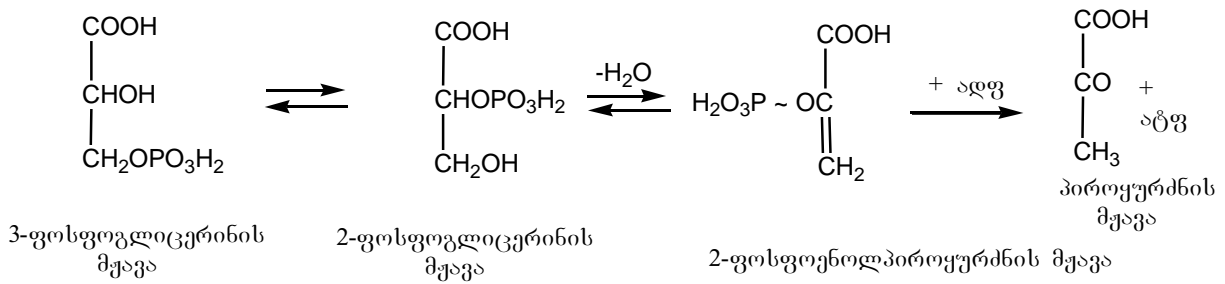
გლიკოლიზში ტრიოზების წარმოქმნის სტადიით მთავრდება ჰექსოზების მეტაბოლიზმის პირველი ეტაპი და იწყება მეორე ეტაპი, რომელიც პიროყურძენმუავის ჩათვლით ტრიოზების დონეზე მიმდინარეობს. განსაკუთრებით აღსანიშნავია 3-ფოსფოგლიცერინის ალდეჰიდის დაჟანგვა, რომელსაც ცენტრალური ადგილი უჭირავს გლიკოლიზში ენერჯის მობილიზაციის თვალსაზრისით. ამ სტადიაზე ხდება სუბსტრატის დაჟანგვის დროს განთავისუფლებული ენერჯის აკუმულირება ატფ-ის მაკროერგულ ბმაში და მას ჟანგვითი ფოსფორილირება ეწოდება. რეაქციას აკატალიზებს ფერმენტი გლიცერალდეჰიდფოსფატდეჰიდროგენაზა (HS-E)* კოფერმენტი ნად⁺-ი. რეაქცია რამდენიმე ეტაპად მიმდინარეობს. პირველ ეტაპზე მიიღება ფერმენტ-სუბსტრატული კომპლექსი. 3-ფოსფორგლიცერინის ალდეჰიდი იჟანგება, ხოლო ნად⁺-ი აღდგება, დაჟანგვის დროს განთავისუფლებული ენერჯია აკუმულირდება კარბოქსითიოლურ მაკროერგულ ბმაში. ის არამდგრადი ნაერთია, ფოსფორმუავას თანდასწრებისას იშლება, თავისუფლდება ფერმენტი და ენერჯით მდიდარი 1,3-დიფოსფო-გლიცერინის მუავა. მაკროერგული ბმა ფერმენტ ფოსფოგლიცერალკინაზით გადაიტანება ადფ-ზე და სინთეზირდება ატფ:



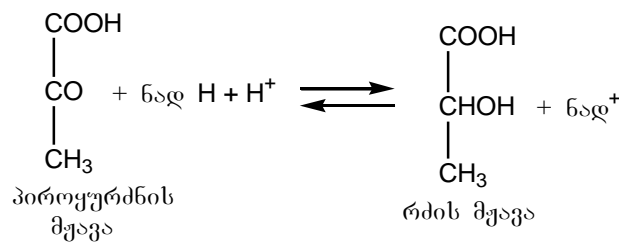
შემდგომ ეტაპზე ფერმენტ ფოსფოგლიცერომუტაზით ფოსფორმუავა მესამე ნახშირბადიდან გადავა მეორეზე და მიიღება 2-ფოსფოგლიცერინის მუავა. მასზე მოქმედებს ენოლაზა*. დეჰიდრატაციის შედეგად იქმნება კიდევ ერთი მაკროერგული ბმა, რომელიც ფერმენტ პირუვატკინაზას მოქმედებით გადაიტანება ადფ-ზე და სინთეზირდება კიდევ ერთი ატფ. გამოთავისუფლდება 2-ფოსფოენოლპიროყურძნის

* ფერმენტი გამოყოფილია ბოცვერის კუნთებიდან და მიღებულია კრისტალური სახით. ფერმენტის მოლეკულური მასა 1400000 კალტონია. ფერმენტის ინიზიტორია მონოიოდმარმუავა.
 * ფერმენტი ენოლაზა მრავალი ქსოვილიდანაა გამოყოფილი კრისტალური ფორმით. მისი მოლეკულური მასა 85 000-ია, კატალიზისათვის მას Mg²⁺-ის ან Mn²⁺-ის იონები. ენოლაზის მოქმედება შიგამოლეკულური ჟანგვა-აღდგენითი პროცესია, რომელიც ახორციელებს მოლეკულის შიგნით ენერჯის გადანაწილებას.

მჟავა, რომელიც დეფოსფორილების შემდეგ გარდაიქმნება კეტო ფორმად-პიროყურძნის მჟავად:



დასასრულ, პიროყურძნის მჟავა აღდგება რძის მჟავამდე ფერმენტ ლაქტატდეჰიდროგენაზას მოქმედებით, სადაც კოფერმენტის როლს ასრულებს ნად H, რომელიც სინთეზირდა 3-ფოსფოგლიცერინის აღდგენის დაქანგვის სტადიაზე:

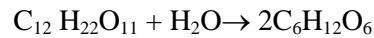


აერობულ პირობებში ლაქტატი კვლავ იქანგება პიროყურძნის მჟავამდე ან გამოიყენება ღვიძლში გლუკოზის სინთეზისათვის. ამრიგად, გლიკოლიზის დროს 3-ფოსფო-გლიცერინის აღდგენის და 2-ფოსფოენოლპიროყურძნის მჟავას სტადიაზე ხდება 2 ატფ-ის სინთეზი. ვინაიდან მთელი პროცესი განხილული იყო მხოლოდ ერთი ტრიოზის მაგალითზე, ხოლო გლიკოლიზის დროს კი ფერმენტ აღდგენას მოქმედებით წარმოიქმნება ორი ტრიოზა, ბუნებრივია, გლიკოლიზის დროს ენერგიით, მდიდარი ნაერთის – ატფ-ის გამოსავლიანობა ორჯერ იზრდება. თუ მხედველობაში მივიღებთ იმას, რომ გლუკოზა-1 და ფრუქტოზა-6-ფოსფატის ფოსფორილებაზე იხარჯება 2 ატფ, მაშინ ატფ-ის რეალური გამოსავალია 2 ატფ (14,6 კკალორია). ცნობილია, რომ ატფ-ის ერთ მაკროერგულ ბმას აკუმულირებულია 7,3 კკალორია, ატფ კი შეიცავს 2 მაკროერგულ ბმას. გლიკოგენოლიზის დროს, ფოსფორილაზის მოქმედებით გლიკოგენიდან გლუკოზა-1-ფოსფატის სინთეზის შედეგად იზოგება 1 ატფ, ამიტომ გლიკოგენოზის დროს აკუმულირებული ენერგიის გამოსავალი განისაზღვრება 3-ატფ-ით (21,9 კკალორია), რაც გლიკოლიზის დროს ენერგიის მობილიზაციას დაახლოებით 33%-ით აღემატება.

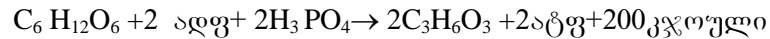
გლიკოლიზი ძალიან გავს დუდილის პროცესს. უაზოტო ნაერთების, კერძოდ, ნახშირწყლების დაშლას ბაქტერიებისა და სოკოების საშუალებით, დუდილი ეწოდება. ამ გზით მრავალი ბაქტერია დებულობს სასიცოცხლო პროცესების განხორციელებისათვის აუცილებელ ენერგიას.

სპირტული დუდილი. სპირტული დუდილი დამახასიათებელია საფუერების და ზოგიერთი მიკროორგანიზმებისათვის. უხსოვარი დროიდან არის ცნობილი, რომ ღვინოს ამზადებენ ყურძნის წვენიდან, რომელსაც უმატებენ საფუარს-ერთუჯრედიან სოკოებს. საფუარი ყურძნის წვენში შემავალ შაქარს (გლუკოზა) შლის პიროყურძნის მჟავად. შემდგომ ამ ნივთიერებების თითოეული მოლეკულა იშლება ნახშირბადის (IV) ოქსიდად და ეთილის სპირტად, რომელიც ალკოჰოლური სასმელების შემადგენელ ნაწილს წარმოადგენს. დუდილი გრძელდება მანამ, სანამ საფუარი მთლიანად არ დახარჯავს გარემოში არსებულ შაქარს. დუდილის დამთავრებამდე ღვინიანი ბოთლის დახურვით იღებენ შუშხუნა ღვინოს, რადგან მასში კიდევ გრძელდება ნახშირორჟანგის გამოყოფა. შამპანურის ტიპის შუშხუნა ღვინოების წარმოებისათვის

რქემქავეური დუღილი. სოფლის მეურნეობის წარმოებაში დიდი მნიშვნელობა აქვს რქემქავეა დუღილის პროცესს, რომელიც გამოწვეულია სხვადასხვა სახის რქემქავეა ბაქტერიების მიერ. რქემქავეას დუღილის დროს რქემში არსებული დისაქარიდი ლაქტოზა ფერმენტ ლაქტაზას ზემოქმედებით იშლება მონოსაქარიდად-გლუკოზად და გალაქტოზად. ამ დროს გამოიყოფა ენერგია, რომელიც სითბოს სახით იფანტება:



მეორე ეტაპზე გლუკოზის თითოეული მოლეკულა იშლება რქემქავეას ორ მოლეკულად:



ამ დროს გამოიყოფა ენერგია, რომელსაც ორი ატფ-ის სახით ბაქტერიები იყენებენ სასიცოცხლო პროცესებისათვის, ხოლო რქემქავეას ისინი გამოყოფენ გარეთ, ე.ი. რქემში, როგორც ცხოველქმედების პროდუქტს. რქემში გამოყოფილი მუავა ადედებს ცილა კაზეინს მკვრივ მასალად, ამიტომაც მიიღება მაწონი. რქემქავეა ხელს უშლის ლპობის ბაქტერიების გამრავლებას. რძის დამუავებისას იგი გროვდება ერთ პროცენტამდე. კარგი ხარისხის მაწონის დასამზადებლად საჭიროა რძის წინასწარი ადუღება და პასტერიზაცია და შემდეგ ამ რძის შედგება რქემქავეა ბაქტერიების წმინდა კულტურით. ასეთი მაწონის საჭმელად ხმარება დიდად სასარგებლოდ მიაჩნდა გამოჩენილ მეცნიერს ი. მეჩნიკოვს. იგი თვლიდა, რომ მაწონი ხელს უშლის ლპობის ბაქტერიების შესამიან პროცესს, რომელიც მიმდინარეობს ადამიანის ნაწლავებში და ამრიგად იცავს ადამიანს ნაადრევი სიბერისაგან.

ძმრისმქავეას დუღილი. მას იწვევს ძმრისმქავეა ბაქტერია. ცნობილია, რომ თავლიად დატოვებული ღვინო რამოდენიმე ხნის შემდეგ ძმრად გადაიქცევა. ასეთი დამუავებული ღვინის ზედაპირზე წარმოიქმნება აკვი. იგი გამრავლებული ბაქტერიებისაგან შედგება. ძმრის დუღილის დროს ეთილის სპირტი იფანტება ჯერ ძმრის აღდგვიდად და შემდეგ ძმრის მქავეად:



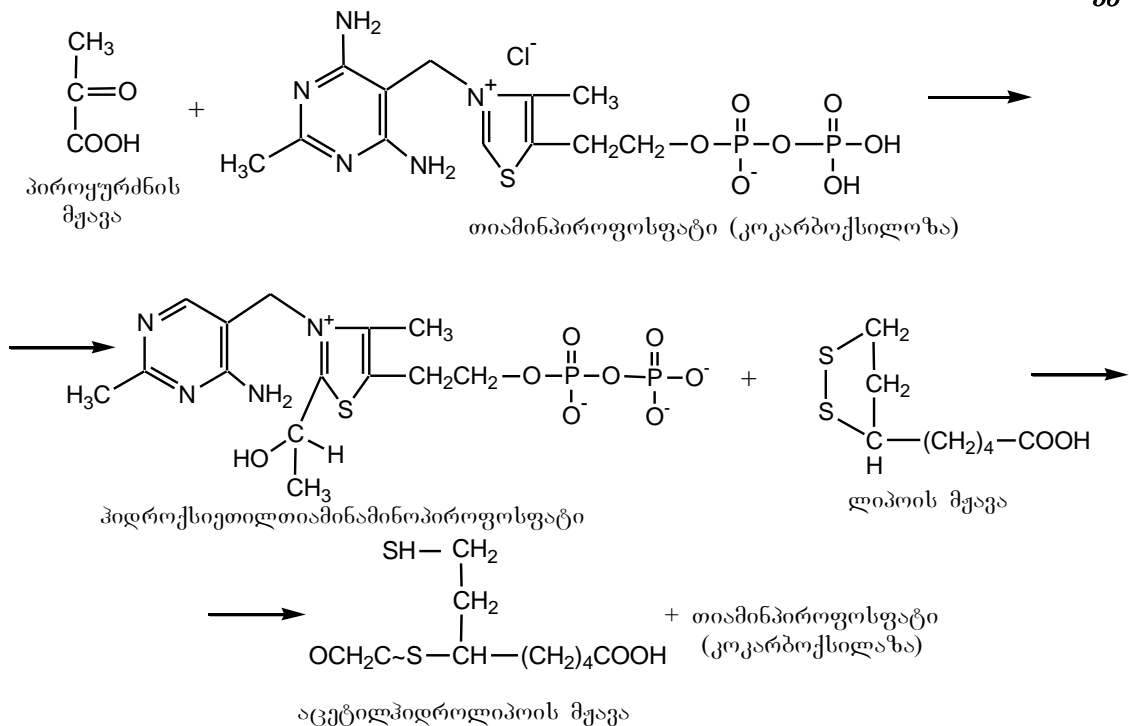
ძმრისმქავეა დუღილის ბაქტერიები, ისევე როგორც რქემქავეასი, ანაერობებია. მათ შეუძლიათ არსებობა უჟანგბადო გარემოში. ისინი ვითარდებიან 20-30°C ტემპერატურის პირობებში.

ნახშირწყლების აერობული გარდაქმნა

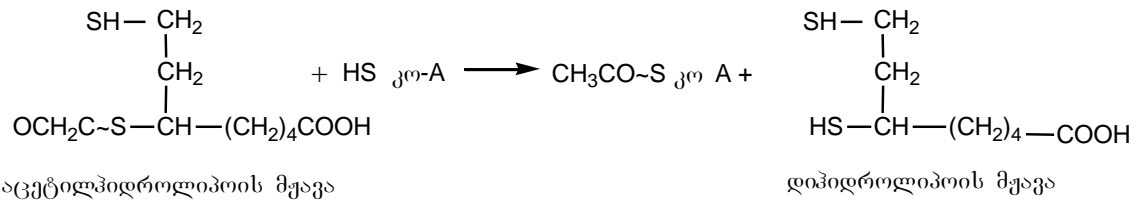
ცხოველური ორგანიზმების ქსოვილებში ნახშირწყლების დაშლის ანაერობული სტადია წინ უძღვის აერობულ დაშლას, რომელიც მიმდინარეობს ჟანგბადის ხარჯზე. ნახშირწყლების აერობული გარდაქმნა ენერგიის მობილიზაციის ძირითადი გზაა, რომლის დროსაც მაქსიმალური რაოდენობით სინთეზირდება ატფ. ნახშირწყლების აერობული გარდაქმნა მიმდინარეობს სამი ძირითადი სტადიით: პიროყურძნის მჟავას ჟანგვითი დეკარბოქსილირებით, ლიმონმჟავას ანუ ტრიკარბონმჟავების ციკლით (რომელსაც მისი აღმოჩენის პატივსაცემად კრებსის ციკლი ეწოდა) და სუნთქვის ჯაჭვით. ნახშირწყლების აერობული გარდაქმნა მიმდინარეობს მიტოქონდრიებში. მიტოქონდრიის მატრიქსი შეიცავს პირუვატდეჰიდროგენაზულ კომპლექსს, ასევე ატფ-ს, ადფ-ს, ამფ-ს, ფოსფორმჟავას, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ იონებს.

პიროყურძენმჟავას ჟანგვით დეკარბოქსილირებაში მონაწილეობენ კოფერმენტები: თიამინპიროფოსფატი, ლიპოისმჟავა, კოენზიმი-A და ფად-ი. ცხოველურ ორგანიზმებში ფოსფორილირებული თიამინი თიამინპიროფოსფატის-კოკარბოქსილაზას სახით შედის. იგი პირუვატდეჰიდროგენაზას კოფერმენტია. რეაქციის პირველ სტადიაზე პიროყურძნის მჟავა უკავშირდება თიალოზის ბირთვის მე-2 ნახშირბადს და მიიღება შუალედური პროდუქტი, რომელიც განიცდის დეკარბოქსილირებას. რეაქციის შედეგად წარმოიქმნება თიამინპიროფოსფატის ჰიდროქსიეთილწარმოებული:

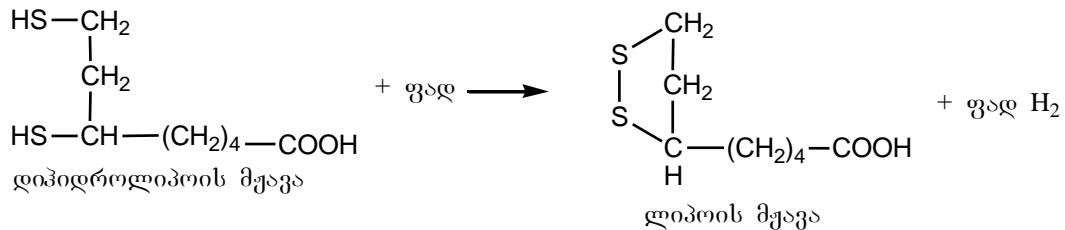
სქემა 9



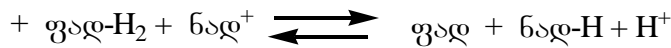
შემდგომ ეტაპზე ხდება ლიპოამიდ-დეჰიდროგენაზით ლიპოის მჟავას აღდგენა, ხოლო ლიპოიდ-აცეტილტრანსფერაზით ძმარმჟავას ნაშთის გადატანა ჰიდროქსიეთილთიამინპიროფოსფატიდან ლიპოის მჟავაზე, რის შედეგად მიიღება აცეტილჰიდროლიპოის მჟავა და თავისუფლდება თიამინპიროფოსფატი. აცეტილჰიდროლიპოის მჟავა განმეორებით განიცდის ლიპოამიდ-დეჰიდროგენაზასა და ლიპოიდ-აცეტილტრანსფერაზას ზემოქმედებას. ლიპოის მჟავა აღდგება დიჰიდროლიპოის მჟავად, ხოლო ძმარმჟავას ნაშთი გადადის კო A-ზე.



დიჰიდროლიპოს მჟავა იჟანგება ლიპოამიდ-დეჰიდროგენაზით, კოფერმენტის როლს ასრულებს დაჟანგული ფად-ი.

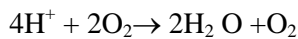


აღდგენილი ფად-H₂ თავის წყალბადის ატომებს გადასცემს დაჟანგულ ნად⁺-ს, ხოლო დაჟანგული ფორმით, ისე როგორც ლიპოს მჟავა, კვლავ ჩაერთვება პიროყურძნის მჟავას ჟანგითი დეკარბოქსილირების რეაქციაში, ხოლო ნად – სუნთქვის ჯაჭვში.



შეჯამებულად: პიროყურძნის მჟავა + ნად⁺ + კო → აცეტილ-კო + ნად

ამით მთავრდება აერობული გარდაქმნის პირველი სტადია და იწყება მეორე, ლიმონმჟავას ციკლი, რომელსაც ეწოდება კრებსის ციკლი. მიტოქონდრიაში მიმდინარე რეაქციათა ერთობლიობა ციკლური ხასიათისაა და იგი ინგლისელი ბიოქიმიკოსის ჰანს კრებსის სახელს ატარებს, რომელმაც პირველად აღწერა ეს მოვლენა, რისთვისაც მას ნობელის პრემია მიენიჭა. კრებსის ციკლი წარმოადგენს რთულ მრავალსაფეხურებრივ რეაქციათა სისტემას, სადაც ყოველ გარდაქმნას ახორციელებს განსაკუთრებული ფერმენტი. ეს ციკლი დამახასიათებელია არა მარტო გლუკოზისათვის, არამედ ცხიმებისა და ამინომჟავებისათვისაც, რომლებიც წინასწარ იშლებიან ძმარმჟავად. კრებსის ციკლში ჟანგბადი მონაწილეობს, თუმცა ენერგეტიკული ცვლის ეს ეტაპი აერობულია. მაშ, რა როლს ასრულებს ჟანგბადი ენერგეტიკული ცვლის ამ ეტაპზე? გამოირკვა, რომ კრებსის ციკლის რეაქციების შედეგად წარმოიქმნება წყალბადის იონები, რომლებიც უკავშირდებიან მოლეკულურ ჟანგბადს წყლის წარმოქმნით. მაშასადამე, ჟანგბადის არსებობა აუცილებელი ყოფილა წყალბადის დასაკავშირებლად და წყლის წარმოსაქმნელად:



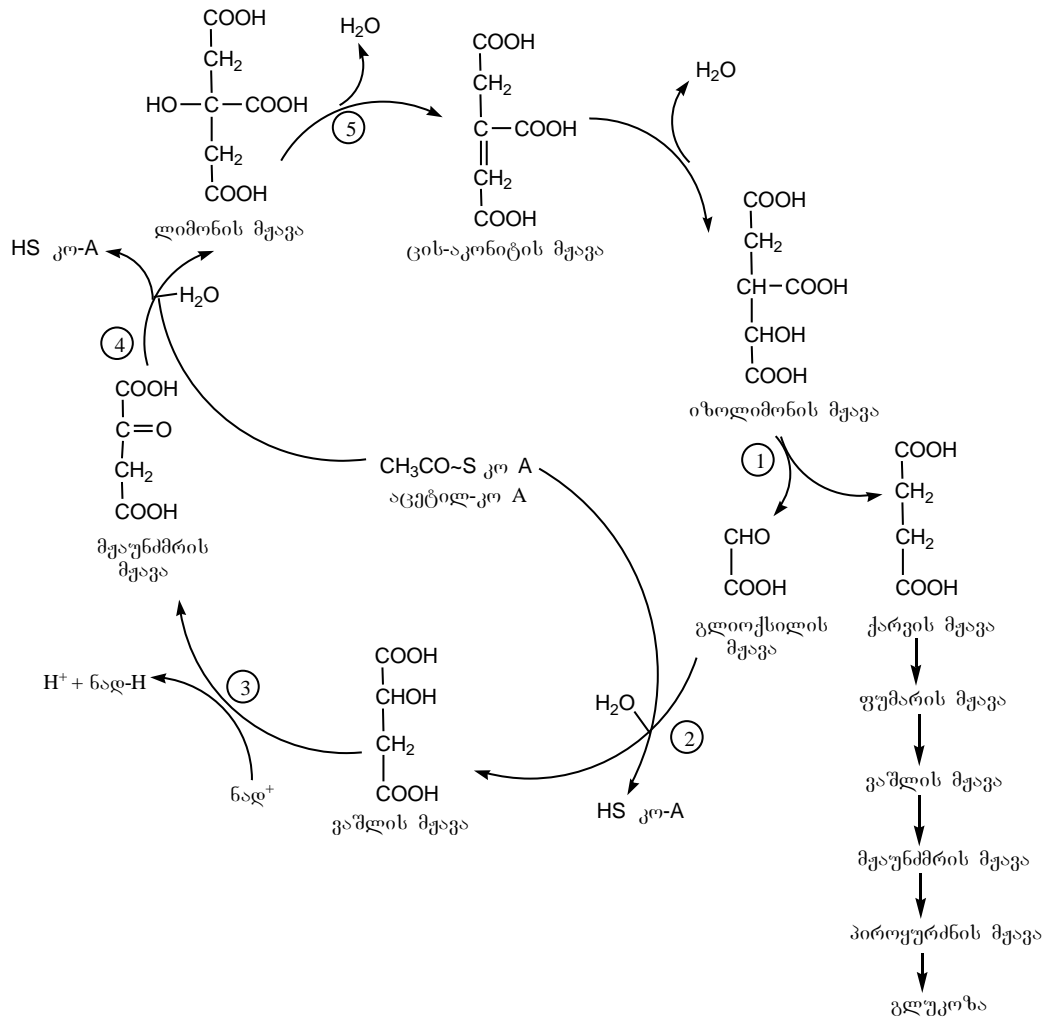
პროტონის არხის საშუალებით წყალბადის პროტონები (H⁺) მიისწრაფიან მიტოქონდრიის შიგნით. ამ დროს თავისუფლდება დიდი რაოდენობით ენერგია, რომლის 45% სითბოს სახით იფანტება, ხოლო 55% მარაგის სახით ინახება, ე.ი. ატფ-ის ქიმიური ბმების ენერგიად გარდაიქმნება, ხოლო პროტონები (H⁺) ურთიერთქმედებენ აქტიურ ჟანგბადთან და წარმოქმნიან წყალსა და მოლეკულურ ჟანგბადს. ჟანგბადის არსებობის შემთხვევაში მიტოქონდრიაში ყველა პროცესი წყდება იმის გამო, რომ ელექტრონულ-ტრანსპორტული ჯაჭვი წყვეტს ფუნქციონირებას. საბოლოოდ მიიღება:



ლიმონმჟავას ციკლის საშუალებით უზრუნველყოფს იზოლიმონის მჟავას ხელახალ სინთეზს. ამით მტკიცდება, რომ კო A-ში გააქტივებული ნებისმიერი წარმოშობის ძმარმჟავას ნაშთი (ნახშირწყლები, ამინმჟავები, ცხიმოვანი მჟავები) $\text{CH}_3\text{-CO}$ კოA-ს სახით შეიძლება გამოყენებული იყოს ნახშირწყლების, კერძოდ, გლუკოზის სინთეზში.

სქემა 12

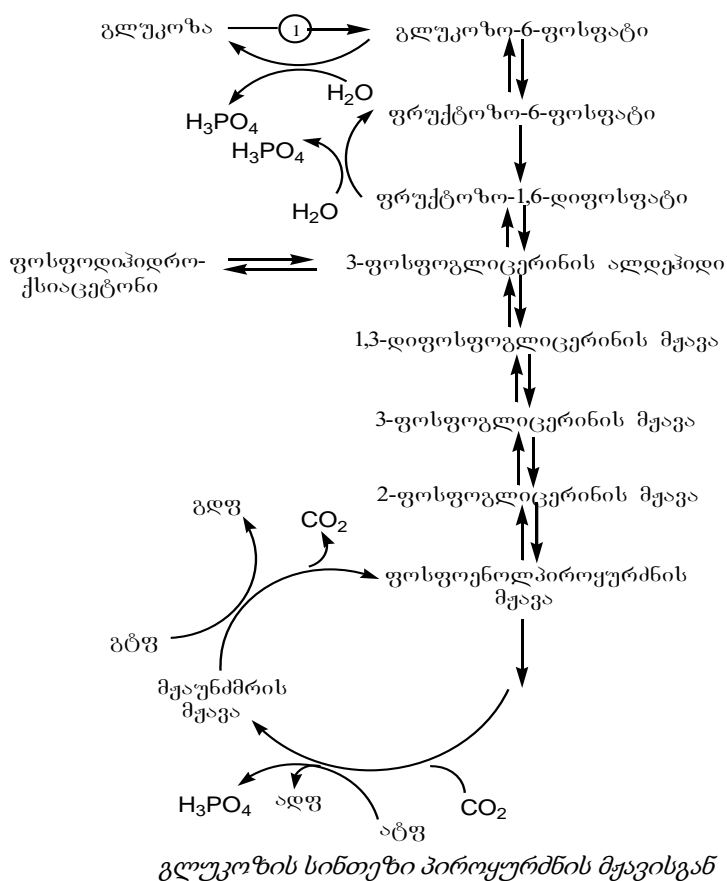
გლიოქსილატური ციკლი და მასში მონაწილე ფერმენტები: 1. იზოციტრატლიაზა; 2. მალატსინთეტაზა; 3. მალატდეჰიდროგენაზა; 4. ციტრატსინთეტაზა; 5. აკონიტატჰიდრატაზა.



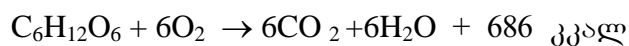
გლუკონეოგენეზი

გლიკოლიზის ძირითადი რეაქციების შებრუნებულ პროცესს გლუკონეოგენეზი ეწოდება. გლუკონეოგენეზი აერთიანებს მიტოქონდრისა და ციტოპლაზმაში მიმდინარე ერთიან ქიმიურ პროცესს, სადაც გლუკოზის სინთეზი არანახშირწყლოვანი ნაერთებისაგან ხორციელდება. რეაქციის პირველ სტადიაზე პიროფურძნის მჟავა შედის მიტოქონდრიაში, სადაც ხდება მისი დეკარბოქსილირება და მჟაუნფურძენმჟავას წარმოქმნა, რომელიც აღდგება ნად H-ით. მიღებული ვაშლის მჟავა ადვილად გადის მიტოქონდრის მემბრანაში და შედის ციტოპლაზმაში, სადაც კვლავ ხდება მისი დაუანგვა. შემდგომი დეკარბოქსილირებითა და ფოსფორილირებით წარმოიქმნება ფოსფონოლპიროფურძნის მჟავა. ამ უკანასკნელისგან კი სპეციალური ფერმენტებით ხდება გლუკოზის სინთეზი, რაც წარმოადგენს გლიკოლიზის შებრუნებულ პროცესს. გლუკოზის სინთეზი რეგულირდება აცეტილ-კო-A-თი, ამფ-ით და ატფ-ით (აცეტილ-კოA და ატფ აძლიერებს გლუკოზის სინთეზს, ხოლო ამფ აკავებს მას).

სქემა 13



სუნთქვა. მცენარეებში მზის ენერჯის ხარჯზე ხდება ორგანულ ნივთიერებათა წარმოქმნა CO₂-სა და H₂O-საგან მწვანე ფოთლის მიერ. ცოცხალ ორგანიზმში ნივთიერებათა სხვა გარდაქმნები დაკავშირებულია ენერჯის ხარჯვასთან, რომელსაც ისინი ღებულობენ ბიოქიმიური პროცესების შედეგად. ამ რეაქციებიდან დიდი მნიშვნელობა აქვს ე.წ. ჟანგბადურ ანუ ნორმალურ სუნთქვას, რომელიც წარმოადგენს CO₂-ის ასიმილაციის შებრუნებულ პროცესს. სუნთქვის დროს ენერჯია გამოიყოფა შაქრების დაუანგვით. ამიტომ ყველა, ორგანული ნაერთი, ცილების გარდა, წინასწარ უნდა გარდაიქმნას შაქრებად, რომლებიც წარმოადგენენ სუნთქვისათვის აუცილებელ მასალას:



ამინმჟავები, პეპტიდები, ცილები

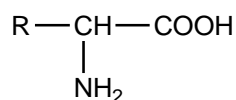
ამინმჟავები, პეპტიდები და ცილები მიეკუთვნება ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებათა უმნიშვნელოვანეს კლასს. ისინი ცოცხალი მატერიის ნებისმიერი ფორმის (მიკროორგანიზმები, მცენარეები, ცხოველები) ძირითადი კომპონენტებია.

ამინმჟავები

ამინმჟავები ეწოდება ისეთ ორგანულ ნაერთებს, რომელთა მოლეკულები ერთდროულად შეიცავს როგორც კარბოქსილის, ისე ამინის ჯგუფებს. კარბოქსილის ჯგუფის მიხედვით ამინმჟავები იყოფა მონო- და დიკარბონმჟავებად, ხოლო ამინის ჯგუფის მიხედვით მონო- და დიამინმჟავებად და ა.შ. კარბოქსილის მიმართ ამინჯგუფის ადგილმდებარეობის მიხედვით არჩევენ α , β , ν და ა.შ. ამინმჟავებს:

მაგალითად, $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH(NH}_2\text{)-COOH}$ α -ამინერბომჟავა
 $\text{CH}_3\text{-CH(NH}_2\text{)-CH}_2\text{-COOH}$ β -ამინერბომჟავა
 $\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$ ν -ამინერბომჟავა

განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს α -ამინმჟავებს. ისინი ცილების შემადგენელ სტრუქტურულ ერთეულებს წარმოადგენენ. α -ამინმჟავების ზოგადი ფორმულაა:

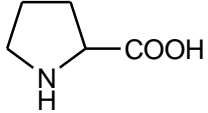
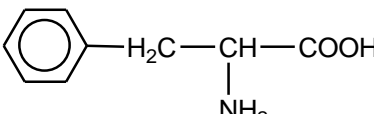
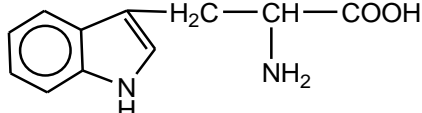
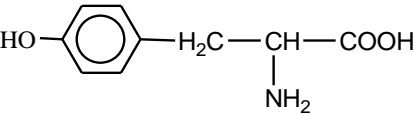


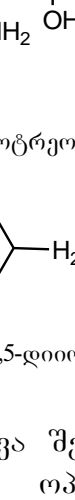
ამინმჟავების იზომერია უმთავრესად დამოკიდებულია ამინჯგუფის ადგილმდებარეობაზე, ჯაჭვის განშტოებასა და ასიმეტრიული ნახშირბადის ატომის არსებობაზე. ამინმჟავების რაციონალური სახელწოდების გარდა იხმარება ტრивиალური სახელწოდებებიც. მაგალითად, ამინმჟავას ეწოდება გლიცინი ანუ გლიკოკოლი, α -ამინპროპიონმჟავას-ალანინი, α -ამინიზოვალერიანმჟავას-ვალინი და ა.შ.

ამინმჟავების თანამედროვე კლასიფიკაცია დაფუძნებულია რადიკალის პოლარობაზე, ანუ წყალთან მის ურთიერთქმედების უნარზე. ამ კრიტერიუმით არჩევენ: 1) არაპოლარულ (ჰიდროფობურ), 2) პოლარულ (ჰიდროფილურ) უმუხტო, 3) უარყოფითი მუხტის მქონე და 4) დადებითი მუხტის მქონე ამინმჟავებს (ცხრილი 1).

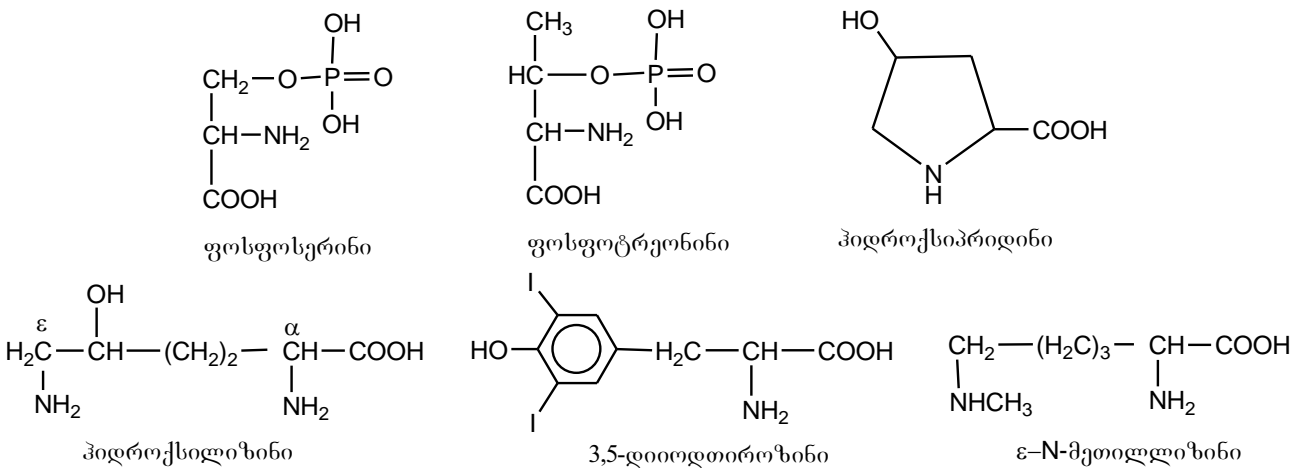
ბუნებაში არსებული ამინმჟავებიდან ორგანიზმი ცილების ბიოსინთეზში მხოლოდ 20 ამინმჟავას იყენებს. მათ შორის 8 შეუცვლელი ამინმჟავაა, რადგან ორგანიზმს მათი დამოუკიდებლად სინთეზირება არ შეუძლია. შეუცვლელი ამინმჟავებია: ფენილალანინი, ტრიპტოფანი, ლეიცინი, იზოლეიცინი, ტრეონინი, მეთიონინი, ვალინი, ლიზინი. ზოგიერთ ცილაში გხვდება ე.წ. მოდიფიცირებული ამინმჟავებიც. ჩვეულებრივ, ქიმიური მოდიფიცირება ხდება მას შემდეგ, რაც საწყისი ამინმჟავა ჩართვება ცილის შედგენილობაში. დღეისათვის იდენტიფიცირებულია ასორმოდლაათამდე ასეთი ამინმჟავა, რომელთაგან რამოდენიმე მათგანის ფორმულა მოყვანილია ქვემოთ.

ცილების შედგენილობაში შემავალი ამინმჟავები

სახელწოდება	პირობითი აღნიშვნები	აღნაგობა	იზოელექტრული წერტილი
არაპოლარული (ჰიდროფობური) ამინმჟავები			
ალანინი	Ala	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	6,02
ვალინი	Val	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \diagdown \\ \text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \diagup \\ \text{H}_3\text{C} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5,97
ლეიციანი	Leu	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \diagdown \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \diagup \\ \text{H}_3\text{C} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5,97
იზოლეიციანი	Ile	$\begin{array}{c} \text{H}_2 \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$	6,02
მეთიონინი	Met	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{S}-\text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$	5,75
პროლინი	Pro		6,10
ფენილალანინი	Phe		5,98
ტრიპტოფანი	Trp		5,88
პოლარული (ჰიდროფილური) უმუხტო ამინმჟავები			
გლიცინი	Gly	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5,97
სერინი	Ser	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$	5,68
ტრეონინი	Thr	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$	6,53
ცისტეინი	Cys	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{SH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$	5,02
თიროზინი	Tyr		5,65
ასპარაგინი	Asn	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{NH}_2 \quad \text{NH}_2 \end{array}$	5,4
გლუტამინი	Gln		

		$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \qquad \qquad \qquad \\ \text{NH}_2 \qquad \qquad \qquad \text{NH}_2 \end{array}$	5,65
უარყოფითად დამუხტული (მუავა) ამინმჟავები			
ასპარაგინმჟავა	Asp	$\begin{array}{c} \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	2,97
გლუტამინმჟავა	Glu	$\begin{array}{c} \text{HOOC}-\text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	3,22
დადებითად დამუხტული (ფუძე) ამინმჟავები			
ლიზინი	Lys	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \qquad \qquad \qquad \\ \text{H}_2\text{N} \qquad \qquad \qquad \text{NH}_2 \end{array}$	9,74
არგინინი	Arg	$\begin{array}{c} \text{HN} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{NH}-(\text{CH}_2)_3-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	10,76
ჰისტიდინი	His		7,58

20 სხვადასხვა ამინმჟავის გარდა ცილების შედგენილობაში შედის ასევე შემდეგი ამინმჟავები:

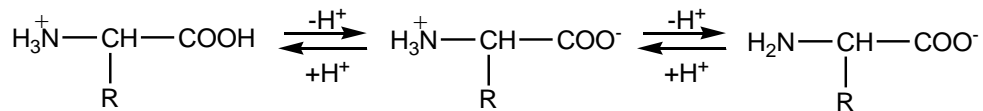


გლიცინის გარდა ყველა α-ამინმჟავა შეიცავს ასიმეტრიულ ნახშირბადის ატომს α-მდგომარეობაში. ამის გამო ისინი ოპტიკურად აქტიური ნივთიერებებია. α-ამინმჟავების აბსოლუტურ კონფიგურაციას გამოსახავენ D- და L-გლიცერინის ალდეჰიდის მიხედვით. ცილების შედგენილობაში გავრცელებული α-ამინმჟავები მიეკუთვნება L-კონფიგურაციას:



L-კონფიგურაციის α-ამინმჟავები, როგორცაა ჰისტიდინი, ლეიცინი, მეთიონინი, ცისტეინი, თრეონინი, ფენილალანინი მარცხნივ მბრუნავი იზომერებია (-), ხოლო ალანინი, ვალინი, იზოლეიცინი, არგინინი, ლიზინი მარჯვნივ მბრუნავი (+). ცილების

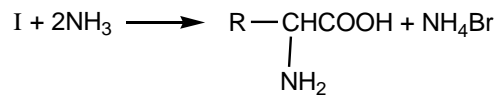
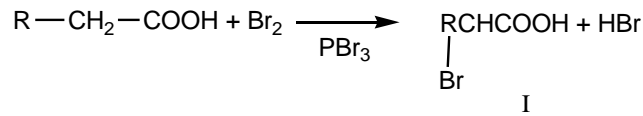
შემადგენლობაში შედის მხოლოდ L-ამინომჟავები. α-ამინომჟავები წყალში ხსნადი უფერო კრისტალური ნივთიერებებია. ისინი კარგად იხსნებიან წყალში, ცუდად – ორგანულ გამსხნელებში. მრავალ მათგანს ტკბილი გემო აქვს. რადგანაც α-ამინომჟავების მოლეკულები შეიცავს ორ ფუნქციურ ჯგუფს, რომელთაგან ერთი (კარბოქსილის ჯგუფი) მჟავა თვისებებით ხასიათდება, ხოლო მეორე (ამინის ჯგუფი) – ფუძე თვისებებით, ისინი ურთიერთქმედებენ ერთმანეთთან ე.წ. ცვიტერ-იონის (გერმ. zwitter-ჰიბრიდი) წარმოქმნით. წყალხსნარებში α-ამინომჟავები არსებობს ბიპოლარული იონისა და კათიონური და ანიონური ფორმების წონასწორული ნარევის სახით. წონასწორობის მდგომარეობა დამოკიდებული არის pH-ზე.



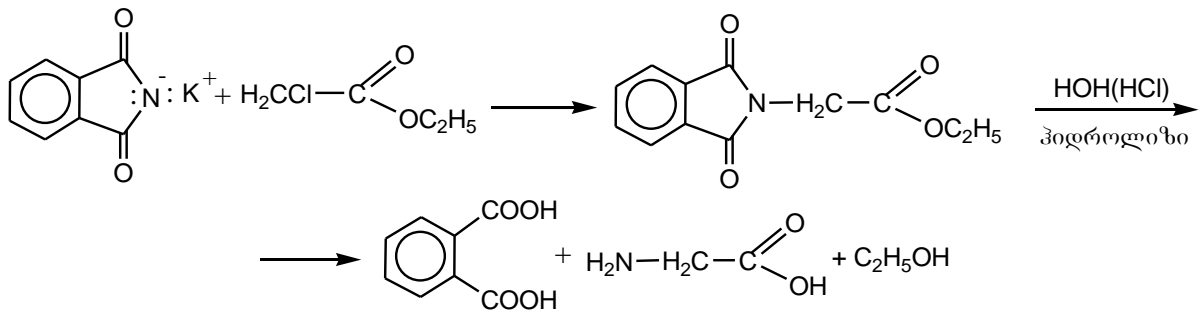
pH-ის იმ მნიშვნელობას, რომლის დროსაც ბიპოლარული იონების კონცენტრაცია მაქსიმალურია, ხოლო α-ამინომჟავების კათიონური და ანიონური ფორმების – მინიმალური კონცენტრაციები კი ერთმანეთის ტოლია, იზოელექტრული წერტილი ეწოდება. ამ წერტილში α-ამინომჟავების ჯამური მუხტი ნულის ტოლია და მისი ბიპოლარული იონი ელექტრულ ველში არ გადაადგილდება.

ამინმჟავების სინთეზი

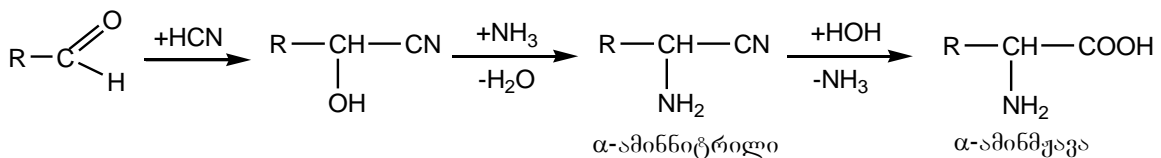
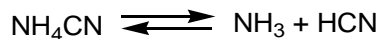
1. **α-ჰალოგენჩანაცვლებული მჟავების ამინირება.** თავდაპირველად ახდენენ კარბონმჟავას ჰალოგენირებას და ღებულობენ მონოჰალოგენჩანაცვლებულ მჟავას, შემდეგ ჭარბი ამიაკის მოქმედებით ღებულობენ α-ამინმჟავას:



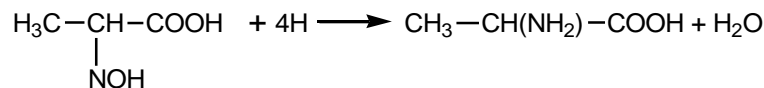
2. **α-ჰალოგენჩანაცვლებული მჟავების ეთერების ამინირება.** ამ დროს α-ჰალოგენმჟავას რთულ ეთერზე მოქმედებენ კალიუმის ფთალამიდით (გაბრიელის სინთეზი), მიღებული გლიცერინის გამოსავლიანობა 90%-ია.



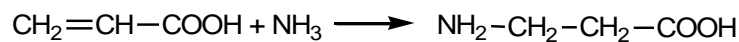
3. **შტრეკერის სინთეზი.** ალდეჰიდზე მოქმედებენ ამონიუმის ციანიდით და ასინთეზირებენ α-ამინმჟავების ნიტრილს, რომლის ჰიდროლიზით წარმოიქმნება შესაბამისი α-ამინმჟავა:



4. **კეტომჟავათა ოქსიმების აღდგენით:**



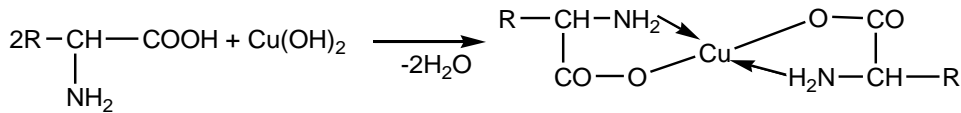
5. **უჯერ მჟავაზე ამონიაკის მოქმედებით:**



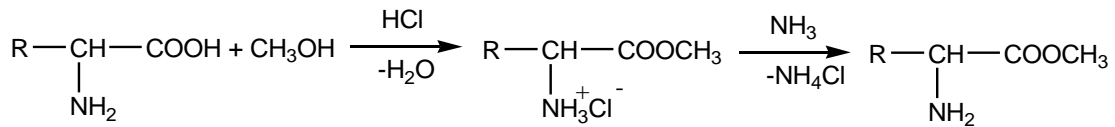
ამინმჟავების ქიმიური თვისებები

რადგან ამინმჟავები შეიცავს NH₂-ჯგუფს, მათ აქვთ ფუძე ხასიათი, კარბოქსილის ჯგუფის არსებობა კი მათ მჟავა ხასიათს ანიჭებს. ასეთ ნაერთებს ამფოლიტებს უწოდებენ. ამინმჟავების უმრავლესობას ორივე თვისებები თითქმის თანაბარი აქვს, მათი წყალხსნარები პრაქტიკულად ნეიტრალურია. რაც იმით არის გამოწვეული, რომ ამინმჟავები წარმოქმნის შინაგან მარილებს.

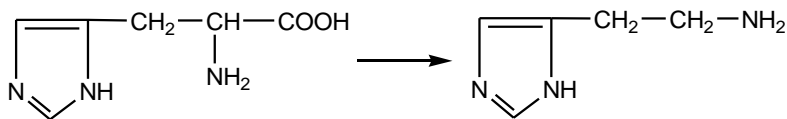
1. ამინმჟავები ფუძეებთან წარმოქმნის მარილებს. მაგალითად, ახლადდამზადებულ Cu(OH)₂-თან ყველა α-ამინმჟავა წარმოქმნის ცისფერ სპილენძის (II) ხელატურ კომპლექსს:



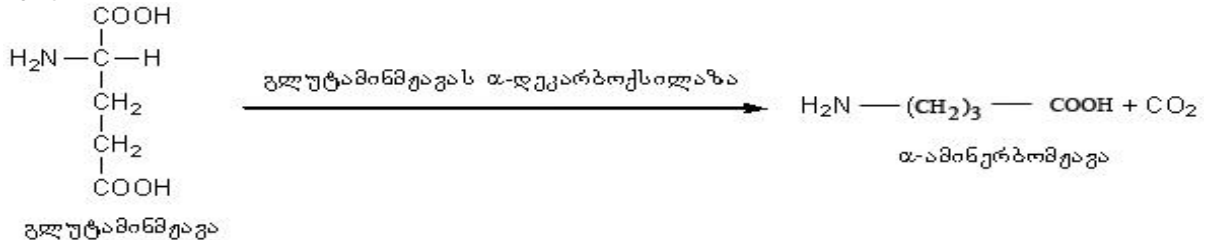
2. α-ამინმჟავები სპირტებთან მოქმედებს ქლორწყალბადის, როგორც კატალიზატორის თანდასწრებით. ამ დროს მაღალი გამოსავლიანობით მიიღება რთული ეთერები:



3. Ba(OH)₂-ის მოქმედებით α-ამინმჟავები გახურებით ადვილად დეკარბოქსილირდება, რაც იმითაა გამოწვეული, რომ აღნიშნულ ნაერთებში ნახშირბადის ერთსა და იმავე ატომთან ორი ელექტრონაქცეპტორული ჯგუფი (NH₂, COOH) დგას. ორგანიზმში მსგავსი რეაქციები მიმდინარეობს ფერმენტ დეკარბოქსილაზას მოქმედებით. მაგალითად, ჰისტიდინის დეკარბოქსილირებით მიიღება ბიოგენური ამინი ჰისტამინი. ჰისტამინის გავლენით ძლიერდება შინაგანი სეკრეციის ჯირკვლების მოქმედება, ფართოვდება კაპილარები და ძლიერდება სისხლის ნაკადი. ეს იწვევს კანის სიწითლეს, რაც შინაგანი ემოციური მდგომარეობის გამომხატველია.

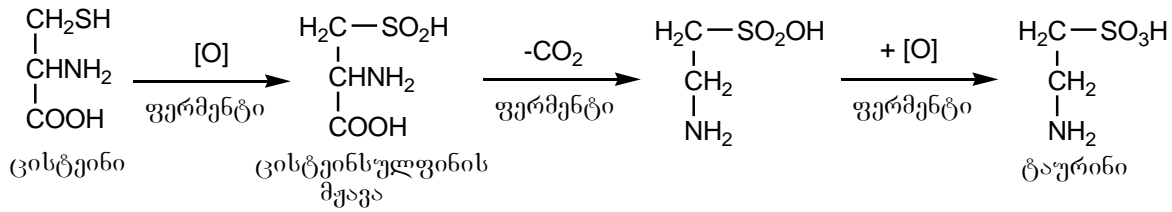


გლუტამინმჟავას დეკარბოქსილირებით წარმოიქმნება ბუნებრივი ტრანკვილიზატორი γ-ამინერბომჟავა:

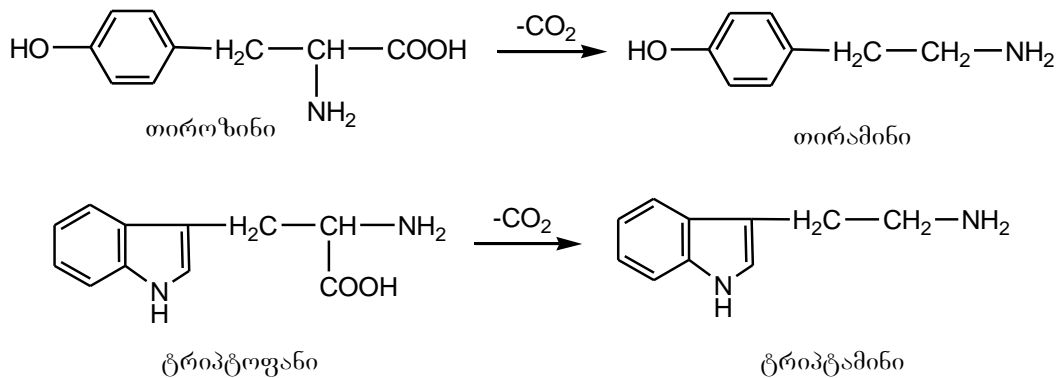


გლუტამინმჟავა აღნიშნულ გარდაქმნას განიცდის ვიტამინ B₆-ის თანდასწრებით, რომელიც ამ პროცესის კოფერმენტს წარმოადგენს. დეზამინირების შედეგად გამოყოფილი ამიაკი სხვადასხვა გზით გამოიყოფა ორგანიზმიდან. წყლის მობინადრენი ამიაკს გამოყოფენ უშუალოდ წყალში, ხოლო სმელეთის მობინადრენი შარდოვანასა და შარდის მჟავას სახით. ძუძუმწოვრები ჭარბ აზოტს გამოყოფენ შარდოვანას სახით, რომელიც წყალში კარგად იხსნება. ქვეწარმავლები და ფრინველები კი აზოტს გამოყოფენ წყალში უხსნადი შარდის მჟავას სახით. შარდის

მჟავა ადამიანის ორგანიზმში გამოიყოფა როგორც თანამდე პროდუქტი შარდის სახით. დღე-ღამეში გამოყოფილი შარდი შეიცავს დაახლოებით 0,5_გ შარდის მჟავას. უფრო მეტი რაოდენობის გამოყოფისას შარდის მჟავა იწვევს კენჭების წარმოქმნას თირკმლებსა და შარდის ბუშტში. შარდის მჟავას მონონატრიუმის მარილების გამოლეკვა ხდება სახსრებში, რაც იწვევს ნიკრისის დაავადებას. ცისტინის გარდაქმნა ორგანიზმში შემდეგნაირად მიმდინარეობს:

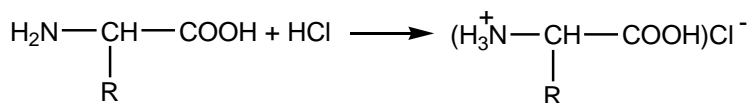


ღვიძლში ტაურიდან წარმოიქმნება ტაურინქოლის მჟავა, სადაც ტაურინი ქოლის მჟავასთან დაკავშირებულია ამიდური ბმით. ტაურინი აღმოჩენილია თავის ტვინშიც. დღეისათვის კარგად არის შესწავლილი თიროზინის, ტრიპტოფანის, ჰისტიდინის და სხვა ამინომჟავების დეკარბოქსილირების რეაქციები:

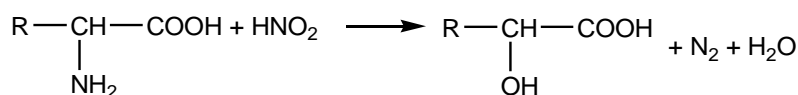


ტრიპტოფანი ადვილად განიცდის ჰიდროქსილირებას ტრიპტოფან-5-მონოოქსიდაზით, წარმოიქმნება 5-ჰიდროქსი-L-ტრიპტოფანი, ხოლო მისი დეკარბოქსილირებით, არომატული L-ამინომჟავების დეკარბოქსილაზით მიიღება სეროტონინი, რომელიც განსაკუთრებულ როლს ასრულებს მეხსიერების მექანიზმებში.

4. α-ამინომჟავები მოქმედებს არაორგანულ მჟავებთან და წარმოქმნის მარილებს:



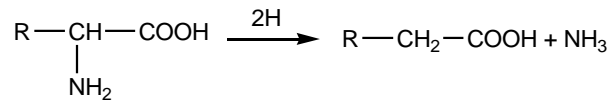
5. α-ამინომჟავები მოქმედებს აზოტოვან მჟავასთან და გარდაიქმნება – ჰიდროქსიმჟავებად, ამ დროს გამოიყოფა თავისუფალი აზოტი:



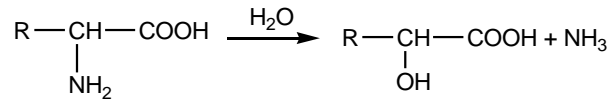
გამოყოფილი აზოტის მოცულობის მიხედვით რაოდენობრივად საზღვრავენ ამინომჟავას ვან-სლაიკის მეთოდით.

6. ამინომჟავებისათვის დამახასიათებელია დეზამინირების რეაქციები. არსებობს ჟანგვითი და არაჟანგვითი დეზამინირება. არაჟანგვითი დეზამინირება მიმდინარეობს ბაქტერიებსა და სოკოებში. არაჟანგვითი დეზამინირების რეაქციებია:

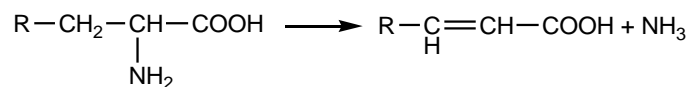
ა. ალდგენითი დეზამინირება:



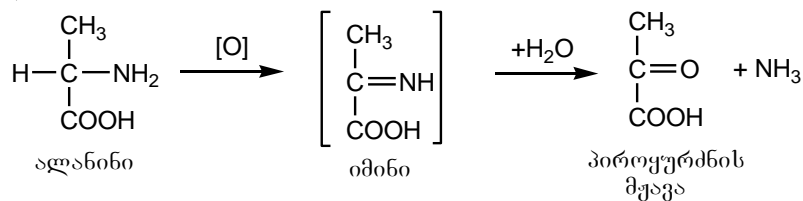
ბ. ჰიდროლიზური დეზამინირება:



გ. შიგამოლეკულური დეზამინირება:

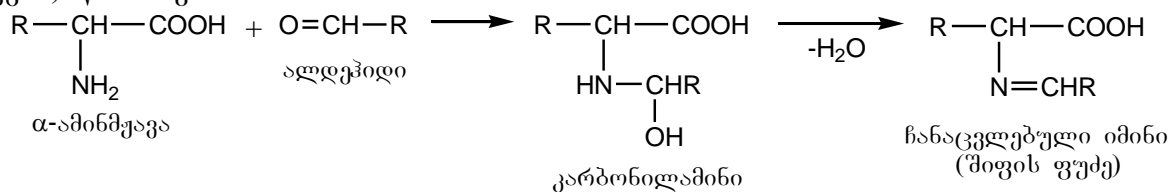


ჟანგვითი დეზამინირება მიმდინარეობს შუალედური პროდუქტის-იმიის წარმოქმნის გზით, მაგალითად:

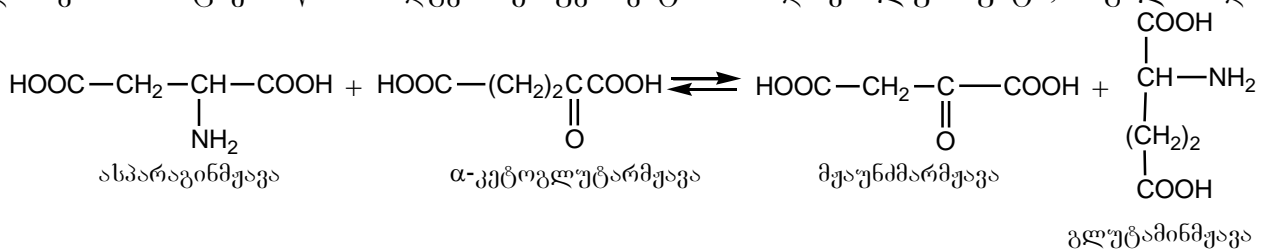


ცხოველური და მცენარეული ორგანიზმებისათვის, ასევე მრავალი აერობული მიკროორგანიზმისათვის უპირატესად ჟანგვითი დეზამინირებაა დამახასიათებელი.

7. α-ამინმჟავები მოქმედებს ალდჰიდებთან, ჩანაცვლებული იმილების (შიფის ფუძეები) წარმოქმნით:

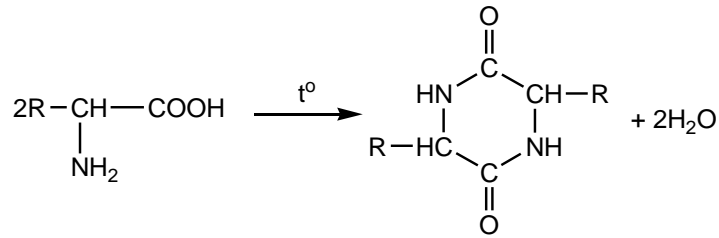


8. ამინმჟავებისათვის დამახასიათებელია გადაამინირების (ტრანსამინირების) რეაქცია, რომელიც α-ამინმჟავების ბიოსინთეზის ძირითადი გზაა. ეს პროცესი ხორციელდება შესაბამისი ფერმენტებისა და კოფერმენტების (პირიდოქსალფოსფატის) საშუალებით. ამ დროს ორგანიზმისათვის საჭირო α-ამინმჟავა სინთეზირდება უჯრედებში საკმარისი რაოდენობით არსებული სხვა α-ამინმჟავასაგან ამ უკანასკნელის ამინის ჯგუფის გადატანით ისეთ კეტონმჟავაზე, რომლის ნახშირწყალბადური რადიკალი აღნაგობით შეესაბამება დასასინთეზებელ α-ამინმჟავას. α-ამინმჟავადან კეტონმჟავაზე ამინის ჯგუფის გადატანისას მის დროებით “საცავს” წარმოადგენს კოფერმენტი პირიდოქსალფოსფატი, მაგალითად:

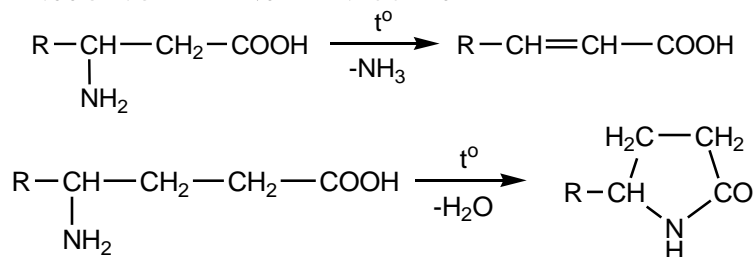


გადაამინირების საშუალებით ხდება ცალკეული L-ამინმჟავას სიტარბის თავიდან აცილება ორგანიზმში და, აქედან გამომდინარე, უჯრედებში ამინმჟავათა შემცველობის რეგულირება.

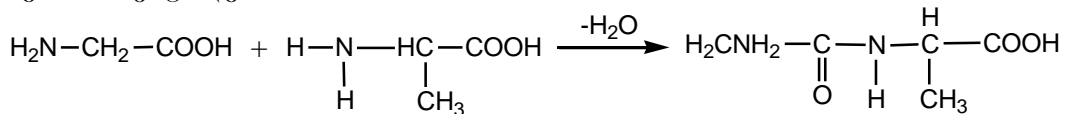
9. α-ამინმჟავები გახურებისას წარმოქმნის დიკეტოპიპერაზინებს:



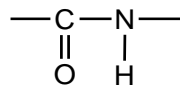
ამ რეაქციით შეიძლება α-ამინმჟავების განსხვავება სხვა ამინმჟავებისაგან, რადგან β-ამინმჟავების გახურებით მიიღება უჯერი მჟავები: γ-, δ- და ა.შ. α-ამინმჟავები კი წარმოქმნის შიგამოლეკულურ ამიდებს-ლაქტამებს:



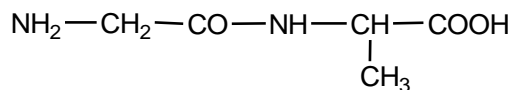
10. ამფოტერული ბუნების გამო α-ამინმჟავები შეიძლება ერთმანეთს დაუკავშირდეს და წარმოქმნას პეპტიდები:



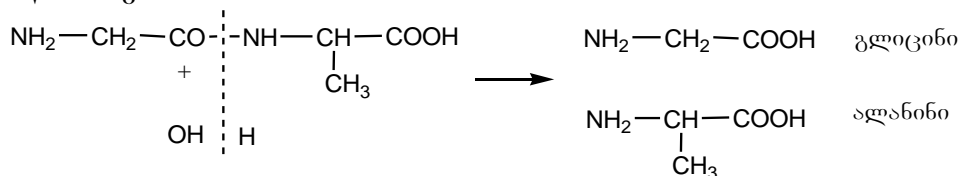
ორი ამინმჟავასაგან მიღებულ პეპტიდს დიპეპტიდი ეწოდება, მრავალი ამინმჟავასაგან მიღებულს-პოლიპეპტიდი. პეპტიდებში ამინმჟავათა ნაშთები ერთმანეთთან დაკავშირებულია



ჯგუფებით, რომელსაც პეპტიდური ანუ ამიდური ბმა ეწოდება. პეპტიდების სახელწოდება იწარმოება ამინმჟავათა სახელწოდებიდან. მაგალითად, შემდეგი დიპეპტიდის

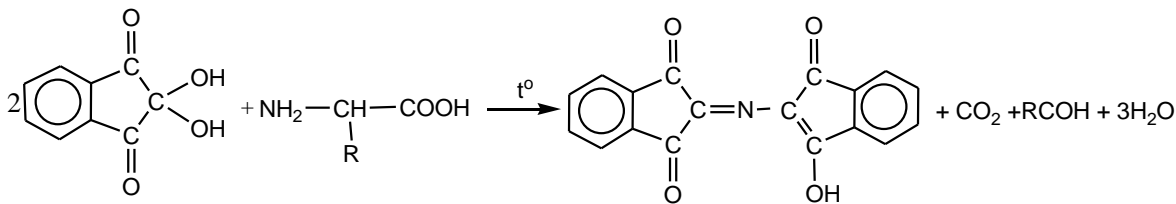


სახელწოდებაა გლიცინ-ალანინი. პეპტიდური ბმა, რთული ეთერული ბმის ანალოგიურად, ადვილად განიცდის ჰიდროლიზს მუავე ან ტუტე არეში საწყისი ამინმჟავების წარმოქმნით:



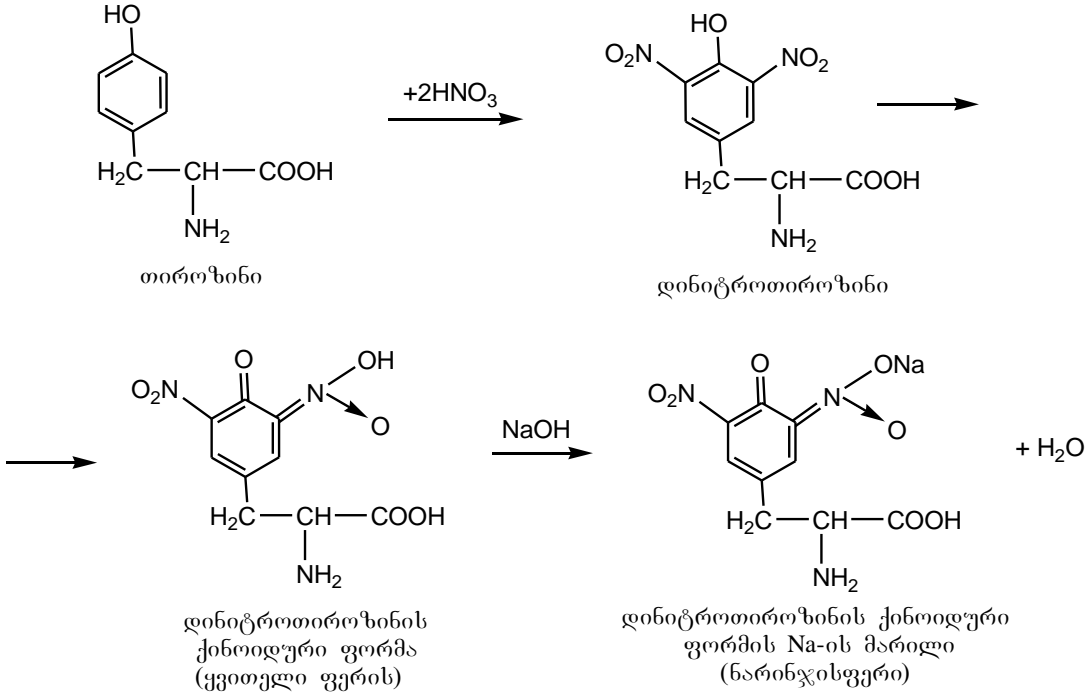
11. α -ამინმჟავები შედის რეაქციაში დისაქარიდებთან. არააღმდგენელ დისაქარიდებთან რეაქციის შედეგად გამოიყოფა შესაბამისი ალდეჰიდები, ამიაკი და ნახშირორჟანგი, ხოლო აღმდგენელ დისაქარიდებთან რეაქციისას ფურფუროლი ან ჰიდროქსიმეთილფურფუროლი. ამინმჟავებიდან წარმოქმნილი ალდეჰიდის სუნი ძირითადად განაპირობებს საკვები პროდუქტების არომატს. აღმდგენელი დისაქარიდებიდან გამოყოფილი ფურფუროლი და ჰიდროქსიმეთილფურფუროლი შემდგომ შედის რეაქციაში ამინმჟავებთან და წარმოქმნის მუქი ფერის პროდუქტებს, რომლებსაც მელანოიდები ეწოდება. მელანოიდების წარმოქმნით აიხსნება საკვები პროდუქტების ფერის შეცვლა შენახვის პროცესში. მელანოიდების ზუსტი სტრუქტურა ჯერ-ჯერობით არ არის დადგენილი.

12. ქრომატოგრაფიული და სპექტროფოტომეტრული ანალიზის დროს α -ამინმჟავების აღმოსახენად გამოიყენება თვისებითი რეაქცია ნინჰიდრინთან. ამ დროს მიიღება ლურჯი-იისფერი პროდუქტი. ეს რეაქცია დამახასიათებელია ნებისმიერი ამინმჟავასთვის:



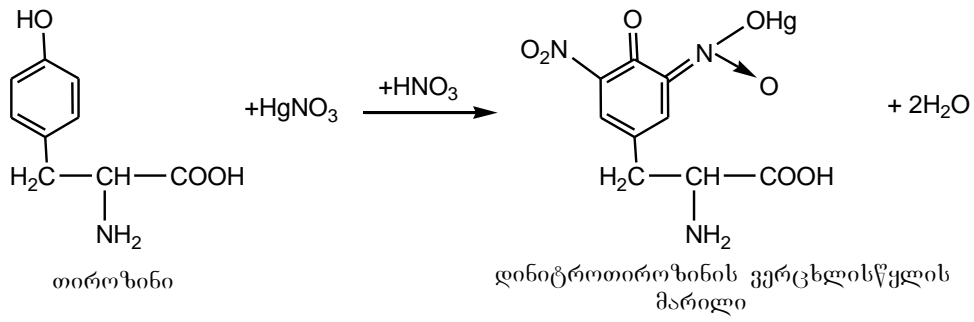
ამინმჟავები პროლინის და ოქსიპროლინის ყვითელი ფერის პიგმენტს წარმოქმნის.

13. ზოგიერთი ამინმჟავასთვის დამახასიათებელია სპეციფიკური რეაქციები ცალკეულ რეაგენტებთან. მაგალითად, თიროზინთან, ტრიპტოფანთან კონცენტრირებული HNO₃-ის მოქმედებით მიიღება ყვითელი ფერის ნიტროწარმოებული, რომელიც ტუტის მოქმედებით გადადის ნარინჯისფერში. ამ რეაქციას ქსანტოპროტეინის რეაქცია ეწოდება:



ასევე თიროზინთან მილონის რეაქტივის* მოქმედებით მიიღება აგურისფერ-წითელი ნალექი-ნიტროთიროზინის ვერცხლისწყლის მარილი:

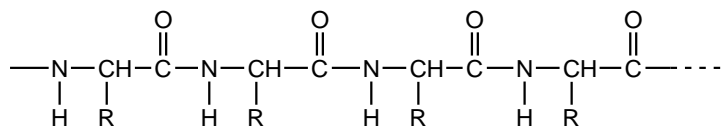
* მილონის რეაქტივს შემდგენაირად დებულობენ: 57მლ კონცენტრირებულ HNO₃-ში ხსნიან 40მლ ვერცხლისწყალს, შემდეგ ხსნარს აცხელებენ წყლის აბაზანაზე და აზავენ 2-ჯერ მეტი მოცულობის წყლით, აყოვნებენ და ნალექიდან გადმოწურავენ.



ცისტეინის აღმოსაჩენად ცილას უმატებენ ტყვიის აცეტატს (CH₃COO)₂Pb ტუტე არეში. წარმოიქმნება შავი PbS-ის ნალექი, რაც მიუთითებს ცილაში ცისტეინის არსებობაზე.

პეპტიდები

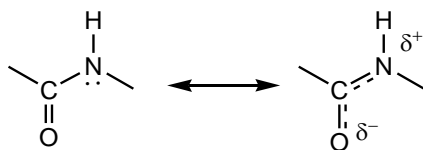
პეპტიდები ისეთი ნაერთებია, რომლებიც აგებულია ამინმჟავების ნაშთებისაგან. პეპტიდებს ყოფენ ოლიგოპეპტიდებად (დი-, ტრი-, ტეტრა- და ა. შ. პეპტიდები), რომელთა მოლეკულები შეიცავს არა უმეტეს 10 ამინმჟავურ ნაშთს და პოლიპეპტიდებად.



პოლიპეპტიდი

პოლიპეპტიდებს მიეკუთვნება ცილები. ცილების სტრუქტურის შესასწავლად დანიელესკიმ 1888 წელს გამოიყენა ბიურეტის რეაქცია. ბიურეტის ტუტე ხსნარზე რამდენიმე წვეთი CuSO_4 -ის განზავებული ხსნარის მოქმედებით წარმოიქმნება იისფერი შეფერილობა. ეს რეაქცია გამოწვეულია ცილის მოლეკულაში არსებული პეპტიდური ბმებით, რომლებიც სპილენძის იონებთან შეფერილ კომპლექსურ ნაერთებს წარმოქმნიან.

მე-20 საუკუნის 50-ან წლებში ამერიკელი მეცნიერების პოლინგისა და კორის მიერ რენტგენოსტრუქტურული ანალიზის მეთოდების გამოყენებით შესწავლილ იქნა მრავალი დი- და ტრიპეპტიდი. თანამედროვე წარმოდგენებით, პეპტიდებსა და ცილებში პეპტიდური ბმა პრაქტიკულად ბრტყელია, რაც იმით არის გამოწვეული, რომ მის შედგენილობაში შემავალი ნახშირბადის ატომი იმყოფება sp^2 -ჰიბრიდიზებულ მდგომარეობაში, ახორცის ატომის გაუწყვილებელი ელექტრონული წყვილი კი შეუღლებაში შედის $\text{C}=\text{O}$ ბმის π -ელექტრონულ სისტემასთან:



ელექტრონული სიმკვრივე გადაწეულია უფრო ელექტროუარყოფითი ჟანგბადის ატომისაკენ. შეუღლების შედეგად ხდება ბმის მანიძილების რამდენადმე გათანაბრება. $\text{C}=\text{O}$ ბმა გრძელდება 0,124 ნმ-მდე, ხოლო $\text{C}-\text{N}$ ბმა კი მოკლდება 0,132 ნმ-მდე. პეპტიდურ ჯგუფში ამ უკანასკნელს ნაწილობრივ ორმაგი ბმის ხასიათი გააჩნია, რაც აძნელებს ამ ბმის გარშემო ბრუნვას. ამრიგად, პეპტიდური ბმის ელექტრონული აღნაგობა განსაზღვრავს მის ბრტყელ, ხისტ სტრუქტურას. პეპტიდური ბმის სტრუქტურა განაპირობებს მთლიანობაში პოლიპეპტიდური ჯაჭვის სტრუქტურას. ეს ჯაჭვი არ არის განშტოებული. მის ერთ ბოლოს, სადაც მოთავსებულია ამინმჟავური ნაშთი თავისუფალი ამინის ჯგუფით, N -ბოლოკიდურს უწოდებენ, ხოლო მეორეს (თავისუფალი კარბოქსილის ჯგუფით) C -ბოლოკიდურს.

ერთ-ერთი პირველი მეთოდი N -ბოლოკიდურა ამინმჟავური ნაშთის განსაზღვრისათვის შემუშავებულ იქნა 1945 წელს ინგლისელი ბიოქიმიკოსის სენჯერის მიერ 2,4-დინიტროფტორბენზოლთან. ცილის ან პეპტიდის α -ამინჯგუფის რეაგირებისას წარმოიქმნება ყვითელი შეფერილობის დინიტროფენილური (დნფ) წარმოებული. შემდგომი მჟავური ჰიდროლიზი კი იწვევს პეპტიდური ბმის გაწყვეტას და N -ბოლოკიდურა ამინმჟავას დნფ-ს წარმოებულის წარმოქმნას. ბოლოს ახდენენ ეთერთ ამ უკანასკნელის ექსტრაგირებას და იდენტიფიცირებას თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიით.

დღეისათვის N -ბოლოკიდურა ნაშთების განსაზღვრისათვის ყველაზე უფრო გავრცელებულია ინგლისელი ბიოქიმიკოსების გრეისა და ჰარტლის მიერ 1963 წელს

შემუშავებული ე.წ. “დანსილური მეთოდი”. ეს მეთოდი იმავე პრინციპზეა დამყარებული, ოღონდ პირველ სტადიაზე იყენებენ დანსილქლორიდს (1-დიმეთილ-ამინ-ნაფტალინ-5-სულფოქლორიდი). ჰიდროლიზის შედეგად მიღებული პროდუქტის განსაზღვრას აწარმოებენ მაღალეფექტური თხევადი ქრომატოგრაფიის გამოყენებით.

C-ბოლოკიდურა ამინმჟავური ნაშთების განსაზღვრის ქიმიური მეთოდებიდან აღსანიშნავია იაპონელი ქიმიკოსის ა. კაბორის მიერ შემუშავებული ჰიდრაზინოლიზის მეთოდი. ამ მეთოდით პეპტიდს ან ცილას 100-120°C-ზე ახურებენ უწყლო ჰიდრაზინთან ერთად. ამ დროს ხდება პეპტიდური ბმების ჰიდროლიზი და ამინმჟავათა ჰიდრაზიდების წარმოქმნა. C-ბოლოკიდურა ამინმჟავა რჩება თავისუფალი სახით და სარეაქციო არიდან გამოყოფის შემდეგ ახდენენ მის იდენტიფიკაციას.

პეპტიდური სინთეზი- ეს არის ამინმჟავათა შეერთების გზით პეპტიდური ჯაჭვის აგება ქიმიური მეთოდების გამოყენებით. ეს პროცესი ძალზე რთულია, რადგანაც აუცილებელია ამინმჟავათა მეტად განსაზღვრული თანმიმდევრობის დაცვა. შემუშავებულია პეპტიდების სინთეზის სტრატეგია, რომლის მიხედვითაც შესაბამის ეტაპებზე საჭიროა ერთი ფუნქციური ჯგუფის დაცვა (ბლოკირება) და მეორის გააქტიურება. აქტიური უნდა იყოს ერთი ამინმჟავა კარბოქსილის ჯგუფი და მეორის ამინის ჯგუფი. ამასთან დაცული უნდა იყოს პირველი ამინმჟავას ამინის ჯგუფი და მეორის კარბოქსილის ჯგუფი. ამინის ჯგუფების დაცვისათვის იყენებენ ფორმილის, ტრიფტორაცეტისის, ბენზილჰიდროქსილკარბონილის და ა.შ. ჯგუფებს. კარბოქსილის ჯგუფებს კი იცავენ რთული ეთერების წარმოქმნით. ამ მიზნით იყენებენ ბენზილის, პ-ნიტრობენზილის, პ-მეთოქსიბენზილის, მესამად-ბუთილის და ა.შ. ჯგუფებს. ზოგჯერ საჭიროა აგრეთვე ამინმჟავათა გვერდით ჯაჭვში მყოფი ფუნქციური ჯგუფების (-OH, -SH, -CONH₂ და სხვა) დაცვაც. იმისათვის, რომ პეპტიდური სინთეზი საკმაოდ მაღალი სიჩქარით მიმდინარეობდეს, საჭიროა პირველი ამინმჟავას კარბოქსილის ჯგუფის გააქტიურება – მისი კარბონილური ნახშირბადატომის ელექტროფილურობის გაზრდა. ამ მიზნით უფრო ხშირად მიმართავენ რეაქციას ეთილქლოროფორმიატთან, რის შედეგაც წარმოიქმნება შერეული ანჰიდრიდი. ასე თანდათანობით, “ნაბიჯ-ნაბიჯ” ხორციელდება პეპტიდური ჯაჭვის ზრდა.

მე-20 საუკუნის 50-იანი წლებიდან იწყება ბიოლოგიურად აქტიური ბუნებრივი პეპტიდების სინთეზის ერა. უდიდეს მიღწევას წარმოადგენს 1963-65 წლებში გერმანელი მეცნიერების ცანის და კუნის, და ამერიკელი მეცნიერის კაცოიანისის მიერ განხორციელებული ინსულინის სინთეზი.

პეპტიდების სინთეზი ძალიან შრომატევადია და დაკავშირებულია დიდ ხარჯებთან. 1963 წელს ამერიკელმა მეცნიერმა მერიფილდმა შეიმუშავა პეპტიდების სინთეზის მყარფაზური მეთოდი, რითაც მნიშვნელოვნად იქნა დაძლეულ აღნიშნული რეაქციები. ამ მეთოდის პრინციპი იმაში მდგომარეობს, რომ მზარდი პეპტიდური ჯაჭვი მაგრდება უხსნად, მყარ პოლიმერულ მატრიცაზე. პირველი ამინმჟავა თავისი კარბოქსილური ჯგუფით კოვალენტურად უკავშირდება ამ მატრიცას. შემდგომი ამინმჟავა, წინასწარ დაცული ამინის ჯგუფით, უერთდება მას პეპტიდური ბმით. -NH₂ და -COOH ჯგუფების კონდენსაციის ყოველ შემდგომ სტადიაზე იყენებენ მაკონდენსირებელ აგენტს (მაგალითად, დიციკლოჰექსილკარბოდიამიდს). კონდენსაციის რეაქციის დამთავრების შემდეგ შერჩევითად ხდება ამინის ჯგუფის ბლოკირება. ჭარბი რეაგენტების ექსტრაგირებას ახდენენ ორგანული გამხსნელებით, ხოლო მყარი პოლიმერი და მასზე დამაგრებული რეაქციის პროდუქტი რჩება სარეაქციო ჭურჭელში. ეს ოპერაციები თანმიმდევრობით გრძელდება მანამ, სანამ არ მოხდება უკანასკნელი ამინმჟავური ნაშთის მიერთება. ამის შემდეგ აცილებენ დამცველ ჯგუფებს, წყვეტენ ბმას პოლიმერულ მატრიცასა და პოლიპეპტიდს შორის და გამოყოფენ მიღებულ პოლიპეპტიდს. პოლიპეპტიდების სინთეზი ტარდება სპეციალურ სინთეზატორებში, სადაც ყველა ოპერაცია დაპროგრამებულია.

ცილები

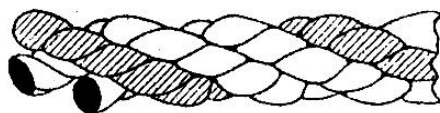
ცილები რთული აღნაგობის ბიოპოლიმერებია, რომელთა შედგენილობაში გარდა პოლიპეპტიდური ჯაჭვისა, შეიძლება იყოს სხვა ორგანულ ნაერთთა ნაშთები. სხვა ორგანული ნაერთებისაგან განსხვავებით ცილებს ახასიათებს მთელი რიგი თავისებურებანი. მათ გააჩნიათ დიდი მოლეკულური მასა. მაგალითად, კვერცხის ერთ-ერთი ცილის – ალბუმინის მასაა 36 000, ჰემოგლობინის – სისხლის წითელი უჯრედების ცილის 152 000, მიოზინის – კუნთის ცილის – 500 000.

ცილები იყოფა 2 დიდ ჯგუფად: მარტივ ცილებად ანუ პროტეინებად და რთულ ცილებად ანუ პროტეიდებად. “პროტეინი” ბერძნული სიტყვაა და ნიშნავს პირველადს. მუავე არეში პროტეინების ჰიდროლიზის შედეგად წარმოიქმნება α-ამინომჟავები, ხოლო პროტეიდების ჰიდროლიზისას ამინომჟავებთან ხდება არაორგანული და ორგანული ნაერთების მიღება. ამ არაცილოვან ნაწილს პროსტეტული ჯგუფი ეწოდება.

პროტეინებს მიეკუთვნება: ალბუმინები, გლობულინები, გლუტელინები და სკლეროპროტეინები. ალბუმინები წყალში კარგად იხსნება, გვხვდება რძეში, კვერცხის ცილაში და სისხლში. გლობულინები წყალში არ იხსნება, მაგრამ ხსნადია მარილთა განზავებულ ხსნარებში. მათ მიეკუთვნება სისხლის გლობულინები და ცილა მიოზინი. ეს უკანასკნელი გვხვდება კუნთებში. გლუტელინები იხსნება მხოლოდ ტუტის განზავებულ ხსნარებში, გვხვდება მცენარეებში. სკლეროპროტეინები-უხსნადი ცილებია. მათ მიეკუთვნება კერატინები, კანისა და შემაერთებელი ქსოვილის ცილა კოლაგენი და ბუნებრივი აბრეშუმის ცილა ფიბროინი. პროტეიდები წარმოადგენენ შერეულ ბიოპოლიმერებს. მათი კლისიფიკაცია ხდება პროსტეტული ჯგუფის ხასიათის მიხედვით. არჩევენ: გლიკოპროტეიდებს (არა ცილოვანი ნაწილის სახით შეიცავს ნახშირწყლებს), ლიპოპროტეიდებს (შეიცავს ლიპიდებს), ნუკლეოპროტეიდებს (შეიცავს ნუკლეინმჟავებს), ფოსფოპროტეიდებს (შეიცავს ფოსფორმჟავას ნაშთებს) და მეტალოპროტეიდებს (შეიცავს მეტალთა იონებს).

ცილები ფორმის მიხედვით იყოფა ორ ჯგუფად: ფიბრილურ და გლობულურ ცილებად. ცილას, სადაც სიგრძის შეფარდება სიგანესთან 10-ზე მეტია ფიბრილური ეწოდება, ხოლო ცილას, სადაც სიგრძის შეფარდება სიგანესთან 10-ზე ნაკლებია-გლობულური. ფიბრილური ცილაა: კერატინი, ფიბროინი და სინთეზური პოლიპეპტიდები. ფიბრილური ცილები წყალში უხსნადია, გლობულური კი წყალში იხსნება და კოლოიდურ ხსნარს წარმოქმნის. ფიბრილური ცილის მოლეკულები გაწელილია სიგრძეში და წარმოქმნის ბოჭკოს, სადაც ხაზოვანი პოლიპეპტიდური ჯაჭვები ერთმანეთთან დაკავშირებულია წყალბადური ბმებით. გლობულური ცილის მოლეკულები დახვეულია შიგამოლეკულური წყალბადური ბმების მეშვეობით:

სურ. 4



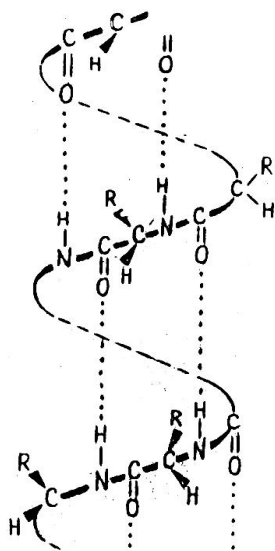
ფიბრილური ცილა

ფიბრილური ცილები ქსოვილების ძირითად სამშენებლო მასალის ფუნქციას ასრულებს. გლობულური ცილები კი ასრულებენ სასიცოცხლო პროცესების რეგულატორის ფუნქციას. ფიბრილური ცილებია კერატინი (რომელიც შედის კანის, ფრჩხილის, ბუმბულის, რქოვანის შედგენილობაში), ყველა ფერმენტი, ჰორმონები, ანტისხეულები, კვერცხის ალბუმინი, ჰემოგლობინი და სხვა.

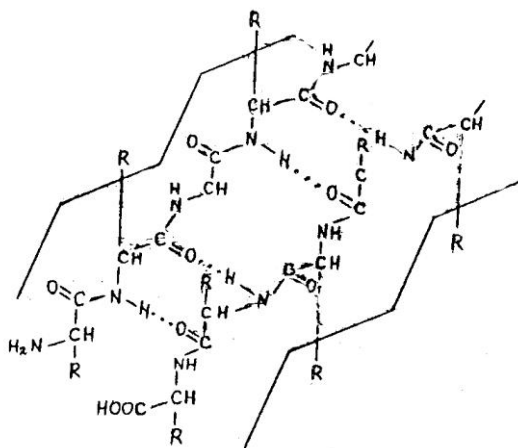
ცილების სტრუქტურა

ცილის მოლეკულა შედგება პოლიპეპტიდური ჯაჭვისაგან. ცილის პოლიპეპტიდური თეორია ჩამოაყალიბა გერმანელმა მეცნიერმა ე. ფიშერმა. დღეისათვის ცილების სტრუქტურის განსაზღვრის სხვადასხვა მეთოდების გამოყენებით შესაძლებელი გახდა 500-მდე ცილის პოლიპეპტიდური ჯაჭვის აგებულების გაშიფვრა. ქათმის კვერცხის ცილის კრისტალური ლიზოციმის მოლეკულური მასა არის 14386 და იგი შედგება 129 ამინმჟავასაგან, რომელიც წარმოქმნის ერთ პოლიპეპტიდურ ჯაჭვს. ლიზოციმის მოლეკულაში N-ბოლოკიდურა ამინმჟავას წარმოადგენს ლიზინი, ხოლო C-ბოლოკიდურას ლეიცილი. სხვადასხვა ამინმჟავური რგოლის მონაცვლეობის თანამიმდევრობას პოლიპეპტიდურ ჯაჭვში ცილის მოლეკულის პირველადი სტრუქტურა ეწოდება. ამ დროს ყოველი ინდივიდუალური ცილა ხასიათდება თავისი ამინმჟავური რგოლების მკაცრი თანამიმდევრობით იმის მსგავსად, როგორც ანბანის განსაზღვრული რაოდენობის ასოებისაგან შეიძლება შევადგინოთ სხვადასხვა სიტყვა, ისე ოცი ამინმჟავასაგან შეიძლება წარმოიქმნას ცილების უსაზღვრო რაოდენობა.

სპირალური პოლიპეპტიდური ჯაჭვები ცილის მოლეკულაში შეფუთულია მკვერივად, რაც ქმნის ამ მოლეკულათა შინაგან სტრუქტურას. თანამედროვე შეხედულებით, ცილის მოლეკულაში იმყოფება სპირალური კონფიგურაციის მქონე მრავალგზის განმეორებადი სტრუქტურული პოლიპეპტიდური ერთეულები, რომლებმაც მიიღეს α -სპირალის სახელწოდება. α -სპირალური სტრუქტურა მაშინ წარმოიქმნება, როცა პოლიპეპტიდური ჯაჭვის ყველა რგოლში მარტივი ბმების გარშემო ბრუნვის კუთხე სიდიდითა და ნიშნით ერთნაირია. ამის შედეგად თანდათან ხდება ხვეული კიბის მსგავსად ჯაჭვის დახვევა. α -სპირალის სტაბილიზირება ხორციელდება პოლიპეპტიდური ჯაჭვის C=O და N-H ჯგუფებს შორის არსებული შიგამოლეკულური წყალბადური ბმებით. ამინმჟავური ნაშთების რადიკალები სპირალის მიერ წარმოქმნილი ცილინდრის პერიფერიაზე მდებარეობს. ამ ნაშთების ბუნების მიხედვით მუდავნდება სპირალის ჰიდროფობული და ჰიდროფილური ხასიათი. α -სპირალში პოლიპეპტიდური ჯაჭვის ყოველი NH-ჯგუფი წყალბადური ბმით უკავშირდება მისგან მეოთხე ამინმჟავური ნაშთის CO-ჯგუფს. ჩვეულებრივ, ბუნებრივ ნაერთებში გვხვდება ცილები მარჯვნივ დახვეული α -სპირალით. სპირალის თითოეულ ხვიაზე მოდის 3,6-ამინმჟავური ნაშთი. ხვებს შორის მანძილი, ე.წ. ბიჯი შეადგენს 0,54 ნმ-ს, სპირალის რადიუსი კი 0,23 ნმ-ს.



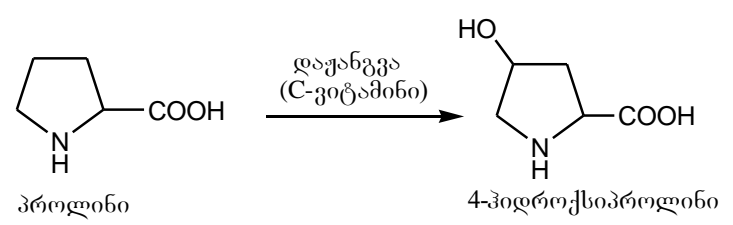
α -სპირალი



პოლიპეპტიდური ჯაჭვის β -სტრუქტურა

α-სტრუქტურის გარდა ცილებს ახასიათებს ე.წ. β-სტრუქტურა. ცილის მეორად სტრუქტურაში იგულისხმება პილიპეპტიდური ჯაჭვის კონფორმაცია. პირველად ინგლისელმა მეცნიერმა ასტბერიმ 1941 წელს რენტგენოსტრუქტურული ანალიზის საფუძველზე აღწერა β-სტრუქტურა. 10 წლის შემდეგ პოლინგმა და კორიმ დაადგინეს, რომ β-სტრუქტურა ანუ “ნაოჭა” სტრუქტურა, ეს არის ჯაჭვებს შორის არსებული წყალბადური ბმებით სტაბილიზირებული, ზიგზაგისებური პეპტიდური ჯაჭვების ასოციაცია. α- და β-სტრუქტურა წარმოქმნის მეორეულ სტრუქტურას ცილის მოლეკულაში. ამ დროს ამინმჟავური რადიკალები სპირალის გარეთ რჩება. სპირალის ხვეულები ერთმანეთთან მჭიდროდაა განლაგებული. ერთ ხვეულზე მყოფ NH-ჯგუფებსა და მეზობელ ხვეულზე მყოფ CO-ჯგუფებს შორის წარმოიქმნება წყალბადური ბმები. წყალბადური ბმები კოვალენტურთან შედარებით სუსტია, მაგრამ მრავალჯერ გამეორებით, ისინი მტკიცე ბმებს ქმნიან. პოლიპეპტიდური სპირალი, რომელიც “გააქრილია” მრავალრიცხოვანი წყალბადური ბმებით, საკმაოდ მყარი სტრუქტურაა.

მეორეული სტრუქტურის კიდევ ერთი სახეობაა კოლაგენის სპირალი. კოლაგენი ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებულია ცილის სტრუქტურათა შორის ადამიანის ორგანიზმში (მთელი ცილის 30%-ს შეადგენს). იგი ბოჭკოვანი, წყალში უხსნადი ცილაა. სხვა კომპონენტებთან ერთად წარმოქმნის კოლაგენურ ბოჭკოს, რომელიც ადამიანის ორგანიზმის შემაერთებელი ქსოვილის ძირითად მასას წარმოადგენს. იგი შედგება ტროპოკოლაგენის სამი სპირალიზირებული ჯაჭვისაგან. კოლაგენური სტრუქტურა სტაბილიზირდება წყალბადური ბმებით, რომელიც მყარდება ერთი ჯაჭვის პეპტიდურ NH-ჯგუფსა და მეორე ჯაჭვის CO-ჯგუფს შორის. კოლაგენის სინთეზის დარღვევასთანაა დაკავშირებული ზოგიერთი დაავადება. C-ვიტამინი ახორციელებს ფერმენტის ფუნქციას პროლინური და ლიზინური ნაშთების ჰიდროქსილირებას. ამიტომ მისი უკმარისობა იწვევს კოლაგენის სისტემის დარღვევას.

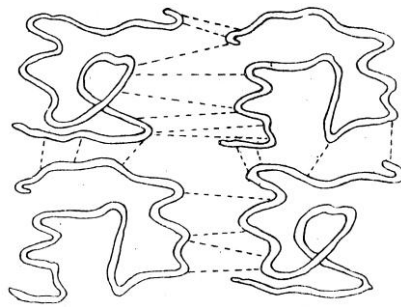


კოლაგენს აქვს დიდი მნიშვნელობა სამედიცინო პრაქტიკაში. ამ ბიოპოლიმერის საფუძველზე მიღებულია ახალი პლასტიკური მასალა, რომელიც გამოიყენება კანის დონორული ადგილების დასაფარავად, სისხლმდენი ზედაპირის დასახურად.

პოლიპეპტიდური ჯაჭვი, რომელიც გარკვეული რაოდენობით შეიცავს მეორადი სტრუქტურის უბნებს, ჩვეულებრივ სივრცეში ეწყობა შედარებით კომპაქტური სისტემის სახით და წარმოქმნის მესამეულ სტრუქტურას. ამ სისტემის სტაბილიზირებაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს წყალბადური ბმები გვერდითი რადიკალების ფუნქციურ ჯგუფებს შორის, დისულფიდური ბმები ერთი და იგივე ან სხვადასხვა ჯაჭვის ცისტეინურ ნაშთებს შორის, ვან-დერ-ვაალსური მიზიდულობის ძალებით განპირობებული ჰიდროფილური ურთიერთქმედება ამინმჟავური ნაშთების არაპოლარულ რადიკალებს შორის და იონური ურთიერთქმედება ამინმჟავური ნაშთების იონოგენურ რადიკალებს შორის. დისულფიდური ბმები მყარდება ერთი და იგივე ან სხვადასხვა პოლიპეპტიდური ჯაჭვის ცისტეინის ნაშთებს შორის. დისულფიდური ბმები განსაკუთრებით ბევრია კერატინში (თმისა და შალის ცილა).

მეოთხეული სტრუქტურა წარმოადგენს, რამდენიმე ცალკეული პოლიპეპტიდური ჯაჭვის ერთობლიობას, სადაც თითოეული ჯაჭვი ინარჩუნებს თავის პირველად, მეორეულ და მესამეულ სტრუქტურას და გამოდის ერთი უფრო მაღალორგანიზებული სივრცითი სტრუქტურის მქონე კომპლექსის, სუბერთეულის როლში. ასეთი

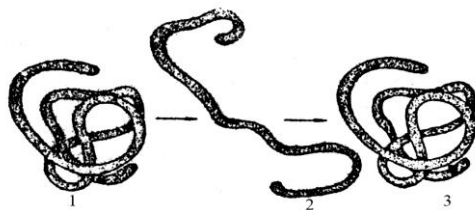
კომპლექსის ბიოლოგიური ფუნქცია განსხვავდება შემადგენელი სუბერთეულის თვისებებისაგან. სუბერთეულებს შორის მეოთხეულ სტრუქტურაში დამყარებულია წყალბადური ბმები და ჰიდროფობული ურთიერთქმედება. ნმეოთხეული სტრუქტურა ახასიათებს ცალკეულ ცილებს – ჰემოგლობინს, თამბაქოს მოზაიკის ვირუსს, რნმ-პოლიმერაზას და სხვა.



ცილის მეოთხეული სტრუქტურა

დენატურაცია. ცილის სტრუქტურა შეიძლება დაირღვეს სხვადასხვა ფაქტორების გავლენით: მაღლი ტემპერატურით, pH-მაჩვენებლის შეცვლით, ინფრაწითელი ან რენტგენული სხივების, მექანიკური ზემოქმედებით, მაგალითად, ძლიერი შენჯღრევით. ცილის ბუნებრივი მაკროსტრუქტურის დარღვევას ეწოდება დენატურაცია. ამ დროს ცილა იძენს არაკანონზომიერ, შემთხვევით სტრუქტურას და კარგავს ძირითად ფუნქციას. ცილის დენატურაციის დროს ირღვევა მეოთხეული, მესამეული და მეორეული სტრუქტურები. დენატურაციის შედეგად ცილა ადვილად გამომარილდება, ილექება, მატულობს სიბლანტე და სულფჰიდრილის ჯგუფების რეაქტიულობა მასკირებული ჯგუფების გამოთავისუფლების ხარჯზე. დენატურაციის სიღრმისაგან დამოკიდებულებით იგი შეიძლება იყოს შექცევადი ან შეუქცევადი. დენატურაციის გამომწვევი აგენტის მოცილების შემდეგ (დიალიზი, გადაკრისტალდება) აღინიშნება ცილის რენატურაცია, მისი სტრუქტურის თვითწყობა და ფუნქციის აღდგენა. ეს კიდევ ერთხელ მიუთითებს იმაზე, რომ ცილის უმაღლესი სტრუქტურები და ფუნქცია პირველადი სტრუქტურით არის განსაზღვრული.

სურ. 5



ცილის დენატურაცია და რენატურაცია

1. ნატიური ცილის სტრუქტურა
2. დენატურირებული ცილის სტრუქტურა
3. რენატურირებული ცილის სტრუქტურა

ამგვარად, თითოეულ ცილას გააჩნია მხოლოდ მისთვის დამახასიათებელი თანმიმდევრობა, რასაც პირველად სტრუქტურას უწოდებენ. შესაძლო პირველად სტრუქტურათა რაოდენობა პრაქტიკულად უსაზღვროა. პირველადი სტრუქტურა განსაზღვრავს ცილის მეორეულ სტრუქტურას – ცალკეულ უბნებში მისი პოლიმერული ჯაჭვის სივრცულ კონფიგურაციას. ცილის მაკრომოლეკულის რეალურ ფორმას სამგანზომილებიან სივრცეში მესამეული სტრუქტურა ეწოდება. ცილები, რომლებიც რამდენიმე სუბერთეულისაგან შედგება, წარმოქმნის მეოთხეულ სტრუქტურას. ყველა ამ სტრუქტურას კი პირველადი სტრუქტურა განსაზღვრავს. ადამიანი თუ კალია, ვარდი თუ ბუღბული, ლომი თუ ვირუსი – ცოცხალ არსებათა ყველა ეს მრავალფეროვნება ცილის ურიცხვ ვარიაციას წარმოადგენს. ჭიანჭველისა თუ გენიალური

ადამიანის ცილა ერთი და იგივე ამინმჟავებისგანაა აწყობილი. განსხვავება მხოლოდ ამინმჟავური ნაშთების თანმიმდევრობაშია. რომელიმე ამინმჟავის გადანაცვლება ან სხვა ამინმჟავათი შეცვლა იწვევს ცილის ფუნქციის ცვლილებას და, შესაბამისად, ორგანიზმის მძიმედ დაავადებას. როგორ წარმოიქმნება ბუნებაში ცილის დეტერმინირებული ჯაჭვი? ცოცხალი უჯრედის (მაშასადამე, მთელი ორგანიზმის) მშენებლობის გეგმა ნუკლეინის მუავას მოლეკულაშია ჩადებული. ამ გეგმის ასლები თაობიდან თაობას გადაეცემა. ცილებში ამინმჟავათა თანმიმდევრობის ინფორმაციის ჩაწერის ხერხი, რომელსაც გენეტიკური კოდი ეწოდება, უნივერსალურია. ადამიანი თუ ცხოველი, მცენარე თუ მწერი ერთ და იგივე გეგმას იყენებს. ამგვარად, მემკვიდრეობით გადაეცემა არა სტრუქტურა, არამედ ამ სტრუქტურის აღწერილობა და მისი დამზადების ინსტრუქცია.

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თსუ პროფესორმა რ. გახოკიძემ ცილას “სიცოცხლის ფუგა” უწოდა და შექმნა ვარიაციები ცილის თემაზე (რომელსაც შემდგომ მუსიკალური კოდის პრინციპი უწოდა). რ. გახოკიძემ ცილების სპეციფიკურობა შეადარა მუსიკას, რომელიც მცირე რაოდენობის ბგერათა შეხამებისაგან მიიღება და უსაზღვროდ მრავალფეროვანია. ბუნებაში მრავალი ბგერაა, მაგრამ ყველა როდი ქმნის მუსიკას. ასევე ბუნებაში არსებული ყველა ამინმჟავა არ გამოდგება ცილის საშენ მასალად. განსაზღვრული სისტემით ხდება როგორც ამინმჟავათა, ისე მუსიკალურ ბგერათა გადარჩევა და ჩამოყალიბება. მელოდია არ წარმოადგენს ბგერების შემთხვევით თანახმიანობას. ასევე ცილა არაა ამინმჟავათა შემთხვევითი ნაკრები. მუსიკა დასაბამიდანვეა ჩადებული ცოცხალ არსებაში და ორგანიზმის, როგორც მთელის, მოდულაციას ახდენს. საკმარისია ცვლილება გენეტიკური კოდის პრაქტიკაში, რომ გენი ონკოგენური გახდეს. ეს, თავის მხრივ, გამოიწვევს ერთი ამინმჟავას შეცვლას მეორეთი, რის გამოც ნორმალური ცილა (მელოდია) კიბოვანი გახდება (ჩნდება მელოდიაში დისონანსი).

დიდმა ქართველმა კომპოზიტორმა და ქიმიკოსმა რ. გახოკიძემ ცილების შემადგენლობაში შემავალ თითოეულ ამინმჟავას განსაზღვრული მუსიკალური ბგერა შეუსაბამა (ტრანსკრიპცია ნებისმიერადაა აღებული):

ცხრილი 2

<i>ამინმჟავები</i>	<i>შემოკლება(ლათინური აბრევიატურა)</i>	<i>მუსიკალური ბგერები</i>
ლიცინი		ღო
ალანინი		რე
ვალინი		მი
ლეიცინი		ფა
იზოლეიცინი		სოლ
ცისტეინი		ლა
ცისტინი		სი
მეთიონინი		ღო დიეზი
სერინი		რე ”
ტრეონინი		მი ”
ასპარაგინის მჟავა		ფა ”
გლუტამინის მჟავა		სოლ ”
ლიზინი		ლა ”
ოქსილიზინი		სი ”
არგინინი		ღო ბემოლი
ფენილალანინი		რე ”
თიროზინი		მი ”
ჰისტიდინი		ფა ”
ტრიპტოფანი		სოლ ”
პროლინი		ლა ”
ოქსიპროლინი		სი ”

ცილის ბიოსინთეზი

უჯრედი წარმოადგენს რთულ, უაღრესად მოწესრიგებულ სტრუქტურას, რომელშიც კატალიზური აპარატის დახმარებით ხორციელდება ურთულესი და მრავალფეროვანი ქიმიური რეაქციები. ყველა ეს რეაქცია წარმართება უჯრედის გარკვეულ ნაწილში გეგმაზომიერად, ორგანიზებულად და უაღრესად ეკონომიურად. უჯრედში მიმდინარე მრავალრიცხოვანი რეაქციებიდან შეიძლება გამოიყოს ორი ურთიერთსაპირისპირო, მაგრამ ერთმანეთთან მჭიდროდ დაკავშირებული სინთეზისა და დაშლის რეაქციები.

სინთეზური რეაქციების შედეგად უჯრედში გარედან შემოსული მარტივი ნივთიერებებიდან, როგორცაა ამინმჟავები, მონოსაქარიდები, ორგანული მჟავები, ნუკლეოტიდები, განუწყვეტლივ წარმოიქმნება ცილები, რთული ნახშირწყლები, ლიპიდები, ნუკლეინის მჟავები, რომელთა ნაწილს უჯრედი იყენებს საკუთარი სხეულის, მემბრანის, ორგანოიდების შესაქმნელად, ნაწილს – ფერმენტებისა და სხვა ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების წარმოსაქმნელად, ნაწილს კი მარაგის სახით გადაინახავს. უჯრედში მიმდინარე ნივთიერებათა სინთეზს ბიოლოგიური სინთეზი ან მოკლედ ბიოსინთეზი ეწოდება.

ბიოსინთეზი საფუძვლად უდევს ორგანიზმის ზრდას, განვითარებას, განახლებასა და საკვების მარაგად გადანახვას. ბიოსინთეზის ყველა რეაქცია ენდოთერმული ხასიათისაა. ისინი დაკავშირებულნი არიან ენერჯის შთანთქმასთან. ბიოსინთეზის რეაქციათა ერთობლიობას პლასტიკური ცვლა ანუ ასიმილაცია ეწოდება. (Plastos – ბერძნულად ნიშნავს გამოქერწილს. ისევე როგორც მოქანდაკე თიხისაგან, ქვისაგან ან მარმარილოსაგან ძერწავს ქანდაკებას, ასევე ბიოსინთეზის პროცესში მარტივი ნივთიერებებისაგან წარმოიქმნება უჯრედის შემადგენელი ნაწილები. Assimilatio – ლათინურად ნიშნავს მსგავსებას). ბიოსინთეზის შედეგად საკვებში არსებული ნივთიერებები გარდაიქმნება უჯრედისათვის აუცილებელ ნივთიერებებად.

უჯრედში მიმდინარე მეორე ტიპის ქიმიური რეაქციები დაშლის რეაქციებია. ამ რეაქციების დროს რთული ორგანული ნივთიერებები იშლება უფრო მარტივ ნივთიერებებად: ცილები – ამინმჟავებად, რთული ნახშირწყლები – მონოსაქარიდებად, ცხიმები – გლიცერინად და ორგანულ მჟავებად. ყველა დაშლის რეაქციას უმეტეს შემთხვევაში თან სდევს ენერჯის გამოყოფა, რადგან ამ დროს ადგილი აქვს რთულ მოლეკულებში არსებული ქიმიური ბმების რღვევას, ამიტომ ყველა დაშლის რეაქცია ენდოთერმულია. ასიმილაცია და დისიმილაცია, ეს ორი პროცესი წარმოადგენს უჯრედის სიცოცხლის შენარჩუნებას, მისი ზრდა-განვითარებისა და ფუნქციონირების ძირითად პირობას.

ადამიანებში ზოგიერთი პათოლოგიური მდგომარეობის და შიმშილის დროს დისიმილაციის პროცესები აჭარბებს ასიმილაციის პროცესებს და ამ დროს ადგილი აქვს ორგანიზმის წონაში კლებას, სიგამხდრეს.

პლასტიკური ცვლის ანუ დისიმილაციის ერთ-ერთი თვალსაჩინო და მნიშვნელოვანი მაგალითია ცილის ბიოსინთეზი. მასზეა დამოკიდებული უჯრედში მიმდინარე ყველა სასიცოცხლო პროცესი, მისი ზრდა, კვება, გამრავლება, განვითარება. ცილები, პირველ რიგში კი ცილა-ფერმენტები და ცილა ჰორმონები განსაზღვრავენ მოცემული ორგანიზმის ნივთიერებათა ცვლის თავისებურებას და, საბოლოო ჯამში, მის გარეგან სახეს და მის მსგავსებას მშობლიურ ფორმებთან.

ცილის სინთეზი უაღრესად რთული და მრავალსაფეხურებრივი პროცესია. მასში ძირითად, წამყვან როლს ასრულებს დეზოქსირიბონუკლეინის მჟავა (დნმ). კერძოდ, იგი შეიცავს ინფორმაციას ცილის პირველადი სტრუქტურის აგებულების შესახებ. დნმ-ს მოლეკულა დიდი ზომისაა და შედგება გარკვეული თანამიმდევრობით განლაგებული რამდენიმე ასეული და ათასეული ადენინის, ციტოზინისა და თიმინის ნუკლეოტიდისაგან. მისი სიგრძე ბევრად აღემატება ყველაზე უფრო დიდი და გრძელი ცილის მოლეკულის სიგრძეს. დნმ-ის ჯაჭვზე, მის გასწვრივ შეიძლება განლაგდეს

ცილის მრავალი მოლექულა. დადგენილია, რომ დნმ-ის ერთი მოლექულა შეიცავს ინფორმაციას მრავალი ცილის პირველადი სტრუქტურის აგებულების შესახებ. დნმ-ის ორმაგი ჯაჭვის იმ მონაკვეთს, რომელშიც ჩაწერილია ერთი რომელიმე განსაზღვრული ცილის პირველადი სტრუქტურის ინფორმაცია გენი ეწოდება. აქედან გამომდინარე ნათელია, რომ გენების რაოდენობა ყოველ ორგანიზმში უფრო მეტია ვიდრე დნმ-ის მოლექულების რაოდენობა.

გენეტიკური კოდი. როგორაა ჩაწერილი დნმ-ის მოლექულაში ინფორმაცია ცილის აგებულების შესახებ? ამის გასაგებად მეცნიერებმა წამოაყენეს გენეტიკური კოდის ჰიპოტეზა. სიტყვა “კოდი” აღნიშნავს სიმბოლოთა სისტემას, რომელიც გამოიყენება ერთი ფორმის ინფორმაციის მეორეში გადასაცემად. ასეთი კოდის მაგალითს წარმოადგენს კარგად ცნობილი მორზეს ანბანი, რომლის საშუალებით გადასცემენ სხვადასხვა მანძილზე სიგნალებს და ტელეგრამებს. მორზეს ანბანის მიხედვით ყველა ასო, სასვენი ნიშანი და რიცხვი სულ ორი სიმბოლოთი გამოიხატება: წერტილით და ტირეთი. ამ ორი სიმბოლოს სხვადასხვა კომბინაციით შესაძლებელია ადამიანის ყველა აზრის გადმოცემა ყველა ენაზე. ასეთივე, მაგრამ უფრო რთულ კოდს წარმოადგენს აგრეთვე ანბანი. მაგალითად, ქართული ენის კოდი შედგება 33 ასოსაგან, ინგლისური ენის 26 ასოსაგან და ა.შ. ამ ასოებით, კოდებით ანუ სიმბოლოებით ადამიანები აზრებს ერთმანეთს გადასცემენ სიტყვების საშუალებით. ამ სიმბოლოებით შეიძლება წარმოიქმნას სიტყვების უსასრულოდ დიდი რაოდენობა.

აღმოჩნდა, რომ დნმ-ის მილექულაში ინფორმაცია ცილის აგებულების შესახებ ზუსტად ასევე კოდების სახითაა ჩაწერილი, ოღონდ დნმ-ის კოდში ასოების როლს ასრულებს ადენინის, თიმინის, გუანინისა და ციტოზინის ნუკლეოტიდები. ადრე ფიქრობდნენ, რომ დნმ-ს კოდი ერთასოიანია ანუ ცილის მოლექულის ყოველ ამინმჟავას შეესაბამება ოთხიდან ერთ-ერთი ნუკლეოტიდი. მაგრამ ეს აზრი მალე იქნა უარყოფილი ვინაიდან ასეთი პრინციპით კოდირების შემთხვევაში დნმ-ის მოლექულაში შეიძლება ჩაიწეროს მხოლოდ ოთხი სახის ამინმჟავას ინფორმაცია. ცილის სინთეზში მონაწილე ამინმჟავათა რიცხვი კი, როგორც ეს უკვე არაერთხელ ითქვა, ოცია. ასევე იქნა შეხედულება ორასოიანი კოდის შესახებ, ერთი ამინმჟავა-ორი განსხვავებული ნუკლეოტიდი, იმის გამო, რომ 4 სახის ნუკლეოტიდისაგან შეიძლება მხოლოდ 16 განსხვავებული წყვილის შედგენა ($4^2=16$), რაც ასევე არ არის საკმარისი. აქედან გამომდინარე, მეცნიერები მივიდნენ იმ დასკვნამდე, რომ 20 სახის ამინმჟავას კოდირებისათვის საჭიროა არანაკლებ სამი ნუკლეოტიდისაგან შემდგარი ჯგუფი. ვინაიდან ოთხი სახის ნუკლეოტიდის სამ-სამად დაჯგუფებით მიიღება 64 განსხვავებული კომბინაცია ($4^3=64$), რაც საჭიროზე ბევრად მეტია. მეცნიერების ეს თეორიული მოსაზრება შემდეგში ექსპერიმენტულად იქნა დამტკიცებული. კერძოდ, ურთულესი გზებით გაირკვა, რომ თითოეულ ამინმჟავას შეესაბამება დნმ-ის მონაკვეთი, რომელიც ერთიმეორის გვერდით მდებარე ნუკლეოტიდების სამეულისაგან შედგება. ამ სამეულს ტრიპლეტი ანუ კოდონი უწოდეს.

ამჟამად, დნმ-ის კოდი მთლიანად გაშიფრულია. ზუსტად არის დადგენილი ცილის სინთეზში მონაწილე ყველა ამინმჟავას მაკოდირებელი ნუკლეოტიდების ტრიპლეტები ანუ კოდონები (ცხრილი 3). ასე, მაგალითად, ტრიპლეტი, რომელიც შედგება სამი თიმინიანი ნუკლეოტიდისაგან (თთთ) წარმოადგენს ამინმჟავა ლიზინის კოდონს, სამი გუანინიანი ნუკლეოტიდისაგან შემდგარი ტრიპლეტი (გგგ)-ის კოდონია ამინმჟავა პროლინი, ხოლო ტრიპლეტი სამი ადენინიანი ნუკლეოტიდით (ააა) კოდონია ამინმჟავა ფენილალანინი და ა.შ. ამრიგად, კოდონთა თანამიმდევრობა დნმ-ის მოლექულაში განსაზღვრავს ამინმჟავათა თანამიმდევრობას ცილის პოლიპეპტიდურ ჯაჭვში, ე.ი. ცილის პირველად სტრუქტურაში. აქედან გამომდინარე გენის შედგენილობაში იმდენი კოდონი უნდა იყოს, რამდენ ამინმჟავასაც შეიცავს მოცემული ცილის მოლექულა.

გენეტიკური კოდი

ამინმჟავები	მაკოდირებელი ტრიპლეტები-კოდონები
ალანინი	გცუ გცც გცა გცბ
არგინინი	ცმც ცმც ცმა ცმბ აბა აბბ
ასპარაგინი	ააუ ააც
ასპარაგინის მჟავა	გაუ გაც
გლიცინი	გბუ გბც გბა გბბ
გლუტამინი	ცაა ცაბ
გლუტამინის მჟავა	გაა გაბ
ვალინი	გუუ გუც გუა გუბ
თიროზინი	უაუ უაც
იზოლეიცილი	აუუ აუც აუა
ლეიცილი	ცუუ ცუც ცუა ცუბ უუა უუბ
ლიზინი	ააა ააბ
მეთიონინი	აუბ
პროლინი	ცცუ ცცც ცცა ცცბ
სერინი	უცუ უცც უცა უცბ აბუ აბც
ტრეონინი	აცუ აცც აცა აცბ
ტრიპტოფანი	უბბ
ფენილალანინი	უუუ უუც
ცისტეინი	უბუ უბც
ჰისტიდინი	ცაუ ცაც

როგორც ითქვა, ოთხი განსხვავებული ნუკლეოტიდისაგან სამ-სამად დაჯგუფებით მიიღება ტრიპლეტების 64 კომბინაცია.. ცილების სინთეზში მონაწილე ამინმჟავათა კოდირებისათვის საკმარისია 20 ტრიპლეტი. თითქოსდა 44 ტრიპლეტი ზედმეტიც კი არის. მაგრამ ეს ასე არ არის, რადგან აღმოჩნდა, რომ გარდა მეთიონინისა და ტრიპტოფანისა არსებითად ყველა სხვა დანარჩენ ამინმჟავას ერთზე მეტი კოდონი აქვს. მოყვანილი ცხრილიდან კარგად ჩანს, რომ ჰისტიდინსა და თიროზინს ორ-ორი კოდონი აქვს, ხოლო ამინმჟავებს ლეიციინსა და სერინს – ექვს-ექვსი კოდონი. არსებობს მოსაზრება, რომ ტრიპლეტების დიდი რაოდენობა ახასიათებს ისეთ ამინმჟავებს, რომლებიც ხშირად მეორდებიან ცილის მოლეკულაში. კოდონების ასეთ ჭარბ რაოდენობას გენეტიკური კოდში დიდი მნიშვნელობა აქვს მემკვიდრული ინფორმაციის უკეთ შენახვისა და გადაცემისათვის. თუ მოხდა ისე, რომ დაზიანდა დნმ-ის მოლეკულა და ზოგიერთი კოდონის ნუკლეოტიდური შედგენილობა დაირღვა, მაშინ ამან შეიძლება ცილის სინთეზის დროს გამოიწვიოს ამინმჟავების თანამიმდევრობის ცვლილება. ამის შედეგად უჯრედში მოხდება ახალი ცილის სინთეზი, რაც გამოიწვევს ორგანიზმში ახალი თვისებების გაჩენას. ეს რომ არ მოხდეს სხვა კოდონები რომლებიც ამავე ამინმჟავას აკოდინირებენ, თავისთავზე დებულობენ დაზიანებული კოდონის ფუნქციას. გარდა ამისა, კოდონების სიჭარბეს სხვა მნიშვნელობაც აქვს. ისინი სასვენო ნიშნების ფუნქციას ასრულებენ. მაგალითად, ზოგიერთი ტრიპლეტი აღნიშნავს ცილის ინფორმაციის დასაწყისს, ზოგიერთი კი მის დასასრულს.

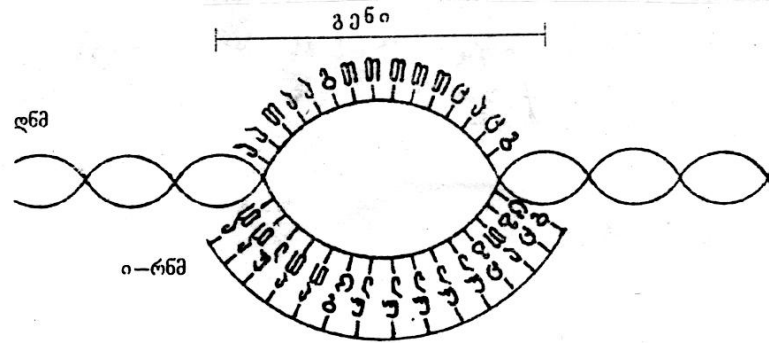
გენეტიკური კოდის უნივერსალობა. სხვადასხვა სახეობის მცენარეებისა და ცხოველების გენეტიკური კოდის შესწავლის შედეგად მეცნიერები მივიდნენ იმ დასკვნამდე, რომ იგი უნივერსალურია და ერთი და იგივეა დედამიწაზე არსებული ყველა ცოცხალი ორგანიზმისათვის. მაგალითად, თამბაქოს მოზაიკური დაავადების გამომწვევ ვირუსში, რომელშიც ეს პროცესი პირველად იქნა შესწავლილი და ნაწლავის ჩხირის ბაქტერიის უჯრედში ამინმჟავათა კოდირება ერთნაირი ტრიპლეტებით ხდება. ორივე ორგანიზმისათვის ამინმჟავა ფენილალანინის კოდონს

წარმოადგენს სამი ადენინიანი ნუკლეოტიდისაგან შემდგარი ტრიპლეტი (ააა), ხოლო ამინმჟავა პროლინისათვის სამი გუანინიანი ტრიპლეტია (გგგ) და ა.შ. ზუსტად ასეთივე ტრიპლეტებითაა კოდირებული ამინმჟავები სხვა დანარჩენი სახეობის ორგანიზმებში: ბაქტერიებში, სოკოებში, ამფიბიებში, ყვავილოვან მცენარეებსა და ადამიანში. გენეტიკური კოდის ამ თვისებას, მის უნივერსალობას, უდიდესი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს. ეს გვაძლევს საშუალებას ერთი ორგანიზმის უჯრედიდან რომელიმე გენი გადავიტანოთ სხვა სახეობის ორგანიზმის უჯრედში და ამით ეს უჯრედი ვაიძულოთ მოახდინოს მისთვის სრულიად უჩვეულო ცილის სინთეზი. ამ მიმართულებით მეცნიერებმა დიდ წარმატებებსაც მიაღწიეს. მაგალითად, ნაწლავის ჩხირის ბაქტერიის გენოტიპში მოხერხდა ადამიანის გენოტიპიდან იმ გენის შეყვანა, რომელიც აკონტროლებს ინსულინის სინთეზს. ამის შედეგად დღეს ესოდენ საჭირო ჰორმონის ინსულინის სამრეწველო წარმოება ხორციელდება ნაწლავის ჩხირის მეშვეობით, რომელშიც ჩაშენებულია ადამიანის ინსულინის მასინთეზირებელი გენი.

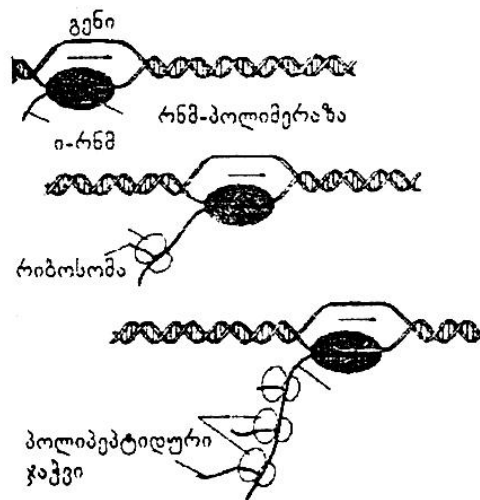
გენში ჩაწერილი ცილის ინფორმაციის რეალიზაცია ჯერ კიდევ დიდი ხნის წინათ იქნა დადგენილი, რომ დნმ უშუალოდ არ ღებულობს მონაწილეობას ცილის სინთეზში, რადგან იგი იმყოფება ბირთვში, ხოლო ცილის სინთეზი ხორციელდება ციტოპლაზმაში, ენდოპლაზმური ბადის მემბრანის გარეთა ზედაპირზე განლაგებულ რიბოსომებში. მაშასადამე, იმისათვის, რომ მოხდეს გენში არსებული ინფორმაციის რეალიზაცია, ანუ განხორციელდეს ცილის სინთეზი, საჭიროა რომ ინფორმაცია დნმ-იდან გადატანილ იქნეს რიბოსომამდე. ეს პროცესი დაახლოებით ერთნაირად ხდება ყველა ცოცხალი ორგანიზმის უჯრედში და შეიცავს ორ ეტაპს: ტრანსკრიპციას და ტრანსლაციას.

ტრანსკრიპცია. დნმ-ის მოლეკულიდან ცილის ინფორმაცია რიბოსომებთან გადააქვს სპეციალურ რიბონუკლეინურ მჟავას – ინფორმაციულ რნმ-ს (ი-რნმ). მასზე ხდება დნმ-იდან ცილის ინფორმაციის გადაწერა. ამ პროცესს ტრანსკრიპცია ეწოდება (ლათ. transcription - გადაწერა). ეს პროცესი შემდეგნაირად ხორციელდება. უკვე აღნიშნული იყო, რომ დნმ-ის მოლეკულა აგებულია ორმაგი პოლინუკლეოტიდური სპირალისაგან. ი-რნმ-ის სინთეზის დროს დნმ-ის განსაზღვრულ მონაკვეთზე, რომელიც შეიცავს მოცემული უჯრედისათვის საჭირო ცილების ინფორმაციას, სპირალის ძაფებს შორის არსებული წყალბადური ბმები წყდება და ძაფები დროებით ერთმანეთს შორდება (სურ. 6). ამის შემდეგ დნმ-ის ერთ-ერთ ძაფზე, კომპლემენტარობის პრინციპით, ლაგდება მომავალი ი-რნმ-ში შემავალი ყველა ნუკლეოტიდი. მაგალითად, ადენინიანი ნუკლეოტიდი დგება დნმ-ის თიმიინიანი ნუკლეოტიდის წინ, ციტოზინიანი გუანინიანი ნუკლეოტიდის წინ და ა.შ. როგორც კი ყველა ნუკლეოტიდი აღმოჩნდება დნმ-ის მოცემულ მონაკვეთზე ანუ გენზე, სპეციალური ფერმენტი რნმ-პოლიმერაზა, დააკავშირებს ამ ნუკლეოტიდებს ერთმანეთთან ფოსფატური ბმებით, რის შედეგადაც მიიღება ი-რნმ ანუ გენის ნეგატიური ასლი. წარმოქმნილი რნმ-ის ჯაჭვი თავისი ნუკლეოტიდების შემადგენლობითა და თანამიმდევრობით კომპლემენტარულია გენის ერთ-ერთი ჯაჭვისა და ზუსტი ასლია მეორე ჯაჭვისა (სურ. 7). ამრიგად, გენში მოცემული ინფორმაცია ცილის აგებულების შესახებ მთლიანად და ზუსტად გადაიწერება ი-რნმ-ის მოლეკულაზე. ამიტომ უწოდეს ამ პროცესს ტრანსკრიპცია.

წარმოქმნილი ი-რნმ არა მარტო შეიცავს ინფორმაციას მოცემული ცილის აგებულების შესახებ, არამედ იგი ამავე დროს ასრულებს აგრეთვე მატრიცის ანუ ყალიბის როლსაც, რადგან მის ზედაპირზე ხდება ცილის მოლეკულის სინთეზი. ამიტომ ი-რნმ-ს სხვანაირად მატრიცულ რნმ-საც უწოდებენ. ცილის ინფორმაციის გადაწერის შემდეგ დნმ-ის მოლეკულის აღნიშნული მონაკვეთი კვლავ იბრუნებს პირვანდელ ფორმას. მათი ძაფები ისევ ერთდებიან წყალბადური ბმებით და ორმაგი სპირალის სახეს ღებულობენ.



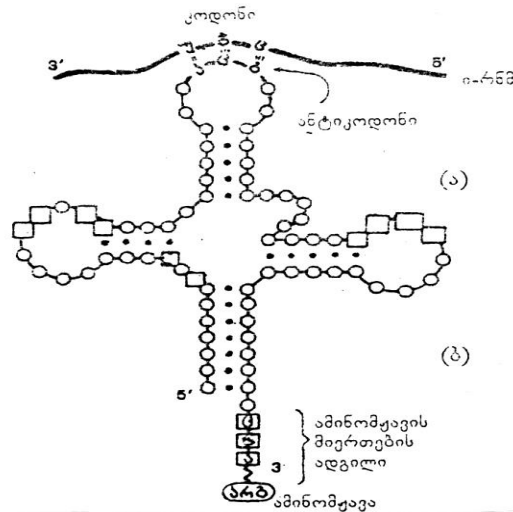
ტრანსკრიპცია. ი-რნმ-ს სინთეზი



ტრანსკრიპცია და ცილის სინთეზის დასაწყისი პროკარიოტულ უჯრედებში

პროკარიოტული ორგანიზმების უჯრედებში, რომელთაც ბირთვი არ გააჩნიათ, ი-რნმ-ს ტრანსკრიპციის დამთავრებამდე უერთდება რიბოსომა და იწყება ცილის სინთეზი (სურ. 6) ეუკარიოტულ უჯრედებში ეს პროცესი მოგვიანებით იწყება. ტრანსკრიპციის შემდეგ, ი-რნმ ტოვებს რა დნმ-ის მოლეკულას, ბირთვის მემბრანებში არსებული ფორების გზით გადის ჯერ ციტოპლაზმში, შემდეგ ხდება ენდოპლაზმურ ბადეზე განლაგებულ რიბოსომებში, სადაც იწყება ცილის ბიოსინთეზი.

სატრანსპორტო რნმ. რიბოსომებში ცილის სინთეზისათვის საჭიროა როგორც ი-რნმ-ის არსებობა, ისე საშენი მასალაც – ამინმჟავები. ციტოპლაზმში ამინმჟავები ყოველთვის არის საჭირო რაოდენობით. აქ ისინი ან გარედან აღწევენ მზა სახით, ანდა წარმოიქმნებიან უჯრედში ცილების დაშლის შედეგად. ამინმჟავების მოხვედრა რიბოსომებში თავისთავად არ ხდება. მათი შეუფერხებელი ტრანსპორტი ხდება რიბოსომებში ტ-რნმ-ს საშუალებით. ყველა ტრანსფორმაციული რნმ მსგავსი აღნაგობისაა (სურ. 8). იგი შედარებით მცირე ზომის მოლეკულაა და შეიცავს 75-80-მდე ნუკლეოტიდს. მის ზოგიერთ უბანში მოთავსებულია კომპლემენტური აზოტოვანი ფუძეები. ისინი ერთმანეთს უკავშირდებიან წყალბადური ბმებით. ეს იწვევს შესაბამისი უბნების სპირალიზაციას. თუ ტ-რნმ-ის პირველად სტრუქტურაში ერთმანეთს დაგუკავშირებთ კომპლემენტური ნუკლეოტიდების აზოტოვან ფუძეებს და წარმოქმნილ მოლეკულას სქემატურად გამოვსახავთ ქაღალდზე, მივიღებთ ფიგურას, რომელიც სამყურას ფოთლის მსგავსია:

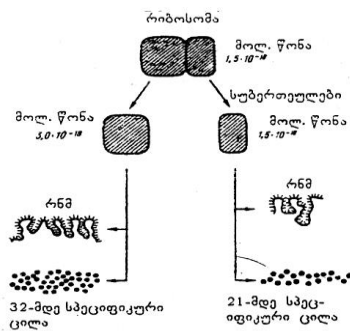


სატრანსპორტო რნმ-ს ზოგადი სქემატური აგებულება

ტრანსპორტული რნმ-ის ერთ მხარეზე მოთავსებულია ნუკლეოტიდებისაგან შემდგარი ტრიპლედი, რომელსაც ანტიკოდონი ეწოდება. ქვედა მხარეზე მონაკვეთია, რომელსაც ანტიკოდონის შესატყვისი ამინმჟავა უერთდება. ტ-რნმ-ის ანტიკოდონების ნუკლეოტიდური შემადგენლობა ი-რნმ-ის კოდური ტრიპლეტების კომპლემენტურია. მაგალითად, ამინმჟავა ლიზინის ტ-რნმ-ის ანტიკოდონია ტრიპლეტი სამი ურაცილიანი ნუკლეოტიდით (უუუ). ი-რნმ-ში მისი კომპლემენტურია სამი ადენინიანი ნუკლეოტიდისაგან შემდგარი ტრიპლეტი (ააა). სურათზე მოცემულია ტ-რნმ ანტიკოდონით (ცვა). იგი შეესაბამება ამინმჟავა არგინინს. ამ ტ-რნმ-ს შეუძლია დააკავშიროს და მიიტანოს რიბოსომაში ამინმჟავა არგინინი.

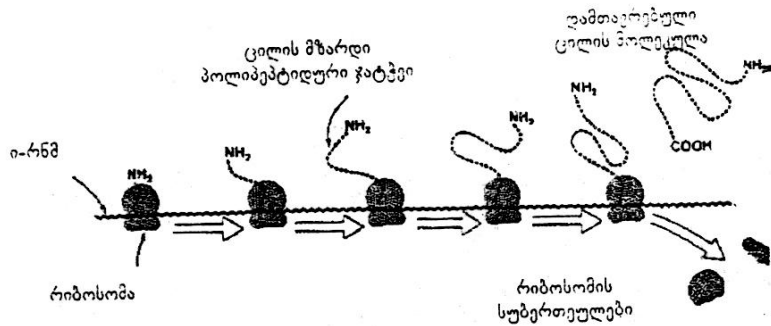
ყოველი უჯრედი შეიცავს დაახლოებით 60 ტიპის ტ-რნმ-ს. გარდა ძირითადი ფუნქციისა, მიიტანოს ამინმჟავა რიბოსომებში, ტ-რნმ ასრულებს სხვა მნიშვნელოვან ფუნქციასაც. კერძოდ, კომპლემენტარობის პრინციპის მიხედვით იგი გამოიცნობს რიბოსომაში ი-რნმ-ის იმ კოდონს, რომელიც მის მიერ მიტანილ ამინმჟავას შეესაბამება და დროებით უკავშირდება მას თავისი ანტიკოდონით. ამით ტ-რნმ ახორციელებს ამინმჟავათა ზუსტ ორიენტაციას რიბოსომაში და განსაზღვრავს მათ ასევე ზუსტ ადგილმდებარეობას ცილის მოლეკულაში.

რიბოსომა. ამინმჟავების ერთმანეთთან დაკავშირება და პოლიპეპტიდური ჯაჭვის წარმოქმნა ხდება რიბოსომებში, რომლებიც განლაგებული არიან ენდოპლაზმური ბადის მემბრანის გარე ზედაპირზე. რიბოსომა უწვრილესი, მაგრამ რთული და უაღრესად სპეციალიზებული ორგანოიდია (სურ. 9) იგი შედგება დიდი და პატარა ზომის ნაწილაკებისაგან ანუ ე.წ. სუბერთეულებისაგან. თითოეული სუბერთეული შედგება რიბოსომული რნმ-ისა და ცილებისაგან. მათი ზომა და რაოდენობა სხვადასხვა უჯრედებში განსხვავებულია.



პროკარიოტული უჯრედის (ნაწლავის ჩხირის) რიბოსომის აგებულება

ცილის სინთეზს ი-რნმ-ის მოლეკულაზე ერთდროულად სხვადასხვა რაოდენობის რიბოსომა აწარმოებს. პირველი რიბოსომა ი-რნმ-ის ძაფისებურ მოლეკულაზე ადის მარცხენა მხრიდან და ცილის მოლეკულის აწყობისას მარჯვნივ გადაადგილდება, როდესაც ერთი რიბოსომა წინ წაიწევს 5-10 ნმ-ით ი-რნმ-ზე აცოცდება მეორე რიბოსომა, რომელიც ასევე იწყებს ცილის სინთეზს და პირველ რიბოსომას მოყვება იმავე ინტერვალით. შემდეგ ი-რნმ-ზე ადის მესამე, მეოთხე რიბოსომა და ა.შ. რიბოსომების რიცხვი ი-რნმ-ის სიგრძეზე დამოკიდებული (სურ.10) ცილის სინთეზს ერთდროულად 5 რიბოსომა აწარმოებს. რიბოსომების ასეთ ჯგუფს, რომელიც მონაწილეობს ერთი და იგივე ცილის სინთეზში პოლირიბოსომა ეწოდება. ოლირიბოსომის დანახვა შეიძლება ელექტრონული რიბოსომის საშუალებით. ოლირიბოსომაში შემავალი რიბოსომები ფუნქციონირებენ ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად და ყოველი მათგანი ასინთეზირებს ერთი და იგივე პოლიპეპტიდურ ჯაჭვს. ეს განსაზღვრავს ერთგვაროვანი ცილების დიდი რაოდენობით სინთეზს დროის მცირე მონაკვეთში.



სურ. 10

პოლირიბოსომა

ცილის მოლეკულის წარმოქმნა. ტრანსლაცია. ცილის სინთეზის პროცესი შედგება რამდენიმე სტადიისაგან. პირველ სტადიაზე იწყება ამინმჟავათა გააქტივება. აღმოჩენილია 20-მდე სახის ფერმენტი, რომელთაგანაც თითოეული სრულიად გარკვეულ ამინმჟავას ააქტიურებს. ეს პროცესი ციტოპლაზმაში მიმდინარეობს. იგი ხორციელდება ამინმჟავას შეერთებით ატფ-ის მოლეკულასთან. გააქტიურების შემდეგ ამინმჟავას უკვე აქვს უნარი დაუკავშირდეს სხვა ამინმჟავებს. ცილის სინთეზის მეორე ეტაპზე გააქტიურებული ამინმჟავა ტ-რნმ-ს უკავშირდება. ყოველ ტ-რნმ-ს უკავშირდება მხოლოდ მისი ანტიკოდონის შესაბამისი ამინმჟავა. წარმოიქმნება გააქტიურებული ამინმჟავა – ტ-რნმ-ის ნაერთი, რომელიც მდიდარია ენერგიით. ეს ენერგია გამოიყენება შემდეგში ცილის მოლეკულაში პეპტიდური ბმების დასამყარებლად. ცილის სინთეზის მესამე ეტაპზე ტ-რნმ თავისი ამინმჟავით შედის პირველი რიბოსომის მცირე სუბერთეულში, რომელიც უკვე ასულია ი-რნმ-ზე. როგორც კი ტ-რნმ-ის ანტიკოდონი დაუკავშირდება ი-რნმ-ის კოდონს ი-რნმ ტ-რნმ-თან ერთად გადადის რიბოსომის მცირე სუბერთეულიდან დიდ სუბერთეულში. ამის შემდეგ მცირე სუბერთეულში შედის მეორე ტ-რნმ თავისი ამინმჟავათი. ი-რნმ-ის მორიგი გადაადგილებისას პირველი ტ-რნმ თავისი ამინმჟავათი გამოდის რიბოსომის დიდი სუბერთეულიდან. ამ დროს მისი ამინმჟავა აღმოჩნდება მეორე ტ-რნმ-ის ამინმჟავას გვერდით და მათ შორის უმაღლეს წარმოიქმნება პეპტიდური ბმა. მიიღება დიპეპტიდი. პირველი ტ-რნმ თავისუფლდება რა ამინმჟავასაგან, გადადის რიბოსომიდან ციტოპლაზმაში. აქ იგი დაიკავშირებს თავისი ანტიკოდონის შესაბამის ამინმჟავას და კვლავ რომელიმე ი-რნმ-საკენ მიემართება, სადაც განაგრძობს თავის მუშაობას. რიბოსომის განთავისუფლებულ მცირე სუბერთეულში დგება ახალი, უკვე რიგით მესამე ტ-რნმ თავისი ამინმჟავათი და ყველაფერი თავიდან მეორდება, რის შედეგადაც დიპეპტიდს მიემატება კიდევ ერთი ამინმჟავა და მიიღება ტრიპეპტიდი. ასეთივე წესით ყოველი წამის არა უმეტეს 1/5-1/6-ის განმავლობაში ი-რნმ-ზე

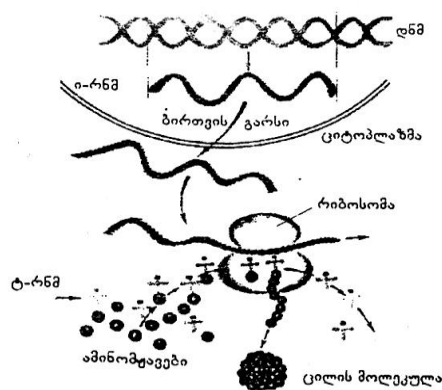
პოლიპეტიდურ ჯაჭვს ახალი ამინმჟავური რგოლი ემატება და ეს პროცესი გრძელდება მანამ, სანამ ცილის სინთეზი არ დამთავრდება. ცილის ბიოსინთეზს ი-რნმ-ზე, რიბოსომისა და ტ-რნმ-ის მონაწილეობით, ტრანსლაცია ეწოდება. ამ პროცესის შედეგად ინფორმაცია ცილის აგებულების შესახებ “ნუკლეოტიდების ენიდან” გადაიწერება “ამინმჟავურ ენაზე” (ლათ. translatio-გადატანა).

გენეტიკურ კოდში არსებობს ზოგიერთი ტრიპლეტი, რომლებიც არ შეიცავენ ამინმჟავათა ინფორმაციას, მაგრამ ისინი მიუთითებენ ცილის სინთეზის დასასრულზე ანუ სასვენი ნიშნის როლს ასრულებენ. ი-რნმ ჩვეულებრივ წარმოადგენს ერთი რომელიმე ცილის კოდს, მაგრამ ზოგ შემთხვევაში დნმ-იდან ტრანსკრიპციის დროს ი-რნმ-ზე გადაიწერება რამდენიმე ცილის ინფორმაცია. ამის გამო მასზე შეიძლება მიმდინარეობდეს ერთდროულად რამდენიმე განსხვავებული აგებულებისა და ფუნქციის მქონე ცილის სინთეზი. ეს პროცესი ნორმალურად რომ განხორციელდეს და არ მოხდეს მათი ერთმანეთში აღრევა, დნმ-ის კოდში გენები გამოყოფილია ერთმანეთისაგან სპეციალური ტრიპლეტებით: უაა, უაგ და უგა. აღნიშნული ტრიპლეტები ყოველთვის გენის ბოლოშია განლაგებული და პოლიპეტიდური ჯაჭვის სინთეზის დამთავრებაზე მიუთითებს. მათ სხვანაირად სტოპ- სიგნალებს უწოდებენ.

როგორც კი ი-რნმ დაამთავრებს თავის ფუნქციის შესრულებას ანუ მის ზედაპირზე მოხდება საჭირო რაოდენობის ცილის სინთეზი, იგი ფერმენტების მოქმედებით იშლება ცალკეულ ნუკლეოტიდებად, ხოლო მის ადგილს იკავებს ახალი ი-რნმ. სხვადასხვა უჯრედებში ი-რნმ-ის “სიცოცხლის” ხანგრძლივობა განსხვავებულია. მაგალითად, ბაქტერიის უჯრედებში იგი 2 წუთს გრძელდება. უმაღლესი ორგანიზმების უჯრედებში ზოგიერთ ი-რნმ-ს შეუძლია იმუშაოს რამდენიმე დღის განმავლობაში.

ცოცხალ უჯრედში ცილის სინთეზი ძალიან სწრაფად ხდება. მაგალითად, გამოანგარიშებულია, რომ უჯრედში 200-300 ამინმჟავას ნაშთისაგან შემდგარ ცილის სინთეზს სჭირდება სულ 1-2 წუთი. ცილის სინთეზის დამთავრების შემდეგ რიბოსომა წარმოქმნილ ცილასთან ერთად ჩამოდის ი-რნმ-დან. ამის შემდეგ იწყება ცილის სინთეზის მეოთხე, ანუ საბოლოო სტადია, რომელიც ციტოპლაზმაში მიმდინარეობს. ამ სტადიაზე ყოველი სახის ცილა მისთვის დამახასიათებელ უნიკალურ გეომეტრიულ სამგანზომილებიან კონფიგურაციას წარმოქმნის.

სურ. 11.



ცილის ბიოსინთეზის ზოგადი სქემა

მრავალი ცილა სინთეზის შემდეგ კონკრეტული ფუნქციის შესასრულებლად განიცდის სტრუქტურულ ცვლილებებს. იგი უკავშირდება სხვა ნაერთებს: შეაქრებს ან კიდევ სხვა არაცილოვან ნივთიერებებს და წარმოქმნის რთულ ცილებს. ზოგ შემთხვევაში რამდენიმე პოლიპეტიდური ჯაჭვი ერთიანდება და მიიღება მეოთხეული სტრუქტურა. მაგალითად, ცილა ჰემოგლობინის შემთხვევაში. ახლად წარმოქმნილი ცილის მოლეკულები ენდოპლაზმური ბადის არხების საშუალებით გადაიტანება

დანიშნულების ადგილზე უჯრედის ამა თუ იმ უბანში, სადაც ხდება მათი გამოყენება სხვადასხვა მიზნებისათვის. ნაწილი ცილებისა ჰორმონების და ფერმენტების სახით უჯრედის გარეთ გამოიყოფა.

ფერმენტების როლი ცილის ბიოსინთეზში. ცილის სინთეზის ყოველი პროცესის კატალიზს ახორციელებს სპეციალური ფერმენტი: ტრანსკრიპციის დროს ირნმ-ის სინთეზს ახორციელებს ფერმენტი რნმ-პოლიმერაზა, ოცამდე სახის ფერმენტი იწვევს ცილის სინთეზში მონაწილე ამინმჟავების გააქტივებას და მათ დაკავშირებას შესაბამის ტ-რნმ-თან. ფერმენტი სინთეზაზა აკავშირებს ამინმჟავებს ერთმანეთთან პეპტიდური ბმებით და წარმოქმნის ცილის მთლიან მოლეკულას. ამრიგად, არც ერთი ეტაპი ცილის სინთეზისა არ მიმდინარეობს ფერმენტების გარეშე.

ცილის სინთეზის ენერგეტიკა. ცნობილია, რომ ცოცხალ უჯრედში ყოველი სინთეზური პროცესი ენერგეტიკული თვალსაზრისით წარმოადგენს ენდოთერმულ რეაქციას ანუ დაკავშირებულია ენერგიის შთანთქმასთან და მაშასადამე, საჭიროებს გარკვეული რაოდენობის ენერგიის ხარჯვას. ცილის ბიოსინთეზი წარმოადგენს რამდენიმე ენდოთერმული სინთეზური რეაქციის ჯაჭვს: ი-რნმ-ის სინთეზი; ამინმჟავათა გააქტივება და მათი დაკავშირება ტ-რნმ-თან; ცილის პოლიპეპტიდური ჯაჭვის აგება. ყველა ეს რეაქცია მოითხოვს ენერგიის ხარჯვას და ეს ენერგია მიიღება ატფ-ის დაშლის შედეგად. მაგალითად, ტ-რნმ-თან, ამინმჟავას დაკავშირებაზე იხარჯება ატფ-ის ერთ მოლეკულაში აკუმულირებული ენერგია. ცილის მოლეკულა საშუალოდ 500 ამინმჟავასაგან შედგება. აქედან ადვილი გასაგებია, თუ ატფ-ის რამდენი მოლეკულაა საჭირო ყოველი ცილის სინთეზისათვის.

ცილის ხელოვნური სინთეზი. ცილების მიღება ქიმიური გზით ბიოორგანული ქიმიის ერთ-ერთი უმთავრესი პრობლემაა. ამ მხრივ უკანასკნელ დროს დიდი შედეგებია მიღწეული, რაშიც გადამწყვეტი როლი ითამაშა დნმ-ის გენეტიკური კოდის გაშიფვრამ და ცილის ბიოსინთეზის ძირითადი პროცესების შესწავლამ. გამოჩენილმა ინგლისელმა ბიოქიმიკოსმა ფრედერიკ სენჯერმა პირველად განახორციელა ცილა ინსულინის ხელოვნური სინთეზი. მან ქიმიური მეთოდებით ინსულინის მოლეკულა ფრაგმენტებად დაყო და განსაზღვრა ამ მცირე მონაკვეთების ამინმჟავური შედგენილობა. შემდეგ მიღებული ამინმჟავები ერთმანეთს დაუკავშირა. ამ მეტად რთული, ხანგრძლივი, შრომატევადი ცდების საშუალებით 1953 წელს ფ. სენჯერმა დაადგინა ცილა ინსულინის ქიმიური აგებულება. ეს იყო პირველი ცილა, რომლის ქიმიური ფორმულა ცნობილი გახდა. აღმოჩნდა, რომ ინსულინი შედგება ა და ბ პეპტიდური ჯაჭვებისაგან, რომლებიც შესაბამისად შეიცავენ 21 და 30 ამინმჟავურ ნაშთებს. ეს ორი ჯაჭვი დაკავშირებულია ერთმანეთთან დისულფიდური ბმებით. ეს ბმები პეპტიდურ ჯაჭვებს შორის ხორციელდება ამინმჟავა ცისტეინის მოლეკულების საშუალებით.

ამავე წლებში ამერიკელმა მეცნიერმა ვინსენტო დიუ ვინიემ განახორციელა ცილა-ჰორმონების: ოქსიტოცინისა და ვაზოპრესინის ხელოვნური სინთეზი. ფ. სენჯერსა და დიუ ვინიეს ამ გამოკვლევებისათვის 1956 წელს მიენიჭათ ნობელის პრემია. მათ შრომებმა დასაბამი მისცა ახალ ეპოქას ცილების ხელოვნური გზით მიღებას.

ცილების გარდაქმნა ორგანიზმში

საკვებში შემავალი ცილები პირის ღრუში ცვლილებას არ განიცდის, რადგან ნერწყვში ცილის დამშლელი ფერმენტები არ მოიპოვება. ცილოვან ნივთიერებათა მონელება იწყება კუჭში, კუჭის წენის მოქმედებით. კუჭის წვენში შედის ფერმენტი – პეფსინი და ერეფსინი. პეფსინი ეკუთვნის პროტეოლიტურ ფერმენტებს – პროტეაზებს. პეფსინი ახდენს ცილის ჰიდროლიზს მხოლოდ მჟავა გარემოში. მარილმჟავა ქმნის არა მარტო მჟავა არეს, არამედ ცილას ამზადებს გასახლეჩად, გადაყავს იგი მჟავა ფორმაში და იწვევს მის გაჯირჯვებას. პეფსინი ახდენს ცილის ჰიდროლიზს პეპტონამდე. ამინმჟავები კუჭში ცილისაგან არ წარმოიქმნება.

როდესაც კუჭიდან საკვები გადადის წვრილ ნაწლავებში, იქ ცილაზე მოქმედებენ პანკრეასული და ნაწლავის წენის ფერმენტები. პანკრეასულ წვენში არის ფერმენტი ტრიფსინი, რომელიც ცილების ჰიდროლიზს ახდენს ტუტე არეში. ტრიფსინის მოქმედებით ცილები იშლება არა მარტო პეპტონებამდე, არამედ ამინმჟავებამდე. შემდეგ წვრილ ნაწლავებში ცილაზე მოქმედებს ფერმენტი ერეფსინი, რომელიც შლის სხვადასხვა პეპტონებს შესაბამის ამინმჟავებამდე. ამრიგად, პეფსინისა და ერეფსინის მოქმედებით ცილები მოსანელებელ ორგანოებში თანდათან იშლება უფრო მარტივ შემადგენელ ნაწილებად, ჯერ სხვადასხვა პეპტონებად, შემდეგ კი ამინმჟავებად. როგორც პეპტონები, ისე ამინმჟავები წყალში იხსნება. ცილოვან ნივთიერებებს ცხოველთა ორგანიზმი ითვისებს ამინმჟავებამდე დაშლის შემდეგ. ნორმალურ პირობებში დაუშლელი ცილები საჭმლის მომნელებელი ორგანოებიდან სისხლში არ გადადის. ცილების შეთვისებისას ორგანიზმში შეიწოვება მხოლოდ ამინმჟავები და პეპტიდები და მათთან ცილის სინთეზი ორგანიზმში არ ხდება. ისინი შეიწოვებიან ნაწლავების ვენების მიერ და შემდეგ ხვდებიან სისხლის მიმოქცევის დიდ წრეში. ამინმჟავები და მარტივი პეპტიდები სისხლიდან შედიან ორგანიზმის სხვადასხვა უჯრედებში და იქ წარმოადგენენ სხვადასხვა ცილოვანი ნივთიერების მასალას.

ცხოველთა ორგანიზმების უჯრედებს შეუძლია გამოიყენოს არა მარტო ის ამინმჟავები, რომლებიც მოაქვს სისხლს საჭმლის მომნელებელი ორგანოებიდან, არამედ ის ამინმჟავებიც, რომლებიც წარმოიქმნება მათში ცილების დაშლის დროს. ცხოველთა სხეულის ყოველი უჯრედი შეიცავს ფერმენტებს, რომლებსაც შეუძლიათ ცილის დაშლა ამინმჟავებამდე. ამინმჟავები ყოველთვის წარმოიქმნება ცხოველთა ორგანიზმში ნივთიერებათა ცვლის დროს. ისინი შარდში გადასვლამდე კიდევ განიცდიან მთელ რიგ გარდაქმნებს. ნორმალურ პირობებში ცხოველთა ორგანიზმებში აზოტოვანი ცვლის პროდუქტს წარმოადგენს შარდოვანა.

ადამიანისა და ცხოველების უჯრედები ფერმენტების საშუალებით ხლეჩენ ცილებს ამინმჟავებამდე. ეს უკანასკნელები ყოველთვის წარმოიქმნება უჯრედში ცილის დაშლის პროცესის დროს, ამინმჟავას მოხლეჩით განიცდიან დეჰამინირებას, რომელიც მიმდინარეობს სხვადასხვა გზით: დაჟანგვით, დეკარბოქსილირებით და ა.შ.

ცილების და პეპტიდების ბიოლოგიური როლი

ცილა წარმოადგენს სიცოცხლის მატერიალურ საფუძველს. ცილოვანი ნივთიერებები ცხოველთა ორგანიზმში პლასტიკურ-ენერგეტიკულ-რეგულატორულ როლს არულებენ, აქტიურად მონაწილეობენ ნივთიერებათა ტრანსპორტში. ჰემოგლობინის საშუალებით ხორციელდება ჟანგბადის ტრანსპორტი, ხოლო სისხლის პლაზმაში რკინა გადაადგილდება ცილოვანი კომპლექსის ტრანსფერინის სახით.

ცილებს ახასიათებს იმუნური ანუ დამცველი ფუნქცია, რაც ანტისხეულებით ანუ იმუნოგლობულინებით ხორციელდება. ცილებს ახასიათებთ შეკუმშვის უნარი, რაც კარგად არის ნაჩვენები კუნთის მაგალითზე. კუნთოვანი სისტემით ხორციელდება ადამიანთა და ცხოველთა კოორდინირებული მოქმედება. აღსანიშნავია კუნთოვანი და არაკუნთოვანი აქტომიოზინის მსგავსი შეკუმშვადი ცილები, რომლებიც აქტიურად მონაწილეობენ ქრომოსომთა გადაადგილებაში.

ცილები ძლიერ ზემოქმედებს ახდენენ ნივთიერებათა ცვლაზე, მემბრანის განვლადობაზე, ტრანსკრიპციისა და ტრანსლაციის პროცესებზე, ასტიმულირებენ ლაქტაციას, იწვევენ კუნთოვანი ქსოვილის შეკუმშვას. ამის მიხედვით განასხვავებენ დამცველ, ტოქსიკურ, სატრანსპორტო, საყრდენი ფუნქციის მქონე ცილებს.

არსებობს შემდეგი სახის ცილები:

1. იმუნური პასუხის მედიატორები – ინტერფერონები, რომლებიც მიეკუთვნებიან დამცველობითი ფუნქციის ცილებს.
2. ქსოვილური შემთავსებლობის ანტიგენები.
3. სისხლის შედედებისა და ფიბრინოლიზის სისტემის ცილები.
4. ცილოვანი ჰორმონები: ჰიპოთალამუსის, ჰიპოფიზის და კუჭკვეშა ჯირკვლის ჰორმონები.
5. ნეიროპეპტიდები.
6. პეპტიდური ტოქსინები.
7. პეპტიდური ანტიბიოტიკები.
8. იმუნიტეტის მარეგულირებელი პეპტიდები.
9. ნახშირწყლის შემცველი პეპტიდები.
10. სტრუქტურული ცილები.

იმუნური პასუხის მედიატორები – ინტერფერონები

რამდენიმე ათეული წლის წინ მეცნიერებმა მიაქციეს ყურადღება უჩვეულო მოვლენას: თუ უჯრედში შეაღწევს ერთი რომელიმე ტიპის ვირუსი, მაშინ სხვა სახეობის ანუ “უცხო” ვირუსებს ამ უჯრედში უკვე აღარ შეუძლიათ გამრავლება. ამ მოვლენას ინტერფერენცია ეწოდა. მისი მექანიზმი დიდი ხნის განმავლობაში უცნობი იყო. 1957 წელს ინგლისელი მეცნიერების ა. აიზეკსის და ჯ. ლინდემანის მიერ, ინტერფერენციის მოვლენის შესწავლისას, აღმოჩენილ იქნა, რომ უჯრედი “უცხო” ვირუსების გამრავლებას აფერხებს სპეციალური დამცველი ცილოვანი ნივთიერებების გამოშუშავებით. ამ ცილოვან ნივთიერებას ინტერფერონი ეწოდა. მისი მოლეკულური მასა 25 000-დან 110 000-მდეა. იგი შედგება 166 ამინომჟავური ნაშთისაგან. ანტისხეულებისაგან განსხვავებით, ინტერფერონი წარმოადგენს ორგანიზმის უნივერსალურ, ბუნებრივ დამცველ ფაქტორს. ინტერფერონისადმი მგრძობიარეა თითქმის ყველა ამჟამად ცნობილი ვირუსი. სწრაფად თრგუნავს რა ვირუსებს, ინტერფერონი ხელს უწყობს ადამიანისა და ცხოველის ბუნებრივი გზით გაჯანსაღებას. ვირუსების წინააღმდეგ ინტერფერონის მოქმედების მექანიზმი მდგომარეობს იმაში, რომ იგი ასტიმულირებს უჯრედში ისეთი ნივთიერების წარმოქმნას, რომლებიც აფერხებენ ვირუსებისათვის დამახასიათებელი ცილების სინთეზს.

ინტერფერონი მდგრადია ტემპერატურის მიმართ. მისი წარმოქმნის უნარი გააჩნია ყველა ხერხემლიანი ცხოველის, განსაკუთრებით კი ფრინველებისა და ძუძუმწოვრების უჯრედებს. მისი წარმოქმნის პროგრამა უჯრედის ბირთვში არსებული დნმ-შია მოცემული. ინტერფერონის სინთეზი უჯრედში იწყება მაშინვე, როგორც კი ამ უჯრედში ვერუსი მოხვდება ან თუ ამ უჯრედს დავამუშავებთ სპეციალური ნივთიერებებით, ე.წ. ინტერფეროგენით.

ინტერფერონისა და ინტერფერენციის მოვლენის შემდგომი შესწავლით მეცნიერები და ექიმები იმედოვნებენ ვირუსული ინფექციის წინააღმდეგ ბიოლოგიური იარაღის მიღებას. ამჟამად, ადამიანს, სასოფლო-სამეურნეო ცხოველებსა და მცენარეებს ემუქრება 1000-ზე მეტი სახეობის ვირუსი, რომლებიც იწვევენ მძიმე და სწრაფად გავრცელებად დაავადებებს.

ინტერფერონს ღებულობენ ადამიანის ლეიკოციტებიდან (სისხლის თეთრი უჯრედებიდან). ადამიანის ლეიკოციტებში სინთეზირდება ინტერფერონის 8 სახეობა შესაბამისად, ბირთვის დნმ-ში აღმოჩენილი იქნა ინტერფერონის მასინთეზებელი 8 გენი. დღეს კლინიკებში იყენებენ ინტერფერონს კანის ვირუსული ინფექციის, აგრეთვე თვალისა და სასუნთქი გზების მკურნალობისათვის. ინტერფერონი თრგუნავს ისეთი ვირუსების მოქმედებასაც, რომლებიც იწვევენ ავთვისებიანი სიმსივნის განვითარებას.

1980 წელს შევიცარიელმა მეცნიერმა ვაისმანმა გენური ინჟინერიის მეთოდით ადამიანის ინტერფერონის დასინთეზებული გენები შეიყვანა ბაქტერიის-ნაწლავის ჩხირის-ორგანიზმში. ამის შემდეგ ამ ბაქტერიამ, გარდა საკუთარი ცილებისა, დაიწყო ადამიანის ინტერფერონის გამომუშავება. მომავალში მეცნიერები ვარაუდობენ, სწორედ ასეთი გზით მიიღონ ადამიანისათვის საჭირო ინტერფერონი.

ინტერფერონები წარმოადგენენ უნივერსალური მოქმედების ვირუსსაწინააღმდეგო აგენტებს, აქტიურად მოქმედებენ ნებისმიერი ვირუსის წინააღმდეგ, მაგრამ ხასიათდებიან სპეციფიურობით-თითოეული სახის ცხოველს შეესაბამება თავისი ინტერფერონი.

ინტერფერონებს ყოფენ სამ ჯგუფად: ლეიკოციტურ ანუ α -ინტერფერონებად, ფიბრობლასტურ ანუ β -ინტერფერონებად და იმუნური ანუ γ -ინტერფერონებად. უნდა აღინიშნოს, რომ თითოეული სახის ცხოველს გააჩნია რამდენიმე α -ინტერფერონი, ერთი ან რამდენიმე β -ინტერფერონი და ყოველთვის γ -ინტერფერონი. ადამიანში ნაპოვნია 14 სახის სხვადასხვა α -ინტერფერონის გენი. α -ინტერფერონების უმრავლესობას აქვს არაგლიკოზიდური პეპტიდური ჯაჭვი, მაშინ როდესაც β - და γ -ინტერფერონები წარმოადგენენ გლიკოპროტეინებს.

ინტერფერონები ფართოდ გამოიყენება სამედიცინო პრაქტიკაში ისეთი ვირუსული დაავადებების დროს, როგორცაა ჰეპატიტი, ენცეფალიტი, ჰერპესი, ცოფი, გრიპის ეპიდემია. ზოგიერთი ინტერფერონი ეფექტურად მოქმედებს კიბოს ზოგიერთ ფორმაზე. ამ მხრივ აღსანიშნავია ლიმფოტოქსინი და ინტერფერონი TNF-სიმსივნის ნეკროზული ფაქტორი, რომელიც იწვევს ზოგიერთი ტიპის სიმსივნის უჯრედების დაშლას. იგი გამომუშავდება გააქტივებული მაკროფაგების საშუალებით. მისი პეპტიდური ჯაჭვი შეიცავს 157 ამინომჟავურ ნაშთს. ლიმფოტოქსინი და სიმსივნის ნეკროზული ფაქტორი განიხილება როგორც პერსპექტიული კიბოსსაწინააღმდეგო პრეპარატები და მათ აწარმოებენ მთელი რიგი ქვეყნების ბიოტექნოლოგიური ფირმები.

ქსოვილური შემთავსებლობის ანტიგენები

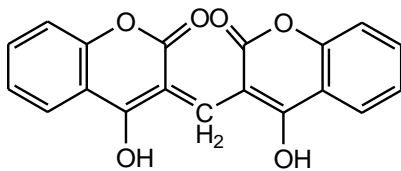
გადანერგილი ქსოვილების შემთავსების საფუძველს წარმოადგენს იმუნური რეაქციები დონორის უჯრედებსა და რეცეპტორს შორის. აღმოჩენილია გენომის სპეციალური უჯრედები, რომლებიც აკონტროლებენ ამ პროცესს. მათი საერთო რიცხვი რამდენიმე ათეულია, მათგან მხოლოდ ერთი, ჰისტოშემთავსებლობის მთავარი კომპლექსია აქტიური. ჰისტოშემთავსებლობის მთავარი კომპლექსის პროდუქტები ექსპერირებულია უჯრედის ზედაპირზე და ეწოდება ჰისტოშემთავსებლობის ანტიგენები.

არჩევენ I, II, და III კლასის ჰისტოშემთავსებლობის ანტიგენებს. მათგან, კარგად არის შესწავლილი I კლასის ჰისტოშემთავსებლობის ანტიგენები, რომლებიც მოთავსებული არიან ორგანიზმის ყველა ბირთვულ უჯრედში. ისინი შედგებიან ორი არაკოვალენტური ბმით დაკავშირებული სუბერთეულისაგან. ინტეგრალური მემბრანული გლიკოპროტეინი მოლეკულური მასით 45 000 (მძიმე სუბერთეული), რომელიც შეიცავს სამ ზედამემბრანულ დომენს. მძიმე ჯაჭვი შეიცავს კოვალენტური ბმით დაკავშირებულ ოლიგოსაქარიდებს და განსაზღვრავს მოლეკულის ანტიგენურ სპეციფიურობას. მძიმე ჯაჭვის მოკლე c-კიდურა უბანი პასუხს აგებს მემბრანაში მოლეკულის ფიქსაციაზე და შეიცავს ორ უბანს, თითოეული 5000 მოლეკულური მასით, რომლებიც მკვეთრად განსხვავდებიან პოლარობით მათში შემავალი ამინმჟავების გამო. პირველი რომელიც შეიცავს c-კიდურა პოლარულ ამინმჟავას, ექსპონირებულია ციტოპლაზმის უჯრედში დიდი რაოდენობით არაპოლარული ამინმჟავებისაგან (ლეიცინი, იზოლეიცინი, ვალინი) აღწევს მემბრანის ჰიდროფობურ სფეროს. მოლეკულის ზედა მემბრანული ნაწილის გადატანა ხსნარში ხდება ორგანული პროტეოლიზის გზით პაპაინის დახმარებით.

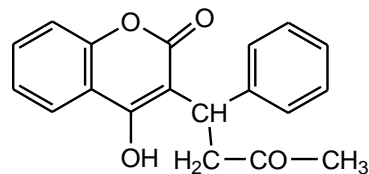
სისხლის შედედებისა და ფიბრინოლიზის სისტემის ცილები

კარგად არის ცნობილი, რომ ჭრილობის დროს გამოსული სისხლი ჩქარა სქელდება, დედდება, რაც იცავს ორგანიზმს სისხლის დაკარგვისაგან. სისხლის შედედების მექანიზმი თანამედროვე პირობებში კარგად არის შესწავლილი, რაშიც დიდ როლს ასრულებენ მრავალრიცხოვანი ცილები.

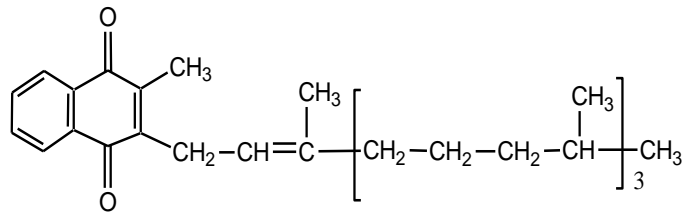
დადგენილ იქნა, რომ სისხლის შედედება ინიცირდება სისხლძარღვების დაზიანებით ან სისხლში სხვა ნივთიერებების (მაგალითად, ზოგიერთი ქსოვილის ექსტრაქტები) დამატებით. სისხლის შედედების პროცესზე დიდ გავლენას ახდენს ვიტამინი K_1 , ხოლო მისი ანტაგონისტები – დიკუმაროლი, ვარფარინი და სხვა, ხშირად გამოიყენება მედიცინაში ანტიკოაგულანტებად, თრომბოზის თავიდან აცილების მიზნით სისხლის მაღალი შედედების დროს.



დიკუმაროლი



ვარფარინი



ვიტამინი K₁

სისხლის გაძლიერებული შედეგების დროს თრომბოლიტების ფოსფოლიტურ მემბრანებში ხდება პროთრომბინის გარდაქმნა თრომბინად და ეს უკანასკნელი გროვდება დაზიანებული ქსოვილების სისხლძარღვების კედლებზე. თრომბინი წარმოადგენს მაღალსპეციფიკურ პროტეინაზას, რომელიც ბევრ რამეში ტრიფსინის ანალოგიურია. ფიბრინოგენის მოლეკულაში იგი ხლეჩს არგინინსა და გლიცინის ნაშთებს შორის არსებულ ბმას.

სისხლის შედეგების და თრომბის წარმოქმნის პროცესში მონაწილეობს 20-მდე ცილა. სისხლის შედეგების საწინააღმდეგოდ გამოიყენება ფიბრინოლიზის სისტემის ცილები. მას ხმარობენ მაშინ, როცა სისხლის შედეგება არ არის სასურველი, ასევე ახლადწარმოქმნილი თრომბის მოსასპობად. ამ სისტემის ცილებიდან აღსანიშნავია პლაზმინი (ფიბრინოლიზინი) – სპეციფიური პროტეინაზა, რომელიც სპობს ფიბრინს. პლაზმინი წარმოიქმნება უროკინაზას პლაზმინოგენის აქტივაციის შედეგად. პლაზმინოგენის აქტივაცია ხორციელდება კომპლექსური ბაქტერიული ცილის – სტრეპტოკინაზას წარმოქმნის შედეგად. თრომბის წარმოქმნის შეჩერება ასევე შეუძლია პროტეინაზას ინჰიბიტორებს-სისხლის შედეგების ფაქტორებს. ამ მხრივ აღსანიშნავია ანტიოთრომბინი III. მის მოქმედებას აძლიერებს პოლისაქარიდი ჰეპარინი.

ცილოვანი ჰორმონები

ცილოვანი ჰორმონები (ბერძნ. hormone-მამოძრავებელი) გამომუშავდება სპეციალიზირებულ ჯირკვლებში და სისხლის გზით გავლენას ახდენენ ნივთიერებათა ცვლაზე და, შესაბამისად, ცოცხალი სისტემის ფუნქციაზე. ჰორმონების გამომუშავებულ ჯირკვლებს სადინარი არ გააჩნიათ, ისინი უშუალოდ სისხლში გადადიან, რის გამოც მათ შინაგანი სეკრეციის ჯირკვლები უწოდეს. ტერმინი ჰორმონი პირველად 1905წ. ბეილისისა და სტარლინგის მიერ იყო შემოღებული. ჰორმონის ნაკლებობის ან უქონლობის დროს ცხოველებსა და ადამიანში აღინიშნება მრავალი მძიმე დაავადება. პირველი ასეთი დაავადება გამოვლენილი იყო 1849 წელს ადლისონის მიერ და მას ადლისონის დაავადება უწოდეს, რაც თირკმელზედა ჯირკვლის დაზიანებით იყო გამოწვეული. ამ დროს აღინიშნება კანის ქსოვილის სპეციფიკური პიგმენტაცია.

ცილოვანი ჰორმონების გამომუშავება ხდება კუჭკვეშა ჯირკვალში, ფარისებრ ჯირკვალში, ჰიპოფიზისა და ჰიპოთალამუსის ჯირკვლებში, თირკმელზედა ჯირკვალში.

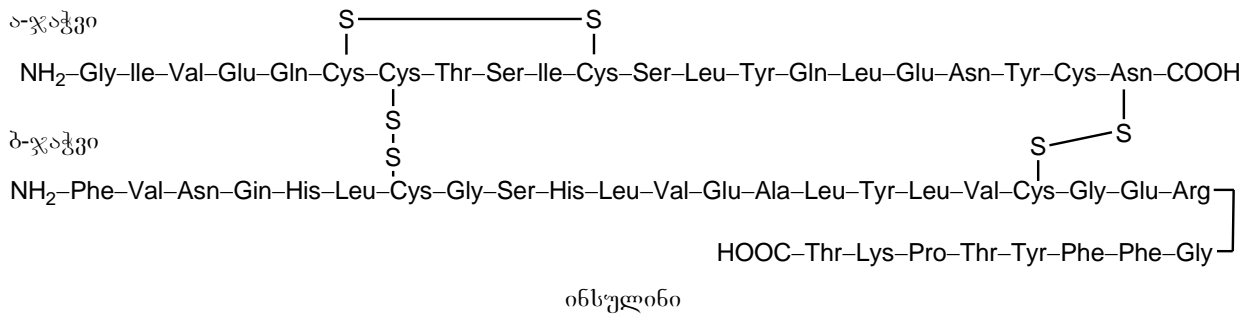
შინაგანი სეკრეციის ჯირკვლები

კუჭკვეშა ჯირკვლის (პანკრეასის) ჰორმონებიდან აღსანიშნავია ორი ურთიერთ-საწინააღმდეგო მოქმედების მქონე ჰორმონი: ინსულინი და გლუკაგონი.

ინსულინი. ეს ჰორმონი 1922წ. იქნა გამოყოფილი სუფთა სახით კანადელი მეცნიერების ფ. ბანტინგისა და ჩ. ბესტის მიერ, მოგვიანებით იგი სინთეზირებულ იქნა კრისტალური სახითაც. ინსულინი კონტროლს უწევს ნახშირწყლების, ცილების, ცხიმების მეტაბოლიზმს, სინთეზირდება კუჭკვეშა ჯირკვლის მიერ. ამ ჰორმონის მნიშვნელობა ძალზე დიდია. იგი გამოიყოფა ჯირკვლებიდან პირდაპირ სისხლში და არეგულირებს ორგანიზმში შაქრის შეთვისების პროცესს. კერძოდ, ამ ჰორმონის მეშვეობით, შაქრის ნაჭარბი, რომელიც სისხლში არსებობს, ცხოველურ სახამებლად – გლიკოგენად გადაიქცევა და ღვიძლსა და კუნთებში გროვდება. ინსულინის ნაკლებობისას ვითარდება მძიმე დაავადება, რომელსაც შაქრიან დიაბეტს უწოდებენ, რომლის დროსაც ნაწლავებიდან შეწოვილი გლუკოზა სისხლში გროვდება, მისი ნაწილი განუწყვეტლივ იდევნება შარდთან ერთად. ასეთი ავადმყოფების ორგანიზმში რეგულარულად შეჰყავთ ჰორმონი ინსულინი. ამ ჰორმონის მოქმედებით, შაქრის ნაჭარბი გარეთ კი არ გამოიყოფა, არამედ გლიკოგენის სახით მარაგად გადაინახება ორგანიზმში, რომელიც შემდგომ გამოიყენება სასიცოცხლო პროცესებისათვის.

ინსულინის მოლეკულური მასა არის 5787, მოლეკულური ფორმულაა $C_{259}H_{377}N_{65}O_{75}S_6$. ინსულინი იყო პირველი ცილა, რომლის პირველადი სტრუქტურა ათწლიანი კვლევის შედეგად მთლიანად იქნა გაშიფრული სენჯერის მიერ 1953 წელს, რისთვისაც 1958 წელს მას მიენიჭა ნობელის პრემია. 1980 წელს სენჯერს მეორედ მიანიჭეს ნობელის პრემია გენეტიკური კოდის გაშიფვრის გამო. ინსულინის მოლეკულა შედგება 51 ამინომჟავური ნაშთისაგან. იგი შეიცავს ორ პოლიპეპტიდურ ჯაჭვს, რომლებიც ერთმანეთთან დაკავშირებულია 2 დისულფიდური ბმით. დისულფიდური ბმების აღდგენისას პეპტიდებს შორის კავშირი წყდება და ჰორმონული აქტივობა ისპობა. სათანადო პირობებში სულფიდჰიდრილის ჯგუფების დაუანგვისას კვლავ აღინიშნება ჰორმონის ბიოლოგიური აქტივობის ნაწილობრივი აღდგენა. ინსულინი წარმოიშობა პრეინსულინიდან, რომელიც სინთეზირდება ლანგერჰანისის β-უჯრედების მიკროსომულ ფრაქციაში. ინსულინის სინთეზი და სეკრეცია რეგულირდება კალციუმის იონებით და სისხლში გლუკოზის რაოდენობით. სისხლში გლუკოზის შემცირებისას ინსულინის სეკრეცია სუსტდება; გლუკოზის კონცენტრაციის გაზრდისას, პირიქით ძლიერდება ინსულინის სინთეზი და სეკრეცია. ინსულინის სინ-

თუხის შეკავებისას ადამიანის ორგანიზმში ვითარდება მძიმე დაავადება – შაქრის დიაბეტი. ამ დროს აღინიშნება ჰიპერგლიკემია, ძლიერდება გლიკოგენის დაშლა, მატულობს სისხლში გლუკოზის, ქოლესტერინისა და კეტონური სხეულების რაოდენობა.



ინსულინი წარმოადგენს კუჭქვეშა ჯირკვლის ჰორმონს. კუჭქვეშა ჯირკვლი შეიცავს ასევე გლუკაგონს, რომელიც ინსულინის საწინააღმდეგო მოქმედებით ხასიათდება. მისი მოქმედებით ღვიძლში, გულის კუნთსა და ცხიმოვან ქსოვილში, ადრენალინის მსგავსად, ძლიერდება გლიკოგენის დაშლა ფოსფორილაზით. გლუკაგონი 29 ამინომჟავასგან არის აშენებული. დადგენილია მისი პირველადი სტრუქტურა. სისხლში გლუკოზის რაოდენობა მცირდება გლუკოზის წვის და გლუკოგენის სინთეზის გაძლიერების შედეგად. ამგვარად, ინსულინის გლუკაგონისა და ადრენალინის რაოდენობრივი განაწილებით პრაქტიკულად რეგულირდება სისხლში გლუკოზის ოპტიმალური დონე.

ფარისებრი ჯირკვლების ეპითელურ უჯრედებში წარმოქმნილი ჰორმონები შედის სისხლში, რომელიც კაპილარებში მიედინება. ფარისებრი ჯირკვლის უჯრედებში გამომუშავდება ჰორმონი თიროქსინი, რომელიც იოდს შეიცავს. ამ ჰორმონის გამომუშავების ნორმალური დონის შეცვლა იწვევს მძიმე დაავადებებს. ასე მაგალითად, ჰიპოფუნქციის დროს, როდესაც ფარისებრი ჯირკვალი გამოყოფს ნაკლები რაოდენობით ჰორმონს, ან ახალგაზრდა ასაკში ჯირკვალი განიცდის ატროფიას, ვითარდება დაავადება კრეტინიზმი. იგი გამოიხატება ადამიანის სიმაღლეში ზრდის დათრგუნვითა და შემდეგ მთლიანად შეწყვეტით. ამას მოსდევს ცალკეული ნაწილების არაპროპროპორციული განვითარება და გონებრივი ჩამორჩენილობა. მოზრდილ ადამიანებში ჯირკვლის ანალოგიური ცვლილებების შედეგად ვითარდება დაავადება მიქსედემა. ამ დაავადებისათვის დამახასიათებელია ლორწოვანი შეშუპება, რაც გამოწვეულია ქსოვილებში წყლის შეკავებით, ნივთიერებათა ცვლის დაქვეითებით, სიმსუქნით.

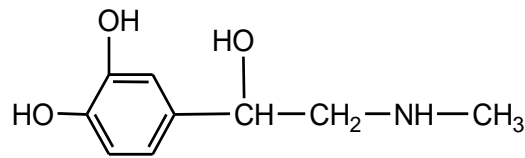
ფარისებრი ჯირკვლის ფუნქციის დაქვეითება (ჰიპოფუნქცია) გარდა მიქსედემისა, იწვევს აგრეთვე მეორე სახის დაავადებას, ე.წ. ენდემურ ჩიყვს. ამ დროს ფარისებრი ჯირკვლის ზომა მნიშვნელოვნად იმატებს. ფარისებრი ჯირკვლის ჰიპერფუნქცია (როდესაც ხდება დიდი რაოდენობით თიროქსინის წარმოქმნა) გამოიხატება ე.წ. ბაზედოვის დაავადების განვითარებით (ბაზედოვი იმ ექიმის გვარია, რომელმაც ეს დაავადება აღწერა). მისი ძირითადი კლინიკური სიმპტომებია: საერთო სიგამხდრე, კიდურების კანკალი, თვალების გადმოკარკვლა, ორგანიზმიდან შარდთან ერთად გამოიყოფა დიდი რაოდენობით აზოტი. ბაზედოვის დაავადების მკურნალობის მიზნით ორგანიზმში მცირე დოზით ხდება იოდის რადიოაქტიური იზოტოპის (I¹³¹) შეყვანა, რომელიც გროვდება ჯირკვლის უჯრედებში და გამოყოფს რა სხივს, იწვევს ჯირკვლის ქსოვილის ადგილობრივ დასხივებას და ჰორმონების წარმოქმნის შემცირებას.

ჰიპოფიზის შუამდებარე და უკანა ნაწილებიდან გამოყოფილი პეპტიდური ბუნების ბიოლოგიურად აქტიური ჰორმონებია: ვაზოპრესინი, ოქსიტოცინი და ზრდის ჰორმონი სომატოტროპინი. ამ უკანასკნელის გავლენით ძლიერდება გენეტიკური აპარატის

აქტივობა. სომატოტროპინი გავლენას ახდენს ნახშირწყლებისა და ცხიმების მეტაბოლიზმზე, არეგულირებს მთელი პროცესის დინამიკას.

ჰიპოთალამუსში გამომუშავდება ბიოლოგიურად მაღალი აქტივობის მქონე ფაქტორები, რომელთა გავლენით რეგულირდება უჯრედების, ქსოვილების და ორგანოიდების ბიოქიმიურ-ფიზიოლოგიური პროცესები. ჰიპოთალამუსის ფაქტორებიდან აღსანიშნავია: თირეოლიბერინი, სომატოსტატინი. დადგენილია, რომ ჰიპოფიზის ჰორმონების სინთეზი უპირატესად ხორციელდება ჰიპოთალამუსის უჯრედების სინაპსურ დაბოლოებაში, სადაც რეგულატორულ ფუნქციას ბიოგენური ამინები ასრულებენ.

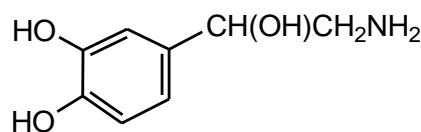
თირკმელზედა ჯირკვლებს, რომლებიც შედგებიან მორფოლოგიურად და ფუნქციურად განსხვავებული ქერქოვანი და ტვინოვანი ნაწილისაგან, მიეკუთვნება სტეროიდული ჰორმონები (გამომუშავდება ქერქოვან ნაწილში) და ნეიროჰორმონული ბუნების კატექოლამინები (გამომუშავებს ტვინოვანი ნაწილი). თირკმელზედა ჯირკვლის ტვინოვანი ფენა იმუშავებს ჰორმონ-ადრენალინს. ორგანიზმში ადრენალინი წარმოიქმნება ამინბუჯა თიროზინისაგან.



ადრენალინი

ადრენალინი. ადრენალინი კრისტალური ნივთიერებაა, ცუდად იხსნება ცივ წყალში, ადვილად იხსნება ცხელ წყალში. ფიზიოლოგიური მოქმედება გამოიხატება ნერვული სისტემის აგზნებაში, იწვევს სისხლის წნევის ძლიერ აწევას, აჩქარებს გულის ცემის რიტმს, აფართოებს თვალის გუგას. ადრენალინი ძლიერ გავლენას ახდენს ნახშირწყლოვან ცვლაზე. იგი შესამჩნევ ფიზიოლოგიურ მოქმედებას იჩენს ძალიან მცირე კონცენტრაციების დროსაც. ადრენალინის კონცენტრაცია სისხლში შეადგენს 0,015მგ%-ს, დიდ კონცენტრაციებში ძლიერ შხამს წარმოადგენს. თირკმელზედა ჯირკვლები ადრენალინთან ერთად შეიცავს ნორადრენალინს, რომელიც განსხვავდება ადრენალინისაგან იმით, რომ გვერდით ჯაჭვს აკლია მეთილის ჯგუფი და წარმოადგენს პირველად ამინს. ნორადრენალინი მოქმედებს არტერიულ წნევაზე, ადრენალინი კი ნახშირწყლოვან ცვლაზე. ნორადრენალინი არის უფრო, კრისტალური ნივთიერება, მოლეკულური მასით 169,18. ჰაერზე სინათლის მოქმედებით მუქდება, FeCl₃-თან ურთიერთქმედებით წარმოიქმნება მწვანე – ზურმუხტისფერი ნაერთი.

ნორადრენალინი მედიცინაში გამოიყენება ჰიდროტარტრატის სახით არტერიული წნევის ასამაღლებლად. ადრენალინის შეყვანისას სისხლში მატულობს გლუკოზის რაოდენობა, იგი დაწვას ვერ ასწრებს და მოუხმარებლად შარდში გადადის. ამ მხრივ, ადრენალინი ინსულინის ანტაგონისტია. ინსულინის მოქმედების შეკავების გამო ადრენალინი იწვევს ღვიძლში გლიკოგენის ენერგიულ დაშლას გლუკოზად. ამავე დროს ქსოვილში ნელდება გლუკოზას მოხმარება. ადრენალინის განზავება 1:200 მილიონჯერ გავლენას ახდენს ნაწლაგების პერესტალტიკაზე; განზავება 1:550 მილიონჯერ კი შესამჩნევ გავლენას ახდენს საშვილოსნოს კუნთებზე. 1კგ ცოცხალ წონაზე 0,1-1 მგ-ის შემსაპუნება ორგანიზმის დაღუპვას იწვევს.



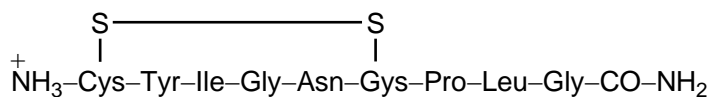
ნორადრენალინი

რენინი. თირკმელზედა ჯირკვლის ჰორმონს მიეკუთვნება რენინი. მე-19 საუკუნის ბოლოს დადგენილ იქნა, რომ თირკმლები მონაწილეობას ღებულობს არტერიული წნევის რეგულირებაში, მათი ქერქიდან გამოყოფილ იქნა რენინი, რომლის ვენაში შეყვანა იწვევს წნევის გაზრდას. რენინის შემცველობას სისხლში დიდი მნიშვნელობა აქვს მიოკარდის ინფარქტისა და სხვა დაავადებათა დიაგნოსტიკისათვის. რენინი თერმოსტაბილური პეპტიდაზაა, რომელიც შლის შრატის გლობულინს ანუ ანგიოტენზინოგენს და წარმოქმნის ხაზოვან დეკაპეპტიდ ანგიოტენზინ 1-ს. ეს უკანასკნელი კი სისხლის ფილტვებში გავლის დროს დიპეპტიდური ფრაგმენტის მოხლეჩვით გარდაიქმნება ანგიოტენზინ 2-ად ოქტაპეპტიდად, რომელიც ასტიმულირებს სისხლძარღვების შევიწროებას და იწვევს წნევის გაზრდას.

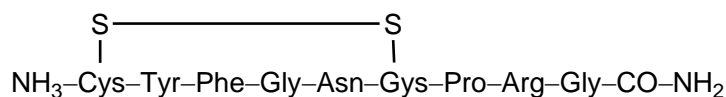
Asp-Arg-Val-Tyr-Ile-His-Pro-Phe-His-Leu ანგიოტენზინი I
 Asp-Arg-Val-Tyr-Ile-His-Pro-Phe ანგიოტენზინი II

ნეიროპეპტიდები და პეპტიდური ჰორმონები

ნეიროპეპტიდები. პეპტიდებს, რომლებიც აღმოჩენილია თავის ტვინში და მოქმედებენ ცენტრალური ნერვული სისტემის ფუნქციაზე ეწოდება ნეიროპეპტიდები. ამ ჯგუფს მიეკუთვნება ჰიპოთალამუსის და ჰიპოფიზის პეპტიდები, რომელთაც გააჩნიათ ბიოლოგიური მოქმედების ფართო სპექტრი. ნეიროპეპტიდების უმრავლესობა სინთეზირდება ნერვული უჯრედების მიერ. ნეიროპეპტიდურ ჯგუფში შედის ჰიპოფიზის მნიშვნელოვანი პეპტიდ-ჰორმონი ვაზოპრესინი და ოქსიტოცინი. ისინი არეგულირებენ ორგანიზმში მიმდინარე ქიმიურ რეაქციებს და გამოიჩენიან ჰორმონული აქტივობით. ორივე ჰორმონი სინთეზირდება ჰიპოფიზის უკანა ნაწილში. პირველადი სტრუქტურით ეს პეპტიდ-ჰორმონები ძალიან ჰგავს ერთმანეთს. განსხვავება მხოლოდ მე-3 და მე-8 ამინომჟავურ ნაშთებშია. ოქსიტოცინში იზოლეიცინისა და ლეიცინის ნაცვლად ვაზოპრესინი შეიცავს ფენილალანინსა და არგინინს. ოქსიტოცინი ძირითადად მდებარეობს ცხოველებში გვხვდება, იწვევს საშოს კუნთების შეკუმშვას, რის გამოც მას იყენებენ ვეტერინარულ მეან-გინეკოლოგიაში. ვაზოპრესინი გვხვდება როგორც მდებარე, ისე მამრ ვხოველებში და ახდენს რა თირკმლებით წყლის რეაბსორბციას, იწვევს ძლიერ ანტიდიურეტიკულ მოქმედებას. გარდა, ამისა იგი ასტიმულირებს სისხლძარღვების კედლების შეკუმშვას, რითაც კონტროლს უწევს სისხლის წნევას. ორივე მათგანი შეიცავს თითო დისულფიდურ ბმას:



ოქსიტოცინი



ვაზოპრესინი

1975 წელს ამერიკელი მეცნიერის ჰიუზის მიერ აღმოჩენილ იქნა პეპტიდთა ჯგუფი, რომელიც გავლენას ახდენს ნერვული იმპულსების გადაცემაზე, ესენია: ენკეფალინები და ენდორფინები, ისინი წარმოადგენენ ოპიოიდურ პეპტიდებს, მორფინის მსგავსად აყუჩებენ თავის ტკივილს და იწვევენ ეიფორიულ მდგომარეობას. ენკეფალინის (ბერძნულად ნიშნავს “თავში”) ჯგუფში აღმოჩენილ იქნა ორი პენტა-პეპტიდი, რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდება C-ბოლოთი. ერთის ბოლოში

მეთიონინია, ხოლო მეორისაში ლეიცილი. ეს მცირე განსხვავება არსებით გავლენას ახდენს მათ ბიოლოგიურ აქტივობაზე. ისინი გამოყოფილ იქნენ ღორის თავის ტვინიდან.

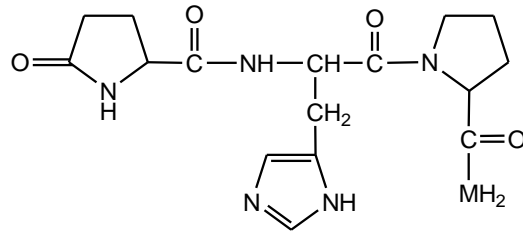
Tyr-Gly-Gly-Phe-Met Met-ენკეფალინი
Tyr-Gly-Gly-Phe-Leu Leu-ენკეფალინი

აღმოჩნდა, რომ Met-ენკეფალინი 20-ჯერ უფრო ძლიერი ტკივილგამაყუჩებელი თვისებებით ხასიათდება, ვიდრე Leu-ენკეფალინი. ნეიროპეპტიდების ჯგუფს მიეკუთვნება ასევე ნონაპეპტიდი, რომლის აღნაგობა დადგენილ იქნა 1977 წელს შვეიცარიელი მეცნიერების შენებბერგისა და მონიუს მიერ.

Trp-Ala-Gly-Gly-Asp-ala-Ser-Gly-Gly

ნონაპეპტიდი ზრდის მდგრადობას სტრესებისადმი, ასევე გამოიყენება უძილობის დროს. ნეიროპეპტიდების ჯგუფს მიეკუთვნება მელანოციტსტიმულირებული ჰორმონები, მაგალითად, *მელანოტროპინი*, რომელიც გამოიშავდება ჰიპოფიზის შუა ნაწილში. ისინი ახდენენ პიგმენტური უჯრედების სტიმულირებას, რაც იწვევს მელანინის პიგმენტის ბიოსინთეზის გაძლიერებას და კანის გამუქებას. მათ ძირითად ბიოლოგიურ ფუნქციას წარმოადგენს ცენტრალური ნერვული სისტემის მოქმედების რეგულაცია. მნიშვნელოვან ნეიროპეპტიდებს განეკუთვნება: თირეოლიბერინი, სომატოტროპინი და ლულიბერინი, რომელთაც გამოიმუშავებს ჰიპოთალამუსი. მათი საშუალებით რეგულირდება ქსოვილებისა და ორგანოიდების ბიოქიმიურ-ფიზიოლოგიური პროცესები.

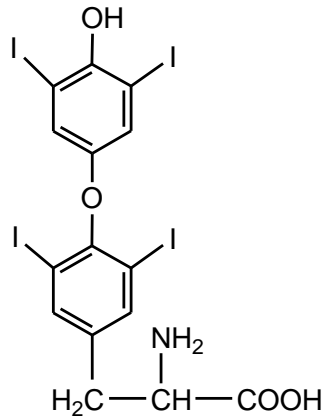
თირეოლიბერინი ბუნებრივი ტრიპეპტიდია; მასში შედის: პირუგლუტამინის მუავას, ჰისტიდინის და პროლინამიდის ნაშთები:



სომატოტროპინი -- ზრდის ჰორმონი, წარმოადგენს ციკლური ფორმის დისულფიდს. მისი ნაკლებობისას ფერხდება ზრდა, ფორმირდება ქონდრიკაცი ფსიქიკური დარღვევების გარეშე. მეორეს მხრივ, ჰიპოფიზის ჰიპერფუნქციისას, ძლიერდება სხეულის ცალკეული ნაწილების ზრდა (სპილოს დაავადება).

სომატოსტატინი იყო პირველი ცხოველური ჰორმონი, რომლის ბიოსინთეზი განხორციელებულ იქნა გენური ინჟინერიის მეთოდის გზით.

ნეიროპეპტიდებიდან აღსანიშნავია ფარისებრი ჯირკვლის ჰორმონი *თიროქსინი*. ის წარმოიქმნება ამინმუავა თიროზინისაგან. ჯერ სინთეზირდება L-თირონინი, ხოლო მისი შემდგომი იოდირებით- დი-, ტრი- და ტეტრაიოდთირონინი ანუ თიროქსინი. ისინი გავლენას ახდენენ ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე, გულსისხლძარღვთა მოქმედებაზე, იმუნურ თვისებებზე, ქსოვილთა ზრდასა და დიფერენციაზე. ადრეულ ასაკში ფარისებრი ჯირკვლის ჰიპოფუნქციისას ვითარდება დაავადება, რომელიც კრეტინიზმის სახელითაა ცნობილი.



თიროქსინი

ამ დროს ირღვევა ნივთიერებათა ცვლა, ფსიქიკა, ფერხდება ზრდა. ადრეულ ასაკში განვითარებული დაავადება მკურნალობას არ ექვემდებარება. ზრდადასრულ ქალებში ვითარდება მიქსედემა, აღინიშნება ცხიმების, წყლისა და მარილების მეტაბოლიზმის მოშლა, ირღვევა ფსიქიკა. მთიან რაიონებში, სადაც წყალში იოდის ნაკლებობაა, მოსახლეობაში აღინიშნება ენდემური ჩიყვის განვითარება, შემაერთებული ქსოვილის ინტენსიური ზრდის გამო. სამკურნალოდ ფართოდ გამოიყენება თირეოლინი და სხვა იოდშემცველი სამედიცინო პრეპარატები. დაავადების პროფილაქტიკის მიზნით ამ დროს გამოიყენება იოდით გამდიდრებული საკვები მარილი. თსუ ბიოორგანული ქიმიის კათედრის თანამშრომელთა გამოკვლევებით დადგენილ იქნა ბიოენერგოაქტივატორ ბიორაგის გამოყენებით სასოფლო-სამეურნეო კულტურებში (მაგ. სიმინდზე) იოდის შემცველობა მნიშვნელოვნად იზრდება (96 %-ით).

ძილზე მოქმედი პეპტიდები. დიდი მნიშვნელობა ენიჭება იმ ნეიროპეპტიდების შესწავლას, რომლებიც მოქმედებენ ძილზე, იმდენად, რამდენადაც ძილის მოქმედების მექანიზმის შესწავლა მუდამ იდგა ნეიროფიზიოლოგებისა და მედიკების ყურადღების ცენტრში. კურდღლის ცერებრალური ვენური სისხლიდან გამოყოფილ იქნა პეპტიდი DSIP, რომელიც ძილზე მკვეთრად მოქმედებდა. ამ პეპტიდის შეყვანამ ცხოველთა ორგანიზმში გამოიწვია ელექტროენცეფალური ცვლილებები, რომელიც დამახასიათებელია ნელი-ტალღოვანი ძილისათვის.

Trp-Ala-Gly-Asp-Ser-Gly-Glu
DSIP

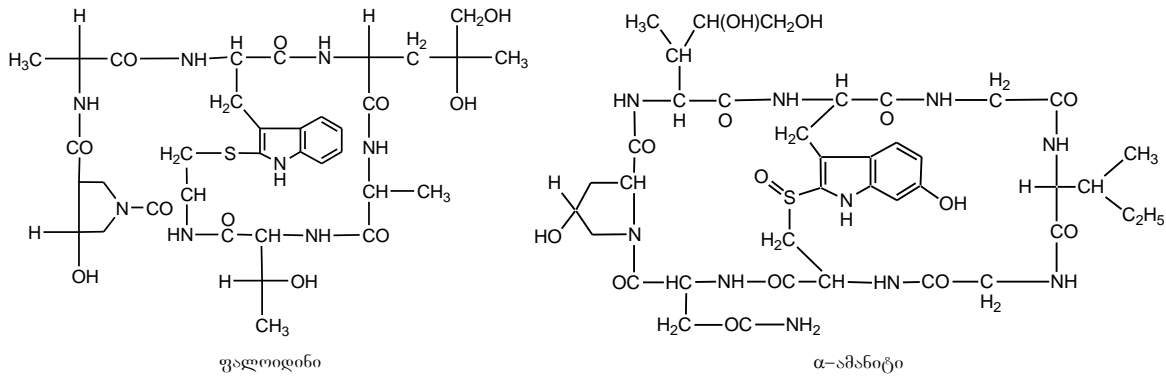
დადგენილია, რომ DSIP მოქმედებს დარღვეულ, აღელვებულ ძილზე, ხსნის უძილობას და აძლიერებს მდგრადობას სტრესისადმი.

პეპტიდური ტოქსინები. მრავალ პეპტიდურ ნივთიერებას აქვს პეპტიდურ-ცილოვანი ბუნება. არსებობს ტოქსიკური ცილები, რომლებსაც ორგანიზმში გამოიმუშავენ ბაქტერიები. ასეთებია: მიკრობული წარმოშობის ძალზე ძლიერი ტოქსინები (ბოტულინები, დიფტერიული, ქოლერული და სხვ.), მიკოტოქსინები (შედის შხამიანი სოკოების შედგენილობაში), ზოოტოქსინები (თევზების და ამფიბიების ტოქსინები, გველისა და მორიელის შხამები), ბუნებრივი წარმოშობის ტოქსინები მცენარეულ საკვებში. ტოქსინები და შხამები უძველესი დროიდან იყრობს მედიკოსთა ყურადღებას, ვინაიდან ისინი შედიან მედიკამენტების შემადგენლობაში და წარმოადგენენ მის კომპონენტებს.

პეპტიდური ტოქსინებიდან დიდი მნიშვნელობა ენიჭება თეთრი შხამა სოკოს პეპტიდებს, გველისა და მორიელის შხამის ნეიროტოქსინებს, ზღვის უხერხემლოთა პეპტიდურ ტოქსინებს, ფუტქრის შხამის პეპტიდურ ტოქსინებს.

შხამა სოკოს პეპტიდები. 1937 წელს გერმანელმა მეკვლევარებმა ფ. ლინენმა და გ. ვილანდმა გამოყვეს შხამიანი სოკოდან (*Amanita phalloides*) კრისტალური ტოქსიკური

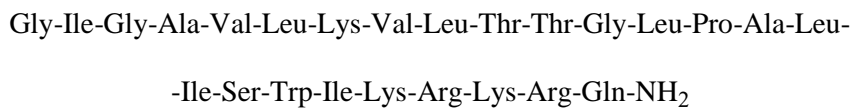
ნივთიერება, რომელსაც ფალოიდინი უწოდეს. მოგვიანებით დადგენილ იქნა თეთრი შხამა სოკოს კომპონენტების აღნაგობა: ფალოიდინი, α -ამანატანი და ასევე მათი წარმოებულები.



თეთრი შხამა სოკოები იწვევენ ძლიერ მოწამვლას, რომლის სიმპტომები მუდამდება მაშინ, როცა ღვიძლი და თირკმელი იმდენად არის გადაგვარებული, რომ მკურნალობა უკვე შეუძლებელია. ადამიანისათვის ამანიტის სასიკვდილო დოზაა 0,1 მგ/კგ. ასევე, *A. muscaria*, *A. pantherina* და სხვა სოკოებიდან გამოყოფილ იქნა ნივთიერებები, რომლებიც ბუზებისათვის ინსექტიციდებია, ხოლო ადამიანებისათვის ფსიქოსტიმულატორები. ასათებია მუსცინოლი, იბეტენინის მუავა, მუსკაზონი. ისინი იწვევენ ამნეზიას, ორიენტაციის დაკარგვას სივრცესა და დროში და ფსიქიურ აშლილობას.

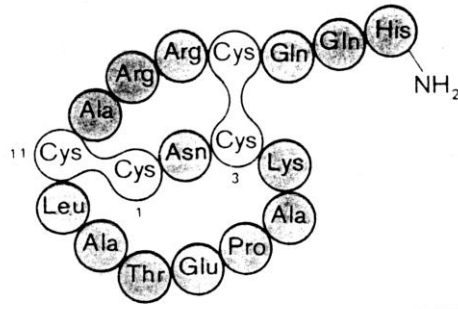
აღსანიშნავია, რომ შხამიანი სოკო *Amanita phalloides* შეიცავს ლიპოფილურ კომპონენტებს – ანტამანიდს, რომლის კონცენტრაციაა 1 მგ. ის მთლიანად იცავს ორგანიზმს ფალოიდინების ლეტალური მოქმედებისაგან. ამ ანტიტოქსინის აღნაგობა დადგენილ იქნა 1969 წელს. ანტამანიდს აქვს უნარი დაიკავშიროს Ca^{2+} იონები, რითაც იგი ხარიათდება ანტიტოქსიკური მოქმედებით.

ფუტკრის შხამის პეპტიდური ტოქსინები. ფუტკრის შხამის ძირითად კომპონენტს წარმოადგენს მელიტინი, მის ხარჯზე მოდის გამხმარი შხამის 30-50 %. მელიტინი გამოყოფილ იქნა ე. საბერმანის მიერ გერმანიაში, ამავე ლაბორატორიაში 1967 წელს დადგენილ იქნა მისი პირველადი სტრუქტურა. ტოქსინის მოლეკულა შეიცავს 26 ამინომჟავურ ნაშთს, მისი C-ბოლო კარბოქსილური ჯგუფი ამინირებულია:



მელიტინის ბიოლოგიური მოქმედება გამოიხატება მემბრანის სტრუქტურის დარღვევაში. კერძოდ, იგი იწვევს სხვადასხვა უჯრედების ლიზისს. მელიტინის და მისი ანალოგების სინთეზი განხორციელდა ე. შრედერის მიერ 1977 წელს. მთელი რიგი შრომები მიეძღვნა მელიტინის კავშირს ხელოვნურ და ბუნებრივ მემბრანებთან და იმ ტოქსინის კონფორმაციის გარკვევას, რომელიც დაკავშირებულია ლიპიდებთან. აღმოჩნდა, რომ მელიტინი ინდუცირებს იონურ გამტარობას ორმაგ შრეში; არ არის გამორიცხული, რომ მელიტინის მიერ ინდუცირებული გამტარობა იწვევს ლიპიდების შრის სტრუქტურის რღვევას.

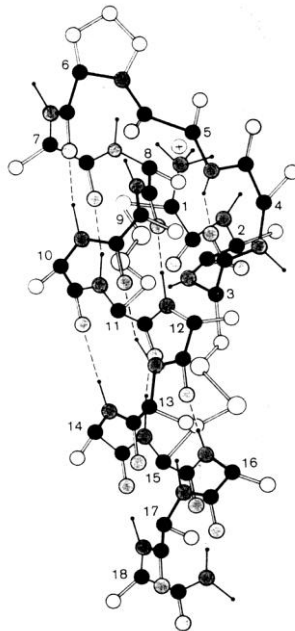
ფუტკრის შხამის მეორე ტოქსიკურ კომპონენტს წარმოადგენს აპამინი-*Apis mellifera*, რომელიც გამოირჩევა ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე მკვეთრად გამოხატული მოქმედებით. აპამინის პირველადი სტრუქტურა დადგენილ იქნა 1967 წელს. იგი შეიცავს 18 ამინომჟავას და წარმოადგენს ერთ-ერთ ცნობილ ძლიერ ნეიროტოქსიკურ პეპტიდს.



აპამინი

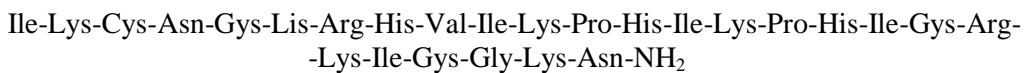
მთელ რიგ ლაბორატორიებში განხორციელდა აპამინისა და მისი ანალოგების სინთეზი. ბმრ-სპექტროსკოპიით დადგინდა აპამინის კონფორმაცია ხსნარში. აპამინის აგებულებაში შეიმჩნევა α -სპირალის არსებობა (6-16 ნაშთი) და β -სხეული (2-5 ნაშთი).

სურ.12



აპამინის მოლეკულის კონფორმაცია ხსნარში

აპამინი მოქმედებს პერიფერიულ და ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე. ფუტკრის შხამის ტოქსინს წარმოადგენს MCD-პეპტიდი. ეს ნაერთი, რომელსაც ასევე უწოდებენ პეპტიდ 401-ს და შედის ფუტკრის შხამში, შეუძლია ჰისტამინის გამოყოფა ვირთხის ცხიმოვანი უჯრედებიდან. მისი სტრუქტურა დადგენილ იქნა 60-იანი წლების ბოლოს.



სტრუქტურული მსგავსება MCD-პეპტიდისა და აპამინს შორის არ ვლინდება ბიოლოგიურ აქტივობაში. MCD-პეპტიდი არ მოქმედებს ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე, ის იწვევს უჯრედების დეგრადაციას, ხდება ჰისტამინის გამოყოფა და შესაბამისად, პროცესის განვითარება.

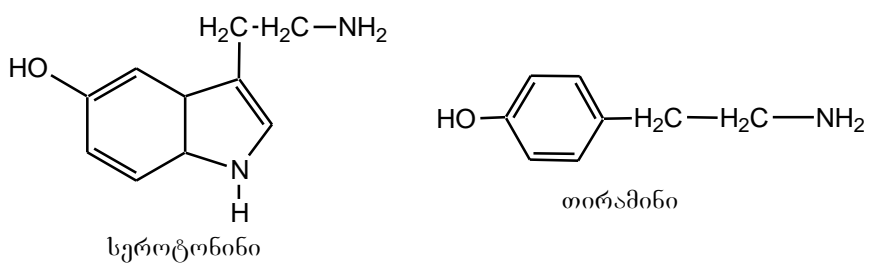
გველისა და მორიელის შხამის ნეიროტოქსინები. გველის შხამი წარმოადგენს მოყვითალო ან მომწვანო ფერის გამჭვირვალე სითხეს. გველის შხამს არც სუნი აქვს და არც გემო, იგი ძირითად შედგება მაღალმოლეკულური ცილოვანი ნივთიერებისაგან. გველისა და მორიელის ტოქსინები პოლიპეპტიდური აღნაგობის

ბუნებრივი წარმოშობის ტოქსინები მცენარეულ საკვებში. ხშირად ტოქსიკურ ნივთიერებას თვით მცენარეები საგრძნობი რაოდენობებით შეიცავენ და მათგან მომზადებულ საკვებს ორგანიზმისათვის მნიშვნელოვანი ზიანის მოტანა შეუძლიათ. მსგავსი ინტოქსიკაციის შედეგია ჰიპოკალიუმიაც (კალიუმის ნაკლებობა).

ჰოტოსანი მცენარეები ხშირად შეიცავენ ლექტინებს (ფიტოჰემაგლუტინინებს), რომლებიც ერთროციტების აგლუტინაციას იწვევენ. მაღალი ტოქსიკურობა გააჩნია აბუსალათინის ლექტინს. მისი გავლენით ყალიბდება ღვიძლის გაცხიმოვნება. ტკბილი კარტოფილი და წითელი ჭარხალი შეიცავენ ცილების, კერძოდ ტრიფსინის მაინჰიბირებელ ნივთიერებებს. ამ დროს ფერხდება ცილის ბიოსინთეზი. გაცხელებისას ქვეითდება ან სრულიად ქრება აღნიშნულ მცენარეთა ლექტინური ფრაქციის ბიოლოგიური აქტივობა და შესაბამისად იზრდება ამ ბოსტნეულის ტოქსიკური თვისებები. შაქრის ჭარხალი, სატაცური ისპანახი და წითელი ჭარხალი შეიცავენ საპონინებს, რომლებიც გლიკოზიდებს მიეკუთვნებიან და წყალხსნარებში ქაფს წარმოქმნიან. ნაწლავებში ისინი ჩვეულებრივ სუსტად სორბირდებიან, მაგრამ ანთებისას ან ძლიერი გაღიზიანებისას მათი სორბცია იზრდება. სისხლში გადასვლისას საპონინები რეაგირებენ ერთროციტების მემბრანებთან და მათ ჰემოგლიბინისათვის განვლადს ხდიან, ე.ი. ადგილი აქვს ჰემოლიზს. ჰემოგლობინი იწყებს შარდში გამოსვლას, რის გამოც შეიძლება სიყვითლე და ორგანიზმში სისხლის მიმოქცევის მოშლა. კომბოსტოს ყველა სახეობა შეიცავს ბიოლოგიურად არააქტიურ ნივთიერებებს-თიოგლიკოზიდებს, განსაკუთრებით გლუკობრასცინებს.

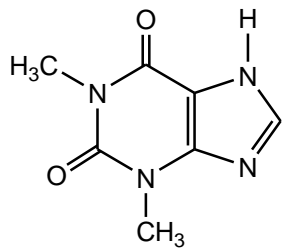
ეს ნივთიერებები წარმოქმნიან თიოციანატებს (R-SCN). ისინი ზღუდავენ ფარისებრ ჯირკვალში ჰორმონ თიროქსინის წარმოქმნას, რაც დროთა განმავლობაში ბაზედოვის დაავადებას იწვევს. მცენარის ზოგიერთ სხვა ქიმიურ კომპონენტს შეუძლია ფარისებურ ჯირკვალში იოდთან ურთიერთქმედება და თიროქსინის წარმოქმნის ბლოკირება. ასეთია: წითელი ჭარხლიდან, მიწის თხილიდან და ჩვეულებრივი ხახვიდან გამოყოფილი ნივთიერებები. ამ მცენარეთა ზემოქმედება, რაც ბაზედოვის დაავადების პროვოცირებაში მდგომარეობს, შეიძლება განეიტრალოს იოდის მიწოდებით (იოდირებული სუფრის მარილის სახით).

კვების მრავალი პროდუქტი შეიცავს ბიოგენურ ამინებს (ნერვული იმპულსების გადამტანები). მათ მიეკუთვნება სეროტონინი (ბანანში, ტყის თხილში, პომიდორში) და თირამინი (დიდი რაოდენობით არის ყველში).

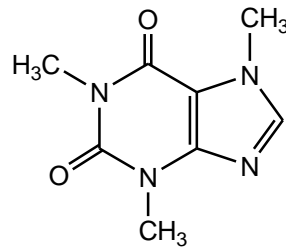


ისინი ზრდიან სისხლის წნევას. ჯანმრთელ ადამიანში ეს პრაქტიკულად შეუმჩნეველია, მაგრამ მაღალი წნევისას მოქმედებენ წნევის დამწვევი თერაპევტული პრეპარატების საწინააღმდეგოდ. თირამინის მაღალი შემცველობის 20გ ყველი უკვე საკმარისია წნევის მნიშვნელოვნად ასაწევად. თირამინს შეიცავენ ღვინოები და საფურის ექსტრაქტები. მცენარეები კანცეროგენული თვისებების მქონე კომპონენტებს შეიცავენ. მაგალითად, კოთხუჯის (სულხან-საბას მიხედვით – ემირი, მეგრულად-ჯარკვატანა) ტრი- და ტეტრაპლოიდური ნაირსახეობებიდან გამოყოფილი ეთერზეთები ცხოველებში კიბოს დაავადებას იწვევს.

ჩაისა და ყავის თეოფილინი და კოფეინი მოქმედებენ ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე, ზრდიან გუნება-განწყობას და მსუბუქ ეიფორიას იწვევენ:



თეოფილინი



კოფეინი

კოფეინი აძლიერებს სისხლის მიმოქცევას და ზრდის გონებრივ შესაძლებლობებს. დიდი დოზები იწვევენ ადგუნებას, უძილობას, გულისცემის მომატებას და ზოგჯერ არითმიასაც. სუფთა სახით კოფეინის დოზა 100 მგ-ს (ერთი ფინჯანი ყავა) არ უნდა აღემატებოდეს. ლიმონისა და ფორთოხლის ქერქში არსებული ეთერზეთები იწვევენ თავის ტკივილს და კანის ანთებას. გარდა ამისა, მათ კოკანცეროგენური თვისებებიც გააჩნიათ, ამიტომ, რეკომენდებულია მათი შეზღუდვა საკვებ დანამატად და მონელების რეგულატორებად. ამ ნაერთთა მაქსიმალური დღე-ღამური დოზა არ უნდა აღემატებოდეს 1 გრ-ს. ისეთ მცენარეულ კომპონენტებსაც კი, როგორცაა მენტოლის შემცველი პიტნის ზეთი, დიდი რაოდენობით მიღებისას შეუძლია ადამიანზე გამაბრუებლად იმოქმედოს, გამოიწვიოს სიცივის შეგრძნება და გულისცემის მომატება.

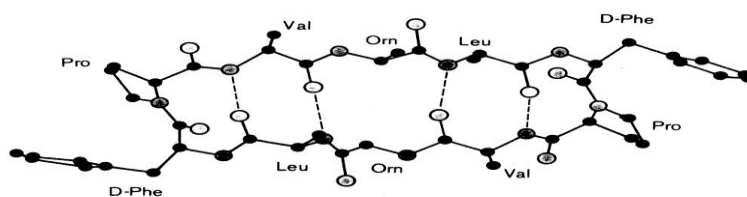
სპეციფიკურ ტოქსინს შეიცავს ჯავზი, რომელშიც აქტიური საწყისი მირისტინია. იგი იწვევს ჰალუცინაციებს, გულის წნევის მომატებას, წნევის აწევას და მოწამვლის სხვა სიმპტომებს. ჯავზი თავისი სუსტი ნარკოტიკული მოქმედების გამო, გამოიყენება დამაწყნარებელ საშუალებადაც. ხოლო დიდი დოზებით იწვევს მოწამვლას. ნახევარმა ლებანმაც კი შეიძლება მოწამვლის ნიშნები განავითაროს. მისი გამოსაყენებელი ოდენობა 0,3 გ-ს არ უნდა აღემატებოდეს. მას ფართოდ იყენებენ კულინარიაში.

პეპტიდური ანტიბიოტიკები

მრავალრიცხოვანი პეპტიდური ბუნების ანტიბიოტიკებიდან აღსანიშნავია გრამიცინი S, თიროციდინი, პოლიმიკსინი, ბაციტრაცინი, აქტინომიცინი, და ექინომიცინი. ამ ანტიბიოტიკების ჯგუფში აღმოჩენილი იყო მონათესავე ნივთიერებები, რომლებიც აგებულებით, ბიოლოგიური და ქიმიური თვისებებით ახლოს დგანან ერთმანეთთან. ამ ჯგუფის ანტიბიოტიკებს საკმაოდ დიდი ტოქსიკურობა ახასიათებთ და მათ უმთავრესად იყენებენ როგორც ადგილობრივ საშუალებებს.

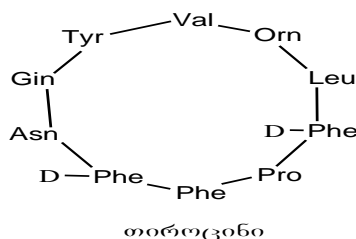
გრამიცინი S – პირველად გამოყოფილ იქნა მოსკოვის ახლოს მდებარე ბოსტნების ნიადაგიდან 1942 წელს გ. ჰაუზესა და მ. ბრაუნეკოვას მიერ. მისი აგებულება დადგენილ იქნა 1952 წ. ლ. კრეივის მიერ, ხოლო ქიმიური სინთეზი განხორციელდა 1956 წ. რ. შვიცერის მიერ. გრამიცინის აგებულება გამოკვლეულ იქნა რენტგენოსტრუქტურული ანალიზის მეთოდის საშუალებით. აღნიშნული ანტიბიოტიკი წყალში უხსნადია, იგი უხსნადია აგრეთვე მჟავებისა და ტუტეების ხსნარებში. გრამიცინი S-ს აქვს ფუძის თვისებები. ხანგრძლივი ჰიდროლიზისას ანტიბიოტიკი განიცდის სრულ დაშლას. ამ დროს წარმოიქმნება ხუთი ამინჟავა: L-პროლინი, L-ვალინი, L-ორნიტინი, L-ლეიცილი და D-ფენილალანინი. ფენილალანინის აღნიშნული D-იზომერი ბუნებრივ ნაერთებში პირველად არის ნაპოვნი, აქამდე კი ცილოვან ნივთიერებათათვის მხოლოდ L-იზომერები იყო ცნობილი. აღნიშნული ფენილალანინის ეს იზომერი მეორე ანტიბიოტიკ თიროციდინშიც არის ნაპოვნი. იგი წარმოადგენს ციკლურ პოლიპეპტიდს, რომელშიც მხოლოდ ერთი ამინჯგუფი არ დებულა მონაწილეობას პეპტიდური ბმების წარმოქმნაში და ინარჩუნებს ამინის თვისებებს (რეაგირებს HNO_2 -თან), რასაც განსაზღვრავს ორნიტინის α -ამინჯგუფი. პეპტიდის მოლეკულაში ამინჟავების ნაშთები შემდეგი თანამიმდევრობითაა განლაგებული: L-ვალეილ-L-ორნიტილ-L-ლეიცილ-D-ფენილალანილ-L-პროლინი.

გრამიცინი S-ის ანტიბაქტერიული მოქმედება არ მცირდება ლიმფის, შრატისა და ჩირქის თანამყოფობაში. ორგანიზმში მისი პარენტელური შეყვანისას მუდგანდება ძლიერი ტოქსიკური მოქმედება. რადგან, ეს ანტიბიოტიკი არ შეიწოვება კუჭ-ნაწლავის მიერ, ამ გზით მისი გამოყენება არ ხერხდება. ამიტომ, გრამიცინი S-გამოიყენება როგორც ადგილობრივი საშუალება ჭრილობების დამუშავებისას, ინფიცირებული ჭრილობებისა და დამწვრობის სამკურნალოდ, ტვინისა და ფილტვების დაავადებათა სამკურნალოდ და სამეანო-გინეკოლოგიურ პრაქტიკაში.



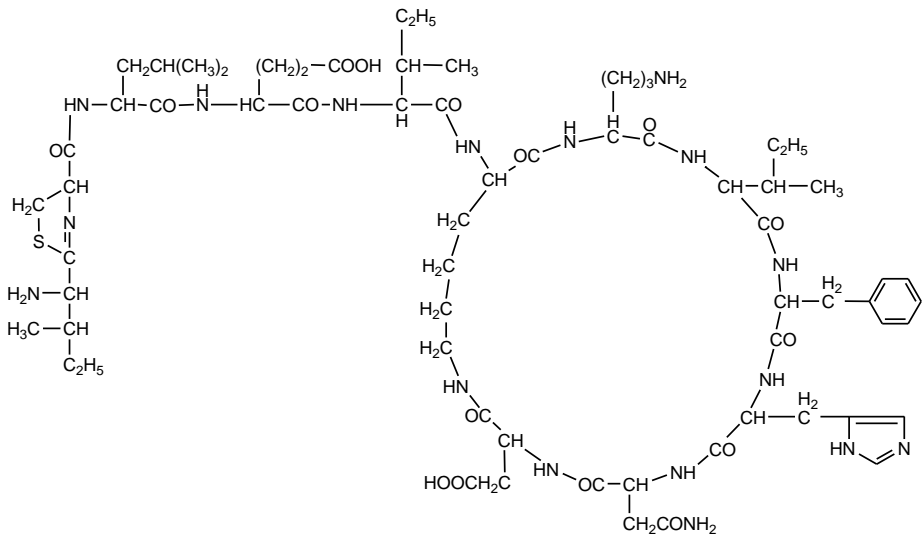
გრამიცინი S-ის კრისტალური კომპლექსი

გრამიცინი S-თან აგებულებითა და მოქმედების ხასიათით ახლოს დგას თიროციდინის ანტიბიოტიკების ჯგუფი. ეს ნაერთები დნმ-თან წარმოქმნიან კომპლექსს, მონაწილეობენ გენების აქტიურ რეგულაციაში.



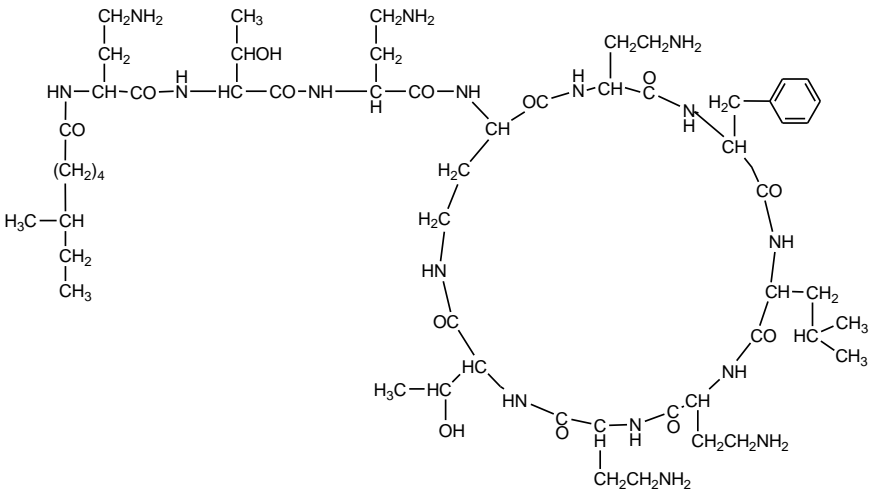
გრამიციდინი S და მისი მონათესავე ანტიბიოტიკები მიეკუთვნებიან პეპტიდურ-ცილოვან ნივთიერებათა იმ ჯგუფს, რომელთა ბიოსინთეზი მიმდინარეობს რიბოსომული აპარატის გარეშე და ხორციელდება ფერმენტული სისტემის დახმარებით. კერძოდ, გრამიციდინი S-ის პეპტიდური ჯაჭვის აგებაში მონაწილეობს ფერმენტაციული კომპლექსი, რომელსაც ეწოდება გრამიციდინ S-სინთეტაზა.

ბაციტრაცინები. ბაციტრაცინი A აღმოჩენილია 1945 წელს. მისი სტრუქტურა დადგენილ იქნა 1971 წელს. ბაციტრაცინი A ანტიბიოტიკების ჯგუფის ერთ-ერთი მთავარი წარმომადგენელია. ბაციტრაცინი, ისევე როგორც პოლიმიქსინი, წარმოადგენს ციკლურ-ხაზოვან პეპტიდს, რომლის სტრუქტურულ ელემენტს წარმოადგენს თიაზოლინის რგოლი. თავისი მოქმედებით იგი პენიცილინის მსგავსია.



ბაციტრაცინი A

პეპტიდური ანტიბიოტიკების წარმომადგენელია პოლიმიქსინები, რომელთაც გააჩნიათ ციკლურ-ხაზოვანი სტრუქტურა, ძლიერი მოქმედება, რაც ხორციელდება α , γ -დიამინერბოსმუავას 5,6-ამინმუავური ნაშთის ხარჯზე. პოლიმიქსინი B₁-ის ფორმულა დადგენილ იქნა 1964 წელს გ. ფოგლერის და მისი თანამშრომლების მიერ.

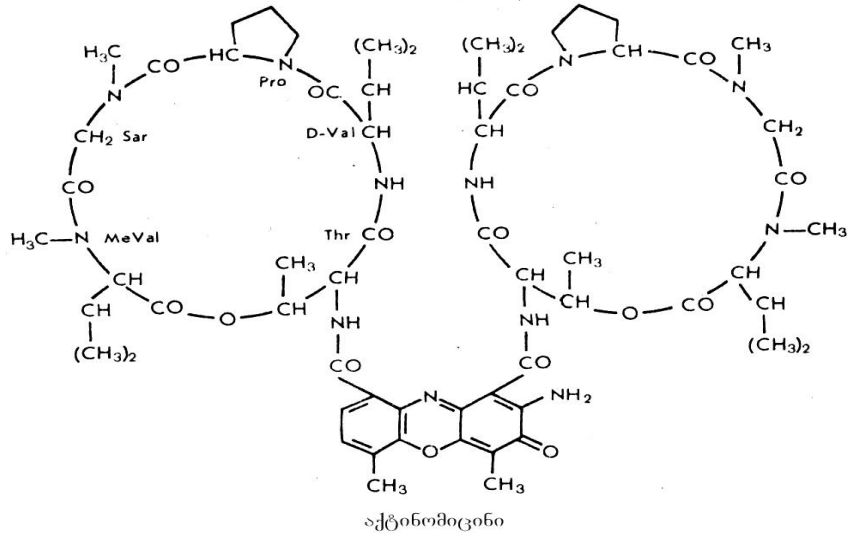


პოლიმიქსინი B₁

პოლიმიქსინს ახასიათებს მკაფიოდ გამოხატული ბაქტერიციდული მოქმედება გრამუარყოფითი ბაქტერიების წინააღმდეგ. პოლიმიქსინების სამიზნეს წარმოადგენს პლაზმური მემბრანის ბაქტერიები. ისინი უკავშირდებიან ლიპიდების ფოსფატურ ჯგუ-

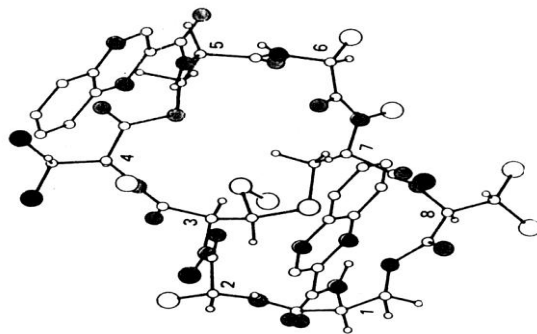
ფებს და არღვევენ მემბრანული ბარიერის სტრუქტურას. მეორეს მხრივ, პოლიმიქსინები ააქტიურებენ შინაგანი მემბრანის გრამუარყოფითი ბაქტერიების ფოსფოლიპაზებს, ამ დროს ხდება მემბრანების რღვევა, რაც იწვევს მიკროორგანიზმების სიკვდილს.

აქტინომიცინები. ანტიობიოტიკი გამოყოფილ იქნა 1940 წელს. მისი აგებულება დადგენილ იქნა გ. ბროკმანის მიერ 60-იანი წლების დასაწყისში. მისი მთავარი წარმომადგენელია აქტინომიცინი D.



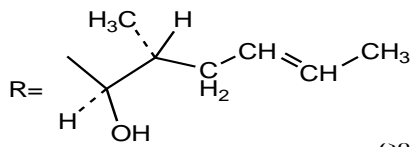
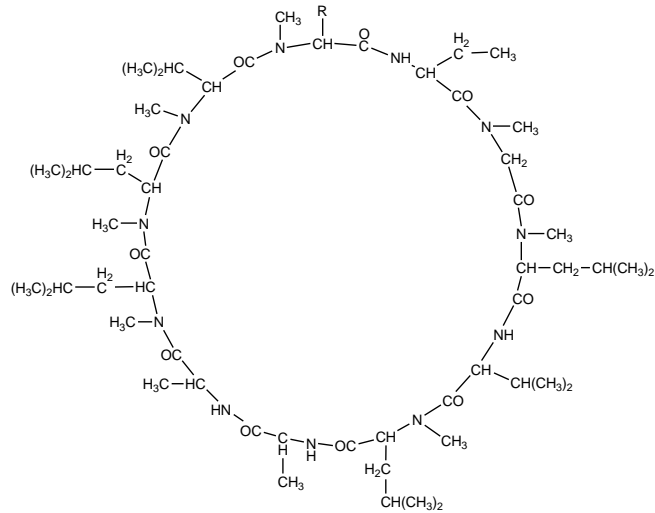
აქტინომიცინის მოქმედება განპირობებულია იმით, რომ ისინი დნმ-თან წარმოქმნიან მდგრად კომპლექსს. რენტგენოსტრუქტურული ანალიზით (1971წ) დადგენილ იქნა აქტინომიცინ D-ს კრისტალური კომპლექსი დეზოქსიგუანოზინთან

ექინომიცინი. ანტიობიოტიკი გამოყოფილ იქნა აქტინომიცინიდან. მისი აგებულება დადგენილ იქნა აქტინომიცინიდან. მისი აგებულება დადგენილ იქნა 1959 წ. ხსნარში მკაცრი კონფორმაცია გააჩნია.



ექინომიცინის კონფორმაცია ხსნარში

იმუნიტეტის მარეგულირებელი პეპტიდები. ამ ჯგუფის მნიშვნელოვანი წარმომადგენელია ანტიობიოტიკი ციკლოსპორინი A. რომელიც გამოიშავდება მიკროორგანიზმების მიერ, ხასიათდება იმუნოდეპრესიული თვისებებით. ციკლოსპორინის აგებულება დადგენილ იქნა 1976 წ. ქიმიური მეთოდების და რენტგენოსტრუქტურული ანალიზის საშუალებით. მისი სრული სინთეზი განხორციელდა 1981 წ. რ. ვენგერის მიერ. ანტიობიოტიკს ამჟამად სამრეწველო მასშტაბით აწარმოებს შვეიცარიის ფირმა "Sandoz". ციკლოსპორინი A ფართოდ გამოიყენება სამედიცინო კლინიკაში ორგანოების და ქსოვილთა გადანერგვის დროს. ის აგებულებით ჰგავს გრამიციდინ S-ს.



ციკლოსპორინი A

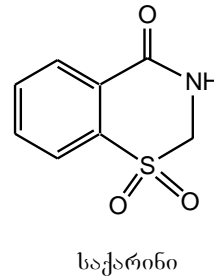
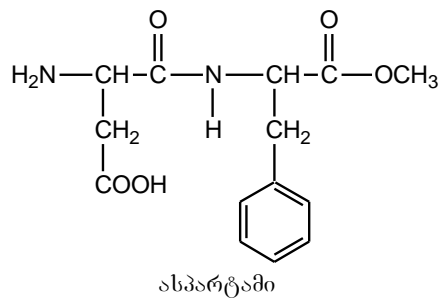
იმუნური სისტემის მთავარ რეგულატორს წარმოადგენს ტაფცინი, რომელიც მიღებულ იქნა 1970 წ. იგი წარმოადგენს ტეტრაპეპტიდს: Thr-Lys-Pro-Arg.

იმუნოაქტიური პეპტიდების დიდი ჯგუფი გამოყოფილ იქნა თიმუსიდან, მათი სახელწოდებაა თიმუსური ჰორმონები ან თიმუსური ფაქტორები. ამ ჯგუფიდან აღსანიშნავია თიმოზინი, რომელიც წარმოადგენს მაღალმოლეკულური პეპტიდების ნარეფს, რომელთა შორის იდენტიფიცირებულია თიმოზინ α_1 (შედგება 28 ამინმჟავური ნაშთისგან), თიმოზინ β_4 (43 ამინმჟავური ნაშთი) და სხვ. ისინი არეგულირებენ T-ლიმფოციტების აქტივობას. განსაკუთრებით მარტივი სტრუქტურით ხასიათდება თიმულინი:



შაქრის შემცველი პეპტიდები

როგორც ცნობილია შაქარი იწარმოება მსოფლიოში მრავალი მილიონი ტონა ჭარხლის და ლერწმის შაქრის გადამუშავების გზით. ამჟამად ბიოტექნოლოგიური მეთოდებით, სახამებლის და ცელულოზის ფერმენტული გადამუშავებით ხდება შაქრის მიღება. შაქრის შემცველი პეპტიდებიდან აღსანიშნავია ასპარტამი და საქარინი. ასპარტამი 200-ჯერ უფრო ტკბილია, ვიდრე საქაროზა. მის ძირითად ღირებულებას წარმოადგენს მარტივი სტრუქტურა, დაბალი კალორიულობა. იგი არატოქსიკურია.

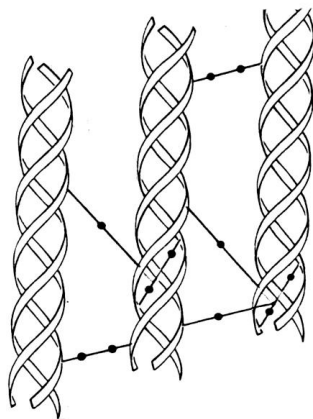


ასპარტამი პროდუქტებს ტკბილ გემოს ანიჭებს და ფიქრობენ, რომ შეცვლის საქარინს, რომლის გამოყენება ჯანმრთელობისათვის გარკვეულ რისკთანაა დაკავშირებული. შაქრის შემცველ პეპტიდებს მიეკუთვნებიან ასევე: ნატრიუმის ციკლამატი, ქსილიტი. უამრავი ამინმჟავა ხასიათდება ტკბილი გემოთი, რაც აიხსნება სტერეოქიმიური აღნაგობით, მაგალითად, ტკბილი გემო გააჩნია გლიცინს, ალანინს, სერინს. ასპარაგინის, ჰისტიდინის, ლეიცინის, მეთიონინის, ვალინის, ტრიპტოფანის, თიროზინის და ტრეონინის შემთხვევაში ტკბილი გემო განისაზღვრება D-იზომერით, ხოლო L-იზომერები უგემო ან მწარეა.

სტრუქტურული ცილები

სტრუქტურულ ცილებს მიეკუთვნება: კოლაგენი, ფიბროინი, ელასტინი, კერატინი. კოლაგენის ბოჭკო ძალიან მტკიცეა. იგი შედის ტყავის, ხრტილის, სისხლძარღვების შემადგენლობაში. კოლაგენი შეადგენს ხერხემლიანი ცხოველების ყველა ცილას ერთ მესამედს. იგი მიეკუთვნება ფიბრილარულ ცილებს, რომელიც წარმოქმნის გრძელ ძაფებს-ფიბრილებს. ასეთ ცილებს მიეკუთვნება ასევე თმისა და ბეწვის ცილა α -კერატინი, აბრეშუმის ცილა ფიბროინი. კოლაგენური ძაფი წარმოიქმნება ტროპოკოლაგენის მოლეკულის მკვერივი წყობის გზით. ცალკეული ტროპოკოლაგენის მოლეკულები არ უკავშირდებიან ერთმანეთს. მათი გაწყვეტის ადგილებში ხშირად წარმოიქმნება კალციუმის ფოსფატის კრისტალები (მაგალითად, კბილებში და ძვლებში).

ტროპოკოლაგენი წარმოადგენს კოლაგენის ძირითად სტრუქტურულ ერთეულს. მისი მოლეკულური მასა არის 285 000 და შედგება სამი პოლიპეპტიდური ჯაჭვისაგან. ჯაჭვის ამინმჟავური შედგენილობა უჩვეულოა და გამოირჩევა გლიცინისა და პროლინის ნაშთების დიდი შემცველობით, ასევე მასზე 4-ჰიდროქსიპროლინის და 5-ჰიდროქსილიზინის ნაშთების არსებობით. ჯაჭვის ამინმჟავურ თანამიმდევრობაში პრაქტიკულად ყოველ მესამე ადგილას მდებარეობს გლიცინის ნაშთი; საკმაოდ ხშირად განმეორებადი პეპტიდური ჯაჭვის ფრაგმენტს აქვს შემდეგი სტრუქტურა: - Gly-Pro-HyPro –ჯაჭვის სრული პირველადი სტრუქტურა განსაზღვრულ იქნა 1979 წ. კ. კიუნის მიერ. კოლაგენის ბიოსინთეზის დროს, თავდაპირველად ხდება პროკოლაგენის ჰიდროქსილირება, რომელიც ხორციელდება ფერმენტ პროტოკოლაგენ-ჰიდროქსილაზის მონაწილეობით, რომელიც გვევლინება ვიტამინ C-კოფაქტორის როლში. კოლაგენი, რომელიც სინთეზირდება C-ვიტამინის ნაკლებობის შედეგად, გარკვეულ საფეხურზე აღმოჩნდება ჰიდროქსილის ჯგუფის და, შესაბამისად O-გლიკოზიდური ნაშთების გარეშე, რაც ეწინააღმდეგება სრულფასოვანი ბოჭკოს წარმოქმნას, ეს კი იწვევს კანის, ღრძილების დაზიანებას, სისხლძარღვების მტვრევას და სხვა ნიშნებს, რაც დამახასიათებელია სურავანდისათვის. კოლაგენური ბოჭკოს სიმტკიცე განპირობებულია დამატებითი კოვალენტური “ნაკერებით” ტროპოკოლაგენის მოლეკულებს შორის. დადგენილია რომ “ნაკერის” წარმოქმნაში მინაწილეობს Lis და HyLys, მათი ფერმენტაციული დაუანგვა იწვევს შესაბამისი ალდეჰიდების წარმოქმნას, რომლებიც ერთვებიან ალდოლურ კონდენსაციაში.



კოლაგენის ბოჭკოს ნაკერები

კოლაგენის სტრუქტურა შეიძლება დაირღვეს სპეციფიკური ფერმენტის-კოლაგენოზის მოქმედებით, რაც იწვევს შემაერთებელ ქსოვილთა მძიმე დაზიანებას (შეინიშნება განგრენის დროს).

ელასტინი არის ელასტიური ბოჭკოს ცილა, რომელსაც შეიცავს სისხლძარღვის კედელი, ბატისა და გედის ყელის ქსოვილი. ელასტინისათვის დამახასიათებელი თვისებაა ის, რომ მას რამდენჯერმე გაწელების უნარი გააჩნია. სტრუქტურულად იგი კოლაგენს ჰგავს, მხოლოდ შეიცავს HyPro-ის მცირე ამინმჟავურ ნაშთებს. და საერთოდ არ შეიცავს HyLys-ის ნაშთებს. ელასტინური ბოჭკო არ იხლიჩება ტრიფსინით, მაგრამ ნელ-ნელა ჰიდროლიზდება პეფსინით. კოლაგენი და ელასტინი პრაქტიკულად წყალში უხსნადია. უხსნადი კოლაგენის 100°C-ზე წყლით ექსტრაქციის დროს მიიღება ელასტინის ხსნარი, რომელიც გაცივებისას წარმოქმნის გელს.

კატალიზურად აქტიური ცილები-ფერმენტები

ორგანიზმის ყველა სასიცოცხლო პროცესის საფუძველს შეადგენს ფერმენტების მონაწილეობით მიმდინარე ათასობით ქიმიური რეაქცია. ფერმენტები წარმოადგენენ ყველაზე დიდ და თავისი ბიოლოგიური დანიშნულებით კატალიზურად აქტიური ცილების ყველაზე დიდ ჯგუფს. დადგენილია, რომ ყველა ფერმენტი ცილოვანი ბუნებისაა, მაგრამ ყველა ცილა არ ხასიათდება კატალიზური უნარით. ცნობილია 1000-ზე მეტი ფერმენტი, რომელთაგან თითოეული აკატალიზებს ქიმიური რეაქციების გარკვეულ ტიპს. რეაქციის სპეციფიკას განსაზღვრავს ფერმენტის აქტიური ცენტრი, რომელშიც ხდება სუბსტრატის დაკავშირება. აქტიური ცენტრის კონფორმაცია განისაზღვრება პოლიპეპტიდური ჯაჭვის პირველადი სტრუქტურით.

ფერმენტების კონტროლის გარეშე უჯრედის სიცოცხლე წარმოუდგენელია. ეს კონტროლი იწყება ორგანიზმის ჩასახვიდან და მთავრდება მხოლოდ მისი სიკვდილით. ფერმენტები, ანუ ენზიმები ეწოდება ნივთიერებებს, რომლებიც ბიოლოგიურ პროცესებში ასრულებენ კატალიზურ როლს, მათ ასევე ბიოკატალიზატორები ეწოდებათ. ფერმენტები აჩქარებენ ორგანიზმში მიმდინარე ქიმიურ რეაქციებს, რომლის დროს ისინი არ იხარჯებიან და არ შედიან წარმოქმნილ ნაერთებში. ფერმენტული რეაქციები განსხვავდება ჩვეულებრივი კატალიზური რეაქციებისაგან იმით, რომ ისინი უფრო სპეციფიკურნი არიან, აქვთ დაბალი ტემპერატურული ოპტიმუმი, ოპტიმალური pH. ბიოკატალიზატორების მოქმედება პირველად შეამჩნია იტალიელმა ფიზიოლოგმა სპალანტანიმ 1783 წელს. იგი ხორციით კვებავდა მტაცებელ ფრინველებს (ქორი, არწივი) და როდესაც მათ უკანვე ამოაბრუნებდა ხორცს, ამჩნევდა რომ ხორცი იყო შეცვლილი (გათხევადებული), მან გამოთქვა აზრი, რომ ამ ფრინველების კუჭი შეიცავს ნივთიერებას, რომელიც ათხიერებს ხორცს. ეს ნივთიერება შემდეგში 1896 წელს აღწერა შვანმა და მას უწოდა პეფსინი. 1883 წელს რუსმა აკადემიკოსმა კირსპოფმა გამოყო ქერის ნაზარდებიდან ფერმენტი ამილაზა ფხვნილის სახით, რომელსაც გააჩნია სახამებლის შაქრად გადაყვანის უნარი.

ფერმენტული პროცესების შესწავლაზე ასევე მრავალი გამოკვლევა ჩაატარა პასტერმა. მან წამოაყენა დუღილის ფიზიოლოგიური თეორია. 1858 წელს მან აღმოაჩინა, რომ მწვანე ობს შეუძლია დაშალოს მხოლოდ D-ლავინოქვა, მაშინ როდესაც იგივე ობი არ მოქმედებს L-ფორმაზე. ის ამ მოქმედებას მიაწერდა მიკროორგანიზმების ცხოველმოქმედებას და სპეციფიკურ მიკრობს, რომელიც შეიცავს ე.წ. "ორგანიზებულ ფერმენტებს". 1870 წელს ლიბიხმა განავითარა ფერმენტული მოქმედების ქიმიური თეორია. 1871 წელს რუსი მეცნიერი ქალის მანასენინას მიერ აღმოჩენილ იქნა საფუერის ფერმენტი.

ფერმენტების საერთო ფიზიკური თვისებები. ფერმენტებისათვის დამახასიათებელია მთელი რიგი თვისებები: თერმობილიობა, ფერმენტის კოლოიდური მდგომარეობა და pH-ისადმი დამოკიდებულება, ადსორბცია, მოქმედების სპეციფიკურობა. ფერმენტებისათვის ყველაზე მეტად დამახასიათებელია თერმობილიობა. ისინი აქტიურდებიან 70°C-ზე. მშრალ მდგომარეობაში ფერმენტები უძლებენ 100°C-ზე მაღალ ტემპერატურას, ხსნარებში კი 100°C-ზე სწრაფად ხდება მათი ინაქტივაცია. სუბსტრატის თანამყოფობა, ხშირად ფერმენტს სითბოს მიმართ გამძლეს ხდის, რაც დამოკიდებულია სარეაქციო არის მუავიანობაზე. ფერმენტული რეაქციების სისწრაფე იზრდება ტემპერატურის გადიდებასთან ერთად. მაგრამ ტემპერატურის ზრდასთან ერთად იზრდება ფერმენტების ინაქტივაციის სისწრაფე.

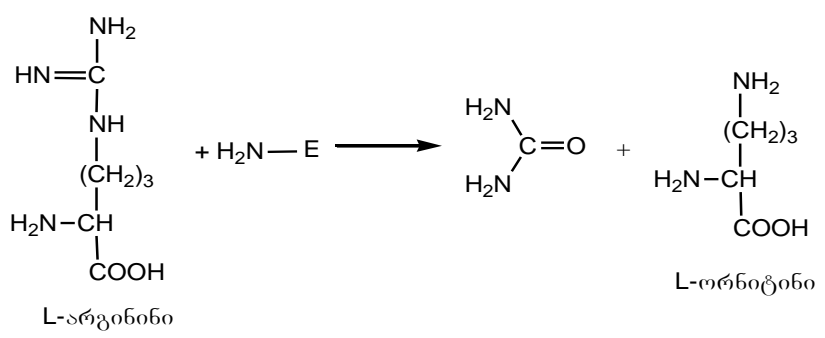
ფერმენტები წარმოადგენენ კოლოიდურ სისტემებს. მათ არა აქვთ უნარი გავიდნენ აპკებში (პერგამენტი, კოლოიდუმის აპკი და სხვ.). ფერმენტის კოლოიდურ ბუნებაზე მიუთითებს აგრეთვე მათი მიდრეკილება ადსორბციული მოვლენებისადმი. ცნობილია, რომ კოლოიდურ ხსნარებში დისპერსიული ფაზის მოლეკულები ყოველთვის

თავმოყრილია ცოტად თუ ბევრად მსხვილ აგრეგატებად, რომელთა დიამეტრი შეადგენს 0,001-0,1 ერთეულს.

ფერმენტების მოქმედება დიდადაა დამოკიდებული pH-ზე. ფერმენტების დამოკიდებულებამ წყალბადიონთა კონცენტრაციისადმი დაადასტურა, რომ ფერმენტები წარმოადგენენ ამფოტერულ ელექტროლიტებს.

ფერმენტების აღსორბცია ხდება დაფხვნილი ორგანული და არაორგანული ნივთიერებებით, მაგალითად: ნახშირი, კაოლინი თიხა, ცილები, ალუმინის ოქსიდის ჰიდრატი და სხვა. აღსორბცია შერჩევითია, ე.ი. განსაზღვრული ნივთიერებანი ახდენენ ერთი რომელიმე ფერმენტის აღსორბციას. აღსორბირებული ფერმენტები შეიძლება კვლავ მოცილებულ იქნეს აღსორბენტისაგან, ე.ი. იყოს ელურილებული. აღსორბცითა და შემდგომი ელუციით ხდება ფერმენტების სუფთა პრეპარატების მიღება.

ფერმენტებისათვის დამახასიათებელია მოქმედების სპეციფიკურობა, რაც იმას ნიშნავს, რომ გარკვეულ ენზიმს შეუძლია მხოლოდ გარკვეული რეაქციის კატალიზი. ამ მხრივ აღსანიშნავია სტერეოქიმიური სპეციფიკურობა. ნაერთების უმრავლესობა, რომლებიც წარმოიქმნებიან ნივთიერებათა ცვლის დროს, ოპტიურად აქტიურნი არიან. ორი სტერეოიზომერული ფორმიდან, ჩვეულებრივ მხოლოდ ერთი წარმოიქმნება. სტერეოქიმიური სპეციფიკურობის მაგალითია ჰიდროლიზური ენზიმის არგინაზას მოქმედება. ეს ფერმენტი მოქმედებს L-არგინაზაზე, მაგრამ არა D-ფორმაზე და წარმოქმნის L-ორნიტინს და შარდოვანას:



ცილების ფერმენტული თვისებები პირველ რიგში, განპირობებულია ცილის მოლეკულის ზედაპირზე განსაკუთრებულად აქტიური ცენტრების არსებობით, რომლებიც ქმნიან არამდგრად ნაერთს სუბსტრატთან. ფერმენტის ცილის ზედაპირზე ეს აქტიური ჯგუფები შეიძლება წარმოიქმნას ამინმჟავების რადიკალების სპეციფიკური განლაგების ხარჯზე ან ცილაზე განსაკუთრებული ქიმიური დაჯგუფების მტკიცედ დაკავშირების ხარჯზე. ასეთ ფერმენტებს ეწოდება ერთკომპონენტიანი ფერმენტები. მათ მიეკუთვნება პეფსინი, ტრიფსინი. არის ორკომპონენტიანი ფერმენტები, მათ აქვთ ცილისაგან ადვილად ჩამოსაცილებელი აქტიური ჯგუფი, რომელიც არაცილოვანი ბუნებისაა, მათ სხვანაირად კოფერმენტები ეწოდებათ, ცილოვან ნაწილს – აპოფერმენტი.

აპოფერმენტი კატალიზურად არააქტიურია. უმნიშვნელო აქტიურობა გააჩნია კოფერმენტსაც. მხოლოდ აპოფერმენტთან კოფერმენტის შეერთების შედეგად წარმოიქმნება აქტიური კატალიზატორი-სრულფასოვანი ფერმენტი. აპოფერმენტი მაღალმოლეკულური და თერმოლაბილურია. კოფერმენტი დაბალმოლეკულური და თერმოსტაბილურია. აპოფერმენტი ცილაა, რომელიც განსაზღვრავს რეაქციის სპეციფიკურობას; კოფერმენტი როგორც პროსტეტული ჯგუფი მეტ-ნაკლებად დაკავშირებულია ცილასთან. ზოგი ფერმენტი მიეკუთვნება მარტივ ცილებს (პროტეინებს), ზოგი რთულ ცილებს (პროტეიდებს). ფერმენტ-პროტეინების შედგენილობაში არ არის არავითარი არაცილოვანი ბუნების ნივთიერება. ფერმენტ-პროტეიდები კი შედგებიან ცილისაგან და არაცილოვანი ნაწილისაგან, რომელსაც პროსთეტიული ჯგუფი ეწოდება. ფერმენტის პროსთეტიული ჯგუფი შეიძლება იყოს:

ვიტამინები, ნუკლეოტიდები, რკინა. ზოგიერთი ფერმენტის შედგენლობაში აღმოჩენილია აგრეთვე Cu, Zn, Mn და სხვა ქიმიური ელემენტები **ფერმენტების გამოყოფა და გაწმენდა.** ფერმენტი არის უჯრედის ცხოველმოქმედების პროდუქტი. ანსხვავენ ფერმენტების ორგვარ ჯგუფს: დიონეზიმებსა და დესმონეზიმებს. დიონეზიმები გვხვდება უჯრედის წვენში ან სეკრეტში. თავისუფალი სახით, აღსორბირებული უჯრედის სტრუქტურული წარმონაქმნის სახით. როდესაც ქსოვილი ან უჯრედი მოშორებულია იმ არეს, რომელზედაც დამოკიდებულია მისი ნორმალური ცხოველმოქმედება, უჯრედში ადგილი აქვს თავისებურ გარდაქმნებს. ეს პროცესი ცნობილია ავტოლიზის სახელწოდებით. ავტოლიზის დროს ნივთიერებათა გარდაქმნა უჯრედში რეგულირებული არ ხდება. ფერმენტებს ჯერ კიდევ აქვს მოქმედების უნარი იმ განსხვავებით, რომ მათი მოქმედება მთლიან პროცესს არ იძლევა. ავტოლიზის დროს ფერმენტები თავისუფლდება და მათი გადაყვანა ხსნარში გაადვილებულია.

დესმონეზიმები ყოველთვის დაკავშირებულია უჯრედის სტრუქტურულ ელემენტებთან. ჩვეულებრივი ქიმიური ზემოქმედებით მათი დაცელება მიზანს ვერ აღწევს, რადგან ძლიერი ქიმიური რეაგენტი, პირველ რიგში სპობს ფერმენტს. დესმონეზიმების გადაყვანა თავისუფალ მდგომარეობაში შესაძლებელი ხდება უჯრედის დასრესილი მასის დამუშავებისას სუსტი მჟავებით, ტუტეებით ან პროტეოლიზური ფერმენტებით. კარგ შედეგს იძლევა ქსოვილის დაბალ ტემპერატურაზე დამუშავება, მაგრამ ფერმენტის ნაწილი მაინც დაკავშირებული რჩება უჯრედის სტრუქტურულ ნაწილთან და მათი მთლიანად განთავისუფლება ვერ ხერხდება. ფერმენტების ამ ჯგუფს ეკუთვნის ოქსიდაზები, მალტაზა, ამილაზა, პეფსინი. ფერმენტების უჯრედიდან განთავისუფლების შემდეგ იწყება მთელი რიგი ოპერაციები, რომელიც მიზნად ისახავს ფერმენტს ჩამოაშოროს თანამგზავრი ნივთიერებები, რათა სუფთა პრეპარატი დამზადდეს. საჭიროა აღინიშნოს რომ ფერმენტები სხვადასხვა გამხსნელის მიმართ ერთი და იგივე თვისებებით ხასიათდება. ხშირად შესაძლებელი ხდება წყალბადიონთა განსაზღვრული კონცენტრაციის დროს ფერმენტის დაშორება დანარჩენი ნივთიერებებისაგან ან მისი დალექვა სპირტის საშუალებით. სპირტით დალექვა კარგ შედეგს იძლევა პანკრეასის ამილაზას, ასევე ემულსინისა და ურეაზას პრეპარატების დამზადებისას.

ფერმენტების გასუფთავების მიზნით ხშირად მიმართავენ აგრეთვე დიალიზს და ელექტროლიზს, მაგრამ არც ერთი ზემოთხსენებული ხერხი არ იძლევა ისეთ კარგ შედეგს, როგორც ვილშტეტერის მიერ დამუშავებული აღსორბციული მეთოდის გამოყენება.

აღსორბციული მეთოდის პრინციპი მდგომარეობს იმაში, რომ შესაფერისი აღსორბენტის შერჩევით შესაძლებელი ხდება ხსნარიდან ფერმენტის შთანთქმა. აღსორბირებული ფერმენტი შემდეგ თავისუფლდება სპეციალური რეაგენტის ზემოქმედების საშუალებით. ფერმენტის პრეპარატის გასუფთავების ხარისხი პირველ რიგში დამოკიდებულია სპეციფიკური აღსორბენტის გამოყენებაზე. აღსორბენტი შერჩევით უნდა შთანთქავდეს მხოლოდ განსაზღვრულ ფერმენტს და ხელუხლებლად ტოვებდეს დანარჩენ ნივთიერებებს, რომელთაც ფერმენტებთან ერთად შეიცავს ხსნარი. ამგვარ ოპერაციას ეწოდება შერჩევითი აღსორბცია.

მაშასადამე, აღსორბციული მეთოდი ფერმენტის სუფთა პრეპარატის დამზადების შესაძლებლობას იძლევა. შერჩევითი აღსორბცია უზრუნველყოფს ფერმენტების ერთმანეთისაგან დაცილებას. ფერმენტების სუფთა პრეპარატების მისაღებად უკანასკნელ დროს ხშირად მიმართავენ ქრომატოგრაფიასა და ელექტროფორეზს.

ფერმენტების კლასიფიკაცია

ფერმენტების სახელწოდება წარმოსდგება იმ ნივთიერებათა ლათინური დასახელებიდან, რომლებზედაც ისინი მოქმედებენ. ნივთიერების სახელწოდების დაბოლოება იცვლება “აზა“-თი. მაგალითად, ფერმენტი ამილაზა იწვევს სახამებლის (ამილოზის) დაშაქრებას. ცილების (პროტეინების) დამშლელ ფერმენტებს ეწოდება პროტეინაზები. ფერმენტები, რომლებიც მონაწილეობენ ჰიდროლიზურ პროცესებში ჰიდროლაზები ეწოდება. ზოგჯერ ფერმენტის სახელწოდებაში მითითებულია სუბსტრატი, რომელზედაც ფერმენტი მოქმედებს და რეაქცია, რომელსაც იგი აკატალიზებს. მაგალითად, ალკოჰოლდეჰიდროგენაზა, რომელიც აკატალიზებს ერთი მოლეკულა სპირტიდან ორი წყალბადის წარმოქმნას. 1961 წ. მიღებულ იქნა ფერმენტების ერთიანი კლასიფიკაცია, რომლის მიხედვით ფერმენტები, ამა თუ იმ რეაქციაში მონაწილეობის მიხედვით, დაყოფილია 6 კლასად:

I კლასი – ოქსიდორედუქტაზები, ფერმენტები, რომლებიც აკატალიზებენ ჟანგვა-აღდგენით რეაქციებს.

II კლასი – ტრანსფერაზები, რადიკალებისა და ნაშთების ერთი ნაერთიდან მეორეზე გადამტანი ფერმენტები.

III კლასი – ჰიდროლაზები, ააქტივებენ ჰიდროლიზურ რეაქციებს.

IV კლასი – ლიაზები, კატალიზურად მოქმედებენ C-C, C-O და C-N ბმების დაშლაზე და სინთეზზე. მათი საშუალებით ხდება ნაერთში CO_2 -ის, NH_3 -ისა და H_2O -ის შეყვანა და ჩამოშორება.

V კლასი – იზომერაზები, შიგამოლეკულური გარდაქმნის ფერმენტები.

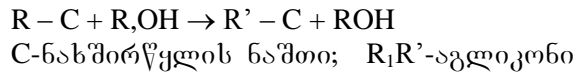
VI კლასი – ლიგაზები ანუ სინთეტაზები მინაწილეობას ღებულობენ იმ სინთეზურ რეაქციებში, სადაც კოფერმენტის როლს ასრულებენ ატფ და სხვა ნუკლეოტიდტრიფოსფატები.

I. ოქსიდორედუქტაზები-ბიოლოგიური ჟანგვის ფერმენტები. როგორც ვიცით, სუნთქვის დროს შთაინთქმება ჟანგბადი და გამოიყოფა CO_2 , ე.ი. სუნთქვა დაკავშირებულია ორგანული ნაერთების წვასთან. ენერჯის რაოდენობა, რომელიც თავისუფლდება შეთვისებული საკვები ნივთიერების გარდაქმნის შედეგად ორგანიზმში, დაახლოებით უდრის ამ ნივთიერებათა წვის ენერჯიას. ბიოლოგიური ჟანგვა რთული პროცესია, რომელსაც საფუძვლად უდევს ორგანული ნაერთიდან წყალბადის ჩამოშორება და უკანასკნელის ჟანგბადთან დაკავშირება. ორგანული ნაერთის წვის შედეგად საბოლოო პროდუქტის სახით წარმოიქმნება CO_2 და H_2O .

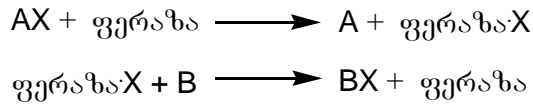
ოქსიდორედუქტაზები ეწოდება ფერმენტებს, რომლებიც აკატალიზებენ ჟანგვა-აღდგენით რეაქციებს, ე.ი. ახორციელებენ ელექტრონების და პროტონების გადატანას ერთი ნივთიერებიდან (დონორი) მეორეზე (აქცეპტორი). დონორი იჟანგება, აქცეპტორი კი აღდგება. ფერმენტები, რომლებიც ამ კლასში შედიან, დაიყოფიან დონორის ქიმიური ჯგუფის ხასიათისა და აქცეპტორის ბუნების მიხედვით. ამ კლასში შედის მრავალრიცხოვანი დეჰიდროგენაზები, რომლებიც მონაწილეობას ღებულობენ სუნთქვაში (ფლავინური ფერმენტები, ციტოქრომოსული სისტემის ფერმენტები); პეროქსიდაზები-ფერმენტები, რომლებიც აჩქარებენ სუბსტრატის დაჟანგვას წყალბადის ზეჟანგის დახმარებით; კატალაზა, რომელიც შლის წყალბადის ზეჟანგს წყლად და ჟანგბადად.

II ტრანსფერაზები – ფერმენტები, რომლებიც აკატალიზებენ სხვადასხვა ქიმიური ჯგუფების გადატანის რეაქციას ერთი მოლეკულიდან მეორეზე. ამ კლასის ფერმენტები იყოფიან გადასატანი ჯგუფის ხასიათის მიხედვით: ფოსფოფერაზები – ფართოდ გავრცელებული ფერმენტებია, რომლებსაც გადააქვთ ფოსფორმჟავას ნაშთი ნუკლეოზიდფოსფატებიდან სხვა ნაერთებზე. ამ ჯგუფის ფერმენტების გავრცელებული წამომადგენელია ფერმენტი ჰექსოკინაზა, რომელსაც ფოსფორმჟავას

ნაშთი ატფ-დან გადააქვს ჰექსოზებზე; გლიკოზილტრანსფერაზები ფერმენტებია, რომლებსაც გადააქვთ მარტივი ნახშირწყლების ნაშთები:

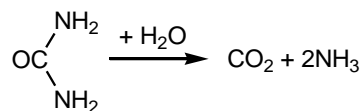


ამინტრანსფერაზები ფერმენტებია, რომლებსაც გადააქვთ ამინჯგუფი ამინმჟავებიდან კეტომჟავებზე; მეთილფერაზები-ფერმენტებია, რომლებიც ხელს უწყობენ გადამეთილირების რეაქციებს და სხვა.



III. ჰიდროლაზები. ამ კლასში გაერთიანებულია ფერმენტები, რომლებიც აკატალიზებენ შიგამოლეკულური ბმების ჰიდროლიზურ გახლეჩას (წყლის მოლეკულის მიერთება). იგი შეიცავს 9 ქვეკლასს: ესთერაზები, პოლიაზები, პროტეაზები, ამიდაზები, ფოსფატაზები და სხვ. ესთერაზების წარმომადგენელია ლიპაზები, რომლებიც იწვევენ როგორც ტრიგლიცერიდების, ისე სტერიდების დაშლას ცხიმოვან მჟავად და სპირტად; ფოსფატაზებიდან აღსანიშნავია: ფოსფატაზა, ადენოზინტრიფოსფატაზა, ასევე ფერმენტი ნუკლეაზა, რომელიც მოქმედებს ფოსფორის ბმებზე პოლინუკლეინის მჟავაში და ანთავისუფლებს ნუკლეოტიდებს. ფოსფატაზას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ხრტილოვანი ქსოვილის გაძვალებაში. როდესაც ხდება ხრტილის გაძვალება, სისხლში წარმოდგენილი ფოსფორის ორგანული ნაერთები ფოსფატაზას მოქმედებით ათავისუფლებენ არაორგანული ფოსფორის მჟავას, რომელიც უკავშირდება კალციუმს და კრისტალური ნაერთის სახით ლაგდება ხრტილის ყალიბში.

პოლიაზების ჯგუფში გაერთიანებულია ფერმენტები, რომლებიც ააქტივებენ პოლისაქარიდების კავშირის კატალიზურ დაშლას ან სინთეზს. ასეთია: ამილაზა-სახამებლისა და გლიკოგენის დამშლელი ფერმენტი, რომელიც აღმოჩენილ იქნა 1811 წელს. გავრცელებულია როგორც მცენარეულ, ისე ცხოველურ ორგანიზმში. ცხოველთა ორგანიზმში გვხვდება ნერწყვში (ფტიალინი), პანკრეასის წვენში (პანკრეასის ამილაზა), ღვიძლში, კუნთოვან და ნერვულ ქსოვილებში. პოლიაზებს მიეკუთვნება ასევე ინულაზა, რომელიც გამოყოფილია გეორგინების ბოლქვებიდან და სოკოებიდან; ცელულაზა, რომელიც ცელულოზას ჰიდროლიზურ დაშლას ააქტივებს. ამიდაზების სახელწოდების ქვეშ გაერთიანებულია ის ფერმენტები, რომელიც ააქტივებს ნახშირბადისა და აზოტის კავშირის ჰიდროლიზურ დაშლას ან სინთეზს. ისინი აწარმოებენ ამინმჟავათა და ამიდების კატალიზურ გარდაქმნას. ამიდაზებია: არგინაზა (არგინინს შლის ორნიტონად და შარდოვანად; იგი ბევრია ღვიძლში), ურეაზა (იგი ბევრია ცილით მდიდარ მცენარეულ თესლში, მაგ. სოიაში); მისი მოქმედებით შარდოვანა განიცდის ჰიდროლიზურ დაშლას, რის შედეგად წარმოიქმნება NH₃ და CO₂:

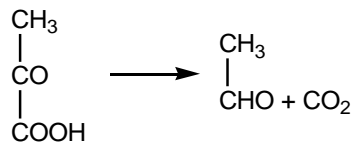


ამიდაზებიდან ასევე აღსანიშნავია ასპარაგინაზა, გლუტამინაზა, რომლებიც მოქმედებენ გლუტამინზე და ასპარაგინზე და ათავისუფლებენ ამიდის ჯგუფს ამონიაკის სახით, რომელთა დროს წარმოიქმნება ასპარაგინის მჟავა და გლუტამინის მჟავა.

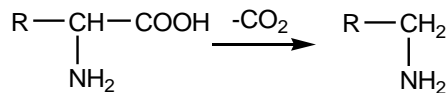
პროტეაზებიდან აღსანიშნავია პეფსინი (გვხვდება ცხოველების კუჭის წვენში), ტრიფსინი, ქიმოტრიფსინი, თრომბინი. თრომბინი ფერმენტია, რომელიც ააქტივებს

სისხლის პლაზმის ცილის ფიბრინოგენის შედეგებს ფიბრინად. თრომბინი წარმოდგენილია სისხლში უმოქმედო პროთრომბინის სახით. ფიბრინი, რომელიც თრომბინის ზემოქმედებით მიიღება ფიბრინოგენისაგან, უხსნად ფორმაში გადადის კალციუმთან დაკავშირების გამო. თუ სისხლს წინასწარ დაემატა კალციუმის დამლექავი (ოქსალატი, ციტრატი), ფიბრინი ხსნად მდგომარეობაში რჩება

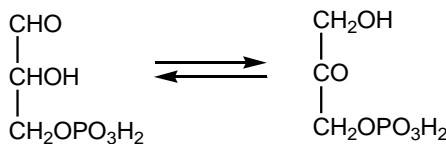
IV. ლიაზები. ამ ჯგუფის ფერმენტები ააქტივებენ სუბსტრატებიდან წყლის, ამიაკის, CO₂-ის ჩამოშორებას და შეერთებას. მათ დიდი მნიშვნელობა ენიჭებათ ნივთიერებათა უჯრედშიდა ცვლაში. მაგალითად, დეკარბოქსილაზები ისეთი ფერმენტებია, რომლებიც ააქტივებენ CO₂-ის ჩამოშორებას კეტომჟავებიდან და ამინომჟავებიდან. ისინი სპეციფიკურობას იჩენენ სუბსტრატის მიმართ. კარბოქსილაზას მოქმედება პირველად შესწავლილ იქნა საფუარებში. აქ ის ააქტივებს პიროყურძნის დეკარბოქსილებას, რის შედეგად მიიღება აცეტალდეჰიდი:



ამინმჟავათა დეკარბოქსილირება უფრო მიკრობებისა და მცენარეთათვის არის დამახასიათებელი. ცხოველთა ორგანიზმში იგი მიმდინარეობს ტვინში. მთელ რიგ მიკრობებს შეუძლია ამინმჟავა დეკარბოქსილირების გზით გარდაქმნას ამინებად:



V. იზომერაზები. ამ ჯგუფს ეკუთვნის ფერმენტები, რომლებიც ააქტივებენ შიგამოლეკულურ გარდაქმნებს. იზომერაზები მონაწილეობენ ნახშირწყლების უჯრედშიდა ცვლაში; მაგალითად, ფოსფოტრიოზების იზომერაზა ააქტივებს 3-ფოსფოგლიცერინის ალდეჰიდის შექცევად გარდაქმნას ფოსფოდიოქსიაცეტონად:



ამ ორი ფოსფოტრიოზას ურთიერთდამოკიდებულება იმით არის ღირშესანიშნავი, რომ ერთ-ერთის არსებობა ფერმენტულ ხსნარში თავისთავად გულისხმობს მეორის შექმნის შესაძლებლობას და განსაზღვრულ პირობებში მათი კონცენტრაცია დამოკიდებულია წონასწორობის კონსტანტაზე.

VI. ლიგაზები – აერთიანებს ისეთ ფერმენტებს, რომლებიც ააქტივებენ C-O, C-S, C-N და C ბმების სინთეზს. მაგალითად, C-O ბმის სინთეზის გამააქტივებელი ლიგაზების წარმომადგენელი არის ამინოაცილ-რნმ-ის მასინთეზირებელი ფერმენტები. მათი მოქმედების ხასიათი იმაში გამოიხატება, რომ ადენინუკლეოტიდში დაკავშირებული ამინმჟავას გადატანა ხდება სპეციალურ ტრანსპორტულ რნმ-ზე:

წარმოდგენა ბიოკატალიზის შესახებ

კატალიზი არის ქიმიური რეაქციის სიჩქარის ცვლილება კატალიზატორების მონაწილეობით, რომლებიც რეაქციის შედეგად უცვლელი რჩებიან. ნებისმიერი ქიმიური რეაქციის სიჩქარე დამოკიდებულია მორეაგირე ნივთიერებების აქტიური მოლეკულების შეჯახებათა რიცხვზე. მოლეკულა გააქტივებულია, თუ მას აქვს პოტენციური ენერჯის განსაზღვრული მარაგი. ორი ასეთი მოლეკულის ურთიერთქმედება მოხდება მაშინ თუ ამ მოლეკულების ენერჯის მარაგი დასძლევს მათ შორის განზიდვის ძალებს ანუ რეაქციის ენერჯეტიკულ ბარიერს. თუ ენერჯის მარაგი საკმარისი არ აღმოჩნდა, მათ შორის ურთიერთქმედება არ მოხდება. ამისათვის საჭიროა დამატებითი ენერჯის „აქტივაციის ენერჯის“ მიწოდება (გახურება, წნევის მომატება, დასხივება). რაც მეტი ენერჯია საჭირო აქტივაციისათვის მით დაბალია რეაქციის სიჩქარე მოცემულ ტემპერატურაზე.

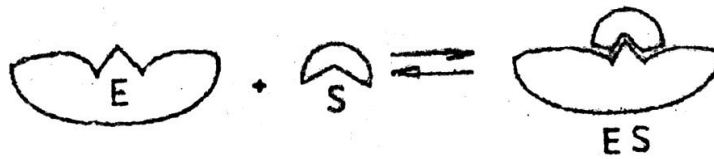
კატალიზატორის მოქმედების არსი იმაში მდგომარეობს, რომ ისინი ააქტიურებენ მორეაგირე ნივთიერებების მოლეკულებს და ნივთიერებათა ურთიერთქმედება ხდება რამდენიმე ეტაპად. ამასთან თითოეული შუალედური რეაქციის ენერჯეტიკული ბარიერი უფრო დაბალია, ვიდრე საწყისისა. რეაქციის სიჩქარე დამოკიდებულია მორეაგირე ნივთიერებათა ბუნებაზე, მათ კონცენტრაციაზე, ტემპერატურაზე, წყალბადიონთა კონცენტრაციაზე და კატალიზატორის თანაობაზე, რაც საბოლოო ჯამში თავის ასახვას პოულობს მორეაგირე ნივთიერებათა დაჯახების ანუ ურთიერთმოქმედების სიხშირეზე. რეაქციის სიჩქარე მოლეკულათა დაჯახების სიჩქარის პროპორციულია. ფერმენტები ჩვეულებრივ ახდენენ ერთი რეაქციის ან რამდენიმე მსგავსი რეაქციის კატალიზს, ე.ი. ხასიათდებიან მაღალი სპეციფიკურობით. სპეციფიკურობა ემყარება ფერმენტ-სუბსტრატის დროებითი კომპლექსის წარმოქმნას, რომელშიც რეაქციის განხორციელების შესაძლებლობა მნიშვნელოვნად იზრდება. რეაქციის დამთავრებისას ფერმენტ-სუბსტრატის კომპლექსი იშლება ფერმენტებად და რეაქციის პროდუქტებად.

ფერმენტების აქტიური ცენტრი. სუბსტრატები. ფერმენტების მოლეკულათა უმრავლესობა ბევრად უფრო დიდია, ვიდრე სუბსტრატისა. სუბსტრატთან კონტაქტში ფერმენტის მოლეკულის ძალზე უმნიშვნელო ნაწილი შედის. ამ ნაწილს ეწოდება ფერმენტის აქტიური ცენტრი. დანარჩენი ამინმჟავური ნაშთები, რომლებიც შეადგენენ ფერმენტთა ძირითად მასას, უზრუნველყოფენ ფერმენტის გლობულურ ფორმას, რომელსაც არსებითი მნიშვნელობა აქვს აქტიური ცენტრის ეფექტური მოქმედებისათვის. ფერმენტის მაღალი სპეციფიკურობა განპირობებულია მისი მოლეკულის განსაკუთრებული ფორმით, რომელიც შეესაბამება სუბსტრატის მოლეკულას როგორც “ბოქლომს” გასაღები, სადაც სუბსტრატი გასაღებია, ფერმენტი ბოქლომი.

დღეისათვის დადგენილია, რომ ფერმენტის მოლეკულაში არის სტრუქტურით უნიკალური აქტიური ცენტრი და საკონტაქტო უბნები. აქტიურ ცენტრში ხდება მორეაგირე ნივთიერებების (სუბსტრატის, კოფაქტორების) დაახლოება და მათი მოწესრიგებული ორიენტაცია ერთმანეთის და ფერმენტის მიმართ ანუ “ინდუცირებული შესაბამისობა”. ფერმენტის მცირე კონცენტრაციას შეუძლია დროის ერთეულში სუბსტრატის დიდი რაოდენობა გარდაქმნას (ე.ი. მაღალაქტიურნი არიან).

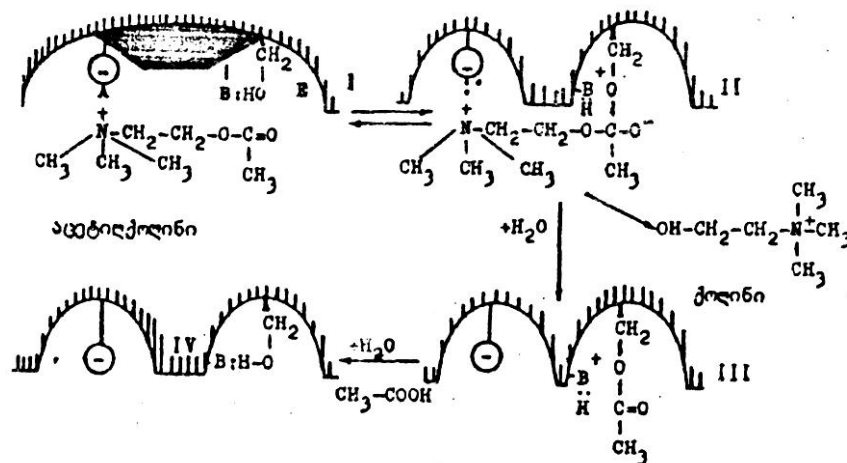
ფერმენტის აქტიური ცენტრის შექმნაში მონაწილეობენ კოფაქტორები და ზოგიერთი ამინმჟავა აქტიური ჯგუფებით. მათ შორის აღსანიშნავია ცისტეინი (-HS ჯგუფი), სერინი (OH ჯგუფი) და ჰისტიდინი (იმიდაზოლის ბირვი). შედარებით ნაკლები მნიშვნელობა ენიჭება ტრიპოფანს (ინდოლის ჯგუფი), ორფუძიან ამინმჟავებს (კარბოქსილის ჯგუფი) და სხვ. ხშირად აქტიური ცენტრის შექმნაში მონაწილე ამინმჟავების ნაშთები ცილის პირველად სტრუქტურაში სივრცობრივად დაცილებულია ერთმანეთისაგან, მაგრამ მათი დაახლოება ხდება ცილის მესამეული სტრუქტურის ფორმირების შედეგად.

აქტიური ცენტრი იქმნება ამინმჟავების ნაშთებით, რომლებიც მონაწილეობენ სუბსტრატთან ქიმიური ბმების წარმოქმნაში ან დაშლაში. აღინიშნება გარკვეული ჩაღრმავებები, რომლებიც ისეთ დამოკიდებულებაშია სუბსტრატთან, როგორც გასაღები ბოქლომთან.



E- ფერმენტი, S-სუბსტრატი

ფერმენტის აქტიურ ცენტრში პირობითად გამოყოფენ კატალიზურ ცენტრს, რომელიც უშუალოდ მონაწილეობს სუბსტრატის გარდაქმნაში და საკონტაქტო უბანს, რომლითაც განპირობებულია ფერმენტ-სუბსტრატული კომპლექსის წარმოქმნა. მოგვიანებით გამოირკვა, რომ ზოგიერთი ფერმენტის აქტიური ცენტრი არ ხასიათდება მყარი სტრუქტურით და მისი ფორმა ინდუცირებულად იცვლება სუბსტრატთან დაკავშირების შედეგად. დაკავშირების წამყვანი ძალებია წყალბადური ბმები, ელექტროსტატიკური და ვან დერ ვალსის ურთიერთქმედება, რაც კარგად ჩანს აცეტილქოლინის ჰიდროლიზური დაშლის დროს ფერმენტ აცეტილქოლინესთერაზით:

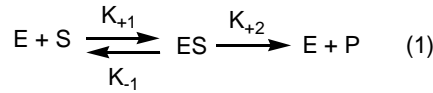


აცეტილქოლინის მოქმედების სქემა

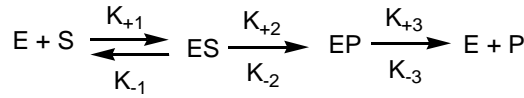
- I აცეტილქოლინესთერაზას აქტიური ცენტრის ანიონური (A) და ესთერაზული (E) უბნები. - CH₂-OH სერინის ნაშთი. B-ჰისტიდინის იმიდაზოლის ბირთვის ნუკლეოფილური ჯგუფი. სუბსტრატი-აცეტილქოლინი
- II - ფერმენტ-სუბსტრატული კომპლექსი;
- III - აცეტილირებული ფერმენტი;
- IV - ფერმენტი საწყის მდგომარეობაში.

მუხტის მქონე სუბსტრატები უკავშირდებიან ფერმენტის აქტიური ცენტრის საწინააღმდეგო ნიშნით დამუხტულ ფუნქციურ ჯგუფებს. მათი საშუალებით ხდება აქტიურ ცენტრში სუბსტრატის ორიენტაცია, ადვილდება ელექტრონებისა და პროტონების ტრანსპორტი, კოვალენტური ბმების დაშლა და გარდაქმნილი სუბსტრატის გათავისუფლება.

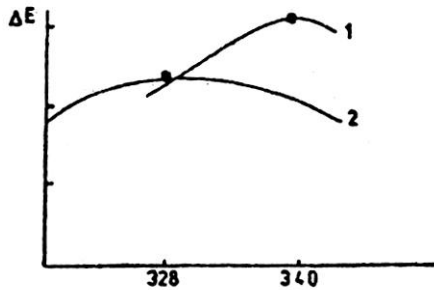
ფერმენტული რეაქციების კინეტიკური ანალიზი. 1913 წელს მიხაელისმა და მენთენმა დაამუშავეს ფერმენტული მოქმედების კინეტიკური თეორია და მოგვცეს ფერმენტული რეაქციის ძირითადი განტოლება:



თანამედროვე სიმბოლიკით განტოლებას შემდეგი სახე გააჩნია:



E არის ფერმენტი ანუ ენზიმი, S-სუბსტრატი, ES-ფერმენტ-სუბსტრატული კომპლექსი, EP-ფერმენტისა და გარდაქმნილი სუბსტრატის კომპლექსი, ხოლო P-რეაქციის საბოლოო პროდუქტი. პირველ სტადიაზე ხდება ფერმენტ-სუბსტრატული კომპლექსის წარმოქმნა. ფერმენტ-სუბსტრატული კომპლექსის წარმოქმნა და დაშლა დინამიკური პროცესია, შექცევადი ხასიათისაა და განისაზღვრება მორეაგირე ნივთიერებათა ბუნებით. ფერმენტ-სუბსტრატული კომპლექსის წარმოქმნის სპექტრული ანალიზი ასეთია:



თავისუფალი(1) და ფერმენტ ალკოჰოლდეჰიდროგენაზასთან (2) დაკავშირებული ნად-H-ის შთანთქმის სპექტრი
 აბცისაზე – ტალღის სიგრძე მკმ-დან,
 ორდინატზე - ოპტიკური სიმკვრივის ცვლილება (ΔE)

თავისუფალი ნად H-ისაგან განსხვავებით (1), ნად H-ის და ალკოჰოლდეჰიდროგენაზას (2) კომპლექსის წარმოქმნის შედეგად ხდება თავისუფალი კოფერმენტის შთანთქმის სპექტრის მაქსიმუმის გადანაცვლება 340 მკმ-იდან 328 მკმ-დე. ამ გზით პირველად იქნა ექსპერიმენტულად დამტკიცებული ფერმენტული რეაქციის საწყის ეტაპზე ფერმენტ-სუბსტრატული კომპლექსის წარმოქმნის აუცილებლობა.

ფერმენტ-სუბსტრატული კომპლექსის წარმოქმნის სიჩქარე პრაქტიკულად განსაზღვრავს რეაქციის სიჩქარეს, ე.ი. ფერმენტის რაოდენობის მატების შესაბამისად, სუბსტრატის მაქსიმალურად გაჯერების პირობებში ფერმენტული რეაქციის სიჩქარე პროპორციულად მატულობს.

ფერმენტული რეაქციის ზოგადი განტოლებიდან (1) გამომდინარე ფერმენტ-სუბსტრატული კომპლექსის წარმოქმნის სიჩქარე $V_{+1}=K_{+1}[E][S]$ (2), სადაც თავისუფალი ფერმენტის კონცენტრაცია ფერმენტის საერთო და ფერმენტ-სუბსტრატული კომპლექსის კონცენტრაციათა სხვაობის ტოლია: $[E]=[E_0]-[ES]$

E-თავისუფალი ფერმენტების კონცენტრაცია;

ES-ფერმენტ-სუბსტრატული კომპლექსის კონცენტრაცია;

E_0 -ფერმენტის საერთო კონცენტრაცია;

ეს მნიშვნელობა შევიტანოთ (2) განტოლებაში:

$$V_{+1}=K_{+1}([E_0] - [ES]) \cdot [S] \quad (3)$$

1-ელი განტოლებიდან გამომდინარეობს, რომ ფერმენტ-სუბსტრატული კომპლექსის კონცენტრაცია დამოკიდებულია K_{-1} და K_{+2} რეაქციის სიჩქარის მუდმივაზე:

$$V=K_{+1}[ES] + K_{+2}[ES] = [ES](K_{+1} + K_{+2}) \quad (4)$$

ვინაიდან, ფერმენტული რეაქციის წონასწორობის დამყარებისას საქმე გვაქვს სტაციონალურ მდგომარეობასთან, ფერმენტ-სუბსტრატის კონცენტრაცია უცვლელი დარჩება ე.ი. V_{+1} გაუტოლდება V -ს.

$$V_{+1}=V= K_{+1}([E_0] - [ES]) \cdot [S]= [ES](K_{+1} + K_{+2}) \quad (5) \quad \text{აქედან}$$

$$\frac{([E_0]-[ES]) \cdot [S]}{[ES]} = \frac{K_{+1}+K_{+2}}{K_{+1}} = K_m \quad (6)$$

K_m არის მიქაელ-მენტენის მუდმივა, რომელიც ამყარებს კავშირს ფერმენტული რეაქციის ყველა შუალედურ ეტაპებს შორის. რეაქციის მაქსიმალური სიჩქარე, სუბსტრატთა ფერმენტის გაჯერების პირობებში, ფერმენტის საერთო რაოდენობის პროპორციულია:

$$V_{\max} = K_{+2}[ES], \text{ აქედან } [ES]^+ = V_{\max} / K_{+2} \quad (7)$$

ფერმენტ-სუბსტრატის კომპლექსის სიჩქარე $V=K_{+2}[ES]$, აქედან $([ES]=V/K_{+2})$ (8) შევიტანოთ მე-6 განტოლებაში მე-7 და მე-8 მნიშვნელობები:

$$K_m = \frac{[S] \left(\frac{V_{\max}}{K_{+2}} - \frac{V}{K_{+2}} \right)}{\frac{V}{K_{+2}}}$$

მიიღება მიქაელ-მენტენის მუდმივას გამოსათვლელი განტოლება:

$$K_m = [S] [(V_{\max}/V - 1)] \quad (9)$$

ცნობილი K_m -ის მიხედვით შეიძლება დაკავებული აქტიური ცენტრის წილის გამოთვლა სუბსტრატის ნებისმიერი კონცენტრაციისათვის:

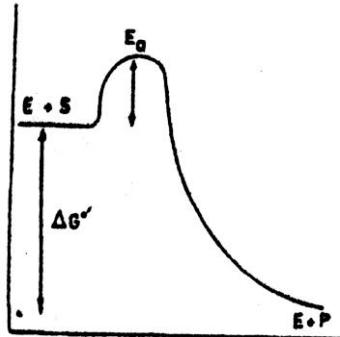
$$N_{ES} = V / V_{\max} = [S] / ([S] + K_m)$$

წყალბადიონთა კონცენტრაციის გავლენა ფერმენტების აქტივობაზე. ფერმენტების აქტივობაზე გავლენას ახდენს რეაქციის არეში წყალბადიონთა გარკვეული კონცენტრაცია. თითოეულ ფერმენტს აქვს pH-ის არის გარკვეული ვიწრო ზღვარი, რომელიც ოპტიმალურია მისი უმაღლესი აქტივობის გამოსავლენად. მაგალითად, კუჭის წველის ფერმენტის პეფსინისათვის pH-ის ოპტიმალური მნიშვნელობა არის 1,5-2,5; ნერწყვის ამილაზისათვის -6,7-7,4. წყალბადიონთა გავლენა ფერმენტულ რეაქციაზე განპირობებულია, ერთი მხრივ, ცილა-მატარებლის, ხოლო მეორე მხრივ, სუბსტრატის იონიზაციით. ფერმენტების დიდი ნაწილის pH-ოპტიმუმი 7,0-8,0-ის ფარგლებში მერყეობს. სხვა ფერმენტებისაგან მკვეთრად განსხვავდება კუჭის ლორწოვანი გარსის უჯრედების ფერმენტი პეფსინი, რომლის pH-ის 1,5-2,5-ის ფარგლებში მერყეობს.

ტემპერატურის გავლენა ფერმენტების აქტივობაზე. ფერმენტები ძალზე მგრძობიარეა ტემპერატურის ცვლილებებისადმი. ფერმენტების ყველაზე მაღალი აქტივობა დადგენილია ტემპერატურის ვიწრო ფარგლებში. ამ ზღვრამდე ტემპერატურის ყოველ 10^0 -ით მომატებისას ფერმენტის მიერ კატალიზებული რეაქციის სიჩქარე ორჯერ იზრდება. ტემპერატურის აწვევისას ფერმენტის აქტივობა ქვეითდება, მაგრამ არ ქრება. ოპტიმალური პირობების შექმნისას ისინი კვლავ ავლენენ მაღალ აქტივობას. ფერმენტების ამ თავისებურებას იყენებენ ქირურგიაში.

აქტივაციის ენერგია არის ენერგიის ის მინიმალური რაოდენობა, რომელიც უნდა მივანიჭოთ მოლეკულებს რეაქციის უნარის მქონე მდგომარეობაში გადასაყვანად. ამ მიზნით პროცესი შეისწავლება ტემპერატურის ფართო დიაპაზონში ფერმენტული

რეაქციის სხვადასხვა სტადიების გათვალისწინებით. კერძოდ, ტემპერატურის გავლენა შესწავლილი უნდა იყოს, პირველ რიგში, თვით ფერმენტზე, როგორც ცილაზე და შემდეგ, ფერმენტ-სუბსტრატის კომპლექსის წარმოქმნასა და მის დაშლაზე. აქტივაციის გზით ძლიერდება ფერმენტ-სუბსტრატის კომპლექსის წარმოქმნა და მისი საბოლოო პროდუქტებად (E+P) დაშლა, რაც მთელი სისტემისათვის სტანდარტული თავისუფალი ენერჯის ცვლილებაში (ΔG^0) ვლინდება.



აქტივაციის ენერჯის ცვლილება ფერმენტული რეაქციის დროს.
 ΔG^0 - ფერმენტული რეაქციის სტანდარტული თავისუფალი ენერჯის ცვლილება.

ზოგიერთი ფერმენტის აქტივაციის ენერჯია კატალიზატორის და ბიოკატალიზატორის თანდასწრებით და მის გარეშე მოცემულია მე-4 ცხრილში.

ცხრილი 4

რეაქცია	კატალიზატორი, ბიოკატალიზატორი	აქტივაციის ენერჯია კალორია/მოლი
წყალბადის ზეჟანგის დაშლა	კატალიზატორის გარეშე კოლოიდური პლატინა	18000
	კატალაზა	11000
	წყალბადის იონები	<200
ეთილბუტირატის ჰიდროლიზი	ჰიდროქსილის იონები	16800
	პანკრეასის ლიპაზა	10200
	წყალბადის იონები	4500
კაზეინის ჰიდროლიზი	ტრიფსინი	20600
	წყალბადის იონები	12000
საქაროზის ჰიდროლიზი	წყალბადის იონები	25600
	საფუარის ინვერტაზა	800-10000
β-მეთილგლუკოზიდის ჰიდროლიზი	წყალბადის იონები	32000
	β-გლუკოზიდაზა	12200

ცხრილიდან ჩანს, რომ როგორც კატალიზატორების, ისე ბიოკატალიზატორების თანაობისას აქტივაციის ენერჯია (E_a) კანონზომიერად მცირდება. აქტივაციის ენერჯია განსაკუთრებით მკვეთრად კლებულობს ბიოკატალიზატორების თანაობისას. აქედან ჩანს, რომ ფარმენტებით ქიმიური რეაქციის აჩქარება განპირობებულია აქტივაციის ენერჯის შემცირებით.

ფერმენტების მოქმედების აქტივატორები და ინჰიბიტორები. ფერმენტების კატალიზური ფუნქცია დამოკიდებულია სხვადასხვა ნივთიერებაზე, რომელთაგანაც ზოგი ზრდის მის აქტივობას, ზოგი აქვეითებს, ბოჭავს მას. პირველს ეწოდება აქტივატორები, მეორეს - ინჰიბიტორები. აქტივატორები შეიძლება იყოს იონები და სხვა კოფაქტორები ან სპეციფიკური ნივთიერებები. კოფაქტორები იყოფა სამ ძირითად ჯგუფად. პირველ ჯგუფში გაერთიანებულია სპეციფიკური კოფერმენტები - კოენზიმები, რომლებიც დაბალმოლეკულური, თერმოსტაბილური, დიალიზებადი

ორგანული ნაერთებია – აპოფერმენტი. მეორე ჯგუფის კოფერმენტები პროსთეტიული ჯგუფის სახით მჭიდროდ არიან დაკავშირებულნი აპოფერმენტთან, ხოლო მესამე ჯგუფში გაერთიანებულია არასპეციფიკური კოფაქტორები მეტალების, აღმდგენელი და სხვა ნაერთების სახით, რომლებსაც აქტივატორებს უწოდებენ.

კოფერმენტები, ისე როგორც ფერმენტები, აქტიურად მონაწილეობენ ქიმიურ რეაქციებში. რეაქციის დამთავრების შემდეგ ისინი, ფერმენტების მსგავსად, უბრუნდებიან საწყის მდგომარეობას. კოფერმენტებით ხორციელდება წყალბადის ატომების, ელექტრონებისა და ქიმიური ჯგუფების ერთი ნაერთიდან მეორეზე გადატანა. კოფერმენტები აქტიურად მონაწილეობენ ნივთიერებათა დაშლისა და სინთეზის, იზომერიზაციის და სხვა პროცესებში. მაგალითად, კოფერმენტი კოენზიმი A (კოA) აქტიურად მონაწილეობს კეტომჟავების დეკარბოქსილირებაში, ცხიმოვანი მჟავების დაჟანგვისა და სინთეზის რეაქციებში.

პროსთეტიული ჯგუფის წარმომადგენელია ფოსფორირებული ვიტამინი B₆-პირიდოქსალფოსფატი, რომელიც კოვალენტურად უკავშირდება ამინტრანსფერაზებს და ვიტამინი ბიოტინი, რომელიც ფერმენტ პირუვატდეკარბოქსილაზას აქტიურ ცენტრთან დაკავშირებულია ლიზინის ამინის ჯგუფით. კოფერმენტების დიდი ნაწილი არ სინთეზირდება ადამიანის ორგანიზმში და საჭიროა მათი მიღება მცენარეული ან ცხოველური საკვებიდან. ამ მხრივ საინტერესოა ვიტამინები. დეჰიდროგენაზების კოფერმენტები, ნიკოტინამიდადანიინდინუკლეოტიდფოსფატი (ნადფ⁺) შეიცავს ვიტამინს ნიკოტინმჟავა ამიდის სახით, ფლავინადენინდინუკლეოტიდი (ფად)-ვიტამინ რიბოფლავინს. კოფერმენტების როლში გვევლინება აგრეთვე თიამინპროფოსფატი, რომელიც B₁ ვიტამინის ფოსფორილირების შედეგად მიიღება.

კოფერმენტების მესამე აქტივატორების ჯგუფში გაერთიანებულია მრავალი მეტალი, რომელიც კატალიზური აქტიურობის განმსაზღვრელია. დადგენილია, რომ ფოსფოგლუკომუტაზას, კარბოქსილაზას, ენოლაზას და რიგი სხვა ფერმენტების კატალიზური მოქმედებისათვის აუცილებელია მაგნიუმის იონები. კარბონატ-დეჰიდროგენაზა ვერ მოქმედებს თუთიის გარეშე, მთელი რიგი ადენოზინტრიფოსფატაზების მოქმედება ნატრიუმის, კალიუმის, კალციუმისა და მაგნიუმის იონების გარეშე პრაქტიკულად არ ხორციელდება.

ნივთიერებებს, რომლებსაც შეუძლიათ ფერმენტული რეაქციების შეჩერება, ფერმენტთა ინჰიბიტორები ეწოდება. ინჰიბიტორები იყოფა ორ ჯგუფად: შეუქცევად და შექცევად ინჰიბიტორებად. შეუქცევადი ინჰიბიტორების ერთ-ერთი წარმომადგენელია დიიზოპროპილფოსფატი, რომელიც აქტიური ცენტრით ამინმჟავა სერინს კოვალენტურად უკავშირდება და შეუქცევადად აკავებს პროტეაზების (ტრიფსინი, ქიმოტრიფსინი) და ზოგიერთ ჰიდროლაზას (აცეტილქოლინის დამშლელი ფერმენტის აცეტილქოლინესთერაზას) აქტივობას.

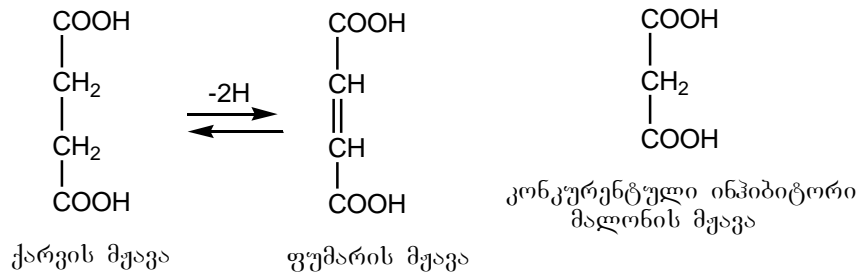
შექცევადი ინჰიბიტორების თანაობისას ფერმენტის ინჰიბირება სწრაფად ვლინდება და არ არის დამოკიდებული დროის ფაქტორზე. გარკვეული დროის შემდეგ სისტემაში მყარდება წონასწორობა: $E + I \leftrightarrow EI$, რაც აღინიშნება ინჰიბირების მუდმივით:

$$K_i = [E][I]/[EI], \text{ სადაც, } K_i \text{ არის ინჰიბირების მუდმივა.}$$

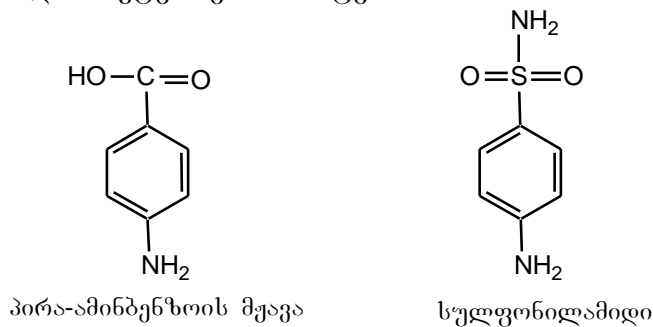
არჩევნ შექცევადი ინჰიბიტორების ორ ტიპს: კონკურენტულსა და არაკონკურენტულს. კონკურენტული ინჰიბიტორები ხასიათდებიან სუბსტრატების მსგავსი სტრუქტურით და კონკურენციას უწევენ ნაერთს ფერმენტის აქტიურ ცენტრთან დაკავშირებაში. არაკონკურენტული ინჰიბიტორები არ ამჟღავნებენ მსგავსებას სუბსტრატთან და არ უწევენ მას კონკურენციას ფერმენტის აქტიურ ცენტრთან დაკავშირებაში. მათ აქვთ უნარი, დაუკავშირდნენ როგორც თავისუფალ ფერმენტს (E), ისე ფერმენტ-სუბსტრატულ კომპლექსს (ES).

კონკურენტული ინჰიბირების მაგალითია ქარვის მჟავას დამჟანგველი ფერმენტის სუქცინატდეჰიდროგენაზას მოქმედებაზე სუბსტრატული ანალოგის მალონის მჟავას

გაველენა. მალონის მჟავა თავისი შენებით ახლოს დგას ქარვის მჟავასთან. ამის გამო იგი კონკურენტულად უკავშირდება ფერმენტის აქტიურ ცენტრს. ვინაიდან მისი შემდგომი გარდაქმნა ვერ ხერხდება, სუქცინატდეჰიდროგენაზას მოქმედება კავდება.



კონკურენტული ინჰიბირების მექანიზმების პრინციპმა დიდი გამოყენება პოვა როგორც ფერმენტების მოქმედების მექანიზმების ფუნდამენტურ კვლევაში, ასევე პრაქტიკულ მედიცინაში, ორგანიზმის მოწამვლისა და რიგი დაავადების მკურნალობის დროს. მაგალითად, ეთილენგლიკოლით ან მეთანოლით მოწამვლის შემთხვევაში გამოიყენება ეთანოლი, რომელიც კონკურენტულად აკავებს ეთილენგლიკოლისა და მეთანოლის შემდგომ გარდაქმნას და, შესაბამისად, ტოქსიკური ნაერთების წარმოქმნას. კონკურენტული ინჰიბირების პრინციპი საფუძვლად დაედო სამკურნალო პრეპარატის სულფანილამიდის (სტრეპტოციდი) შექმნას. სულფანილამიდის სტრუქტურა ბაქტერიებისათვის სასიცოცხლო მნიშვნელობის მქონე ვიტამინ პარა-ამინბენზოის მჟავას მსგავსია. მისი თანდასწრებით კავდება პარა-ამინბენზოის მჟავას მეტაბოლიზმი და ფოლიუმის მჟავას სინთეზი. ეს უკანასკნელი ბაქტერიების ზრდის ერთ-ერთი ფაქტორია. ფოლიუმის მჟავას დეფიციტის გამო ირღვევა უჯრედში ბიოქიმიური აპარატის მოქმედება და ბაქტერიები იხოცება.

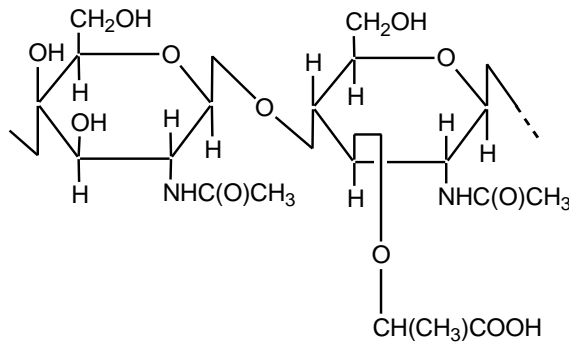


ზოგიერთი ფერმენტის მოლეკულაში, გარდა აქტიური ცენტრისა, არის მგრძობიარე უბანი – ქიმიური დაჯგუფება, რომელიც შეიძლება შებოჭილ იქნას სუბსტრატისაგან განსხვავებული სხვადასხვა ნივთიერებით. ამ დაჯგუფებას ალოსტერული ეწოდება, ხოლო თვით ფერმენტებს – ალოსტერული ფერმენტები. ბერძნულად “ალო” განსხვავებულს ნიშნავს. ასეთი ფერმენტების აქტივობის რეგულაცია ხდება არა მათი სუბსტრატებით, არამედ ალოსტერული ეფექტორებით – ნივთიერებებით, რომლებიც უერთდებიან ფერმენტებს აქტიური ცენტრიდან დაშორებულ ალოსტერულ უბნებში.

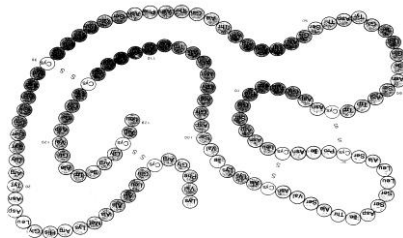
ფერმენტების მოქმედების მექანიზმი

რენტგენოსტრუქტურული ანალიზის მეთოდის შესწავლის შემდეგ შესაძლებელი გახდა ფერმენტების მოქმედების მექანიზმების დადგენა, რომელმაც დიდი როლი შეასრულა ბიოლოგიურად აქტიური სისტემის სტრუქტურულ-ფუნქციური ურთიერთკავშირის დადგენაში. ფერმენტთა განმსაზღვრელ ნიშან-თვისებას წარმოადგენს მათი განსაკუთრებულად მაღალი კატალიზური აქტიურობა და მოქმედების სპეციფიკურობა. სპეციფიკურობაში იგულისხმება რეაქციის სიჩქარის მკვეთრი დამოკიდებულება სუბსტრატის აგებულების თავისებურებაზე, რაც განპირობებულია სუბსტრატის მოლეკულის განსაზღვრული ორიენტაციით წყალბადური ბმებისა და ელექტროსტატიკური ურთიერთქმედებით ფერმენტის მოლეკულაში შემავალ იონურ ჯგუფებთან. ფერმენტების მოქმედების მექანიზმში დიდ როლს თამაშობს ფერმენტები: ლიზოციმი, რიბონუკლეაზა, ქიმოტრიფსინი, კარბოქსიპეპტიდაზა, ასპარტატამინტრანსფერაზა, იმობილიზებული ფერმენტები.

ლიზოციმი. ლიზოციმი აღმოჩენილ იქნა ცხოველური და მცენარეული ორგანიზმის სხვადასხვა ქსოვილებში. ხერხემლიანებში იგი გვხვდება საცრემლე პარკში, ნერწყვში, კვერცხის ცილაში.

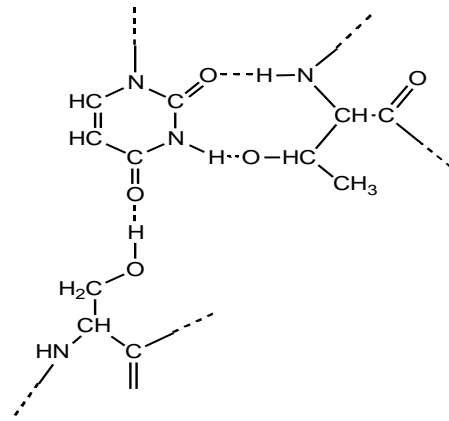


ლიზოციმი მოქმედებს როგორც ანტიბაქტერიული აგენტი, რომელიც აკატალიზებს უჯრედული მემბრანის შემადგენლობაში შემავალი პოლისაქარიდების ჰიდროლიზს. ეს პოლისაქარიდები წარმოქმნილია N-აცეტილგლუკოზამინის და N-აცეტილქიანტველმუავას ნაშთებისაგან. კარგად არის შესწავლილი ქათმის კვერცხის ცილის ლიზოციმი, რომლის მოლეკულური მასა 14 600-ს შეადგენს. მისი მოლეკულა შედგება ერთი პოლიპეპტიდური ჯაჭვისაგან, რომელიც შეიცავს 129 ამინომუავურ ნაშთს. ლიზოციმის პირველადი სტრუქტურა განსაზღვრულ იქნა რ. კენფილდის და ა. ლიუს მიერ 1965 წ. ფერმენტის მაღალი სტაბილურობა განპირობებულია ოთხი დისულფიდური ხილით.



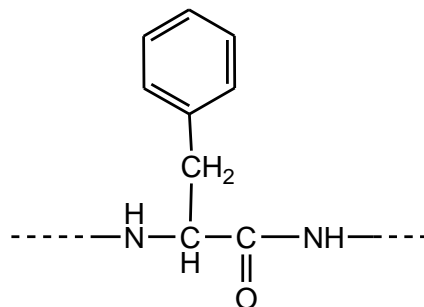
ლიზოციმის I-ადი სტრუქტურა

რიბონუკლეაზა – არის კუჭკვემა ჯირკვლის ფერმენტი. იგი მიეკუთვნება ჰიდროლაზების კლასს, რომელიც მოქმედებს პოლინუკლეოტიდის მუავაში ფოსფორის ბმებზე და ათავისუფლებს ნუკლეოტიდებს.



რიბონუკლეაზას მოლეკულა შედგება ერთი პოლიპეპტიდური ჯაჭვისაგან, რომელიც შეიცავს 124 ამინმჟავურ ნაშთს. მისი მოლეკულური მასაა 13680, მოლეკულა შეიცავს ოთხ დისულფიდურ ბმას. რიბონუკლეაზა წარმოადგენს პირველ ფერმენტს, რომლისთვისაც დადგენილ იქნა პირველადი სტრუქტურა. 1969წ. მერიფილდმა, მყარფაზოვანი მეთოდის საშუალებით, განახორციელა კატალიზურად აქტიური რიბონუკლეაზის სრული ქიმიური სინთეზი.

ქიმოტრიფსინი. ქიმოტრიფსინი კოფერმენტის-ქიმოტრიფსინოგენის სახით სეკრეტირდება ხერხემლიანი ცხოველების კუჭქვეშა ჯირკვალში ფერმენტ ტრიფსინის მოქმედებით. ქიმოტრიფსინის ფიზიოლოგიური ფუნქცია მდგომარეობს ცილებისა და პოლიპეპტიდების ჰიდროლიზში. მისი მოლეკულური მასა არის 25000, მისი მოლეკულა შედგება 241 ამინმჟავური ნაშთისაგან. ქიმოტრიფსინი წარმოიქმნება დისულფიდური ბმებით დაკავშირებული სამი პოლიპეპტიდური ჯაჭვისაგან. ქიმოტრიფსინის პირველადი სტრუქტურა დადგენილ იქნა 1964წ.

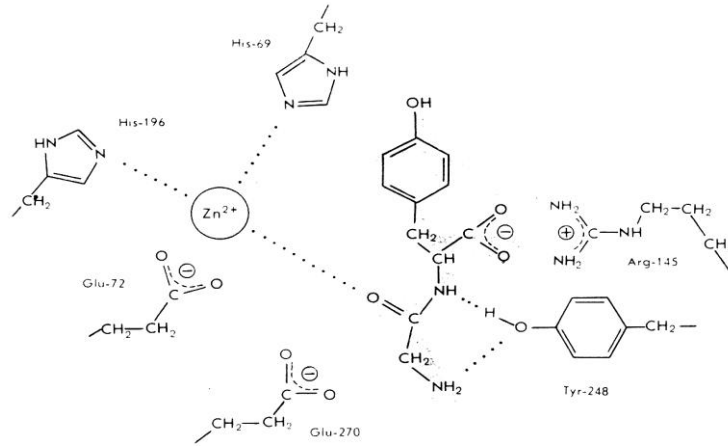


ქიმოტრიფსინი

ქიმოტრიფსინი აქტივდება ტრიფსინის ზემოქმედების შედეგად. ეს ფერმენტი შლის იმ პეპტიდურ კავშირს, რომელიც იქმნება თიროზინის, ტრიპტოფანის, ფენილალანინის ან მეთიონინის კარბოქსილის ჯგუფებით. ქიმოტრიფსინს, ტრიფსინის მსგავსად, უნარი აქვს იმოქმედოს პეპტონებზე და უშუალოდ ცილებზეც. ჰიდროლიზური დაშლის საბოლოო პროდუქტების სახით წარმოიქმნება პეპტიდები და თავისუფალი ამინმჟავები.

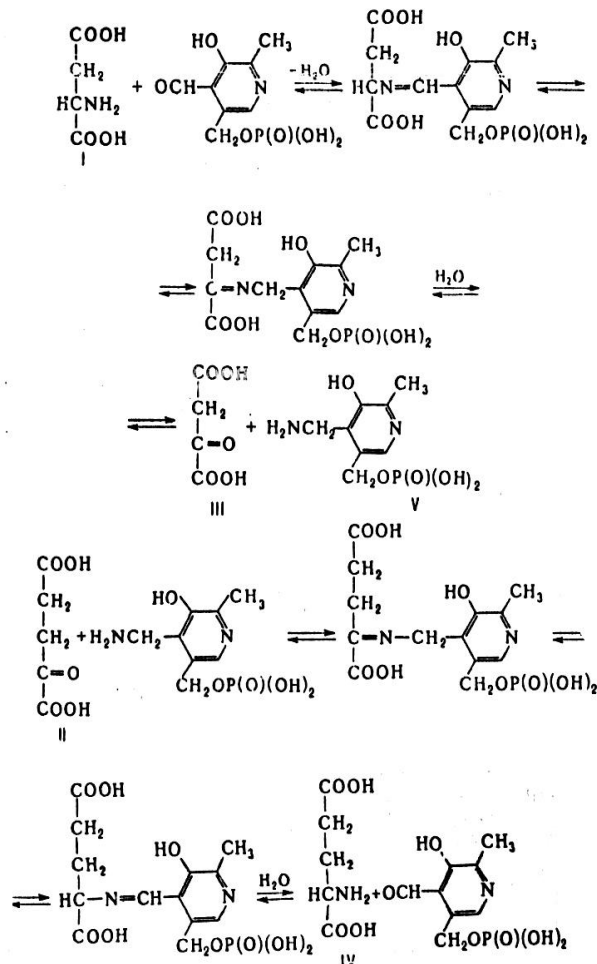
კარბოქსიპეპტიდაზა A. იგი გვხვდება ხერხემლიან ცხოველთა კუჭქვეშა ჯირკვალში პროფერმენტის სახით. ფერმენტის წარმოქმნა ხდება წვრილ ნაწლავში ქიმოტრიფსინის აქტიური მონაწილეობით. კარბოქსიპეპტიდაზა A ახდენს C-ბოლო ამინმჟავების პეპტიდური ჯაჭვიდან ნაშთების მოხლეჩას. იგი შედგება ერთი პოლიპეპტიდური ჯაჭვისაგან, რომელიც შეიცავს 307 ამინმჟავურ ნაშთს. მისი მოლეკულური მასა არის 34470. კარბოქსიპეპტიდაზა A-ს ამინმჟავური თანამიმდევრობა დადგენილ იქნა 1969 წელს რ. ბრედშოუს და მისი თანამშრომლების მიერ. ფერმენტის მოლეკულას აქვს ელიფსოიდის ფორმა, აქტიური ცენტრი მოთავსებულია სიდრმეში. აქტიური ცენტრის ზონაში ლოკალიზებულია თუთიის იონი, რომელიც შეიცავს Glu-72 და His-196

გვერდითი ჯაჭვების ამინოჟგურ ნაშთს და წყლის მოლეკულას, ასევე ფუნქციურ ჯგუფებს, რომლებიც მონაწილეობენ კატალიზში. ესენია Arg-145, და Tyr-248.



კარბოქსიდეჰიდრაზა A

ასპარტატამინტრანსფერაზა. იგი მიეკუთვნება ტრანსფერაზების ფერმენტთა კლასს. ასპარტატამინტრანსფერაზა აკატალიზებს ტრანსამინირების შებრუნებულ რეაქციას. 1945 წელს დადგინდა, რომ ასპარტატამინტრანსფერაზას კოფერმენტს წარმოადგენს პირიდოქსალ-5'-ფოსფატი, რომლის მონაწილეობით ხდება ტრანსამინირება, ამინჯგუფის გადატანა ასპარაგინის მუავადან (I) 2-ოქსოგლუტარმუავაზე (II), რომლის დროსაც წარმოიქმნება მუაუნძმარმუავა (III) და გლუტამინის მუავა (IV). ტრანსამინირების შუალედურ საფეხურზე წარმოიქმნება პირიდოქსამინ-5'-ფოსფატი (V).



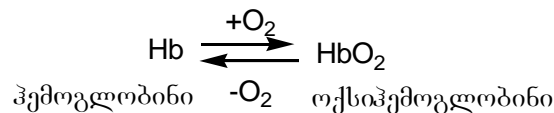
ტრანსამინირების ფერმენტატული რეაქცია აღმოაჩინა ა. ბრაუნშტეინმა და გ. კრიცმანმა 1937 წ. მტრედის კუნთის ფერმენტული პრეპარატის შესწავლის დროს. **იმობილიზებული ფერმენტები.** მათ მიეკუთვნება მიოგლობინი და ჰემოგლობინი. ამ ორ ცილას სუნთქვის ფერმენტებს უწოდებენ. მიოგლობინის სტრუქტურა განსაზღვრულ იქნა ჯ. კენდრიუს მიერ 1961წ, ხოლო ჰემოგლობინისა – გ. პერუტცემის მიერ 1960წ. მიოგლობინის მოლეკულა შედგება პოლიპეპტიდური ჯაჭვისაგან, რომელიც წარმოქმნის 8 სპირალიზებულ უბნებს, ისინი განლაგებული არიან რკინაშემცველი ჰემის მოლეკულის ირგვლივ. ჰემი არის პორფირინის და (II) რკინის იონის კომპლექსი.



მიოგლობინი

მიოგლობინი გამოყოფილია კუნთოვანი ქსოვილიდან. მას ჰემოგლობინის მსგავსად ჟანგბადის ფიქსაციის უნარი აქვს და მონაწილეობას ღებულობს კუნთოვანი ქსოვილის ჟანგბადით მომარაგების პროცესში. ჰემოგლობინისაგან მიოგლობინი განსხვავდება ცილოვანი კომპონენტით. მიოგლობინს განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს წყალში მცხოვრები ცხოველებისათვის, რომელთაც შეუძლიათ დიდხანს გაძლონ წყალში სუნთქვის გარეშე. ამისი უნარი აქვთ, მაგალითად, დელფინებს, ზღვის ლომებს. ეს იმით აიხსნება, რომ კუნთოვანი ქსოვილი შეიცავს მიოგლობინის შედარებით დიდ რაოდენობას. მიოგლობინში კავშირდება ჟანგბადის მარაგი, რომელიც გამოიყენება ცხოველის მიერ ჟანგბადის დროებითი შიმშილის დროს.

ჰემოგლობინი-სატრანსპორტო ცილა. ჰემოგლობინი წარმოადგენს ქრომოპროტეიდს, რომელიც შედგება ორი კომპონენტისაგან: წითელი პიგმენტის არაცილოვანი ნაწილის ანუ პროსთეტიული ჯგუფის ჰემისა და ცილა გლობინისაგან. ჰემის რაოდენობა ჰემოგლობინში 4%-ს აღწევს, დანარჩენი 96% გლობინია. ჰემოგლობინის დანიშნულებაა ფილტვებიდან ჟანგბადის ტრანსპორტირება ქსოვილებში. ამ ფუნქციას ასრულებს პიგმენტი, რომლის შენებაში მონაწილეობს რკინა. ჰემოგლობინი, როდესაც ჟანგბადს უკავშირდება, გარდაიქმნება ოქსიჰემოგლობინად. ჰემოგლობინის უნარი, დაიკავშიროს ჟანგბადი და დაჟანგულ ფორმად გარდაიქმნას, დამოკიდებულია ჟანგბადის პარციალურ წნევაზე. როდესაც ჟანგბადის პარციალური წნევა უდრის ვერცხლისწყლის სვეტის 150 მმ-ს, ხსნარში წარმოდგენილი ჰემოგლობინის 99% გარდაიქმნება ოქსიჰემოგლობინად. აქედან გამომდინარეობს, რომ ფილტვებში, სადაც ჟანგბადის პარციალური წნევა იმავე ოდენობას აღწევს, რაც გარეთ, ჰაერში ჰემოგლობინი თითქმის მთლიანად ოქსიჰემოგლობინად იჟანგება. ჟანგბადის დაკავშირება ოქსიჰემოგლობინში არ არის მჭიდრო, იგი ადვილად შორდება რკინას, საკმარისია ჟანგბადის პარციალური წნევის შემცირება, რომ ოქსიჰემოგლობინის ნაწილი ისევ ჰემოგლობინად აღდგეს. როდესაც ჟანგბადის პარციალური წნევა ნულამდე დადის, მაშინ ოქსიჰემოგლობინი მთლიანად განიცდის აღდგენას და მიიღება ჰემოგლობინი.

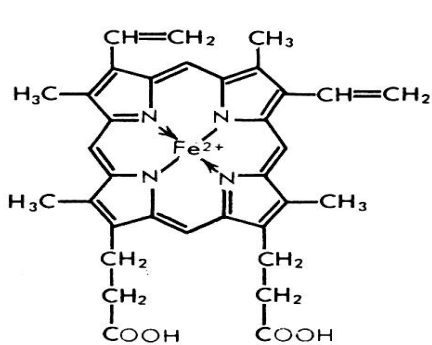


ჰემოგლობინის (სადაც Fe ორგანულია) დაჟანგვისას რომელიმე დამჟანგავით, მაგალითად, სისხლის წითელი მარილით, მიიღება დაჟანგვის პროდუქტი-მეტჰემოგლობინი, რომელშიც რკინა სამვალენტია. ოქსიჰემოგლობინი განსხვავდება მეტჰემოგლობინისაგან რკინის ვალენტოვნებით და ჟანგბადის დაკავშირების ხასიათით. ოქსიჰემოგლობინში ჟანგბადი უფრო სუსტად არის დაკავშირებული, ვიდრე მეტჰემოგლობინში.

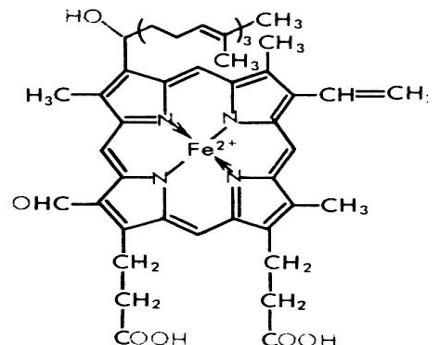
ჰემოგლობინში, ჟანგბადის გარდა, ხშირად სხვა ლიგანდი იკავებს წყლის მოლეკულის ადგილს. მაგალითად, ნახშირბადის (II) ოქსიდის მსუთავი ზემოქმედება ადამიანის ორგანიზმზე იმით აიხსნება, რომ იგი ჟანგბადზე უფრო მტკიცედ უკავშირდება Fe^{2+} იონს და, აქედან გამომდინარე, ახდენს ჰემოგლობინის მოქმედების ბლოკირებას. ჰემოგლობინის რომელიმე ჯაჭვის სტრუქტურის შეცვლა იწვევს გარკვეულ დაავადებებს. მაგალითად, ნორმალური ჰემოგლობინის სტრუქტურის მემკვიდრეობითი ცვლილება იწვევს ე.წ. “მოლეკულურ დაავადებებს”, რომლებიც ცნობილია ჰემოგლობინოპათიების სახელწოდებით. ასეთი დაავადებაა ნამგლისებური უჯრედული ანემია, რომელიც არის გავრცელებული სამხრეთ ამერიკისა და აფრიკის ქვეყნებში. ამ დაავადების დროს, ჟანგბადის მცირე პარციალური წნევის პირობებში, სისხლის ერთროცი-ტები იღებს ნამგლის ფორმას. ასეთი ჰემოგლობინი ნორმალური ჰემოგლობინისაგან იმით განსხვავდება, რომ ქსოვილებში ჟანგბადის გადაცემის შემდეგ იგი გარდაიქმნება ცუდად ხსნად ფორმად და იწყებს დალექვას. წარმოქმნილი ნალექი კი ახდენს უჯრედის დეფორმაციას და იწვევს ჰემოლიზს. დაავადება ძალზე მწვავედ მიმდინარეობს, ხშირია სიკვდილიანობაც.

ინგრემის მიერ დადგენილ იქნა აღნიშნული დაავადების ქიმიური საფუძველი. ამ დროს ნორმალური ჰემოგლობინის β -ჯაჭვში N-ბოლოდან მეექვსე მდგომარეობაში გლუტამინმჟავას ადგილს იკავებს ვალინი, დანარჩენი ამინომჟავები კი იმავე თანმიმდევრობით განლაგდება. ეს ცვლილება საკმარისია მძიმე დაავადების განვითარებისათვის. ჰემოგლობინოპათიების გარდა, ხშირად ადგილი აქვს თალასემიას. ეს დაავადება გამოწვეულია რომელიმე ჯაჭვის სინთეზის დათრგუნვით. დაავადება იწვევს ზურგის დაშლას, დეიდლისა და ელენთის დაზიანებას, რასაც, როგორც წესი, თან სდევს მძიმე ჰემოლიზური ანემია.

ჰემოგლობინი წარმოადგენს ჰემის ცილა გლობინთან დაკავშირების პროდუქტს. ჰემოგლობინზე კონცენტრირებული ძმრის მჟავას მოქმედებით NaCl-ის თანდასწრებით ჰემოგლობინს ჰემი ჩამოშორდება დაჟანგული ჰემინის სახით. ჰემინში რკინა სამვალენტია. ჰემინი ეკუთვნის ისეთი პიგმენტების ჯგუფს, რომელთა შენებაში მონაწილეობს პიროლის ბირთვები. ამ ჯგუფს ეკუთვნის ქლოროფილი, ციტოქრომი, კატალაზები, პეროქსიდაზები და ბუნებრივი პორფირინები.



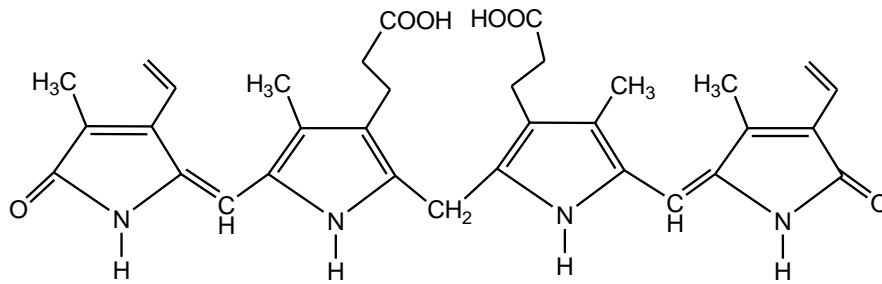
ჰემოგლობინი



ციტოქრომი

გამოანგარიშებულია, რომ დღე-ღამეში ადამიანის ორგანიზმში იშლება 0,5 გრამი ჰემი, რაც ჰემოგლობინის 12,5 გრამს შეეფარდება. ჰემის მარაგი ადამიანის ორგანიზმში უდრის 15 გრამს. აქედან გამომდინარე, რომ 30 დღე-ღამის განმავლობაში უნდა ხდებოდეს მთელი ჰემის მარაგის განახლება.

ცხოველთა სხვადასხვა ორგანოსა და ქსოვილში ადგილი აქვს ჰემის გარდაქმნას, რის შედეგადაც წარმოიქმნება პიგმენტების მთელი რიგი: ბილირუბინი, რომელიც წარმოადგენს ნაღვლის ყვითელ პიგმენტს. ის უმთავრესად ღვიძლში და ნაღველში გროვდება უხსნადი კალციუმის მარილების სახით. ბილირუბინი წარმოიქმნება ჰემის დაჟანგვის შედეგად:



ბილირუბინი

ბილირუბინის ნაწილი გამოიყოფა ორგანიზმიდან შარდთან ერთად. იგი ამ უკანასკნელს ყვითელ შეფერილობას ანიჭებს. ბილირუბინი ადვილად განიცდის როგორც დაჟანგვას, ისე აღდგენას. დაჟანგვისას წარმოიქმნება ყვითელი ფერის პიგმენტი ბილივერდინი ($C_{33}H_{34}N_4O_6$), ხოლო აღდგენისას ურობილინი ($C_{33}H_{40}N_4O_6$).

ჰემოგლობინი, ჰემი და ბილირუბინი ტეტრაპიროლური ნაერთებია, რომელთა შედგენილობაში შედის 4 პიროლური პორფირინის ბირთვი.

უხერხემლო ცხოველებში სისხლის ქრომოპროტეიდს წარმოადგენს ჰემოციანინი. ჰემოგლობინისაგან განსხვავებით, რკინის მაგივრად აქ წარმოდგენილია სპილენძი. იგი ასევე შედგება 2 კომპონენტისაგან: სპილენძის შემცველი ქრომოგენისა და ცილისაგან.

ფერმენტების მნიშვნელობა

ორგანიზმში ნებისმიერი ფუნქციის მოშლას საფუძვლად უდევს ფერმენტების სინთეზის დარღვევა. მაგალითად, გალაქტოზემია გამოწვეულია გალაქტოზის გლუკოზად გარდაქმნელი ფერმენტების ნაკლებობით. გალაქტოზის სიჭარბის შემთხვევაში ბავშვები იღუპებიან სიცოცხლის პირველსავე თვეებში. ფერმენტ თიროზინაზას სინთეზის დარღვევა იწვევს დაავადებას ფენილკეტონურიას. ამის მიზეზია ფენილალანინისაგან თიროზინის წარმოქმნის შეჩერება და ჭარბი ფენილალანინის ტოქსიკური გავლენა თავის ტვინის განვითარებაზე, რაც იწვევს გონებრივ ჩამორჩენილობას.

გლიკოგენოზი გამოწვეულია იმ ფერმენტების აქტივობის დაქვეითებით, რომლებიც ასორციელებენ გლიკოგენის გარდაქმნას ორგანიზმში. ამის გამო ღვიძლი, კუნთები სავსეა გლიკოგენით, ორგანიზმი კი განიცდის მის მწვავე ნაკლებობას. ზოგჯერ ფერმენტოპათიები გამოწვეულია სხვადასხვა შხამით (ტოქსინით) ცალკეული ფერმენტის აქტივობის შერჩევითი დათრგუნვის შედეგად. ფერმენტების მნიშვნელობაზე სრული წარმოდგენის შესაქმნელად განვიხილოთ, თუ როგორ ხდება ადამიანის ორგანიზმში საჭმლის მონელება. ადამიანი მასაზრდოებელ ნივთიერებებს (ცილებს, ცხიმებს, ნახშირწყლებს) იღებს გარემოდან საკვები პროდუქტების (პური, ხორცი, რძე, კვერცხი, ბოსტნეული, ხილი) სახით.

საკვები ნივთიერებები წარმოადგენს ორგანიზმის საშენ მასალას და ენერჯის წყაროს. რთული ორგანული ნივთიერებების დაშლითა და დაჟანგვით მიიღება გარკვეული ენერჯია, რომლითაც აფასებენ ამა თუ იმ საკვები პროდუქტის ენერგეტიკულ ღირებულებას. მაგალითად, შაქრის ენერგეტიკული ღირებულებაა 405,5 კკალორია, მცენარეული ზეთის - 928 კკალ, სტაფილოს - 33,6 და ა.შ.

საჭმლის მომნელებელ სისტემაში, მოხვედრის შემდეგ საკვები პროდუქტები განიცდიან მექანიკურ და ქიმიურ დამუშავებას. ამ პროცესის ერთობლიობას ეწოდება საჭმლის მონელება, რომელშიც უდიდეს როლს თამაშობს ფერმენტები. ისინი კატალიზატორების მსგავსად მონაწილეობენ ბიოქიმიურ რეაქციებში, თვითონ კი არ იხარჯებიან. ფერმენტებისათვის დამახასიათებელია:

1. მოქმედების სპეციფიკურობა, რაც იმაში მდგომარეობს, რომ ყოველი ფერმენტი შლის ნივთიერებების მხოლოდ განსაზღვრულ ჯგუფს;
2. ფერმენტები მოქმედებენ გარკვეულ ქიმიურ გარემოში (ტუტე, მუავე არე);
3. ფერმენტები აქტიურია სხეულის ტემპერატურაზე, სხვა შემთხვევაში კი ისინი იშლებიან;
4. ფერმენტებს გააჩნია აქტიურობის ცენტრი, რომელიც უშუალო პასუხისმგებელია მცირე მოლეკულების დაშლაზე;
5. მცირე რაოდენობის ფერმენტს შეუძლია დაშალოს ორგანული ნივთიერებების დიდი რაოდენობა.

პირის ღრუში ხდება საკვების მექანიკური და ნაწილობრივ, ქიმიური მონელება. ნერწყვი არის სუსტი ტუტე რეაქციის მქონე და მცირე რაოდენობით შეიცავს მინერალურ მარილებსა და ცილებს. ფერმენტებიდან აღსანიშნავია ბაქტერიციდული მოქმედების ლიზოციმი, ამილაზა (რომელიც სახამებელს შლის დისაქარიდ მალტოზამდე), მალტაზა (რომელიც დისაქარიდ მალტოზას შლის გლუკოზამდე). ნერწყვში შედის აგრეთვე მუცინი, რომელიც მონაწილეობს საკვები მასის შეწებებასა და საკვები გუნდის წარმოქმნაში. პირის ღრუში საკვები დიდხანს არ რჩება, ამიტომ ამილაზა სახამებლის ბოლომდე დაშლას ვერ ასწრებს. ეს პროცესი გრძელდება კუჭში. პირის ღრუდან საკვები გადადის ხახაში, სადაც თავს იყრის 7 სხვადასხვა გასასვლელი: პირის ღრუ, ორი ქოანა, ხორხი, საყლაპავი მილი და ორი ევსტაქის მილი. ყლაპვის პირველი აქტი დამოკიდებულია ადამიანის ნებაზე. უშუალოდ ყლაპვის პროცესის განხორციელებისას, რეფრექტორული მექანიზმი აჩერებს სუნთქვის პროცესს, რათა საკვები არ მოხვედეს ხორხში და ტრაქეაში. ასევე რბილი სასის საშუალებით იხურება ცხვირის ღრუში გასასვლელი. საყლაპავი წარმოადგენს

მიღს, რომელსაც აქვს კარგად განვითარებული მუსკულატურა. კუნთების შეკუმშვა წარმოქმნის პერისტალტიკურ ტალღას, რომელიც საჭმლის გუნდას უბიძგებს კუჭისაკენ. შეკუმშვას მოსდევს მოდუნება, რათა საყლაპავი გაფართოვდეს ახალი საკვების მისაღებად. საყლაპავის კუჭში ჩასვლის ადგილას მოთავსებულია გლუვი კუნთის რგოლი, ე.წ. სფინქტერი. იგი ჩვეულებრივ ჩაკეტილია, მაგრამ პერისტალტიკის ტალღით მიტანილი საკვები გუნდა იწვევს მის გახსნას. ასეთივე სფინქტერია მოთავსებული კუჭიდან ნაწლავში გადასვლის ადგილზე და ანალურ ხვრელთან.

სანერწყვე ჯირკვლები რეფლექსურად მოქმედებენ. პირის ღრუში მოხვედრილი საკვები აღიზიანებს ლორწოვანი გარსის რეცეპტორებს, საიდანაც იმპულსები მიემართება მოგრძო ტვინში, აქედან მიემართება ჯირკვლებში და იწყება სეკრეცია. ესაა უპირობო რეფლექსი. მაგრამ არსებობს აგრეთვე ნერწყვის პირობით-რეფლექტორული გამოყოფა საკვების სუნზე, დანახვაზე და ა.შ.

პირის ღრუში საკვების მექანიკური და ნაწილობრივი ქიმიური დამუშავებისა და საკვები გუნდის მომზადების შემდეგ იწყება ყლაპვის აქტი. პირის ღრუს მთელი რიგი კუნთების მეშვეობით საკვები გადადის საყლაპავ მილში. ამ მომენტში წყდება სუნთქვა. საყლაპავი კუნთების თანმიმდევრული შეკუმშვით საკვები გადაადგილდება კუჭისაკენ. კუჭში მოხვედრილი საკვები მუშავდება როგორც მექანიკურად (კუჭის კედლების შეკუმშვის გამო), ასევე ქიმიურად (კუჭის წვენის გავლენით).

მარილმჟავასა და მინერალური მარილების გარდა კუჭის წვენი შეიცავს მთელ რიგ ფერმენტებს, რომელთაგან აღსანიშნავია პეფსინი, რომელიც ცილებს შლის პეპტიდებამდე. ქიმოზინი და ლიპაზა ახდენენ რძის ცილა კაზეინოგენის და ცხიმების ჰიდროლიზს. ამილაზა კუჭში მოქმედებას აგრძელებს მანამ, სანამ საკვები მასა არ გაიფლინდება მჟავე სითხით. ეს ფერმენტი მხოლოდ ტუტე არეში მოქმედებს. კუჭის წვენის გამოყოფა გრძელდება მანამ, სანამ საკვები კუჭში იმყოფება. აქ უკვე ერევა ჰუმორული რეგულაცია, რასაც ახორციელებს ჰორმონები. ეს ნივთიერებები ხვდება სისხლში, ტრანსპორტირდება კუჭის ჯირკვლებში და ასტიმულირებს მათ მოქმედებას. ასეთი ტიპის ქიმიური ნივთიერებები გამოიყოფა აგრეთვე თორმეტგოჯა ნაწლავის კედლებიდან, როცა საკვები კუჭიდან ამ ორგანოში გადადის. აღნიშნულ ჰორმონებს მიეკუთვნება: გასტრინი, სეკრეტინი, ენტეროგასტრინი და სხვ. კუჭიდან საკვები გადადის თორმეტგოჯა ნაწლავში, სადაც იხსნება პანკრეასის და ღვიძლის სადინარები. ამ ორგანოში ხდება ცილების, ცხიმებისა და ნახშირწყლების ძირითადი მონელება. ცილები იშლება ამინომჟავებად, რომლებიც სისხლით მიეწოდება უჯრედებს, სადაც ხდება სპეციფიკური ცილების სინთეზი. ინფორმაცია ცილების შესახებ ჩაწერილია დნმ-ში. ზრდასრულ ორგანიზმში დაშლილი ცილების რაოდენობა გათანაბრებულია სინთეზირებული ცილების რაოდენობასთან, რასაც ახორციელებს წონასწორობას უწოდებენ. ოცი ამინომჟავადან, რომლებიც შედიან ცილების შემადგენლობაში, ადამიანის ორგანიზმს შეუძლია დაასინთეზიროს თორმეტი. დანარჩენს უწოდებენ შეუცვლელ ამინომჟავებს. ორგანიზმი მათ იღებს საკვებთან ერთად. კუჭი საჭმლის მომნელებელი ტრაქტის გაგანიერებული ნაწილია. მისი კედელი შედგება სამ ფენად განლაგებული გლუვი კუნთებისაგან. გარედან ეს ორგანო დაფარულია შემაერთებული ქსოვილით, ხოლო სიღრუე ამოფენილია უამრავი წვრილი ჯირკვლების შემცველი გარსით. ეს ჯირკვლები გამოყოფს კუჭის წვენს: ჯირკვლების ერთი ჯგუფი გამოყოფს ფერმენტებს, მეორე-ლორწოს, მესამე კი-მარილმჟავას.

კუჭის ზედა განყოფილებას, რომელიც ყველაზე ახლოა გულთან, უწოდებენ კუჭის ძირს ანუ კარდიალურ ნაწილს. შუა ნაწილს უწოდებენ კუჭის სხეულს, ხოლო წვრილ ნაწლავთან შეერთების ადგილს-პილორუსის განყოფილებას. კუჭის კუნთოვანი შრე ძალიან სქელია. სუფთა კუჭის წვენს გააჩნია ძალზე მაღალი მჟავიანობა (pH=1), საკვებთან შერეული კუჭის წვენის pH=3. კუჭის მაქსიმალური მოცულობაა 2,5 ლიტრი. ამ ორგანოში წარმოიქმნება ძლიერი პერისტალტიკური ტალღები, რის გამოც ხდება საკვების მექანიკური დამუშავება, მისი დანამცეცება და ე.წ. ფაფის წარმოქმნა.

როცა კუჭი ცარიელია, პერისტალტიკა მაინც გრძელდება, რაც იწვევს შიმშილის გრძნობას. როცა კუჭში ხვდება რაიმე უცხო სხეული ან მომწამლავი ნივთიერება, იწვება პირღებინება (ანტიპერისტალტიკა), რაც დამცველობით რეფლექსს წარმოადგენს. ამ რეფლექსის ცენტრი მდებარეობს შუა ტვინში. კუჭის შემდეგ მოდის თორმეტგოჯა ნაწლავი, რომელიც წვრილი ნაწლავის განყოფილებას წარმოადგენს. წვრილი ნაწლავი გადადის მსხვილ და სწორ ნაწლავებში. მსხვილი ნაწლავის ერთ-ერთი ნაწილია ბრმა ნაწლავი, რომელსაც გააჩნია ჭიისებური გამონახარდი-აპენდიქსი. ნახშირწყლები გადადის სისხლში მონოსაქარიდების (გლუკოზა, ფრუქტოზა) სახით, ზედმეტი შაქარი კი გროვდება ღვიძლში გლიკოგენის სახით. სისხლში ნახშირწყლების კონცენტრაცია დაცულია სხვადასხვა ჰორმონების მეშვეობით. მაგალითად, გლუკოზის კონცენტრაცია ნორმალურ მდგომარეობაში უნდა იყოს 0,12%. ნახშირწყლები შეიძლება წარმოიქმნას ცხიმებისაგან და, ნაწილობრივ, ცილებისაგან. მეორე მხრივ, ნახშირწყლები შეიძლება გარდაიქმნას ცხიმებად და დაგროვდეს მარაგის სახით.

ცილების, ცხიმებისა და ნახშირწყლების ცვლის ცენტრები მოთავსებულია შუამდებარე ტვინში და ძლიერადაა დაკავშირებული ჰიპოთალამუსის შიმშილისა და სიმაძღრის ცენტრებთან. ცილის ცვლაზე განსაკუთრებულ გავლენას ახდენს ჰიპოფიზის მიერ გამოყოფილი ზრდის ჰორმონი და ფარისებრი ჯირკვლის ჰორმონი თიროქსინი. ცხიმების ცვლის რეგულაციას ახორციელებს თიროქსინი და სასქესო ჰორმონები. გარდა ამისა, ორგანული და არაორგანული ნივთიერებების ცვლა რეგულირდება თირკმელზედა ჯირკვლის ქერქის მიერ გამოყოფილი ჰორმონებით-კორტიკოიდებით.

პანკრეასის წვენი ტუტე რეაქციისაა (pH=8,5). მასში შედის ცილების დამშლელი ტრიფსინი, ცხიმების დამშლელი ლიპაზა და რთული ნახშირწყლების მარტივ ნახშირწყლებად დამშლელი ამილაზა (ცხრილი 4). ტრიფსინის მოქმედებას ააქტიურებს ნაწლავის წვენის ფერმენტი ენტეროკინაზა. დღე-ღამეში გამოიყოფა 1-1,5 ლიტრი პანკრეასის წვენი. იმ შემთხვევაში, როდესაც პანკრეასის წვენის ფერმენტები ვერ ხვდება ნაწლავში და არ მოქმედებს საკვებზე, ადამიანს უვითარდება ე.წ. “შგლის მადა”, იღებს ძალიან ბევრ საკვებს და ამასთან ერთად იკლებს წონაში. პანკრეასის წვენის გამოყოფას არეგულირებს ცთომილი ნერვი, ხოლო მასზე ჰუმორულ გავლენას ახდენს ნაწლავის კედელში წარმოქმნილი ჰორმონი სეკრეტინი, რომელიც სისხლის მეშვეობით ხვდება პანკრეასში.

ღვიძლი ყველაზე დიდი ორგანოა ადამიანის ორგანიზმში. იგი გამოყოფს ნაღველს, რომელიც გროვდება ნაღვლის ბუშტში და ნაღვლის სადინარის მეშვეობით გადადის თორმეტგოჯა ნაწლავში. ნაღველი ფერმენტებს არ შეიცავს, მაგრამ მისი მჟავები ააქტიურებენ ლიპაზის მოქმედებას. ნაღველი აძლიერებს აგრეთვე ნაწლავის მოძრაობას და ცხიმში ხსნადი ვიტამინების შეწოვის ფუნქციებს. ნაღვლის წვენში შედის აგრეთვე წყალში ცუდად ხსნადი ქოლესტერინი, რომლის ნაღველს შეუძლია დაახშოს ნაღვლის ბუშტის გასასვლელი. ღვიძლი ასრულებს აგრეთვე ბარიერულ ფუნქციას, აკავებს და ანეიტრალებს მავნე ნივთიერებებს. წვრილ ნაწლავში ხდება მონელებული საკვების შეწოვა. მისი ღორწოვანი გარსი შედგება უამრავი ხაოსაგან. ყოველ ხაოში არის სისხლისა და ლიმფური კაპილარები. ამინომჟავები და გლუკოზა გადადის სისხლის კაპილარებში, იქედან ღვიძლში, ღვიძლიდან კი ნაწილდებიან მთელ ორგანიზმში. სამატომიანი სპირტის: გლიცერინისა და ცხიმოვანი მჟავებისაგან ხაოებში სინთეზირდება ცხიმები წვრილი წვეთების სახით, რომლებიც გადადიან ლიმფურ კაპილარებში, იქიდან კი სისხლში. მსხვილ ნაწლავში გადადის მოუნელებელი საკვების, განსაკუთრებით მცენარეული წარმოშობის ნარჩენები. უჯრედის ცელულოზას ვერ შლის ფერმენტები, სამაგიეროდ მას შლის ცელულოზის დამშლელი სპეციალური ბაქტერიები, რომლებიც მსხვილ ნაწლავში საკმაოდ რაოდენობითაა წარმოდგენილი. ბაქტერიების ერთი ჯგუფი კი ასინთეზირებს ვიტამინ K-ს, რომელიც დიდ როლს თამაშობს სისხლის შედედებაში. მსხვილ ნაწლავში შეი-

წოდება წყლის ძირითადი მასა, მთავრდება შეწოვის პროცესები და ფორმირდება ექსკრემენტის მასა. დეფეკაციის მაკონტროლებელი ცენტრი მოთავსებულია ზურგის ტვინში. საჭმლის მომნელებელი სისტემის რეგულაციაში აქტიურად მონაწილეობს შუამდებარე ტვინში ლოკალიზებული ჰიპოთალამუსის ნაწილი. აქ არის განლაგებული შიმშილისა და სიმაძღრის, წყურვილის, და ტემპერატურის რეგულაციის ცენტრები.

ნივთიერებათა ცვლას თან სდევს ენერჯის ცვლა. ასიმილაციის დროს ხდება ენერჯის შთანთქმა, ხოლო დისიმილაციის დროს მისი გამოყოფა. ენერჯია იხარჯება ცხოველმოქმედების პროცესის, აგრეთვე ფიზიკური მუშაობის დროს. მოზრდილი ადამიანი სრული შიმშილის დროს დღეღამეში გამოყოფს დაახლოებით 2000 კკალ სითბოს. მას უწოდებენ ძირითად ცვლას. რაც უფრო მძიმეა ფიზიკური შრომა, მით მეტია ენერჯის დანახარჯი (მძიმე ფიზიკური დატვირთვისას 5000 და მეტი კკალო-რია). ყველა ეს დანახარჯი კომპენსირდება საკვებით. 1 გრ ცხიმის დაშლით გამოიყოფა 9,3 კკალ სითბო, 1 გრ ცილისა და ნახშირწყლების დაშლით კი 4,1 კკალორია.

ცხრილი 5

საჭმლის მომნელებელი ფერმენტები

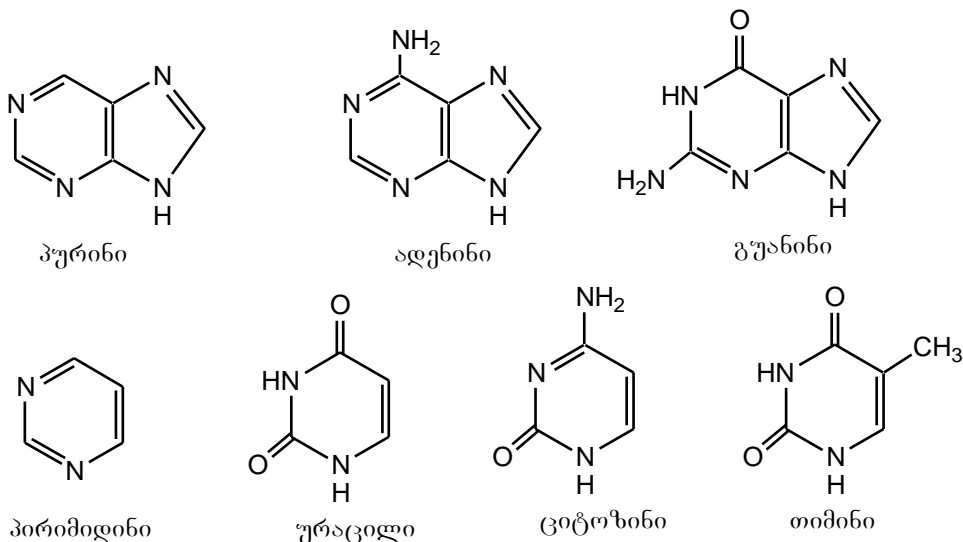
<i>ფერმენტები</i>	<i>წარმოქმნის ადგილი</i>	<i>რეაქციის პროდუქტი</i>	<i>რეაქცია</i>
ამილაზა (ფტიალინი)	სანერწყვე ჯირკვლები	გლუკოზა	ნეიტრალური
მალტაზა	სანერწყვე ჯირკვლები	გლუკოზა	ნეიტრალური
პეპსინი	კუჭი	პეპტიდები	მჟავე
ქიმოზინი (რენინი)	კუჭი	კოაგულირებული კაზეინი	მჟავე
ტრიფსინი	პანკრეასი	პეპტიდები	ტუტე
ქემოტრიფსინი	პანკრეასი	პეპტიდები	ტუტე
ლიპაზა	პანკრეასი	გლიცერინი და ცხიმოვანი მჟავები	ტუტე
ამილაზა	პანკრეასი	მალტოზა	ტუტე
რიბონუკლაზა	პანკრეასი	ნუკლეოტიდები	ტუტე
დეზოქსირიბონუკლე-აზა	პანკრეასი	ნუკლეოტიდები	ტუტე
კარბოქსიპეპტიდაზა	წვრილი ნაწლავის ჯირკვლები	თავისუფალი ამინმჟ.	ტუტე
ამინოპეპტიდაზა	წვრილი ნაწლავის ჯირკვლები	თავისუფალი ამინმჟ.	ტუტე
ენტეროკინაზა	წვრილი ნაწლავის ჯირკვლები	პეპტიდები	ტუტე
მალტაზა	წვრილი ნაწლავის ჯირკვლები	გლუკოზა	ტუტე
საქარაზა	წვრილი ნაწლავის ჯირკვლები	გლუკოზა,ფრუქტოზა	ტუტე
ლაქტაზა	წვრილი ნაწლავის ჯირკვლები	გლუკოზა, გალაქტოზა	ტუტე

ნუკლეინის მჟავები და ნუკლეოტიდები

პირიმიდინისა და პურინის წარმოებულები. ნუკლეინის მჟავები პირველად აღმოაჩინა 1862წ. შვეიცარიელმა მეცნიერმა ფრიდრიხ მიშერმა. მან ჩირქის უჯრედებისაგან (მკვდარი ლეიკოციტები) გამოყო ბირთვები, მათგან კი მიიღო ექსტრატი, რომელსაც ნუკლეინის მჟავა უწოდა – რაც ბირთვის მჟავას ნიშნავს. იგივე ნივთიერება მიიღო მან ორაგულის სპერმატოზოიდებიდან. 75 წლის შემდეგ ცნობილი გახდა ამ აღმოჩენის უდიდესი მნიშვნელობა: სწორედ ნუკლეინის მჟავები განსაზღვრავს ორგანიზმის მემკვიდრული ნიშან-თვისებების განვითარებას და თაობებში გადაცემას. მე-20 საუკუნის 40-იან წლებში დადგინდა, რომ ნუკლეინმჟავა, კერძოდ, დეზოქსირიბონუკლეინმჟავა არის გენეტიკური ინფორმაციის გადამცემი.

ნუკლეინის მჟავები გრძელი, დაუტოტავი პოლიმერული მოლეკულებია, რომელთა მონომერებს ნუკლეოტიდები წარმოადგენს. თითოეული ნუკლეოტიდი სამი კომპონენტის – აზოტოვანი ფუძის, ხუთნახშირბადიანი შაქრისა და ფოსფორმჟავას ნაშთისაგან შედგება. ცოცხალ ორგანიზმში გვხვდება ნუკლეინმჟავათა ორი ტიპი: რიბონუკლეინმჟავა (რნმ) და დეზოქსირიბონუკლეინმჟავა (დნმ). ნუკლეოტიდები ერთმანეთისაგან მათში შემავალი აზოტოვანი ფუძეებით განსხვავდება. დნმ და რნმ ოთხ-ოთხი ტიპის ნუკლეოტიდისაგან არიან აგებულნი. ადენინი (ა), გუანინი (გ), ციტოზინი (ც) შედიან როგორც დნმ-ის, ასევე რნმ-ის შემადგენლობაში. მეოთხე ნუკლეოტიდს დნმ-ის მოლეკულაში თიმინი (თ), ხოლო რნმ-ის მოლეკულაში ურაცილი (უ) წარმოადგენს. ამასთან, დნმ-ისა და რნმ-ის ნუკლეოტიდები ერთმანეთისაგან პენტოზით განსხვავდებიან. რნმ-ის ნუკლეოტიდები რიბოზას შეიცავენ, ხოლო დნმ-ის ნუკლეოტიდები დეზოქსირიბოზას. ამ განსხვავებიდან წარმოსდგება ნუკლეინის მჟავების სახელწოდებებიც: რნმ-რიბონუკლეინის მჟავა, დნმ-დეზოქსირიბონუკლეინის მჟავა.

ნუკლეინის მჟავები შეიცავს ორი სხვადასხვა ტიპის აზოტოვან ფუძეებს. ისინი პირიმიდინისა და პურინის წარმოებულებია. პურინების კლასს მიეკუთვნება ადენინი (ა) და გუანინი (გ). პირიმიდინებს კი ციტოზინი (ც), თიმინი (თ) ან ურაცილი (უ).



პურინების მოლეკულაში ორი რგოლია, პირიმიდინებისაში კი ერთი რგოლი. რგოლებში შემავალი აზოტი ანიჭებს მოლეკულას ძირითად თვისებებს. ფუძეების აღნიშვნა ხდება მათი დასახელების პირველი ასოებით (ა, გ, ც, უ, თ). ფოსფორმჟავას ნაშთების შემცველობის გამო ნუკლეინის მჟავები წარმოადგენს მჟავებს.

დეზოქსირიბონუკლეინისა და რიბონუკლეინის მჟავას
ქიმიური შედგენილობა

კომპონენტები	დეზოქსირიბონუკლეინის მჟავა	რიბონუკლეინის მჟავა
აზოტოვანი ფუძე	ადენინი, გუანინი, ციტოზინი, თიმინი	ადენინი, გუანინი, ციტოზინი, ურაცილი
ნახშირწყალი	დეზოქსირიბოზა	რიბოზა
მინერალური მჟავა	ფოსფორის მჟავა	ფოსფორის მჟავა

ნუკლეინის მჟავებში აზოტოვანი ფუძეები უკავშირდება β-D-რიბოზას (რნმ-ში) ან 2-დეზოქსი-β-D-რიბოზას (დნმ-ში) და წარმოქმნის რიბონუკლეოზიდებს და დეზოქსი-რიბონუკლეოზიდებს. ამრიგად, ნუკლეოზიდები აზოტოვან ფუძეთა β-N გლიკოზიდებია. ადენინისა და გუანინის შემცველი ნუკლეოზიდებია ადენოზინი (ან დეზოქსიადენოზინი) და გუანოზინი (ან დეზოქსიგუანოზინი). შესაბამისად, ურაცილი და ციტოზინი შედის ურიდინის (ან დეზოქსიურიდინის), ციტოზინის (ან დეზოქსი-ციტიდინის) შედგენილობაში. თიმინის დეზოქსირიბოზის წარმოებულის სახელწოდებაა თიმიდინი, რიბოწარმოებულისა კი – რიბოთიმიდინი. დეზოქსირიბოზის ნახშირის შემცველობისას მისი სახელი იწარმოება პრეფიქს “დეზოქსი” მიმატებით, მაგალითად, დეზოქსიადენოზინტრიფოსფატი და ა.შ. მე-7 ცხრილში მოცემულია ნუკლეოზიდებისა და ნუკლეოტიდების ბიოქიმიური სახელწოდებები.

ცხრილი 7

რიბონუკლეოზიდების და რიბონუკლეოტიდების ცალკეულ წარმომადგენელთა სახელწოდებები

აზოტოვანი ფუძე	ნუკლეოზიდები (აზოტოვანი ფუძე + პენტოზა)	ნუკლეოტიდები (აზოტოვანი ფუძე + რიბოზა + H ₃ PO ₄)
პურინის ფუძეები ადენინი	ადენოზინი	ადენოზინტრიფოსფატი (ატფ) ადენოზინდიფოსფატი (ადფ) ადენოზინმონოფოსფატი (ამფ) ანუ ადენილის მჟავა
გუანინი	გუანოზინი	გუანოზინტრიფოსფატი (გტფ) გუანოზინდიფოსფატი (გდფ) გუანოზინმონოფოსფატი (გმფ) ანუ გუანილის მჟავა
პირიმიდინის ფუძეები ციტოზინი	ციტიდინი	ციტიდინტრიფოსფატი (ცტფ) ციტიდინდიფოსფატი (ცდფ) ციტიდინმონოფოსფატი (ცმფ) ანუ ციტიდილის მჟავა
ურაცილი	ურიდინი	ურიდინტრიფოსფატი (უტფ) ურიდინდიფოსფატი (უდფ) ურიდინმონოფოსფატი (უმფ) ანუ ურიდილის მჟავა
თიმინი	თიმიდინი	თიმიდინტრიფოსფატი (თტფ) თიმიდინდიფოსფატი (თდფ) თიმიდინმონოფოსფატი (თმფ) ანუ თიმიდილის მჟავა

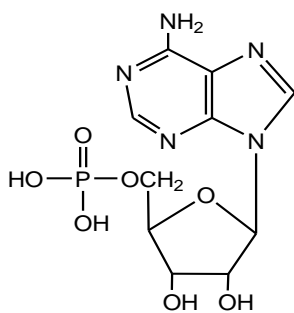
ნუკლეოტიდებისათვის იყენებენ ორი სახის ნომენკლატურას. ერთის მიხედვით, შესაბამისი აზოტოვანი ფუძის სახელწოდებას ემატება სიტყვა „მჟავა“. ამასთან მიუთითებენ ფოსფატური ჯგუფის მდებარეობასაც, მაგალითად, 3'-ადენინმჟავა, 5'-გუანინმჟავა და ა.შ. მეორის მიხედვით, ნუკლეოტიდებს განიხილავენ, როგორც ნუკლეოზიდების რთულ ეთერებს – ფოსფატებს: მაგალითად, ადენოზინ-3'-ფოსფატი, თიმიდინ-5'-ფოსფატი და ა.შ. ნუკლეინმჟავები ასრულებენ უმნიშვნელოვანეს ბიოლოგიურ ფუნქციებს. მათგან აღსანიშნავია მემკვიდრეობითი ინფორმაციის შენახვისა და გადაცემის უზრუნველყოფა და უშუალო მონაწილეობა. ამ ინფორმაციის რეალიზაციის მექანიზმში, ყველა უჯრედული ცილის სინთეზის პროგრამირების გზით, ისინი ასრულებენ კოფაქტორების ფუნქციებს, შედიან კოფერმენტების შემადგენლობაში, რითაც უშუალოდ მონაწილეობენ იღებენ ნივთიერებათა ცვლაში, ენერჯის გადატანასა და ტრანსფორმირებაში.

ოლიგო- და პოლინუკლეოტიდების სინთეზის მეთოდები. ნუკლეინის მჟავები ნუკლეოტიდებისაგანაა აშენებული, რომელთა შედგენილობაში შედის აზოტოვანი ფუძე, ნახშირწყალი-პენტოზა და ფოსფორის მჟავა.

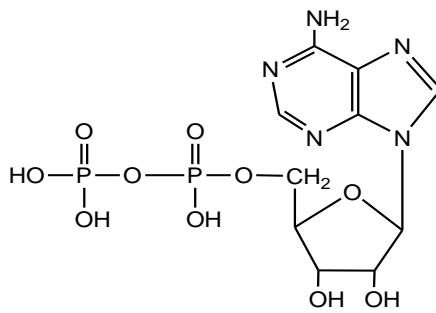
ნუკლეინმჟავათა მესამე კომპონენტი - ორთოფოსფორმჟავა რიბოზის ან დე-ზოქსირიბოზის სპირტულ ჯგუფებთან წარმოქმნის რთულეთერულ ბმებს. ნუკლეოზიდებისა და ფოსფორმჟავას ეთერებს ნუკლეოტიდებს უწოდებენ. ნუკლეოტიდები არა მხოლოდ ნუკლეინმჟავათა საშენი მასალაა, ისინი კოფერმენტებსაც წარმოადგენენ და მონაწილეობენ ნივთიერებათა ცვლაში. კოფერმენტების მნიშვნელოვან ჯგუფს შეადგენს ნუკლეოზიდპოლიფოსფატები, კოფერმენტი A, ნიკოტინამიდნუკლეოტიდები. ორგანიზმის ყველა ქსოვილში თავისუფალი სახით გვხვდება ნუკლეოზიდების მონო-, დი-, და ტრიფოსფატები. განსაკუთრებით ფართოდ არის გავრცელებული ადენინშემცვლელი ნუკლეოტიდები: ადენოზინ-5'-ფოსფატი (ამფ), ადენოზინ-5'-დიფოსფატი (ადფ) და ადენოზინ-5'-ტრიფოსფატი (ატფ). ამ ნუკლეოტიდებს უნარი აქვთ ფოსფატური ნაშთების რიცხვის გაზრდით ან შემცირებით გარდაიქმნან ერთმანეთში. ფოსფატური ნაშთები ერთმანეთთან დაკავშირებულია ბმით, რომელსაც ენერჯის დიდი მარაგის გამო მაკროერგულ ბმას უწოდებენ. მის წარმოსაქმნელად საჭიროა ენერგეტიკული დანახარჯები, რომელთა დაფარვა ხდება ნახშირწყლების დაჟანგვის პროცესში გამოყოფილი ენერჯის ნაწილით. ამრიგად, ადფ და ატფ მარაგის სახით შეიცავს ნახშირწყლების ფოტოსინთეზისათვის საჭირო მზის ენერჯის ნაწილს. ეს ენერჯია გამოიყოფა მაკროერგული ბმის გაწყვეტისას (32კჯ/მოლი), რის გამოც ცოცხალ ორგანიზმში მიმდინარე მრავალ ბიოქიმიურ პროცესში ატფ ასრულებს ენერჯის მომწოდებლის როლს.

ნუკლეოტიდტრიფოსფატებიდან ფოსფორის მჟავას ჩამოცილებით მიიღება დი- და მონოფოსფონუკლეოტიდები, ხოლო ფოსფორის მჟავას სრული ჩამოცილებით – ნუკლეოზიდები.

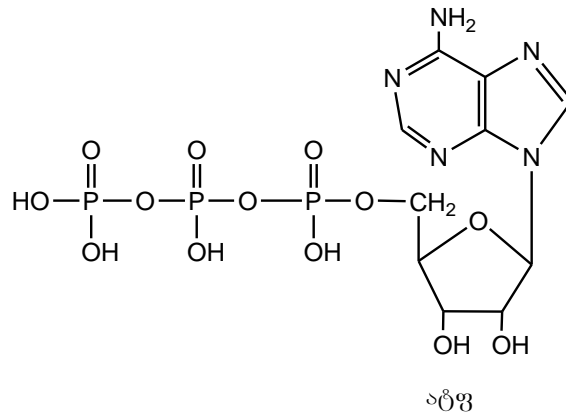
ატფ პირველად გამოყო კუნთიდან 1829 წელს კ. ლომანმა. მისი ქიმიური სინთეზი განახორციელა ა. ტოდმა 1948 წელს ამფ-ისა და ადფ-ის ფოსფორილირებით დიბენზილქლოროფოსფატის საშუალებით.



ამფ

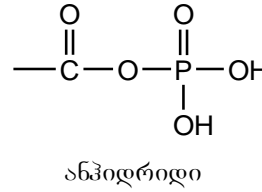
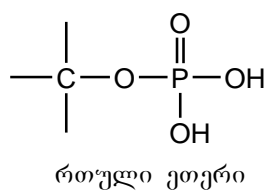


ადფ

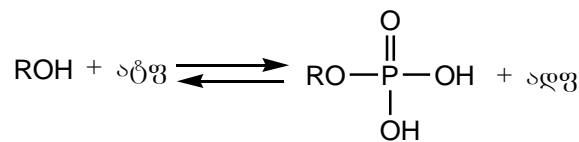


ატფ-ისა და ადფ-ის მონაწილეობით ცოცხალ ორგანიზმში ხორციელდება მნიშვნელოვანი მეტაბოლიტური პროცესი – გლიკოლიზი, რომლის დროსაც ხდება ფოსფორილირება-ფოსფატური ჯგუფების გადატანა. ფოსფორილირების მრავალრიცხოვანი რეაქციები იყოფა ორ ჯგუფად:

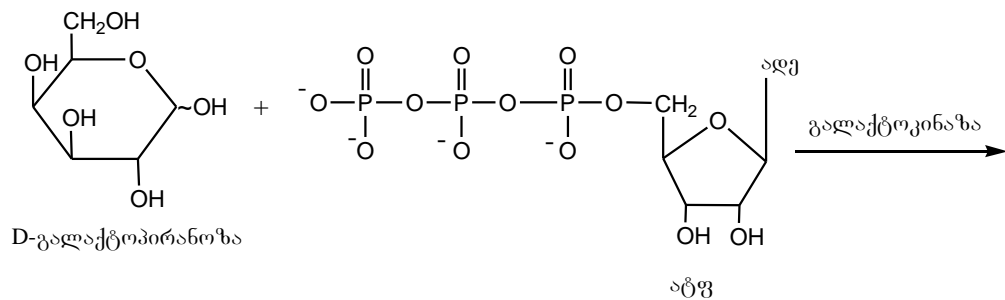
1. რეაქციები, რომლის დროსაც წარმოიქმნება რთულეთერი ბმა.
2. რეაქციები, რომლის დროსაც წარმოიქმნება ანჰიდრიდი ბმა.

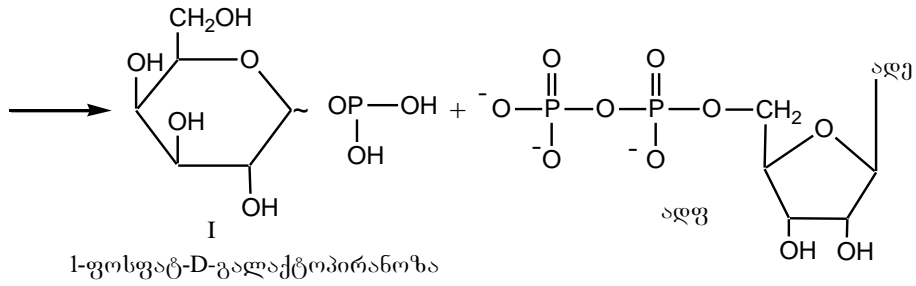


1. რთული ეთერების (ფოსფატების) წარმოქმნა ტიპური რეაქციაა ნახშირწყლების მეტაბოლიზმში. მაგალითად, გლიკოლიზის ყველა საფეხური (გლუკოზის გარდაქმნა პირუვატად) ხორციელდება მხოლოდ ფოსფატური ჯგუფის საშუალებით. ჰიდროქსილშემცველი ნაერთების ფოსფატების მიღების საერთო სქემა ასეთია:

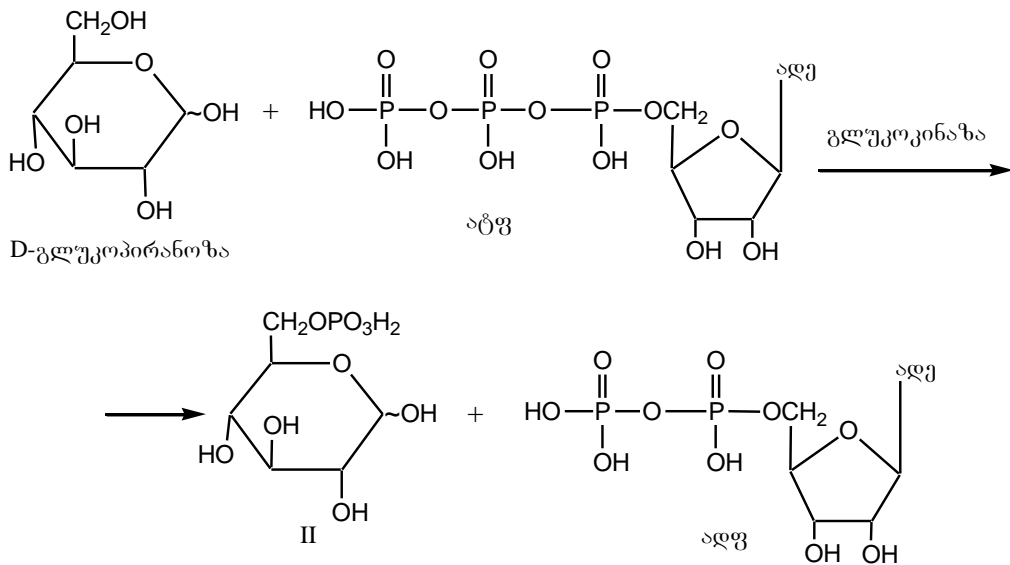


მაგალითად, გლუკოზის მეტაბოლიტური გარდაქმნის საწყის საფეხურზე გალაქტოზა მოქმედებს ატფ-თან (ფერმენტ გალაქტოკინაზას მონაწილეობით) და წარმოქმნის მონოფოსფატს (I).

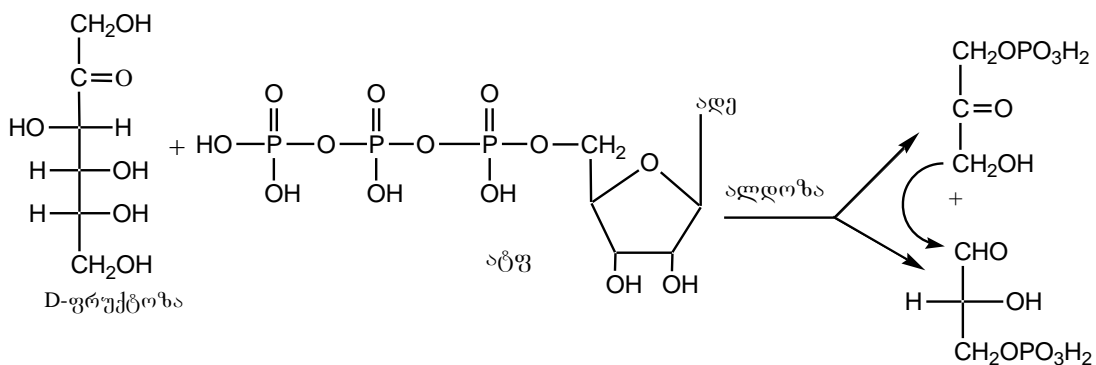




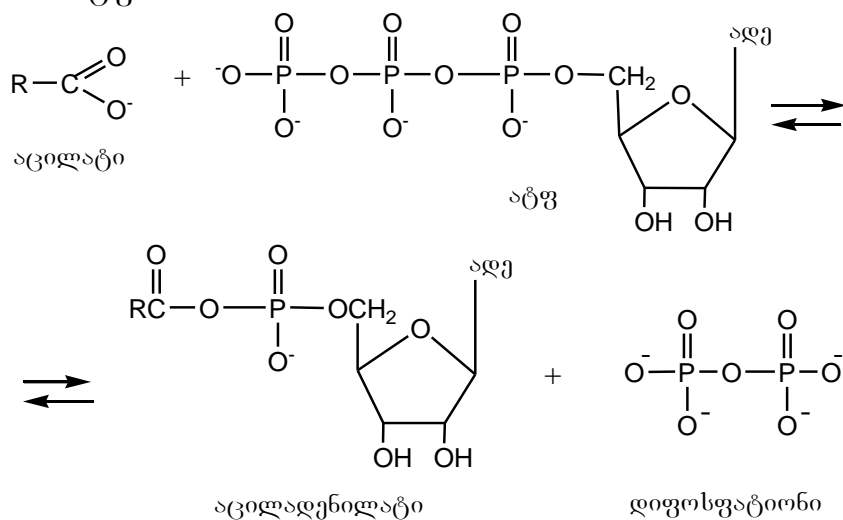
ანალოგიურად მიმდინარეობს 6-ფოსფატ-D-გლუკოზის (II); 1,6-დიფოსფატ-D-ფრუქტოზის (III) და გლიცერინის 1- და 3- ფოსფატების (IV) ბიოსინთეზი ატფ-ის მონაწილეობით. 6-ფოსფატ-D-გლუკოზის მიღება ხორციელდება ფერმენტ გლუკოკინაზას მონაწილეობით:



1,6-დიფოსფატ-D-ფრუქტოზის (III) წარმოქმნა მცენარეებში ხორციელდება დიჰიდროქსიაცეტონისა და 3-ფოსფატ-გლიცერინის ალდეჰიდის ალდონური კონდენსაციით ფერმენტ ალდოლაზას მონაწილეობით:



რიდების ხარჯზე. მაგალითად, ცხიმოვანი მუკეები β -დაჟანგვის დროს წარმოქმნიან თიოეთერებს. შუალედურ საფეხურზე ხდება აცილადენილატის წარმოქმნა ცხიმოვანი მუკეას მოქმედებით ატფ-თან:



კოფერმენტები

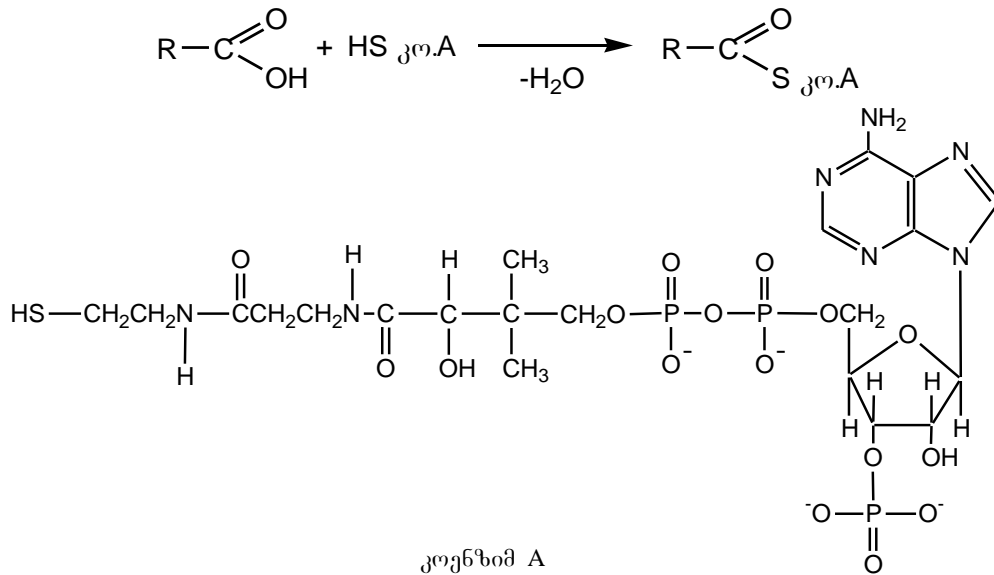
კოფერმენტები წარმოადგეს რთული ფერმენტების შემადგენელ კომპონენტებს. როგორც ცნობილია, მარტივი ფერმენტები შედგება მხოლოდ ამინმჟავებისაგან, რთულ ფერმენტებში კი, გარდა ცილოვანი კომპონენტისა (აპოფერმენტი), წარმოდგენილია არაცილოვანი კომპონენტი კოფერმენტის ან პროსთეტიული ჯგუფის სახით. კოფერმენტები, ისევე როგორც ფერმენტები, აქტიურად მონაწილეობენ ქიმიურ რეაქციებში. რეაქციის დამთავრების შემდეგ, ფერმენტების მსგავსად უბრუნდებიან საწყის მდგომარეობას. კოფერმენტებით ხორციელდება წყალბადის ატომების, ელექტრონებისა და ქიმიური ჯგუფების ერთი ნაერთიდან მეორეზე გადატანა. კოფერმენტები აქტიურად მონაწილეობენ ნივთიერებათა დაშლისა და სინთეზის, იზომერიზაციისა და სხვა პროცესებში. კოფერმენტების ერთ-ერთი წარმომადგენელია ფართოდ გავრცელებული აცილირების კოფერმენტი კოენზიმი A (კო A). იგი მონაწილეობს კეტომჟავების დეკარბოქსილირებაში, ცხიმოვანი მჟავების დაჟანგვისა და სინთეზის რეაქციებში, ტრიკარბონმჟავების ციკლში და სხვ. პროსთეტიული ჯგუფის ერთ-ერთი წარმომადგენელია ფოსფორილირებული ვიტამინი B₆-პირიდოქსალფოსფატი, რომელიც კოვალენტურად უკავშირდება ამინტრანსფერაზებს და ვიტამინი ბიოტინი, რომელიც ფერმენტ პირუვატდეკარბოქსილაზას აქტიურ ცენტრთან დაკავშირებულია ლიზინის ამინის ჯგუფით.

კოფერმენტების დიდი ნაწილი არ სინთეზირდება ადამიანის ორგანიზმში და საჭიროა მათი მიღება მცენარეული ან ცხოველური საკვებიდან. ამ მხრივ განსაკუთრებულ ინტერესს იწვევს ვიტამინები. კოფერმენტების მრავალი წარმომადგენელი მოდიფიცირებული ვიტამინებია. მაგალითად, დეჰიდროგენაზების კოფერმენტები, ნიკოტინამიდადენინდინუკლეოტიდი (ნად⁺) და ნიკოტინამიდადენინდინუკლეოტიდ-ფოსფატი (ნადფ⁺) შეიცავს ვიტამინს ნიკოტინმჟავას ამიდის სახით, ფლავინადენინდინუკლეოტიდი (ფად) – ვიტამინ რიბოფლავინს.

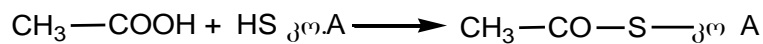
კოფერმენტების როლში გვევლინება აგრეთვე თიამინპროფოსფატი, რომელიც მიიღება B₁ ვიტამინის ფოსფორილირების შედეგად. კოფერმენტების მნიშვნელოვან ჯგუფს შეადგენს ნუკლეოზიდპოლიფოსფატები. ესენია: ადენოზინტრიფოსფორმჟავა (ატფ), ადენოზინდიფოსფორმჟავა (ადფ) და ადენოზინმონოფოსფორმჟავა (ამფ). ატფ შედის ყველა ცოცხალ უჯრედში, მას ენერჯის უნივერსალურ წყაროს უწოდებენ. კუნთების შეკუმშვა, ცილებისა და ნუკლეინის მჟავების ბიოსინთეზი, ცხიმების წარმოქმნა და სხვა პროცესები, რომელთა დროს ხდება თავისუფალი ენერჯის გამოყოფა, დაკავშირებულია ატფ-ის ჰიდროლიზთან, ამ დროს ჯერ ხდება ატფ-დან H₃PO₄-ის, შემდეგ – პიროფოსფორმჟავას (H₄P₂O₇)-ის მოხლეჩა. ატფ-ისა და ადფ-ის მონაწილეობით ხორციელდება ცოცხალ ორგანიზმში მნიშვნელოვანი მეტაბოლიტური პროცესი – გლიკოლიზი, რომლის დროსაც ხდება ფოსფორილირება – ფოსფატური ჯგუფების გადატანა. ამ კოფერმენტებს ფოსფატური ნაშთების რიცხვის გაზრდით ან შემცირებით შეუძლიათ გარდაიქმნან ერთმანეთში.

კოფერმენტი-კოენზიმი A - შედგება პიროფოსფატური ჯგუფით ერთმანეთთან დაკავშირებული ადენილმჟავასა და პანთოტენმჟავას ნაშთებისაგან, რომელიც მიერთებულია 2 ამინეთანთიოლთან. კოენზიმი A შეიცავს სულფჰიდრილის ჯგუფს, რომლის საშუალებითაც ხდება ცხიმოვანი მჟავას კარბოქსილის ჯგუფის დაკავშირება. კოფერმენტი A დიდ როლს ასრულებს ტრიკარბონმჟავების ციკლში. ეს ციკლი იწყება აცეტილკოფერმენტ A-ს (CH₃COS კოA) ძმარმჟავასა და კოფერმენტ A-ს თიოეთერის ბიოსინთეზით, რომლის დროსაც ხდება აცეტილური ჯგუფების გადატანა

პიროყურძენმჟავადან კოფერმენტ A-ზე ფერმენტ პირუვატდეჰიდროგენაზას მონაწილეობით, შემდეგ კი ლიმონმჟავას წარმოქმნა აცეტილური ჯგუფის გადატანით აცეტილკოფერმენტ A-დან აცეტილმჟაუნმჟავაზე, რომელიც ხორციელდება ფერმენტ ციტრატსინთეზას მონაწილეობით. კო A მონაწილეობს ცხიმოვანი მჟავების, სტეროიდების, კაროტინოიდების, იზოპრენოიდების, ნეიტრალური ლიპიდების ბიოსინთეზში. ყველა შემთხვევაში კო A მოქმედებს როგორც შუალედური აქცეპტორი და სხვადასხვა მჟავური ნაშთების გადამტანი. კოენზიმ A ააქტიურებს კარბონმჟავებს, გარდაქმნის მათ თიოლებს რეაქციისუნარიან რთულ ეთერებად.

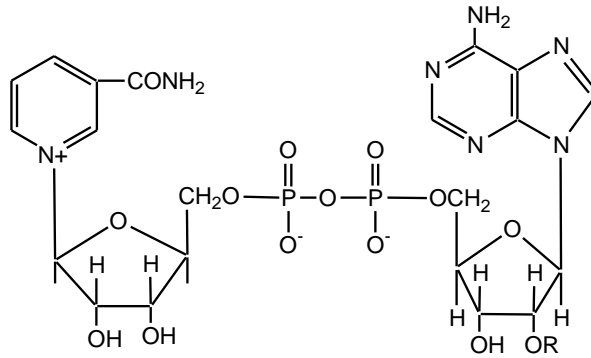


აცეტილკოფერმენტი A - მმარმჟავას და კოფერმენტ A-ს თიოეთერია



დიაბეტის, შიმშილობის ან ჭარბი ლიპიდური დიეტის დროს აცეტილკოფერმენტი A დიდი რაოდენობით სინთეზირდება და ღვიძლში მიმდინარე გარდაქმნების შედეგად წარმოქმნის აცეტონს. ამ დროს სისხლში მკვეთრად იზრდება ე.წ. “კეტონური სხეულები” რაოდენობა და ადამიანი ავადდება აციდოზით (ადრეულ სტადიაზე) ან კეტოზით (გვიანდელ სტადიაზე). უკანასკნელ შემთხვევაში სუნთქვის დროს იგრძნობა აცეტონის სუნი.

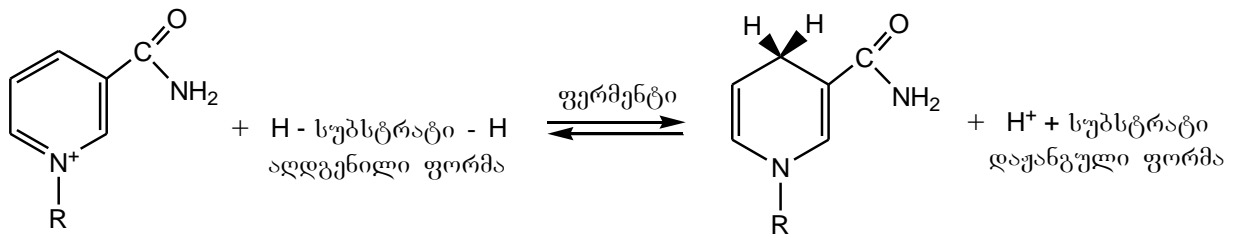
ნიკოტინამიდნუკლეოტიდები წარმოადგენს კოფერმენტების მეორე მნიშვნელოვან ჯგუფს. ამ ჯგუფში შედის ნიკოტინამიდადენინდინუკლეოტიდი (ნად) და მისი ფოსფატი (ნადფ). მათ შემადგენლობაში ნიკოტინამიდური ფრაგმენტის სახით შედის პირიდინიუმის კათიონი. ნად და ნადფ მინაწილეობენ ჟანგვა-აღდგენით პროცესებში და შეიძლება არსებობდნენ დაჟანგული (ნად⁺, ნადფ⁺) ან აღდგენილი (ნად H, ნადფ H) ფორმების სახით.



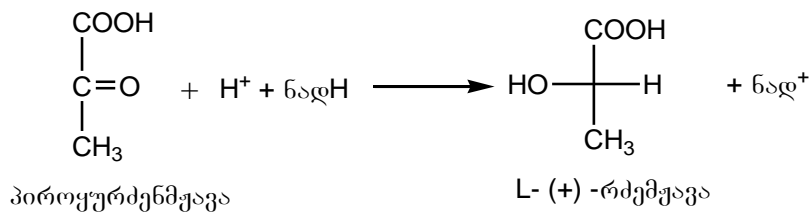
R=H ნიკოტინამიდადენინდინუკლეოტიდი (ნად⁺)

R=PO₃H₂ ნიკოტინამიდადენინდინუკლეოტიდფოსფატი (ნადფ⁺)

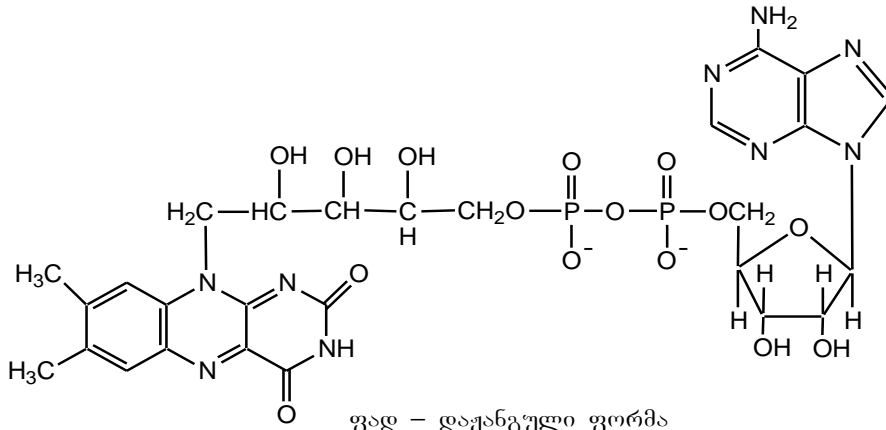
ამ კოფერმენტების ბიოლოგიური ფუნქცია მდგომარეობს ელექტრონების და წყალბადის გადატანაში დაქანებული სუბსტრატიდან ჟანგბადზე. ბიოლოგიური დეჰიდრირების დროს, რომელიც ჟანგვის განსაკუთრებულ შემთხვევას წარმოადგენს, სუბსტრატი კარგავს წყალბადის ორ ატომს, ე.ი. ორ პროტონსა და ორ ელექტრონს, ან პროტონსა და ჰიდრიდ-იონს. ნად⁺, ჩვეულებრივ, განიხილება როგორც ჰიდრიდ-იონის აქცეპტორი, თუმცა საბოლოოდ ჯერ კიდევ არ არის დადგენილი, წყალბადის ატომის გადატანა ამ კოფერმენტზე ელექტრონის გადატანასთან ერთად ხდება, თუ ცალკე აღდგენის შედეგად ნად⁺-ის პირიდინიუმის ბირთვი გადადის 1,4-დიჰიდროპირიდინულ ფრაგმენტში:



ნად-ის პირიდინიუმის ბირთვი სპირტის დაქანვის შედეგად კარგავს არომატულობას და უფრო ლაბილური ხდება. შესაბამისად, ნად H-ის ენერგია უფრო მეტი იქნება, ვიდრე ნად⁺-ისა. ენერგიის ზრდა წარმოებს სპირტის აღდგენით დაქანვის შედეგად გამოყოფილი ენერგიის ხარჯზე. ამრიგად, ნად H იმარაგებს ენერგიას და იყენებს მას სხვა ბიოქიმიური პროცესების დროს, რომლებიც საჭიროებს ენერგეტიკულ დანახარჯებს. მაგალითად, ნად H-ის მონაწილეობით ხდება პიროყურძენმუავას გარდაქმნა რქემუავად:



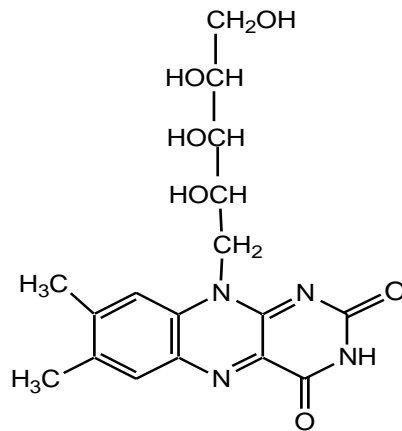
ფლავინური კოფერმენტები. მრავალ ჟანგვა-აღდგენით პროცესში (მაგალითად, ამინმუავების ჟანგვითი დეჰამინირება, ქარვამუავას ფუმარმუავად გარდაქმნა და ა.შ.) მონაწილეობს ფლავინადენინდინუკლეოტიდი (ფად) – ფლავინური კოფერმენტების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი წარმომადგენელი.



ფად - დაჟანგული ფორმა

იგი წარმოადგენს რიბოფლავინის მეტაბოლიტურად აქტიურ ფორმას. რიბოფლავინი ჰეტეროციკლური ნაერთის – იზოალოქსაზინის წარმოებულა. იზოალოქსაზინი ყვითელი ფერისაა, რის გამოც მას ფლავინსაც უწოდებენ (ლათ. Flavy-ყვითელი). მისი მეორე სახელწოდებაა ვიტამინი B₂. ადრე ამ ვიტამინს ლაქტოფლავინს უწოდებდნენ, რადგან იგი პირველად რძიდან იქნა გამოყოფილი. რიბოფლავინი წყალბადით ძალზე ადვილად აღდგება და მისი ყვითელი შეფერილობა ქრება. ამიტომ ვიტამინ B₂-ის დაჟანგული ფორმა ყვითელი ფერისაა, ხოლო აღდგენილი კი უფერო.

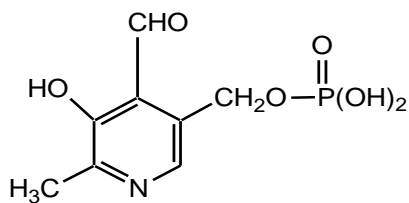
რიბოფლავინი შედის ფლავინური კოფერმენტების ფლავინმონონუკლეოტიდისა (ფმნ) და ფლავინადენინდინუკლეოტიდის (ფად) შედგენილობაში. ფლავინური ბირთვების გარდაქმნის ხარჯზე აღნიშნული კოფერმენტები წარმართავს უანგვა-აღდგენით რეაქციებს ორგანიზმში.



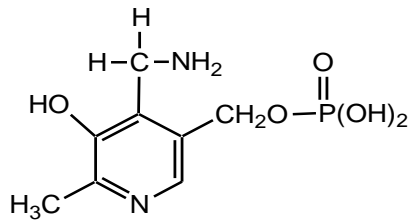
რიბოფლავინი (ვიტამინი B₂)

ფლავინური კოფერმენტები ახორციელებენ გლუკოზის დაჟანგვას, კობალამიდური ფერმენტების სინთეზს ატფ-ისა და ვიტამინ B₁₂-დან და ცხიმების დაჟანგვას.

პირიდოქსალ-5'-ფოსფატი ვიტამინ B₆-ის კოფერმენტული ფორმაა. იგი შედის მრავალი ფერმენტის შედგენილობაში, რომლებიც აკატალიზებს α-ამინომჟავების გარდაქმნებს, დეკარბოქსილირებას, გადაამინირებას. ფერმენტ ასპარტატამინტრანსფერაზას დახმარებით ხდება კოფერმენტ პირიდოქსალ-5'-ფოსფატიდან ამინჯგუფის გადატანა (ტრანსამინირება) L-ასპარაგინის მჟავადან 2-ჰიდროქსოგლუტარის მჟავაზე, რომლის დროსაც წარმოიქმნება მჟაუნძმარმჟავა და L-გლუტამინის მჟავა. ტრანსამინირების რეაქციის დროს შუალედურ ეტაპზე წარმოიქმნება პირიდოქსამინ-5'-ფოსფატი.

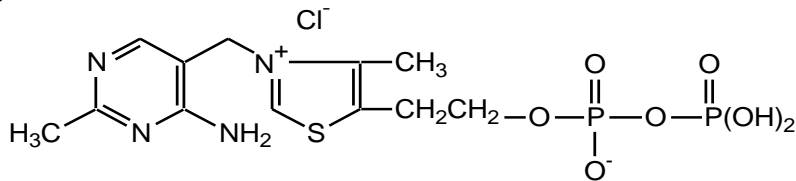


პირიდოქსალ-5'-ფოსფატი



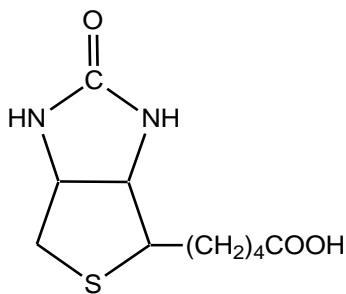
პირიდოქსამინ-5'-ფოსფატი

თიამინდიფოსფატი (თიამინპიროფოსფატი, კოკარბოქსილაზა) წარმოადგენს თიამინის ვიტამინის კოფერმენტულ ფორმას. მისი საშუალებით ხორციელდება α -კეტომჟავების გარდაქმნა, კეტოზების დეკარბოქსილირება, პიროყურძენმჟავას უანგვითი დეკარბოქსილირება.



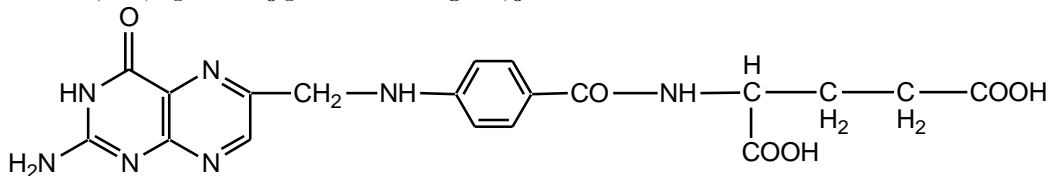
კოკარბოქსილაზა

ბიოტინი კოფერმენტია, რომელიც აკატალიზებს CO_2 -ის ჯგუფის გადატანას კარბოქსილირების შებრუნებულ რეაქციებში. ბიოტინის მოლეკულა დაკავშირებულია აპოფერმენტთან პეპტიდური ბმით. ფერმენტი, რომლის დახმარებით ბიოტინი ასრულებს ფუნქციებს, არის პირუვატკარბოქსილაზა. იგი აკატალიზებს პიროყურძენმჟავისაგან მჟაუნძმარმჟავას წარმოქმნის რეაქციას.



ბიოტინი

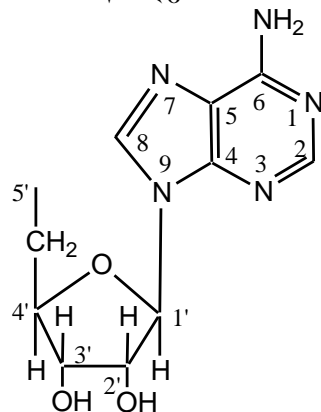
ტეტრაჰიდროფოლის მჟავა წარმოადგენს იმ ფერმენტების კოფერმენტს, რომელთა საშუალებით ხდება ერთნახშირბადიანი ჯგუფის (CH_3 , CH_2 , CH , CHO) გადატანა პურინების, პირიმიდინის, ზოგიერთი ამინმჟავების ბიოსინთეზში. მისი საშუალებით მიმდინარეობს თიმიდინის ჰეტეროციკლის ბიოსინთეზი, რომელიც წარმოადგენს დნმ-ის მოლეკულის სტრუქტურულ ფრაგმენტს, რაც ხორციელდება ფერმენტ თიმიდილატსინთეზაზას საშუალებით.



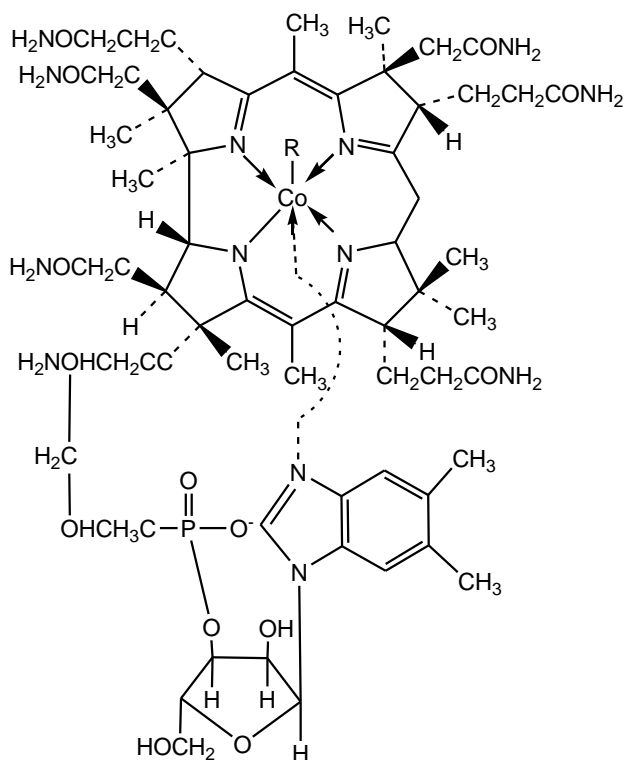
ტეტრაჰიდროფოლის მჟავა (ვიტამინი Bc, Bg)

კობალამიდური კოფერმენტების ჯგუფში შედის: კოფერმენტი მეთილკობალამინი და 5'-დეზოქსიადენოზილკობალამინი. მეთილკობალამინი მონაწილეობს იმ ფერმენტებთან, რომლებიც აწარმოებენ CH_3 ჯგუფის გადატანას (მაგალითად, მეთიონინის სინთეზის

დროს ჰომოცისტეინიდან). 5'-დეზოქსიადენოზილკობალამინის ბიოლოგიური ფუნქცია მდგომარეობს დიოლების ალდეჰიდებად გარდაქმნის კატალიზურ ფუნქციაში, რომელსაც ახორციელებს ფერმენტი პროპანდიოლდეჰიდრაზა. იგი ასევე აკატალიზებს რიბონუკლეოტიდების გარდაქმნას დეზოქსირიბონუკლეოტიდებად ფერმენტ რიბონუკლეოტიდრედუქტაზას მონაწილეობით.



5'-დეზოქსიადენოზილკობალამინი



R=CH₃ მეთილკობალამინი
R=CN ციანკობალამინი

ნუკლეოტიდების ბიოლოგიური როლი

ატფ – მნიშვნელოვან მეტაბოლიტურ როლს ასრულებს უჯრედულ აქტივობაში. იგი მოქმედებს როგორც შემაკავშირებელი რგოლი სუნთქვასა და იმ პროცესებს შორის, რომლებიც საჭიროებენ ენერჯის ხარჯვას. ორგანული მოლეკულები (უმეტესად, ნახშირწყლები და ცხიმები) თანამიმდევრულად იხლიხებიან მთელი რიგი ფერმენტული რეაქციების შედეგად. ყოველი ამ რეაქციის დროს გამოთავისუფლდება ენერჯის მცირე რაოდენობა. ხოლო ამ ენერჯის მნიშვნელოვანი ნაწილი ინახება ატფ-ის მოლეკულების სახით. ატფ-ის მოლეკულებისაგან ორი ფოსფატური ჯგუფის ჰიდროლიზური მოხლეჩისას თავისუფალი ენერჯის გამოყოფა თითოეულ ჯგუფზე შეადგენს დაახლოებით 30,6 კ/ჯოულს; ატფ მოლეკულის შესანარჩუნებლად საჭიროა დიდი რაოდენობის ქიმიური ენერჯია. ასეთი სახის ენერჯია ახასიათებს მხოლოდ ატფ-ის მთლიან მოლეკულას.

ატფ შეიცავს სუნთქვის დროს გამოყოფილ ენერჯიას. ატფ-ის სინთეზისათვის ადფ-ისა და ფოსფატისაგან საჭიროა 1 მოლზე 30,6 კ/ჯოული ენერჯია. ამიტომ, ატფ შეიძლება წარმოიქმნას მხოლოდ ისეთი რეაქციების დროს, როდესაც ენერჯის გამოსავალი მოლზე 30,6 კ/ჯოულზე მეტია. ენერჯია, რომელიც მოლზე 30,6 კ/ჯოულზე მეტია ან ნაკლები, არ შეიძლება აკუმულირდეს ატფ-ში და იგი სითბოს სახით იფანტება. ატფ უჯრედისათვის ენერჯის უნივერსალური წყაროა. იგი მობილურია და შეუძლია ქიმიური ენერჯის მიტანა უჯრედის ნებისმიერ უბანში. უჯრედისათვის აუცილებელ ენერჯის წყაროს წარმოადგენს ატფ-ის ჰიდროლიზი.

ადენოზინდიფოსფორმუაგას რეფოსფორილირება ატფ-ში შეიძლება სუნთქვითი აქტივობის შედეგად ან სხვა მაღალენერგეტიკული ნაერთის, მაგალითად, კუნთის უჯრედში არსებული კრეატინფოსფატის ხარჯზე. თუ კუნთის უჯრედის მთელი ადფ გარდაიქმნება ატფ-ად, ატფ-იდან ფოსფატი გადაიტანება კრეატინზე, რასაც მოჰყვება კრეატინფოსფატის სინთეზი და ისევ წარმოიქმნება ადფ მცირე რაოდენობით, რომლისგანაც ფოსფატის შეერთებით სინთეზირდება ატფ. ატფ-ის დონის დაქვეითებისას ადგილი აქვს საწინააღმდეგო პროცესს: კრეატინფოსფატიდან ფოსფატი გადადის ადფ-ზე და ამით ატფ-ის მარაგი აღდგება.

ცხრილი 8

ადენოზინ-5'-ფოსფორმუაგათა მაჩვენებლები

	მოლეკულური მასა	ღვ. $T^{\circ}C$	$[\alpha]_D$
ამფ	347,23	196-200 ⁰	-41,78 ⁰
ადფ	427,22	215 ⁰	-25,7 ⁰
ატფ	507,21	143-145 ⁰	-26,7 ⁰

მეტაბოლიზმის ზოგიერთ პროცესში მონაწილეობს ასევე ადენოზინ -2',5'- და ადენოზინ -3',5'- დიფოსფორის მუაგები. ადენოზინფოსფორმუაგებს მიეკუთვნება აგრეთვე ციკლური ადენოზინმონოფოსფატი და დიადენოზინტეტრაფოსფორის მუაგა, რომელიც ნივთიერებათა ცვლაში რეგულატორის როლს ასრულებს. წყალხსნარებში ადფ და ატფ არამდგრადია. 0 °C-ზე ატფ სტაბილურია წყალში რამდენიმე საათის განმავლობაში. აღუდებისას 10 წთ-ის შემდეგ მუაგა არეში ატფ და ადფ მთლიანად იხლიხება ამფ-ად და ფოსფორმუაგად. განზავებულ ტუტე ხსნარში ატფ განიცდის ჰიდროლიზს და მიიღება ამფ და პიროფოსფორმუაგა $H_4P_2O_7$. ხანგრძლივი დუდილის განმავლობაში ამფ ტუტე და მუაგა გარემოში წარმოქმნის რიბოზას, ადენინსა და ფოსფორმუაგას.

დნმ-ის სტრუქტურა

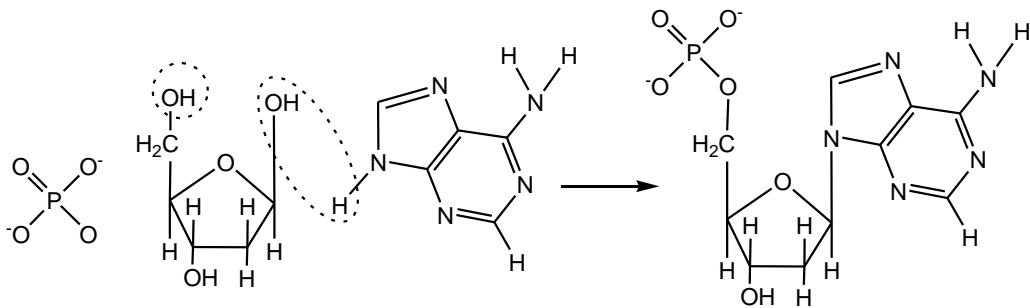
დნმ არის გენეტიკური ინფორმაციის მატარებელი და მოთავსებულია ბირთვის ქრომოსომებში, მიტოქონდრიებში, პლასტიდებში, პროკარიოტებსა და ვირუსებში.

დნმ-ს მოლეკულა შედგება დაახლოებით $2000 \cdot 10^8$ და მეტი ნუკლეოტიდისაგან. თითოეულ მოლეკულაში ორი პოლინუკლეოტიდური ჯაჭვი გაერთიანებულია ერთ ორმაგ ჯაჭვში. ფუძეები განლაგებულია წყვილად ერთმანეთის პირისპირ და შეერთებულია წყალბადური ბმებით. წყვილების წარმოქმნა შეუძლიათ მხოლოდ კომპლემენტარულ ფუძეებს: ადენინს და თიმინს (2 წყალბადური ბმა), გუანინს და ციტოზინს (სამი წყალბადური ბმა). აქედან გამომდინარეობს ის, რომ ფუძეთა განლაგების თანმიმდევრობა ერთ ჯაჭვში განსაზღვრავს მათ თანმიმდევრობას მეორე ჯაჭვში. სწორედ ამას ემყარება დნმ-ის უმნიშვნელოვანესი თვისება – გაორმაგება.

დნმ-ის მოლეკულა შეიცავს ინფორმაციულ და არაინფორმაციულ უბნებს. ნუკლეოტიდების თანმიმდევრობა ინფორმაციულ უბნებში წარმოადგენს დნმ-ის პირველად სტრუქტურას. იგი თითოეული ბუნებრივი დნმ-სთვის ინდივიდუალური და სპეციფიკურია და წარმოადგენს ბიოლოგიური ინფორმაციის ჩაწერის კოდურ ფორმას.

დნმ-ის პირველადი სტრუქტურა. ნუკლეინმუჟაგათა პირველადი სტრუქტურა – ეს არის პოლინუკლეოტიდების უწყვეტ ჯაჭვში კოვალენტური ბმებით დაკავშირებულ ნუკლეოტიდურ რგოლთა თანმიმდევრობა. ნუკლეოტიდი წარმოდგენილია სამი ქიმიურად განსხვავებული ნაწილისაგან:

1. პირიმიდინისა და პურიინის აზოტოვანი ფუძეები;
2. პენტოზის (დეზოქსირიბოზა) ნაშთი;
3. ფოსფორმუჟავას ნაშთი.



ფოსფატი + დეზოქსირიბოზა + ადენინი
დეზოქსირიბონუკლეოტიდის წარმოქმნა ფოსფატის,
დეზოქსირიბოზის და აზოტოვანი ფუძის (ადენინი) შეერთებით

დეზოქსირიბოზის კომბინაციას აზოტოვან ფუძესთან ნუკლეოტიდის ფარგლებში ეწოდება ნუკლეოზიდი. ჩარგაფის გამოკვლევის მიხედვით, დნმ-ის აზოტოვან ფუძეთა ძირითადი მახასიათებლებია:

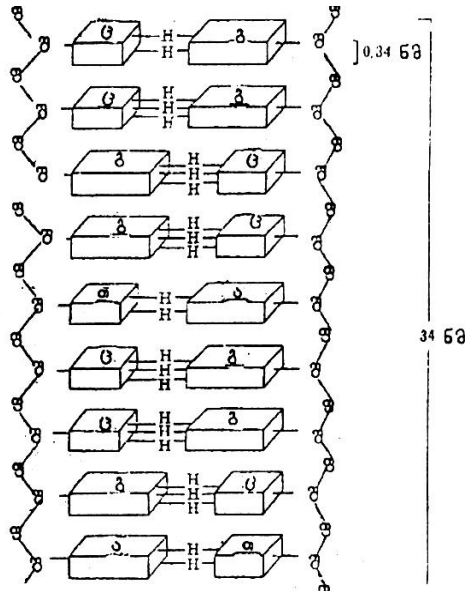
- 1) პურიინის ფუძეთა ჯამი (ა+გ) პირიმიდინის (ც+თ) ფუძეთა ჯამის ტოლია;
- 2) ფუძეების (ა+ც) ამინჯგუფების რაოდენობა ფუძეების (გ+თ) კეტოჯგუფების რაოდენობის ტოლია;
- 3) ადენინი და თიმინი, როგორც გუანინი და ციტოზინი, წარმოდგენილია ექვიმოლური რაოდენობით.

ამ მონაცემებს პირველხარისხოვანი მნიშვნელობა აქვს დნმ-ის ორმაგი სპირალის ფორმირებისას.

დნმ-ის მეორადი სტრუქტურა. დნმ-ის მეორადი სტრუქტურა განისაზღვრება მის მოლეკულაში პოლინუკლეოტიდური ჯაჭვის სივრცითი ორგანიზაციით. უოტსონისა და კრიკის მოდელის მიხედვით (1953 წელს) დნმ-ის მოლეკულა შედგება ორი პოლინუკლეოტიდური ჯაჭვისაგან, რომლებიც დახვეულია საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით საერთო ღერძის ირგვლივ, ორმაგი სპირალის სახით.

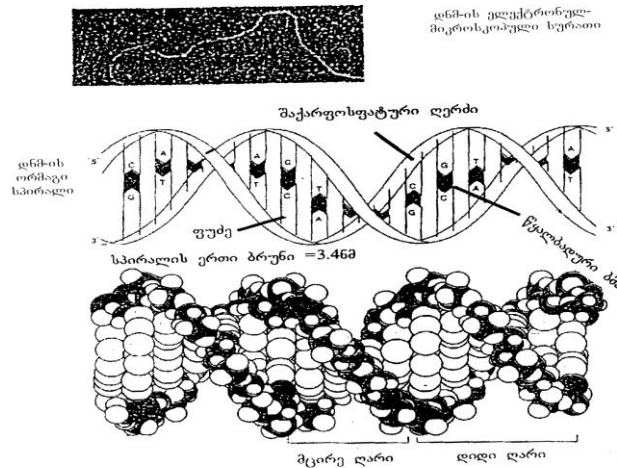
რენტგენოსტრუქტურული და ქიმიური თვისებების გათვალისწინებით დნმ-ის მარჯვნივმხვევი ორმაგი სპირალი შედგება 2 საპირისპიროდ მიმართული პოლინუკლეოტიდური (5'-3' და 3'-5') სპირალისაგან, რომლებიც ერთმანეთს უკავშირდება წყალბადური ბმების საშუალებით. შაქარფოსფატური ღერძი წარმოქმნის სპირალის გარეთა ნაწილს (სურ 13). უოტსონ-კრიკის დნმ-ის მოდელში 10 აზოტოვანი ფუძე შეადგენს სპირალის ერთ სრულ ბრუნს-3,4 ნმ-იანი ბიჯით. ნუკლეოტიდები ერთიმეორესთან ერთდება ფოსფორიკოვანი ბმებით. დნმ-ის მეორად სტრუქტურაში ადენინი ყოველთვის უერთდება თიმინს ორი წყალბადური კავშირით.

სურ. 13

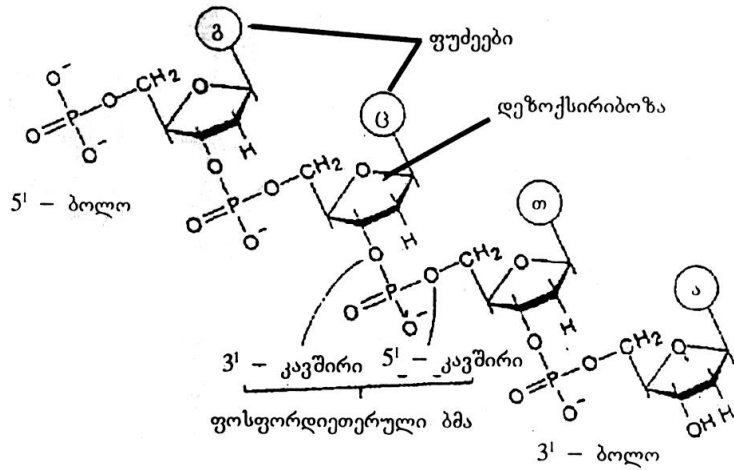


დნმ-ის ორმაგი მოლეკულის შემადგენლობა:
 ფ-ფოსფორი; შ-შაქარი; ა-ადენინი; თ-თიმინი;
 გ-გუანინი; ც-ციტოზინი; H-წყალბადის ბმები

სურ. 14



დნმ-ის ორმაგი სპირალი



დნმ-ის შაქარფოსფატური ღერძი

უოტსონისა და კრიკის მიერ დნმ-ის ორმაგი სპირალის მოდელის შექმნამ დასაბამი მისცა ახალ ეპოქას ბიოლოგიაში. დაიწყო ახალი ნაყოფიერი ეტაპი გენების სტრუქტურისა და ფუნქციონირების შესწავლაში. უოტსონისა და კრიკის მთავარ მიგნებას დნმ-ის ორმაგი სპირალის მოდელის აგებისას აზოტოვან ფუძეთა სპირალის შიგნით ლოკალიზება და მათი სპეციფიური შეწყვილების პრინციპის აღმოჩენა წარმოადგენს. სპეციფიკურ წყვილებს (ა-თ, ც-გ) ორმაგ სპირალში ეს აზოტოვანი ფუძეები ქმნიან, რომელნიც ჩარგაფის დაკვირვებით ერთი სახეობის დნმ-ის პრეპარატებში ექვივალენტური რაოდენობითაა წარმოდგენილი. ნუკლეოტიდთა ასეთ წყვილებს კომპლემენტური წყვილები ეწოდება. კომპლემენტური შეწყვილების პრინციპიდან გამომდინარე, ერთ ჯაჭვში სადაც არ უნდა იყოს ადენინი, მეორე ჯაჭვში მის პირდაპირაა თიმინი, ხოლო გუანინის პირდაპირ ციტოზინი იქნება ლოკალიზებული. ამდენად, უოტსონისა და კრიკის ორმაგი სპირალი ორი ანტიპარალელური კომპლემენტური პოლინუკლეოტიდური ჯაჭვისგანაა აგებული.

ორი ჯაჭვის კომპლემენტარობა ძალზე ადვილად ხსნის გენების გაორმაგებას ანუ რეპლიკაციას. ამისათვის საკმარისია დნმ-ის ორმაგი სპირალის გაყოფა და თითოეულ ჯაჭვზე ახალი კომპლემენტური ჯაჭვის წარმოქმნა, რის შედეგადაც ხდება საწყისი დნმ-ის იდენტური ორი ახალი დნმ-ის მოლეკულის წარმოქმნა.

დნმ-ის რეპლიკაცია. მემკვიდრეობითობის აპარატის ერთ-ერთ ძირითად თვისებას წარმოადგენს საკუთარი ასლის წარმოქმნის უნარი – რეპლიკაცია. ამ თვისებას განაპირობებს 2 კომპლემენტური ძაფისაგან შემდგარი დნმ-ის მოლეკულის ქიმიური ორგანიზაციის თავისებურებები. რეპლიკაციის პროცესში დნმ-ის მოლეკულის თითოეულ პოლინუკლეოტიდურ ძაფზე სინთეზირდება მისი კომპლემენტური ძაფი. მის შედეგად დნმ-ის ერთი ორმაგი სპირალისაგან წარმოიქმნება ორი იდენტური ორმაგი სპირალი. მოლეკულის გაორმაგების ასეთ წესს, რომლის დროსაც თითოეული შვილეული მოლეკულა შეიცავს ერთ დედისეულ და ერთ ახლადსინთეზირებულ ძაფს, ნახევრად-კონსერვატორული ეწოდება.

რეპლიკაციის განხორციელებისათვის დედისეული დნმ-ის ძაფები ერთმანეთს უნდა დასცილდნენ, რათა შეასრულონ იმ მატრიცების როლი, რომლებზეც შვილეული მოლეკულების კომპლემენტური ძაფების სინთეზი უნდა მოხდეს. რეპლიკაციის ზონებში პოლინუკლეოტიდური ძაფების დაცილების უბნებს რეპლიკაციურ ორკაპს უწოდებენ. ყოველ ასეთ უბანში ფერმენტ დნმ-პოლიმერაზას მონაწილეობით სინთეზირდება დნმ-ის 2 შვილეული მოლეკულა. სინთეზის პროცესში რეპლიკაციური ორკაპი გადაადგილდება დედისეული სპირალის გასწვრივ და იწვევს რეპლიკაციის პროცესში ახალი მონაკვეთების ჩართვას.

ერთმანეთს დაშორებული მშობლიური ძაფების ნუკლეოტიდური თანამიმდევრობის გამოთავისუფლებულ წყალბადურ ბმებს უკავშირდება ნუკლეოპლაზმაში დეზოქსირიბონუკლეოზიდტრიფოსფატების სახით არსებული თავისუფალი ნუკლეოტიდები. ეს დეზოქსირიბონუკლეოზიდტრიფოსფატებია: დ ატფ, დ გტფ, დ ცტფ, დ თტფ. კომპლემენტური ნუკლეოზიდტრიფოსფატი წარმოქმნის წყალბადურ ბმას დნმ-ის დედისეული ძაფის გარკვეულ ფუძესთან. შემდეგ, ფერმენტ დნმ-პოლიმერაზას მეშვეობით იგი ფოსფორილეთერული ბმით უკავშირდება ახლად სინთეზირებული ძაფის წინამდებარე ნუკლეოტიდს, რასაც მოჰყვება არაორგანული პიროფოსფატის გამოყოფა. რადგან დნმ-პოლიმერაზა ყოველ მორიგ ნუკლეოტიდს წინამდებარე ნუკლეოტიდის 3'-მდგომარეობაში მყოფ OH-ჯგუფთან აკავშირებს, ძაფის თანდათანობითი დაგრძელება ხდება მის 3'-ბოლოზე. დნმ-პოლიმერაზას თავისებურებას წარმოადგენს ის, რომ მას არ გააჩნია უნარი, დაიწყოს ახალი პოლინუკლეოტიდური ძაფის სინთეზი ორი ნუკლეოზიდტრიფოსფატის უბრალო შეერთების გზით; მისთვის აუცილებელია დნმ-ის დედისეულ ძაფთან დაწყვილებული რომელიმე პოლინუკლეოტიდური ძაფის თავისუფალი 3'-OH ბოლო; დნმ-პოლიმერაზას შეუძლია ახალი ნუკლეოტიდების დაკავშირება მხოლოდ ასეთი ძაფის თავისუფალ ბოლოსთან. ასეთ პოლინუკლეოტიდურ ძაფს პრაიმერს უწოდებენ. რეპლიკაციის მსვლელობაში პრაიმერის როლს დნმ-ის პოლინუკლეოტიდური ძაფების სინთეზისათვის ასრულებენ რნმ-ის მცირე ზომის თანამიმდევრობები, რომლებიც ფერმენტ რნმ-პოლიმერაზას მონაწილეობით წარმოიქმნებიან. დნმ-პოლიმერაზას აღნიშნული თავისებურება მიუთითებს იმაზე, რომ რეპლიკაციის დროს მატრიცას შეიძლება წარმოადგენდეს მხოლოდ დნმ-ის ის ძაფი, რომელსაც გააჩნია მასთან დაწყვილებული პრაიმერი თავისუფალი 3'-OH ბოლოთი. რეპლიკაციის პროცესის საბოლოო შედეგს წარმოადგენს დნმ-ის ორი მოლეკულის წარმოქმნა, რომელთა ნუკლეოტიდური თანამიმდევრობები დნმ-ის დედისეული ორმაგი სპირალის თანამიმდევრობების იდენტურია.

ამგვარად, დნმ-ის რეპლიკაცია უზრუნველყოფს უჯრედების, ორგანიზმის სპეციფიკური მემკვიდრული ინფორმაციის შენარჩუნებას მომდევნო თაობებში.

სპირალის ღერძის მიმართ აზოტოვან ფუძეებს პერპენდიკულარული მდგომარეობა უკავია. დნმ-ის თითოეული ჯაჭვი მეორის მიმართ კომპლემენტურია, რაც პრაქტიკულად უზრუნველყოფს კომპლემენტური პრინციპის საფუძველზე ცალკეული ჯაჭვების გაორმაგებას. ცნობილია დნმ-ის რამდენიმე ტიპის კონფორმაცია (A, B, Z), რომელთა შორის ყველაზე გავრცელებული და სტაბილურია B ფორმა. დნმ-ის ორმაგი სპირალის B კონფორმაციის დიამეტრი 20 Å-ია. ერთ ხვეულში თავსდება 10 ნუკლეოტიდი. უოტსონისა და კრიკის მიხედვით სპირალის მარჯვნივ იხვევა. დნმ ადვილად ღღვება მაღალ ტემპერატურაზე და მკვეთრად მატულობს შთანთქმის სპექტრი 260 ნმ-ზე. ამ მოვლენას ჰიპერქრომული ეფექტი ეწოდება. ჰიპერქრომული ეფექტი მაქსიმალურია დნმ-ისათვის დამახასიათებელი ღღობის ოპტიმალურ ტემპერატურაზე, რომელიც ფიზიოლოგიურ პირობებში, დაახლოებით 85-95°C-ის ფარგლებში მერყეობს. ღღობის ტემპერატურაზე დნმ-ის სტრუქტურა ნახევრად დესპირალიზებულია. დნმ-ში გც წყვილების რაოდენობის მატების შესაბამისად ღღობის ტემპერატურა მატულობს, რაც განპირობებულია გც წყვილებს შორის 3 წყალბადური ბმით (10 წყვილს შორის 2-წყალბადური ბმაც), ამიტომ დნმ-ის ღღობა იწყება ათი წყვილის უბნიდან. დნმ-ის ორმაგი სპირალის ღღობა გარკვეულ პირობებში შექცევადია. შესაბამისად, ეს პრინციპი გამოყენებულია დნმ-ის დენატურაციის და რენატურაციის კინეტიკის და, აგრეთვე, დნმ-ში ფუძეთა თვისებრივი განაწილების შესწავლაში.

დნმ-ის სტრუქტურის შესწავლაში განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ფუძეთა თვისების მქონე ცილებს – ჰისტონებს. ისინი ქრომატინში მჭიდროდაა დაკავშირებული დნმ-თან და ქმნიან საკმაოდ რთული სტრუქტურის მქონე წარმონაქმნს – ნუკლეოსომებს. ნუკლეოსომას აქვს მძივის ფორმა და შედგება დნმ-ის 2 ჯაჭვისა და 4 წყვილი სხვადასხვა ჰისტონისაგან.

დნმ-ის დენატურაცია – რენატურაცია. დნმ-ის ორმაგი სპირალის რღვევას, რაც წყალბადური ბმების გაწყვეტითაა განპირობებული, დნმ-ის დენატურაცია დნმ-ის ლღობა ეწოდება. ფიზიოლოგიურ პირობებში დნმ-ის ორი ჯაჭვი სპონტანურად არასდროს შორდება ერთმანეთს. თუ დნმ-ის ხსნარს გავახურებთ, ტემპერატურის გავლენით სუსტი წყალბადური ბმები წყდება და დნმ-ის ორი ჯაჭვი შორდება ერთმანეთს. დენატურაცია იწვევს დნმ-ის ხსნარის მთელ რიგ ფიზიკურ-ქიმიურ მაჩვენებელთა ცვლილებას. 37°C-ზე ნეიტრალური pH-ის პირობებში დნმ-ის ხსნარი უფერო, ბლანტ სითხეს წარმოადგენს. დენატურაციის შედეგად ხსნარის სიბლანტე ქრება, მოკლე ულტრაიისფერი სხივების (ტალღის სიგრძე 260 ნმ) შთანთქმის მაჩვენებელი 40%-ით იზრდება. შთანთქმის მაჩვენებლის ცვლილება დენატურაციის შედეგად სპირალის შიგნით აზოტოვან ფუძეთა მოწესრიგებული განლაგების, მათ შორის ურთიერთქმედებათა რღვევის შედეგია. ამ მოვლენას დნმ-ის ჰიპერქრომიზმი ანუ ჰიპერქრომიული ეფექტი ეწოდება. ტემპერატურული დიაპაზონის შუა წერტილს, რომელზედაც დნმ-ის ჯაჭვები შორდება ერთმანეთს, ლღობის ტემპერატურა ეწოდება. ძუძუმწოვარ ორგანიზმებში დნმ-ის ლღობის ტემპერატურა 85-95⁰ C-ის ფარგლებში იცვლება. ლღობის ტემპერატურის სიდიდე დამოკიდებულია დნმ-ის ნუკლეოტიდურ შედგენილობაზე. დნმ-ის მოლეკულაში თითო გ-ც წყვილის მომატება ლღობის ტემპერატურას 0,4%-ით ზრდის. ამდენად, ა-თ წყვილით მდიდარი დნმ-ის ლღობის ტემპერატურა ყოველთვის უფრო დაბალია, ვიდრე გ-ც წყვილით მდიდარი დნმ-ის ხსნარების ლღობის ტემპერატურა.

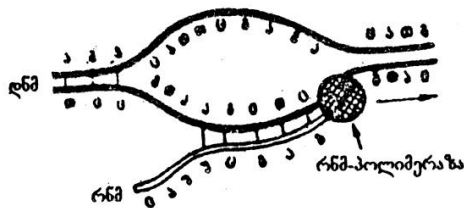
დნმ-ის რენატურაცია შექცევადი პროცესია. თუ ხსნარის ტემპერატურას დავიყვანთ ფიზიოლოგიურ მნიშვნელობამდე, დნმ-ის კომპლემენტური განცალკევებული ჯაჭვები კვლავ უკავშირდებიან ერთმანეთს და ორმაგ სპირალს წარმოქმნიან. დნმ-ის რენატურაცია 2 ეტაპად მიმდინარეობს: 1. ჯერ კომპლემენტარულმა ჯაჭვებმა უნდა იპოვონ ერთმანეთი შემთხვევით შეჯახების შედეგად და წარმოქმნან მოკლე კომპლემენტური უბნები. 2. მეორე ეტაპზე ჯაჭვები მთელ სიგრძეზე “იკერება” წყალბადური ბმებით.

რიბონუკლეინის მჟავა, მისი ფუნქციები

დნმ-ის მოლეკულაში კოდის მეშვეობით ჩაწერილია მემკვიდრული ინფორმაციის შენახვისა და გამრავლების ინფორმაცია, რაც უზრუნველყოფს ახლადწარმოქმნილი უჯრედების ნორმალურ განვითარებასა და ფუნქციონირებას აუცილებელი "ინსტრუქციებით". დნმ არ იღებს უშუალო მონაწილეობას უჯრედების ცხოველმყოფელობის უზრუნველყოფაში. შუამავლის როლს რიბონუკლეინის მჟავები ასრულებს. დნმ-ის მოლეკულისაგან განსხვავებით რიბონუკლეინის მჟავები წარმოადგენს ერთ პოლინუკლეოტიდურ სპირალს.

ჯერ კიდევ 40-იან წლებში შენიშნეს, რომ დნმ-ისაგან განსხვავებით, რომელიც ძირითადად უჯრედის ბირთვშია, რნმ-ის დიდი ნაწილი ციტოპლაზმაშია მოთავსებული. ციტოპლაზმური რნმ დაკავშირებულია სპეციფიკურ ცილებთან, რომლებიც სტრუქტურულად ორგანიზებულია და მონაწილეობენ ცილის სინთეზში. ამ წარმონაქმნებს რიბოსომები უწოდეს. რნმ სინთეზირდება დნმ-ის მოლეკულაზე ფერმენტ რნმ-პოლიმერაზას მონაწილეობით კომპლემენტარობის და ანტიპარალელურობის პრინციპის დაცვით. დნმ-ისაგან განსხვავებით რნმ-ის მონომერებში შედის რიბოზის (დეზოქსირიბოზის ნაცვლად) და ურაცილის (თიმიინის ნაცვლად) ნაშთები. რნმ-ის მთელი მრავალგვარობა შეიძლება დაიყოს სამ ძირითად სახედ: მატრიცული ანუ ინფორმაციული რნმ (ი-რნმ), ტრანსპორტული რნმ (ტ-რნმ), რიბოსომული რნმ (რ-რნმ).

მატრიცული ანუ ინფორმაციული რნმ. ტრანსკრიპცია. იმისათვის, რომ განხორციელდეს განსაზღვრული თვისებების მქონე ცილების სინთეზი, მათი მოლეკულის აწყობის ადგილზე გადაეცემა "ინსტრუქცია" პეპტიდურ ჯაჭვში ამინომჟავათა ჩართვის თანამიმდევრობის შესახებ. ეს ინსტრუქცია დნმ-ის შესაბამის მონაკვეთებზე სინთეზირებული მატრიცული ანუ ინფორმაციული რნმ-ის ნუკლეოტიდურ თანამიმდევრობაშია მოცემული. მ-რნმ-ის სინთეზის პროცესს ტრანსკრიპცია ეწოდება. მ-რნმ შეადგენს უჯრედის მთელი რნმ-ის 5%-ს. მატრიცული რნმ-ის თითოეული მოლეკულა ცილის სინთეზის დროს ინფორმაციის ნაწილს იღებს დნმ-იდან ასლის სახით და გადააქვს იგი რიბოსომაზე, სადაც ხდება ამ ინფორმაციის რეალიზაცია. მ-რნმ-ის სინთეზი რნმ-პოლიმერაზას მიერ დნმ-ის მოლეკულაში იმ განსაკუთრებული მონაკვეთის ამოცნობით იწყება, რომელიც წარმოადგენს ტრანსკრიპციის საწყის ადგილს-პრომოუტერს. პრომოუტერის სიგრძე 140 A⁰- არ აღემატება და შედგება დაახლოებით 40 წყვილი ნუკლეოტიდისაგან.



დნმ-ის ტრანსკრიპცია

პრომოუტერთან მიერთების შემდეგ რნმ-პოლიმერაზა ახდენს დნმ-ის სპირალის მიმდებარე ხევეულის გაშლას. ამ ადგილზე დნმ-ის ორი ძაფი ერთმანეთს სცილდება და ერთ-ერთ მათგანზე ფერმენტი იწყებს მ-რნმ-ის სინთეზს. რიბონუკლეოტიდების ერთ ძაფად აწყობა მიმდინარეობს დნმ-ის მატრიცული ძაფების ნუკლეოტიდებზე კომპლემენტარობის პრინციპით. იმის გამო, რომ რნმ-პოლიმერაზას ნუკლეოტიდების აწყობა შეუძლია მხოლოდ 5'-ბოლოდან 3'-ბოლოსაკენ, მატრიცად შეიძლება გამოყენებულ იქნას მხოლოდ დნმ-ის ძაფი, რომელიც ფერმენტისაკენ თავისი 3'-

ბოლოთია მიმართული (3'→5'). ასეთ ძაფს კოდოგენურს უწოდებენ. დნმ-ის მოლეკულაში ორი პოლინუკლეოტიდური ძაფის გაერთიანების ანტიპარალელურობა რნმ-პოლიმერაზას რნმ-ის სინთეზში მატრიცის სწორად არჩევის საშუალებას აძლევს. დნმ-ის კოდოგენური ძაფის გასწვრივ გადაადგილებისას რნმ-პოლიმერაზა ახდენს ინფორმაციის თანდათანობით, ზუსტ გადაწერას მანამ, სანამ არ მიუახლოვდება სპეციფიკურ ნუკლეოტიდურ თანმიმდევრობას - ტრანსკრიპციის ტერმინატორს. ამ უბანში რნმ-პოლიმერაზა ცილდება როგორც დნმ-ის მატრიცას, ისე ახლადსინთეზირებულ მ-რნმ-ს. დნმ-ის მოლეკულის ის ფრაგმენტი, რომელიც შეიცავს პრომოტორს, ტრანსკრიპტირებად თანამიმდევრობას და ტერმინატორს, წარმოქმნის ტრანსკრიპციის ერთეულს-ტრანსკრიპტონს.

მ-რნმ-ში ერთმანეთის გვერდით განლაგებული ნუკლეოტიდების იმ სამეულებს, რომლებშიც მოცემულია ამინმჟავური შიფრი, კოდონები ეწოდება. მ-რნმ-ის კოდონების თანამიმდევრობა აკოდირებს პეპტიდურ ჯაჭვში ამინმჟავათა თანამიმდევრობას. ი-რნმ-ის კოდონებს განსაზღვრული ამინმჟავები შეესაბამება.

ტრანსპორტული რნმ (ტ-რნმ). ტრანსლაცია. უჯრედის მიერ მემკვიდრული ინფორმაციის გამოყენების პროცესში მნიშვნელოვანი როლი ეკუთვნის ტრანსპორტულ რნმ-ს (ტ-რნმ), რომელიც უზრუნველყოფს პეპტიდური ჯაჭვის აწყობის ადგილზე აუცილებელ ამინმჟავათა გადატანას და, ამდენად, სატრანსლაციო შუამავლის ფუნქციას ასრულებს.

ტ-რნმ წარმოადგენს დნმ-ის გარკვეულ თანამიმდევრობებზე სინთეზირებულ პოლინუკლეოტიდურ (75-95 ნუკლეოტიდურ) ძაფს. ტ-რნმ შედგება ოთხი მთავარი ნაწილისაგან, რომლებიც განსხვავებულ ფუნქციებს ასრულებენ. ერთმანეთთან კომპლემენტურად დაკავშირებული ტ-რნმ-ის ორი ბოლო წარმოქმნის აქცეპტორულ “ღერძს”. იგი ფუძეთა შვიდი წყვილისაგან შედგება. ამ ღერძის 3'-ბოლო უფრო გრძელია და ახდენს ერთდაფიანი მონაკვეთის ფორმირებას, რომელიც თავისუფალი OH ჯგუფის შემცველი თანამიმდევრობით ცაა-ს ბოლოვდება. ამ ბოლოს უკავშირდება ტრანსპორტირებადი ამინმჟავა. დანარჩენი “ტოტი” წარმოადგენს ნუკლეოტიდთა კომპლემენტურად დაწყვილებულ თანამიმდევრობებს, რომლებიც დაუწყვილებელი მონაკვეთებით ბოლოვდებიან და წარმოქმნიან “მარყუქებს”.

ნუკლეოტიდთა თანამიმდევრობით განპირობებული ტ-რნმ-ის პირველადი სტრუქტურა უზრუნველყოფს ტ-რნმ-ის მეორეული სტრუქტურის წარმოქმნას, რომელიც განსაზღვრავს სამგანზომილებიან მესამეულ სტრუქტურას, რომლისთვისაც დამახასიათებელია ორი პერპენდიკულარული ორმაგი სპირალი. ორმაგი სპირალის ერთ-ერთ ბოლოზე მოთავსებულია ტრანსპორტირებადი ამინმჟავა, მეორეზე ანტიკოდონი. ეს უბნები ერთმანეთისაგან მაქსიმალურად არიან დაშორებული. ტ-რნმ-ის მესამეული სტრუქტურის სტაბილურობას უზრუნველყოფს მისი პოლინუკლეოტიდური ძაფის სხვადასხვა მონაკვეთში ერთმანეთთან სივრცობრივად დაახლოებულ ფუძეებს შორის დამატებითი წყალბადური ბმების წარმოქმნა.

მ-რნმ-ის არსებული გარკვეული კოდონის ზუსტი ამოცნობის გარდა, ტ-რნმ-ის მოლეკულა უზრუნველყოფს პეპტიდური ჯაჭვის სინთეზის ადგილზე მკაცრად განსაზღვრული ამინმჟავას ტრანსპორტირებას, რომლის შიფრსაც ეს კოდონი წარმოადგენს. ტ-რნმ-ის სპეციფიკური დაკავშირება “საკუთარ” ამინმჟავასთან ორ ეტაპად მიმდინარეობს: პირველ ეტაპზე ადგილი აქვს ამინმჟავას აქტივაციას კარბოქსილის ჯგუფის ატფ-თან ურთიერთმოქმედების გზით; მეორე ეტაპზე გააქტიურებული ამინმჟავა ურთიერთმოქმედებს შესაბამისი ტ-რნმ-ის 3'-ბოლოზე არსებულ OH-ჯგუფთან და უერთდება ტ-რნმ-ს თავისი კარბოქსილური ჯგუფის მეშვეობით, რასაც თან სდევს ადენოზინმონოფოსფორმჟავას გამოთავისუფლება. ამრიგად, ეს პროცესი ენერჯის დანახარჯით მიმდინარეობს, რომელიც წარმოიქმნება ატფ-ის ამფ-მდე ჰიდროლიზის დროს.

დნმ-ის მოლეკულაში “ჩაწერილი” და მ-რნმ-ზე “გადაწერილი” მემკვიდრული ინფორმაციის გაშიფვრა ხდება ტრანსლაციის პროცესში. პირველ ეტაპზე ფერმენტი

ამინოაცილ-ტ-რნმ-სინთეტიკა უზრუნველყოფს ტ-რნმ-ის დაკავშირებას მის მიერ ტრანსპორტირებად ამინმჟავასთან. შემდეგ, ამინოაცილ-ტ-რნმ კომპლემენტურად წყვილდება მ-რნმ-თან, რასაც ანტიკოდონის კოდონთან ურთიერთქმედება განაპირობებს. ტ-რნმ-ის სისტემის მეშვეობით ხდება მ-რნმ-ის ნუკლეოტიდური “ენის” ტრანსლაცია ცილის ამინმჟავათა თანამიმდევრობის “ენად”.

რიბოსომული რნმ (რ-რნმ) რიბოსომების ძირითადი კომპონენტია. მ-რნმ-ის და ტ-რნმ-ის ურთიერთმოქმედების პროცესი, რომელიც უზრუნველყოფს ინფორმაციის ტრანსლაციას ნუკლეოტიდების ენიდან ამინმჟავათა ენაზე, მემდინარეობს რიბოსომებზე. ეს უკანასკნელი წარმოადგენს რ-რნმ-სა და სხვადასხვა სახის ცილების რთულ კომპლექსებს, რომლებშიც რ-რნმ-ში წარმოქმნიან ჩონჩხს. რიბოსომული რნმ-ები მხოლოდ რიბოსომების სტრუქტურულ კომპონენტებს კი არ წარმოადგენენ, არამედ უზრუნველყოფენ მათ დაკავშირებას მ-რნმ-ის გარკვეულ ნუკლეოტიდურ თანამიმდევრობასთან. გარდა ამისა, რიბოსომული რნმ უზრუნველყოფს რიბოსომისა და ტ-რნმ-ის ურთიერთმოქმედებას. რიბოსომის შემადგენლობაში შემავალი ცილები რ-რნმ-თან ერთად ასრულებენ როგორც სტრუქტურულ, ისე ფერმენტულ როლს. ინფორმაციის ტრანსლაცია ამინმჟავათა “ენაზე” გამოისატება პეპტიდური ჯაჭვის თანდათანობით ზრდაში, რაც ხორციელდება მ-რნმ-ში არსებული ინსტრუქციის შესაბამისად. ეს პროცესი მიმდინარეობს რიბოსომებზე, რომლებიც უზრუნველყოფენ ინფორმაციის გაშიფვრის თანამიმდევრობას ტრანსპორტული რნმ-ის მეშვეობით. ტრანსლაციის პროცესში შეიძლება გამოიყოს პეპტიდური ჯაჭვის სინთეზის სამი ფაზა: ინიციაცია, ელონგაცია და ტერმინაცია. ინიციაციის ფაზა ანუ პეპტიდის სინთეზის დასაწყისი მდგომარეობს ციტოპლაზმაში მანამდე განცალკევებულად არსებული რიბოსომის ორი სუბერთეულის მ-რნმ-ის გარკვეულ უბანზე გაერთიანებასა და ამ მ-რნმ-ის პირველ ამინოაცილ-ტ-რნმ-თან მიერთებაში.

ინიციაციისა და ტრანსლაციის პროცესების კატალიზს განსაკუთრებული ცილები-ინიციაციის ფაქტორები ახდენენ, რომლებიც უკავშირდებიან რიბოსომის მცირე ერთეულს. ინიციაციის ფაზის დასრულების და რიბოსომა მ-რნმ-მაინიცირებელი ამინოაცილ-ტ-რნმ კომპლექსის წარმოქმნის შემდეგ ეს ფაქტორები რიბოსომას სცილდებიან.

ელონგაციის ანუ პეპტიდის დაგრძელების ფაზა შეიცავს ყველა რეაქციას, დაწყებულს პირველი პეპტიდური კავშირის წარმოქმნით, დამთავრებულს ამინმჟავას მიერთებით. ბოლო ეტაპზე, რომელსაც ეწოდება ტერმინაციის ეტაპი, მთავრდება პოლიპეპტიდური ჯაჭვის სინთეზი. ტერმინაციის სიგნალებს წარმოადგენს მატრიცული რნმ-ის განსაზღვრული უბნები. როცა ტრანსლოკაციისას ამ უბნებამდე მოვა რიგი, სინთეზი ჩერდება და დასრულებული პეპტიდური ჯაჭვი წყვეტს კავშირს რიბოსომასთან, რომელიც ორ სუბერთეულად იშლება.

გენეტიკური კოდი

მემკვიდრეობითობის ელემენტარულ ფუნქციურ ერთეულს, რომელიც უჯრედის ან ორგანიზმის ცალკეული ნიშან-თვისების განვითარებას განსაზღვრავს, წარმოადგენს გენი. ნიშან-თვისებებში იგულისხმება ორგანიზმების (უჯრედების) მორფოლოგიური, ფიზიოლოგიური, ბიოქიმიური და სხვა სახის დისკრეტულობის ერთეული (ცალკეული ნიშანი ან თვისება), რომლის მიხედვითაც ისინი განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან.

მე-20 საუკუნის დასაწყისში გამოვლენილ იქნა ფაქტები, რაც უჯრედებში არაქრომოსომული მემკვიდრული აპარატის არსებობაზე მიუთითებდა. მემკვიდრული აპარატი ლოკალიზებულია სხვადასხვა ციტოპლაზმურ სტრუქტურაში და განაპირობებს განსაკუთრებულ ციტოპლაზმურ მემკვიდრეობითობას. ამავე პერიოდში საფუძველი ჩაეყარა სწავლებას მუტაციური ცვალებადობის შესახებ, რაც მემკვიდრულ ფაქტორებში ან ქრომოსომებში მოულოდნელად მომხდარ ცვლილებებთან არის დაკავშირებული და ორგანიზმის ამა თუ იმ ნიშან-თვისების შეცვლას იწვევს. მომდევნო წლებში აღმოჩენილ იქნა ქრომოსომებზე და გენებზე რენტგენის სხივების, რადიაციული გამოსხივების, გარკვეული ქიმიური ნივთიერებებისა და ბიოლოგიური აგენტების მუტაგენური ზემოქმედება.

მე-20 საუკუნის მეორე ნახევარში მეცნიერთა ძალისხმევა მიმართულია ნუკლეინის მჟავების გენეტიკური ფუნქციების განმსაზღვრელი თვისებების, მემკვიდრული ინფორმაციის ჩაწერისა და წაკითხვის გზების, გენეტიკური კოდის ხასიათისა და სტრუქტურის, ცალკეულ ნიშანთა და მთლიანად ფენოტიპის ფორმირების პროცესში გენთა აქტივობის რეგულაციის შესწავლისაკენ. 60-იან წლებში მ. ნირენბერგის და სხვათა შრომებით შესაძლებელი გახდა გენეტიკური კოდის სრული გაშიფვრა, დადგინდა ნუკლეინის მჟავათა მოლეკულაში არსებულ ნუკლეოტიდთა ტრიპლეტების შესაბამისობა გარკვეულ ამინომჟავებთან.

1954 წელს გ. გამოვმა გამოთქვა ვარაუდი, რომ დნმ-ის მოლეკულებში ინფორმაციის კოდირება უნდა ხდებოდეს რამდენიმე ნუკლეოტიდის შეთანაწყობით. ცილების იმ დიდ მრავალფეროვნებაში, რომელიც ცოცხალ ბუნებაში არსებობს, აღმოჩენილია 20-მდე სხვადასხვა ამინომჟავა. ამ რაოდენობის ამინომჟავებისათვის ნუკლეოტიდთა ჯგუფების საკმარის რაოდენობის უზრუნველყოფა შეუძლია მხოლოდ ტრიპლეტურ კოდს, რომელშიც შიფრი თითოეული ამინომჟავისათვის წარმოდგენილია ერთმანეთის გვერდით განლაგებული სამი ნუკლეოტიდი. ამ შემთხვევაში ოთხი ნუკლეოტიდი წარმოქმნის $4^3=64$ ტრიპლეტს; ორი ნუკლეოტიდი $4^2=16$. დნმ-ის შესაძლო ტრიპლეტებიდან 61 ახდენს ამინომჟავათა კოდირებას. დარჩენილი სამმა მიიღო „უაზრო“ ანუ „ნონსენს-ტრიპლეტების“ სახელწოდება. ისინი ამინომჟავებისათვის არ წარმოადგენს სასვენ ნიშნების ფუნქციას მემკვიდრული ინფორმაციის წაკითხვისას. ამ ტრიპლეტებს მიეკუთვნება ათთ, აცთ, ათც.

გენეტიკური კოდის თვისებების შესწავლის პროცესში აღმოჩენილ იქნა მისი სპეციფიკურობა. ყოველ ტრიპლეტს შეუძლია მხოლოდ ერთი გარკვეული ამინომჟავას სინთეზი. საინტერესოა სხვადასხვა სახეობის ცოცხალ ორგანიზმებში კოდის სრული შესაბამისობის ფაქტი. გენეტიკური კოდის ასეთი უნივერსალობა ბიოლოგიური ევოლუციის პროცესში დედამიწაზე ცოცხალ ფორმათა ერთიან წარმოშობაზე მიუთითებს. გენეტიკური კოდის უმნიშვნელო ცვლილებები აღმოჩენილია ზოგიერთი სახეობის მიტოქონდრიების დნმ-ში, მაგრამ მთლიანობაში ეს არ ეწინააღმდეგება დებულებას კოდის უნივერსალობის შესახებ.

წარმოდგენა გენური ინჟინერიის შესახებ

მე-20 საუკუნის 70-იან წლებში დაიწყო გენური ინჟინერიის მეთოდების აქტიური დამუშავება, რაც შესაძლებელს ხდის ცოცხალ ორგანიზმთა მემკვიდრული თვისებების მიზანმიმართულ შეცვლას. გენური ინჟინერიის განვითარებამ შესაძლებელი გახადა მრავალი თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობის პრობლემის გადაწყვეტა. შეიქმნა ძვირადღირებული სამკურნალო პრეპარატების და ბიოლოგიური მასალების მიღებისა და მათი სამრეწველო მასშტაბით წარმოების რეალური შესაძლებლობა. მაგალითად, თუ რამდენიმე ათეული წლის წინ დიაბეტით დაავადებული 60 მილიონი ადამიანიდან 5-10% იყო დაკმაყოფილებული ინსულინის პრეპარატით, დღეს გენური ინჟინერიის წყალობით, პრობლემა მოხსნილია.

გენურ ინჟინერიას საფუძვლად დაედო სხვადასხვა ორგანიზმებიდან გამოყოფილი ან სინთეზირებული გენების ხელოვნური გაერთიანების პრინციპი, ანუ რეკომბინანტული დნმ-ის სინთეზი. სხვადასხვა ორგანიზმიდან გამოყოფილ დნმ-ს სპეციალური ფერმენტებით – რესტრიქტაზებით ჭრიან. მიღებულ ფრაგმენტებს ამუშავებენ ტერმინალური ტრანსფერაზით, რომელიც ახდენს 3' კიდიდან დეოქსინუკლეოტიდების დნმ-თან დაკავშირებას. ამ გზით მოხერხდა პრო- და ეუკარიოტების ქრომოსომების ფრაგმენტების ფუნქციური გაერთიანება, რის შედეგად მიღებულია მრავალი რეკომბინანტული დნმ. შემდგომი ეტაპია უჯრედში რეკომბინანტული დნმ-ის შეყვანა. ამ მიზნით იყენებენ პლაზმიდებს. პლაზმიდი ციტოპლაზმური ორჯაჭვიანი წრიული დნმ-ია, რომელიც არ გამოირჩევა დიდი ზომით. ადვილია მათი უჯრედიდან გამოყოფა. დამტკიცებულია პლაზმიდში ჩადებული ინფორმაციის სხვა უჯრედში გადატანის შესაძლებლობა. მაგალითად, E. Coli-ის პლაზმიდში პენიცილინისადმი გამძლე გენი, ე.წ. R-ფაქტორი გადატანილ იქნა Salmonella tiphimurium-ში მათი ერთმანეთთან შერევისა და ერთდროული ინკუბაციის პირობებში.

ნუკლეინის მჟავების შესწავლის ერთ-ერთ ყველაზე გავრცელებული მეთოდი მოლეკულურ ბიოლოგიასა და გენურ ინჟინერიაში არის დნმ-ის ფრაგმენტების კლონირების მეთოდი. კლონირების მიზანია დიდი რაოდენობით ნებისმიერი გენომური დნმ-ის ფრაგმენტის სუფთა სახით მიღება. ამ მეთოდს საფუძვლად უდევს რეკომბინანტული დნმ-ის გამოყენება. რეკომბინანტული ეწოდება მოლეკულას, რომელიც წარმოქმნილია ორი აბსოლუტურად სხვადასხვა წარმოშობის დნმ-ის თანამიმდევრობის შეერთების შედეგად.

კლონირების არსი მდგომარეობს იმაში, რომ პლაზმიდები და ფაგები, რომელთა გენომში “ჩაშენებულია” ნებისმიერი წარმოშობის დნმ-ის უბანი, აგრძელებენ ბაქტერიაში ნორმალურად ფუნქციონირებასა და გამრავლებას. ნებისმიერ ბაქტერიაში პლაზმიდებს, რომლებსაც აქვთ ეგზოგენური დნმ-ის “ჩაშენების” უნარი და გამოიყენება კლონირებისათვის, ვექტორები ეწოდება. ეგზოგენური დნმ-ის უბანი, რომელიც “ჩაშენებულია” ანუ კლონირებულია ასეთ ვექტორებში, საშუალებას იძლევა ერთი მოლეკულიდან მივიღოთ უსახდვროდ დიდი რაოდენობა. ეს პროცესი შემდეგნაირად მიმდინარეობს: რესტრიქტაზით დამუშავების შემდეგ პლაზმიდური დნმ გადაიქცევა ხაზოვან მოლეკულად. ამ მოლეკულის ორივე ბოლოს უერთდება ეგზოგენური დნმ-ის ფრაგმენტის ბოლოები, რომელიც იმავე რესტრიქტაზის მოქმედების შედეგადაა მიღებული. ფერმენტ ლიგაზით ბოლოების შეერთების შედეგად კვლავ წარმოიქმნება წრიული, ამჯერად, ქიმერული მოლეკულა. ასეთი ჰიბრიდული ანუ ქიმერული მოლეკულები შედგება ვექტორის გენომური დნმ-ისა და დამატებითი ეგზოგენური დნმ-ისაგან. ისინი ბაქტერიაში რეპლიკაციას ისევე ზუსტად განიცდიან, როგორც არაჰიბრიდული პლაზმიდები და ფაგები. ამის გამო შესაძლებელია მათი გამრავლება და დიდი რაოდენობით მიღება. ბაქტერიები, რომელთა უჯრედები შეიცავენ ჰიბრიდულ მოლეკულებს, წარმოქმნიან კლონებს. კლონი ეწოდება უჯრედის ან მოლეკულის დიდ რაოდენობას, რომელიც მშობლიური ფორმის უჯრედის ან მოლეკულის იდენტურია.

ლიპიდები

ლიპიდები ცხიმისმაგვარი ნივთიერებებია, რომელთაც ყველა ცოცხალი უჯრედი შეიცავს (ბერძ. "ლიპოს"-ცხიმი). ისინი იხსნებიან ორგანულ გამხსნელებში და ჰიდროლიზის შედეგად წარმოქმნიან ორგანულ მჟავებს.

ლიპიდები დიდ როლს ასრულებენ სასიცოცხლო პროცესებში. ისინი, როგორც ბიოლოგიური მემბრანის სტრუქტურული კომპონენტები, განაპირობებენ მასში მიმდინარე პროცესებს, იონებისა და მეტაბოლიტების ტრანსპორტს, ფერმენტების აქტიურობას, ნერვული იმპულსის გადაცემას, კუნთის შეკუმშვას, უჯრედებს შორის კონტაქტების წარმოქმნას. ზოგიერთი გლიკოლიპიდი ჰორმონების, ტოქსინების, ვირუსებისა და სხვათა რეცეპტორებს წარმოადგენენ. ლიპიდებიდან უადრესად დიდი მნიშვნელობა აქვთ ცხიმებს, როგორც ენერჯის წყაროს. მათი დაშლის დროს ორჯერ მეტი ენერჯია გამოიყოფა, ვიდრე ნახშირწყლების დაშლისას. ცნობილია, რომ 1 კგ ნახშირწყლების სრული დაწვისას გამოიყოფა 4180 კკალ. ენერჯია, ცილოვანი ნივთიერებების დაწვისას კი – 9800 კკალორია ენერჯია. ლიპიდები ასრულებენ აგრეთვე დაცვით ფუნქციას (იცავენ ორგანიზმს ინფექციისაგან, წყლის ზედმეტად დაგროვების ან დაკარგვისას). ლიპიდები ქიმიური აღნაგობის მიხედვით იყოფა სამ დიდ ჯგუფად:

1. ღია-ჯაჭვიანი ცხიმოვანი მჟავები და მათი ფერმენტული დაჟანგვის პროდუქტები;
2. გლიცერინშემცველი ლიპიდები;
3. ლიპიდები, რომლებიც გლიცერინს არ შეიცავენ.

ლიპიდების სტრუქტურული თავისებურება ის არის, რომ მათი მოლეკულა აუცილებლად შეიცავს ერთ ან რამდენიმე ჰიდროფობურ ჩამნაცვლებელს, რომელიც საშუალებას იძლევა გაიხსნას ლიპიდი არაპოლარულ გამხსნელებში (ქლოროფორმი, ეთერი, გოგირდნახშირბადი) და ჰიდროფილურ ჩამნაცვლებელს (რომელიც საშუალებას იძლევა გაიხსნას ლიპიდი პოლარულ გამხსნელებში).

გლიცერინშემცველი ლიპიდები, თავის მხრივ, იყოფა:

- ა. ნეიტრალურ ლიპიდებად;
- ბ. ფოსფოლიპიდებად.

ლიპიდები, რომლებიც გლიცერინს არ შეიცავენ, იყოფა:

- ა. სფინგოლიპიდები;
- ბ. ცვილები;
- გ. ტერპენები;
- დ. სტერინები.

ჰიდროლიზის უნარის მიხედვით ლიპიდები იყოფა: გასასაპნ და გაუსაპნავ ლიპიდებად. გასასაპნი ლიპიდების ჰიდროლიზის შედეგად მიიღება საპნები, მაშინ როცა გაუსაპნავი ლიპიდები არ ჰიდროლიზდებიან ცხიმოვანი მჟავის წარმოქმნით. ასეთი ლიპიდებია სტეროიდები და ტერპენები.

ცხიმოვანი მჟავები. ცხიმი შედგება სამატომიანი სპირტის გლიცერინისა და ცხიმოვანი მჟავებისაგან. ცხიმოვანი მჟავები იყოფა ნაჯერ, უჯერ და ჰიდროქსიცხიმოვან მჟავებად.

ლიპიდებიდან გამოყოფილი ცხიმოვანი მჟავები

ნაჯერი ცხიმოვანი მჟავები	
ცხიმოვანი მჟავა	ფორმულა
ერბოს მჟავა	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$
ვალერიანის მჟავა	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$
კაპრონის მჟავა	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$
კაპრილის მჟავა	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$
კაპრინის მჟავა	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$
ლაურინის მჟავა	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$
მირისტინის მჟავა	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$
პალმიტინის მჟავა	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$
სტეარინის მჟავა	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$
არაქინის მჟავა	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$
უჯერი ცხიმოვანი მჟავები	
ოლეინის მჟავა	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_9-\text{COOH}$
ერუკის მჟავა	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_{11}-\text{COOH}$
ლინოლის მჟავა	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_3-(\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2)_2-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$
ლინოლენის მჟავა	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH})_3-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$
არაქიდონის მჟავა	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-(\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2)_4-(\text{CH}_2)_3-\text{COOH}$
ჰიდროქსიცხიმოვანი მჟავები	
დიჰიდროქსილსტეარინის მჟავა	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-(\text{CHOH})_2-\text{COOH}$
ცერებრონის მჟავა	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{21}-\text{CHOH}-\text{COOH}$

ცხიმოვანი მჟავები, ისევე როგორც გლიცერინი, განიცდიან დაჟანგვას, აღდგენას და მონაწილეობენ გლიცერიდების სინთეზში.

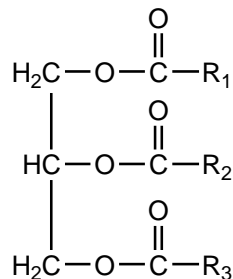
დღეისათვის ცნობილია ორასზე მეტი ცხიმოვანი მჟავა, რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდება ნახშირბადული ჯაჭვის განშტოების ხარისხისა და ხასიათის, ორმაგი ბმების რიცხვისა და მდებარეობის და ნახშირბადული ჯაჭვის სიგრძის მიხედვით. მცენარეულ და ცხოველურ ლიპიდებში შემავალი ცხიმოვანი კარბონმჟავები შეიცავენ ნახშირბადატომთა ლუწ რიცხვს (4-იდან 22-მდე) და ნორმალური აღნაგობა აქვთ. უჯერი მჟავები შეიცავენ ერთ, ორ, სამ და ოთხ ორმაგ ბმას, რომლებსაც ცის-კონფიგურაცია აქვთ. ნაჯერი ცხიმოვანი კარბონმჟავებიდან აღსანიშნავია პალმიტინმჟავა და სტეარინმჟავა, ხოლო უჯერი მჟავებიდან ოლეინმჟავა, ლინოლმჟავა, ლინოლენმჟავა და არაქიდონმჟავა.

ადამიანის ორგანიზმისათვის არაქიდონის მჟავას განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს, რამდენადაც მისგან ხდება პროსტაგლანდინების და ლეიკოტრიენების სინთეზი. ლინოლმჟავა და ლინოლენმჟავა არ სინთეზირდება ადამიანის ორგანიზმში და მხოლოდ საკვებთან ერთად ხვდება მასში. ეს მჟავები აუცილებელია ნორმალური ლიპიდური ცვლისათვის, რის გამოც მათ შეუცვლელ ცხიმოვან მჟავებს უწოდებენ. ლინოლმჟავათი და ლინოლენმჟავათი მდიდარია მცენარეული ზეთები. ეს მჟავები ხელს უწყობს სისხლში ქოლესტერინის (ათეროსკლეროზის განვითარების ერთ-ერთი ფაქტორის) რაოდენობის შემცირებას. სელის ზეთიდან მიღებულია პრეპარატი ლინეტოლი, რომელსაც იყენებენ ათეროსკლეროზის პროფილაქტიკისა და მკურნალობისათვის. მასში ეთილის ეთერების სახით ოლეინმჟავას და ლინოლმჟავას შემცველობა შეადგენს 15%-ს, ლინოლენმჟავასი 57%, ხოლო სხვა კარბონმჟავებისა 9%.

გლიცერინშემცველი ლიპიდები. ნეიტრალური ლიპიდები

ბუნებრივი ცხიმი უმეტესად რთული გლიცერიდებია. გლიცერიდების ღვობის ტემპერატურა, მათში შემავალი ცხიმოვანი მჟავების ღვობის ტემპერატურასთან შედარებით დაბალია. ცხიმში წარმოდგენილი ცხიმოვანი მჟავების უჯერობის მატების შესაბამისად ღვობის ტემპერატურა მცირდება. ცხიმოვანი მჟავების ნაჯერობის გაზრდის პარალელურად, ღვობის ტემპერატურა მატულობს. მაგალითად, ცხერის ქონში, რომელსაც ადამიანი ძნელად ინელებს, ჭარბადაა ნაჯერი ცხიმოვანი მჟავები პალმიტინისა და სტეარინის მჟავების სახით. შესაბამისად, ღვობის ტემპერატურა 40°C-ია. ფრინველის ქონში, პირიქით, ჭარბადაა უჯერი ცხიმოვანი მჟავები (ოლეინის მჟავა) და, შესაბამისად ღვობის ტემპერატურა 34°C-ია. ამით არის განპირობებული, რომ ფრინველის ცხიმის მონელების ხარისხი ცხერის ქონთან შედარებით გაცილებით მაღალია.

ცხიმები წარმოადგენენ გლიცერინის რთულ ეთერებს. გლიცერინის სამი ჰიდროქსიდან, ჩვეულებრივ ეთერიფიცირებულია სამივე. ამის მიხედვით ცხიმები იყოფა: მონო-, დი- და ტრიგლიცერიდებად. მათ ნეიტრალური ცხიმები ეწოდება. უფრო გავრცელებულია ტრიგლიცერიდები, მათი ზოგადი ფორმულაა:

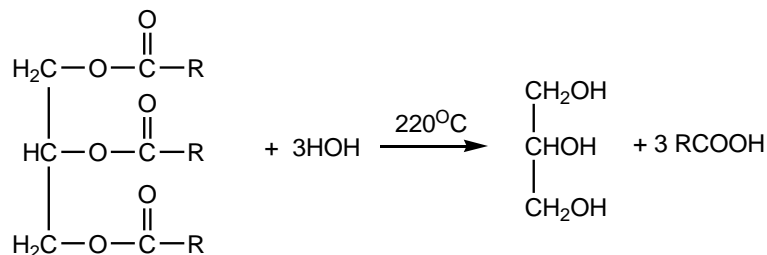


სადაც, R₁, R₂ და R₃ ცხიმოვანი მჟავას რადიკალებია.

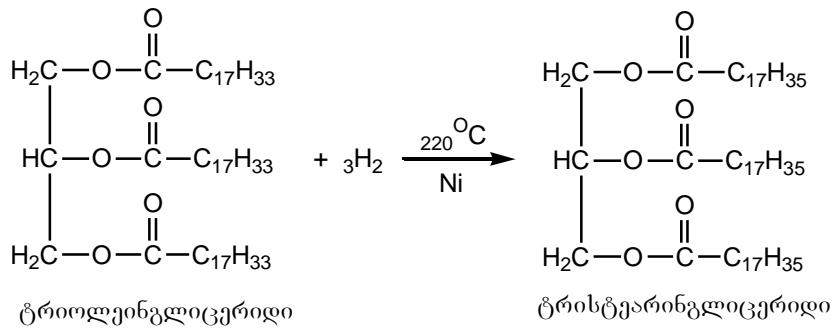
ცხიმები, წარმოშობის მიხედვით, იყოფა ცხოველურ და მცენარეულ ცხიმებად. ცხოველური ცხიმი მყარია, მცენარეული კი - თხევადი. ცხოველური ცხიმი შედგება ნაჯერ მჟავათა ნაშთებისაგან, მცენარეული - უჯერი მჟავების ნაშთებისაგან. სხვადასხვა წარმოშობის ცხიმი სხვადასხვა შედგენილობისაა, მაგალითად, ადამიანის კანქვეშა ცხიმი მდიდარია ნაჯერი მჟავების ნაშთებით, ღვიძლის ცხიმი - უჯერი მჟავების ნაშთებით.

ცხიმებს ახასიათებთ ეთერებისათვის დამახასიათებელი ყველა რეაქცია: შესაპნის, ჰალოგენებისა და წყალბადის მიერთების და დაჟანგვის რეაქციები. განვიხილოთ ეს რეაქციები ცალ - ცალკე:

1. შესაპნის რეაქცია. ცხიმი, როგორც რთული ეთერი, წყალთან გაცხელებით, განიცდის ჰიდროლიზს. მრეწველობაში ჰიდროლიზს ატარებენ გადახურებული წყლის ორთქლით:

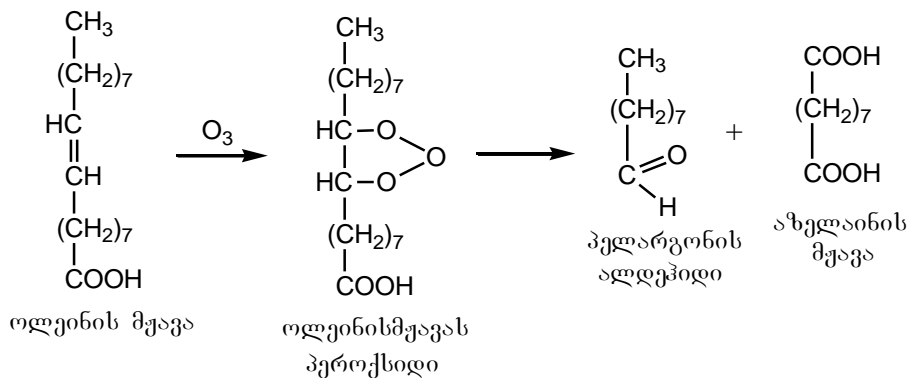


ცხიმის ჰიდროლიზი მიმდინარეობს ტუტის წყალხსნართან გაცხელების პირობებშიც:



ამ რეაქციას ხშირად იყენებენ ტექნიკაში, როდესაც სურთ თხევადი მცენარეული ზეთის გამყარება.

4. დაჟანგვის რეაქცია. ცხიმები შენახვის პროცესში, განსაკუთრებით, სინათლისა და ჰაერის მოქმედებით განიცდის დამბადებას. უჯერი ცხიმოვანი მჟავები ადვილად რეაგირებენ დამჟანგავ ნივთიერებებთან. ოზონით დაჟანგვისას მიღებული პეროქსიდი იშლება პელარგონის ალდეჰიდად და აზელაინის მჟავად:



ცხიმების დამბადება ხდება აგრეთვე ბაქტერიებისა და ობის სოკოების გავლენით.

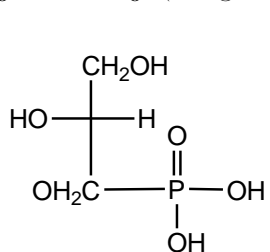
ფოსფოლიპიდები

ფოსფოლიპიდები ბიოლოგიური მემბრანის ძირითადი კომპონენტებია. ისინი წარმოადგენენ ფოსფორმჟავასა და გლიცერინის ან სფინგოზინის რთულ ეთერებს. ფოსფოლიპიდებში შედის:

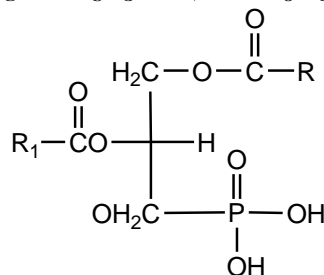
ა. გლიცეროფოსფოლიპიდები; ბ. გლიკოლიპიდები;

გლიცეროფოსფოლიპიდები. ბუნებაში ყველაზე მეტად გავრცელებულია გლიცეროფოსფოლიპიდების დიაცილური ფორმები (R და R₁ – ცხიმოვანი მჟავას ნაშთი). გლიცეროფოსფოლიპიდებში გლიცერინის ერთ-ერთი პირველადი სპირტული ჯგუფის წყალბადი ჩანაცვლებულია ფოსფორმჟავას ნაშთით. დარჩენილი ორი ჰიდროქსილის ჯგუფის წყალბადატომები კი ნახშირწყალბადური რადიკალებით, რომლებიც გლიცერინს უკავშირდებიან რთულეთერული ან მარტივეთერული ბმებით. ამ ნაერთებში ნახშირბადის ერთი ქირალური ატომია, რის გამოც ისინი არსებობენ ორი სტერეოიზომერის სახით. უნდა აღინიშნოს, რომ ბუნებაში არსებული ყველა ფოსფოლიპიდი L - რიგისაა.

ცოცხალ ორგანიზმებში გავრცელებულია გლიცეროფოსფოლიპიდების დიაცილური ფორმები, რომელთაც L – ფოსფატიდური მჟავას წარმოებულებს უწოდებენ.

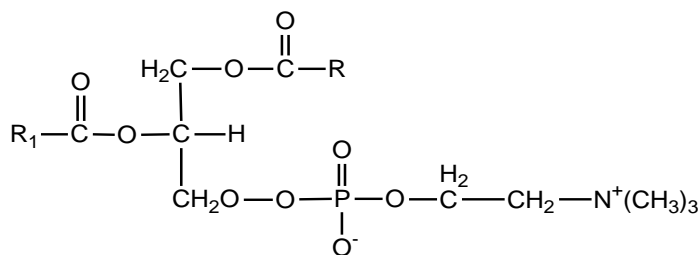


L-გლიცერო-3-ფოსფატი



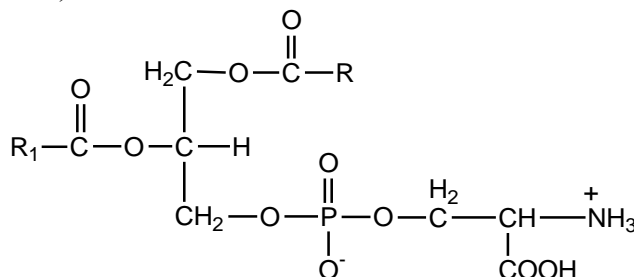
გლიცეროფოსფოლიპიდი

გლიცეროფოსფოლიპიდებიდან აღსანიშნავია ფოსფატიდილქოლინები ანუ ლეციტინები, ფოსფატიდილსერინები, პლაზმალოგენები ანუ ფოსფატიდილეთანოლამინი. ფოსფატიდილქოლინები ანუ ლეციტინები შეადგენს უმადლეს ცხოველთა და მცენარეთა ქსოვილში შემავალ ფოსფოლიპიდთა 50%-ს.



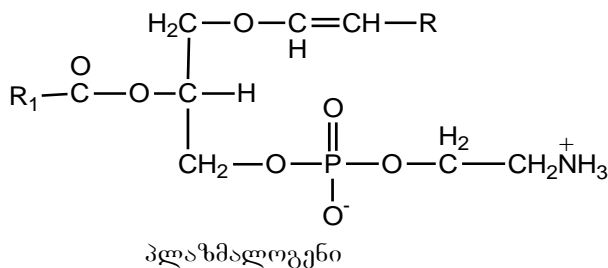
ფოსფატიდილქოლინი

ფოსფატიდილსერინები თითქმის ყველა პროკარიოტული და ეუკარიოტული უჯრედის მემბრანის შედგენილობაში გვხვდება. ისინი დიდი რაოდენობითაა ძუძუმწოვრების ტვინში (დაახლოებით 15%).

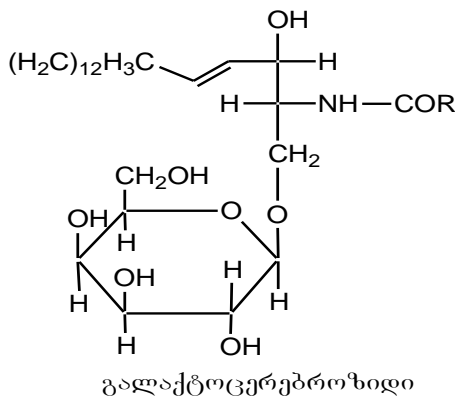


სადაც, R - R₁ ცხიმოვანი მჟავას ნაშთია.

შედარებით ნაკლებადაა გავრცელებული პლაზმალოგენები ანუ ფოსფატიდილეთანოლამინები, ანუ კეფალინები. ისინი ბაქტერიული უჯრედების ერთ-ერთ ძირითად კომპონენტს წარმოადგენენ. ცენტრალური ნერვული სისტემის ლიპიდების საერთო რაოდენობის 10% პლაზმალოგენებია.

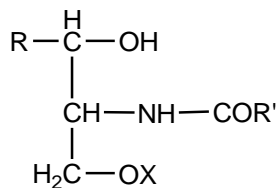


გლიკოლიპიდები. გლიკოლიპიდები შეადგენს ლიპიდების დიდ ჯგუფს, რომლებშიც ძირითადი შაქროვანი კომპონენტებია გლუკოზა და გალაქტოზა, მათი სულფატები (გალაქტოზილსულფატი), ამინშაქრები (გალაქტოზამინი, გლუკოზამინი და მათი N-აცილირებული ნაწარმები) და სიალმჟავები. გლიკოლიპიდების შედგენილობაში არ გვხვდება ფოსფორმჟავა და მასთან დაკავშირებული აზოტოვანი ფუნქცია. მათი ტიპური წარმომადგენელია ცერებროზიდები და განგლიოზიდები. აღნიშნული გლიკოლიპიდები შეიცავს სფინგოზინს. ცერებროზიდებში, რომლებიც შედის ნერვული უჯრედების გარსის შედგენილობაში, ცერამიდის ნაშთი დაკავშირებულია D-გლუკოზასთან (გლუკოცერებროზიდები) ან D-გალაქტოზასთან (გალაქტოცერებროზიდები) β-გლიკოზიდური ბმით. გალაქტოცერებროზიდი შედის ტვინის შედგენილობაში.



სადაც $\text{R}=\text{C}_{23}\text{H}_{47}$

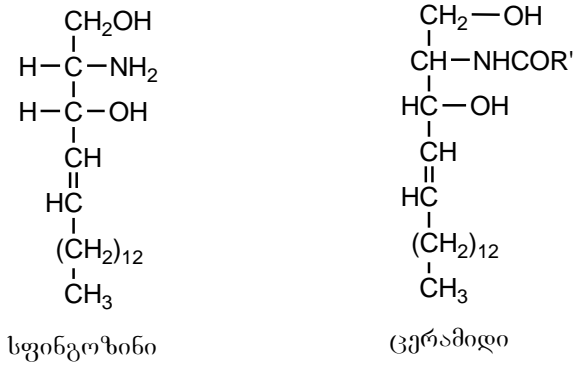
განგლიოზიდები გლიკოლიპიდებია, რომელთა შემადგენლობაში შედის სიალმჟავას ერთი ან რამდენიმე ნაშთი და ოლიგოსაქარიდული ჯაჭვი. ეს ნაერთები პირველად აღმოჩენილ იქნა განგლიებში (აქედან წარმოიშვა მათი სახელწოდება). განგლიოზიდები შედის ძუძუმწოვრების ქსოვილში, განსაკუთრებით ბევრია თავის ტვინში. განგლიოზიდების ზოგადი ფორმულაა:



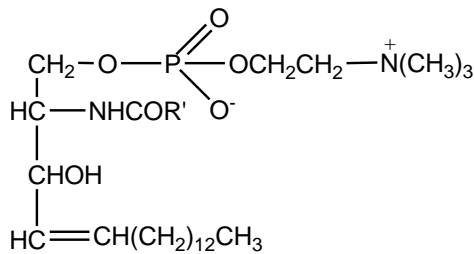
X ნახშირწყლის ნაშთია, რომელიც შეიცავს ტეტრაგლიკოზიდს, მის შედგენილობაში შედის D-გალაქტოზის, D-გალაქტოზამინის ნაშთები, რომლებიც ერთმანეთთან დაკავშირებულია α-1,4, β-1,4, β-1,3 ტიპის ბმებით.

ლიპიდები რომლებიც გლიცერინს არ შეიცავენ

სფინგოლიპიდები. სფინგოლიპიდი სფინგოზური ფუძის რთული ეთერია, სადაც სფინგოზური ფუძე დაკავშირებულია ცხიმოვან მუკავებთან ამინჯგუფით და არა ჰიდროქსილის ჯგუფით. ამის გამო სფინგოლიპიდებში მყარდება არა რთულეთერული, არამედ ამიდური ბმა. სფინგოზინური ფუძე შეიცავს უჯერ ბმებსა და რამდენიმე ჰიდროქსილის ჯგუფს. სფინგოლიპიდებში ორმაგი ბმა, როგორც წესი, ტრანს კონფიგურაციაშია. სფინგოლიპიდებში განსაკუთრებით გავრცელებულია სფინგოზინი.



სფინგოზინი უჯერი ორატომიანი ამინოსპირტია, რომელიც C-4-თან შეიცავს ორმაგ ბმას ტრანს-კონფიგურაციაში, ხოლო C-2 და C-3 ხირალური ატომი D-კონფიგურაციაშია. სფინგოზური ფუძის N-წარმოებულებს ეწოდება ცერამიდი. სფინგოლიპიდები ცერამიდის C-1-ის წარმოებულებია. ცერამიდის ისეთ წარმოებულს, რომლის C-1-თან ჰიდროქსილის წყალბადი ჩანაცვლებულია ფოსფორილქოლინის ჯგუფით, სფინგომიელინი ეწოდება. სფინგოლიპიდების ყველაზე უფრო გავრცელებული წარმომადგენელია სფინგომიელინი. მასში C-1-თან ჰიდროქსილის წყალბადი ჩანაცვლებულია ფოსფორილქოლინის ჯგუფით:



ორგანიზმში ზოგიერთი პათოლოგიური ცვლილებები დაკავშირებულია სფინგომიელინის შემცველობის ზრდასთან ან შემცირებასთან. მაგალითად, აორტის კედლებში მისი რაოდენობის გაზრდა შემჩნეულია ათეროსკლეროზის დროს. იგი შედის ერითროციტებში, თირკმლებში. უჯრედში იგი ლოკალიზებულია პლაზმატურ მემბრანაში. სფინგომიელინის ჰიდროლიზის დროს წარმოიქმნება ცხიმოვანი მუკავა, ორატომიანი უჯერი ამინსპირტი ცის- სფინგოზინი, ქოლინი და ფოსფორმუკავა.

ცვილები (ლიპიდები რომლებიც გლიცერინს არ შეიცავენ) უმაღლესი ცხიმოვანი მუკავებისა და უმაღლესი ერთატომიანი სპირტების რთული ეთერებია და ცხოველური ან მცენარეული წარმოშობისაა. ისინი ქმნიან მცენარეებში, ცხოველებსა და მწერებში წყალგაუმტარ საფარველს (სპერმაცეტი, ფუტკრის ცვილი). მათ შედგენილობაში უმაღლესი უმაღლესი ერთატომიანი სპირტებიდან შეგვიძლია დავასახელოთ ცეტილის – C₁₅H₃₁CH₂OH და მირიცილის – C₂₉H₅₉CH₂OH სპირტები. ისინი ძირითადად გავრცელებულია პალმიტინმუკავას რთული ეთერების სახით. აცეტილპალმიტატი – C₁₅H₃₁COOCH₂C₁₆H₃₃ წარმოადგენს სპერმაცეტის ძირითად კომპონენტს; თავის ქალის

ღრუებიდან გამოყოფილია სპერმატოციტის ზეთი, რომელიც პალმიტინის მჟავას და ცეტილის სპირტის რთული ეთერია და გამოიყენება პარფიუმერულ წარმოებაში. ცვილები მარტივ, გასასაპნ ლიპიდებს მიეკუთვნება. ცვილები ხელს უშლის მიკროორგანიზმების განვლადობას. ხეხილის შენახვა დიდად არის დამოკიდებული ნაყოფების კანში ცვილების რაოდენობის შემცველობაზე.

ცხოველური ცვილებიდან აღსანიშნავია ფუტკრის ცვილი, ცხვრის მატყლის ცვილი ლანოლინი (შალის ცვილი) და ვეშაპის სპერმატოციტი (დიდი რაოდენობითაა ვეშაპის თავის ქალაში). ფუტკრის ცვილი წარმოადგენს მირიცილის სპირტისა და პალმიტინმჟავას რთულ ეთერს (პალმიტინ-მირიცილის ეთერი). მისი ფორმულაა: $C_{15}H_{31}COOCH_2C_{30}H_{61}$. ახანგრძლივებს თაფლის შენახვის ვადას, გამოირჩევა განსაკუთრებული გამძლეობით გარემო ფაქტორების მიმართ (სინათლე, ქიმიური და ფიზიკური ფაქტორები). სწორედ ამით არის განპირობებული, რომ დღეს სარკოფაგებში გამოვლენილია მრავალი ათასი წლის ასაკის ფუტკრის ცვილი. ცხოველური ცვილი ლანოლინი იცავს კანსა და თმებს წყლის მავნე ზემოქმედებისაგან.

მცენარეული ცვილებიდან გავრცელებულია სელის, კარნაუბის-პალმის ცვილები, რომლებიც წარმოადგენს 26-დან 34-მდე ნახშირბადატომის შემცველი მჟავებისა და სპირტების რთულ ეთერებს.

ლიპიდური მიცელები

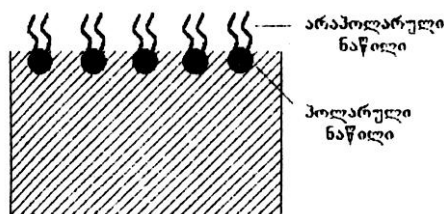
წყალხსნარებში პოლარული ლიპიდები განიცდიან დისპერსიას და წარმოქმნიან მიცელებს. ლიპიდების ნახშირწყალბადოვანი ნაშთები ასეთ მიცელებში წყალთან კონტაქტში არ იმყოფებიან და წარმოქმნიან ჰიდროფობურ ფაზას, ხოლო ჰიდროფილური ნაწილი ლაგდება წყლის ზედაპირზე. მიცელები ზოგჯერ შეიცავენ ათასამდე ლიპიდურ მოლეკულას, ამიტომ ასეთი ნაწილაკების მასა შეიძლება იყოს საკმაოდ დიდი. პოლარული ლიპიდები წყლის ზედაპირზე წარმოქმნიან მონომოლეკულურ შრეებს, სადაც მოლეკულის ჰიდროფილური ნაწილი მიმართულია წყლის ფაზისკენ, ხოლო ნახშირწყალბადების ნაშთი – ჰაერის ჰიდროფობური ფაზისკენ (სურ.16). ფოსფოლიპიდები ადვილად წარმოქმნიან არა მარტო მონომოლეკულურ, არამედ ბიმოლეკულურ შრეებსაც, რომლებშიც ნახშირწყალბადოვანი ნაშთები შრის შიგნითაა მიმართული და წარმოქმნიან უწყვეტ ნახშირწყალბადოვან ფაზას, ხოლო ჰიდროფილური ნაწილები მოთავსებულია გარეთ, შრის ორივე მხრიდან და ურთიერთქმედებენ წყალთან (სურ. 16ა).

ლიპიდური მიცელების სტრუქტურა ორგანულ გამხსნელებში. გამხსნელის ბუნების მიხედვით, ლიპიდები წარმოქმნიან ჩვეულებრივი ტიპის მიცელებს, ან ე.წ. „ამობრუნებულ“ მიცელებს. „ამობრუნებულ“ მიცელებში, რომლებიც არსებობენ ისეთ გამხსნელებში, როგორიცაა ბენზოლი, ჰექსანი და სხვა, ლიპიდების მოლეკულებს აქვთ განსხვავებული ორიენტაცია: მათი ჰიდროფობური ნაწილი მიმართულია გამხსნელის მიმართულებით, ხოლო პოლარული ნაწილი წარმოქმნის მიცელის ცენტრალურ ჰიდროფილურ უბანს. „ამობრუნებული“ მიცელების წარმოქმნა შედარებით გაადვილებულია არაპოლარულ გამხსნელებში მცირეოდენი წყლის დამატებით (სურ. 16ბ).

არაპოლარული ორგანული გამხსნელით გარემოცული „ამობრუნებული“ მიცელის პოლარული უბანი წარმოადგენს ბიოლოგიურ მემბრანებში ფერმენტის რეგულაციის მექანიზმების შესწავლის საუკეთესო მოდელს.

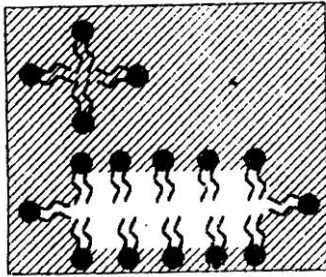
თხევადი კრისტალები. ლიპიდური ორმაგი შრე შეიძლება იმყოფებოდეს ძირითადად ორ ფაზურ მდგომარეობაში – კრისტალურში და თხევად-კრისტალურში. ხშირად მათ უწოდებენ „მყარს“ ან „თხევადს“. მათი ერთმანეთში გადასვლა ხორციელდება ლიპიდური მოლეკულების ნახშირწყალბადოვანი ჯაჭვების გაღვლით (სურ. 16გ) ან გამოყინვით. ორმაგი შრის გადასვლა კრისტალურიდან თხევად-კრისტალურში (ან პირიქით) მიმდინარეობს მკაცრად განსაზღვრულ ტემპერატურაზე, რომელიც დამახასიათებელია მოცემული ლიპიდისათვის და მას უწოდებენ გელი-თხევადი კრისტალების ფაზური გადასვლის ტემპერატურას (t_გ).

სურ. 16

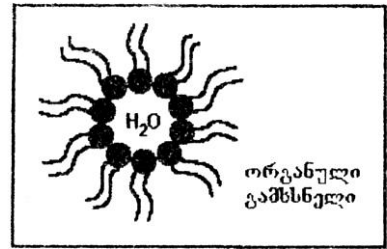


ერთმაგი შრე ჰაერი-წყლის გამყოფ ზედაპირზე

სურ. 16 ა



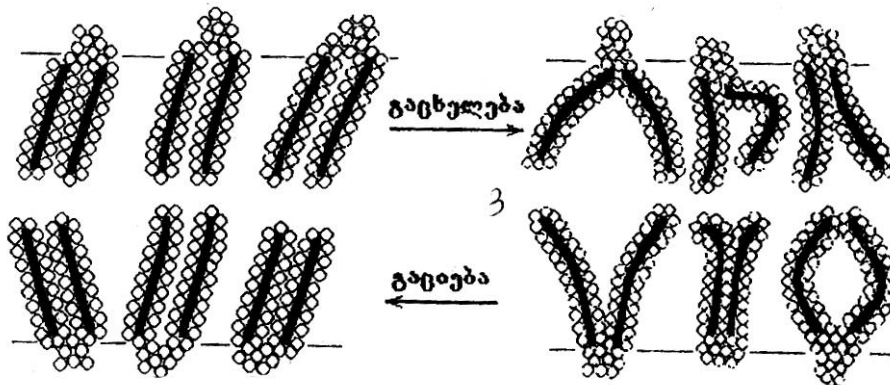
სურ. 16 ბ



ლიპიდური მიცელის სტრუქტურა წყალში

„ამობრუნებული“ მიცელა (ორგანული გამხსნელი + წყალი)

1.



სურ. 16

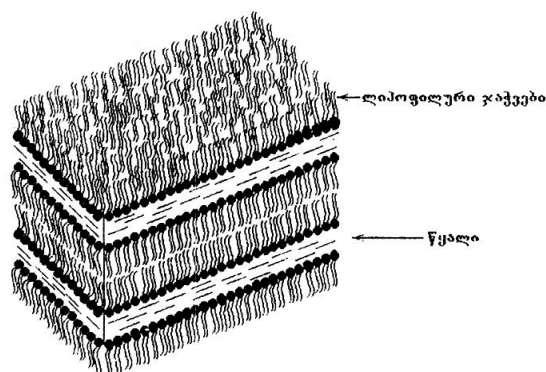
ლიპიდური ორმაგი შრის კრისტალური მდგომარეობა;
ლიპიდური ორმაგი შრის თხევად-კრისტალური მდგომარეობა

გერმანელმა მეცნიერმა რეინიტცერმა, სწავლობდა რა ქოლესტერინის ეთერებს, ქოლესტერინბენზოატის ღლიობის ტემპერატურის ზევით მოულოდნელად აღმოაჩინა შუალედური ფაზა. ასეთ ნაერთთა კრისტალები ღლივდნენ 149⁰ C ტემპერატურაზე მღვრიე სითხის წარმოქმნით, რომელიც გარდაიქმნებოდა ჭეშმარიტ იზოტროპულ სითხედ 179⁰ C ტემპერატურაზე. ღემანი ქოლესტერინბენზოატის ღლიობის პროცესს აკვირდებოდა პოლარიზაციულ მიკროსკოპში. მან შეამჩნია, რომ მიღებულ მღვრიე სითხეს გააჩნია ოპტიკური ანიზოტროპია. ასეთივე თვისებები აღმოაჩნდა მრავალ სხვა ნივთიერებებს, მათ შორის ფოსფოლიპიდებსაც.

თხევად-კრისტალური თვისებები გააჩნია შემდეგ ლიპიდებს: ფოსფატიდილიქოლისს, სფინგომიელინს, ფოსფატიდილეთანოლამინს, მონოგლიცერიდებს, ქოლესტერინის რთულ ეთერებს. ღემანმა ნივთიერების ახლად აღმოჩენილ მდგომარეობას თხევად-კრისტალური უწოდა. შემდეგში მოწოდებულ იქნა ტერმინი მეზოფაზა, რაც ნიშნავს შუალედურს. გარდა ამისა, შემოთავაზებულ იქნა ტერმინები: კრისტალური სითხეები, თხევადი კრისტალები და ანიზოტროპული სითხეები.

ამჟამად ცნობილია თხევადი კრისტალების ორი ძირითადი ტიპი: თერმოტროპული და ლიოტროპული. თერმოტროპული თხევადი კრისტალები მიიღება მეზოგენური (ანუ თხევად-კრისტალური მდგომარეობის უნარის მქონე) ნივთიერების გაცხელებით, ხოლო ლიოტროპული თხევადი კრისტალები წარმოიქმნება ორი ნაერთის შერევით, რომელთაგან ერთი წარმოადგენს გამხსნელს (მაგალითად, წყალი).

უმეტეს შემთხვევაში, ლიოტროპულ თხევად კრისტალებს გააჩნია ღამერული (ფენოვანი) სტრუქტურა. ამ დროს მოლეკულები განლაგებულია ორმაგ შრეში ისე, რომ წყალში უხსნადი კუდები ერთმანეთში იხსნება, ხოლო მოლეკულის იონური ნაწილი-წყალში (სურ.17).



წყალი-ლიპიდის სისტემის ლამერული წყობა,
რომელსაც წარმოქმნის ორმაგი შრე

ლამელური ფაზის სტრუქტურა დადგენილ იქნა რენტგენოსტრუქტურული ანალიზით. შრის სისქე მოლეკულის გაორმაგებულ სიგრძეზე ნაკლებია და ტემპერატურისა და წყლის კონცენტრაციის ზრდასთან ერთად მცირდება. შესაძლოა, ეს გამოწვეულია ნახშირწყალბადოვანი ჯაჭვის გაღუნვით ან შრეში მოლეკულების დახრილად განლაგებით. წყლის კონცენტრაციის გაზრდისას, ლამელური სტრუქტურა შეიძლება გადავიდეს კუბურში, რადგან კრისტალური წყობა წყლის მიმატებით ირღვევა. კუბურიდან გადადის ჰექსაგონალურში და ბოლოს მიიღება ჭეშმარიტი ხსნარი.

კუბური სტრუქტურა წარმოქმნილია სფეროს წყობის მქონე ამფიფილური მოლეკულებით. ჩვეულებრივ, კუბური სტრუქტურის დროს, მოლეკულის პოლარული თავები სფეროს ზედაპირზე ძვეს, ხოლო მათი წყალში უხსნადი უბნები მიმართულია ცენტრისკენ. ჰექსაგონალური სტრუქტურა წარმოადგენს ცილინდრული წყობის მქონე მოლეკულებს. მის სტრუქტურაში მოლეკულის წყალში უხსნადი ნაწილი მიმართულია ცილინდრის ცენტრისაკენ, ხოლო იონური თავები განლაგებულია მის პერიფერიაზე. ცილინდრების გრძელი ღერძები პარალელურია. ფოსფოლიპიდების კრისტალებისათვის მოლეკულების წყობის ლამელური ხასიათი საერთოა. თერმოტროპული თხევადი კრისტალები ხასიათდებიან პოლიმორფიზმით, ე.ი. თხევადი კრისტალი შეიძლება იმყოფებოდეს რამდენიმე თხევად-კრისტალურ ფაზაში. თერმოტროპული თხევადი კრისტალები გაცხელებისას (მყარი მდგომარეობიდან თხევადში გადასვლისას) გადის რამდენიმე მეზოფაზას.

მემბრანის ჩონჩხის სტრუქტურა განისაზღვრება ლიპიდების მოლეკულების წყობით. ლიპიდურ ორმაგ შრესთან დაკავშირებულია მემბრანული ცილებიც, რომელთაგან ზოგიერთი ასრულებს ფერმენტულ ფუნქციას. უდავოა, რომ ლიპიდების ფიზიკური მდგომარეობის ცვლილება განაპირობებს ბიოლოგიური მემბრანების სტრუქტურისა და ფუნქციის დრმა ცვლილებებს.

უჯრედული მემბრანის მოლეკულური კომპონენტები. როგორც ცნობილია, ბიოლოგიური მემბრანები მდიდარია ლიპიდებით, განსაკუთრებით ფოსფოლიპიდებით (პოლარული), რომლებიც შეადგენენ მიტოქონდრიებისა (95%) და ერითროციტების (53%) მემბრანების მთავარ ლიპიდურ კომპონენტებს. მემბრანათა უმრავლესობა შეიცავს შედარებით მცირე რაოდენობით ტრიაცილგლი-ცერინებსა და სტერინებს. გამონაკლისს წარმოადგენს ცხოველთა უჯრედის მემბრანები, რომლებიც დიდი რაოდენობით შეიცავენ ქოლესტერინს.

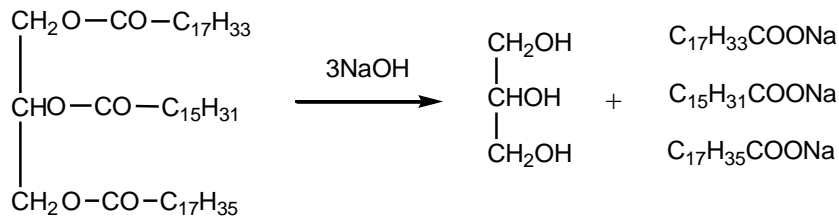
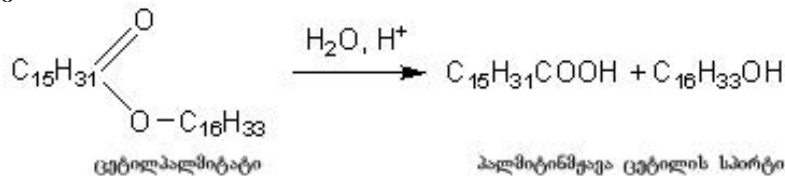
ექსპერიმენტული მონაცემებით დადგენილია, რომ სხვადასხვა წარმოშობისა და დანიშნულების მქონე მემბრანებს ფოსფოლიპიდების სხვადასხვა თანაფარდობა ახასიათებს, რაც განაპირობებს მემბრანის ფუნქციის სხვადასხვაობას.

ლიპიდების ქიმიური თვისებები

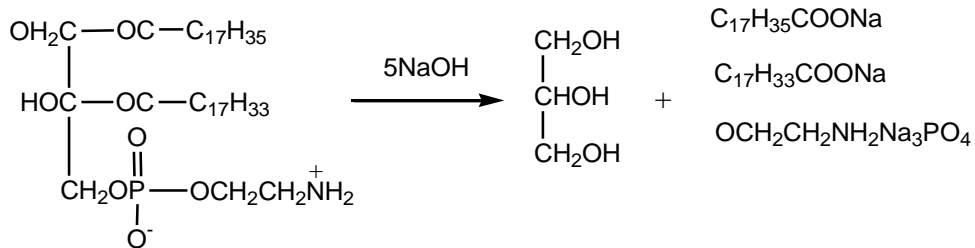
ლიპიდებისათვის დამახასიათებელია ჰიდროლიზის, მიერთებისა და დაჟანგვის რეაქციები.

1. ჰიდროლიზის რეაქცია. გასაპნადი ლიპიდების დამახასიათებელი რეაქციებიდან განსაკუთრებული ადგილი უკავია ჰიდროლიზის რეაქციას. მისი საშუალებით ადგენენ ლიპიდების აღნაგობას, ასევე ღებულობენ სახალხო მეურნეობისათვის საჭირო პროდუქტებს (საპონი).

ჰიდროლიზი წარმოადგენს ორგანიზმში საკვები ცხიმების უტილიზაციისა და მეტაბოლიზმის პირველ სტადიას. ჰიდროლიზის რეაქცია ხორციელდება გადახურებული ორთქლის მოქმედებით ან წყალთან გაცხელებით მინერალური მჟავების ან ტუტეების მონაწილეობით (გასაპნა). ორგანიზმში ჰიდროლიზი მიმდინარეობს ფერმენტ ლიპაზას მოქმედებით. ჰიდროლიზის რეაქციის მაგალითები მოყვანილია ქვემოთ:

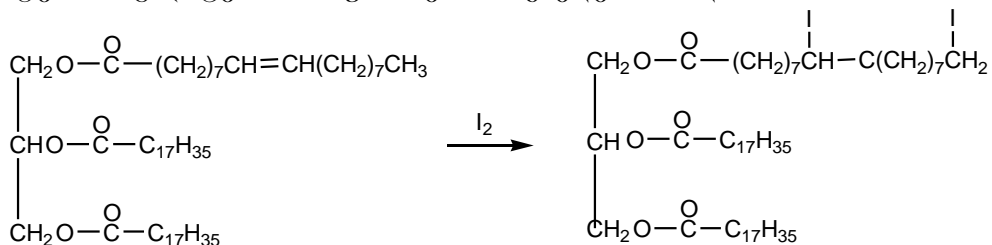


1-ოლეინ-2-პალმიტინ-3-სტეარინგლიცერინი



1-სტერინ-2-ოლეინ-3-ფოსფატიდი-
ლეთანოლამინგლიცერინი

2. მიერთების რეაქცია. უჯერი მჟავების ლიპიდები ორმაგი ბმის ხარჯზე იერთებენ წყალბადს, ჰალოგენწყალბადებს, წყალს. მაგალითად, განვიხილოთ 1-ოლეინდისტეარინ-გლიცერინის ურთიერთმოქმედება იოდთან:

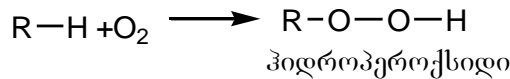


მნიშვნელოვან სამრეწველო პროცესს წარმოადგენს უჯერი მცენარეული ზეთების კატალიზური ჰიდრირება (ჰიდროგენიზაცია). ამ დროს წყალბადი უერთდება ორმაგ ბმას 160-200⁰ C ტემპერატურაზე 2-15 ატმოსფერული წნევის პირობებში ნიკელის ან პლატინის კატალიზატორის თანაობისას. ხელოვნური კარაქი (მარგარინი)

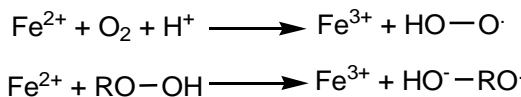
წარმოადგენს რძეში მცენარეული ზეთის ჰიდროგენირებულ ემულსიას, რომელსაც აქვს მარგარინის სუნი და ნაღები ზეთის გემო.

3. დაჟანგვის რეაქცია. ლიპიდებისა და მათი სტრუქტურული კომპონენტების მონაწილეობით მიმდინარე ჟანგვითი პროცესები მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ სასიცოცხლო პროცესებში. უჯერი ტრიაცილგლიცერინის ჰაერის ჟანგბადით დაჟანგვა წარმოადგენს კარაქის დამძაღვის პროცესის ნაწილს.

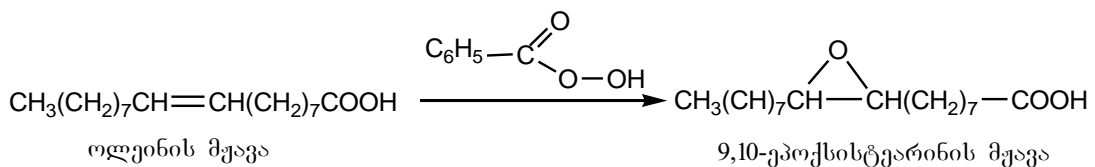
ა. ჰაერის ჟანგბადით ლიპიდების დაჟანგვის პირველად პროდუქტებს წარმოადგენს ჰიდროპეროქსიდები, რომლებიც წარმოიქმნიებიან თავისუფალი რადიკალების ხარჯზე. მოლეკულური ჟანგბადი წარმოადგენს ბირადიკალს და შეუძლია C-H ბმის მქონე ნაერთებთან ურთიერთქმედება. ჰიდროპეროქსიდების ან გარდაქმნის სხვა პროდუქტების წარმოქმნა მიმდინარეობს რადიკალური მექანიზმით.



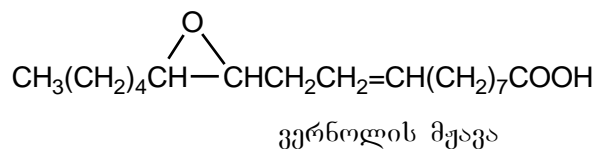
ორგანული ნაერთების დაჟანგვა ჟანგბადით შეიძლება მოხდეს ორგანიზმის პირობებშიც. პეროქსიდული დაჟანგვა წარმოადგენს უჯრედული მემბრანის დაზიანების მიზეზს. ორგანიზმში ჯაჭვის ინიცირება ხდება OH[·] ან HO₂[·] რადიკალებით, რომლებიც წარმოიქმნიებიან, მაგალითად, (II) რკინის იონის დაჟანგვის დროს წყლის არემი:



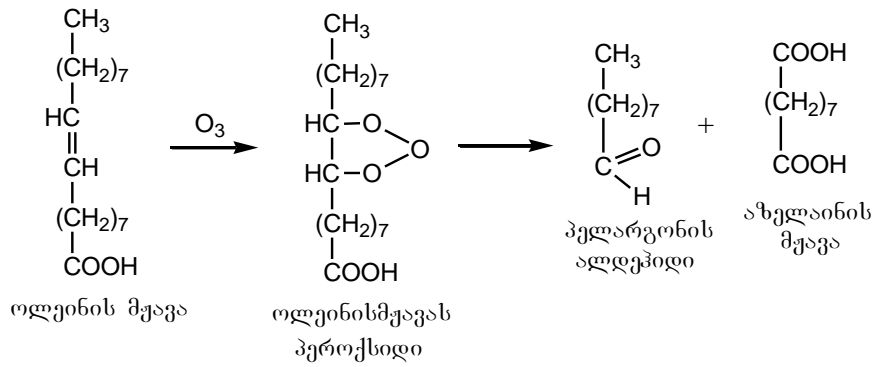
ლიპიდებზე ასეთი რადიკალების შეტევის დროს ორმაგ ბმასთან წარმოიქმნება ალილის ტიპის ახალი რადიკალი, რომელმაც შემდგომში შეიძლება წარმოქმნას ჰიდროპეროქსიდები. საბოლოოდ მიიღება მონო- და დიკარბონმჟავები მოკლე ნახშირბადული ჯაჭვებით. უჯერი ცხიმოვანი მჟავების დაჟანგვით პეროქსიმჟავებით (მაგალითად, პეროქსიბენზოინის მჟავათი) წარმოიქმნება ეპოქსიდები:



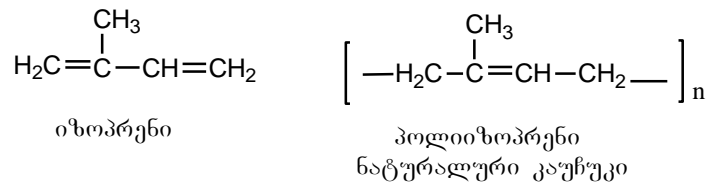
ეპოქსიმჟავები აღმოჩენილია ბუნებაში. მათ შორის აღსანიშნავია ვერნოლის მჟავა, რომელიც წარმოადგენს ლინოლისის მჟავას ეპოქსიდირების პროდუქტს C-12, C-13 ორმაგი ბმებით.



ბ. უჯერი რიგის მჟავები და ლიპიდები ჩვეულებრივ პირობებში იჟანგებიან KMnO₄-ის წყალხსნარით და წარმოქმნიან გლიკოლებს:



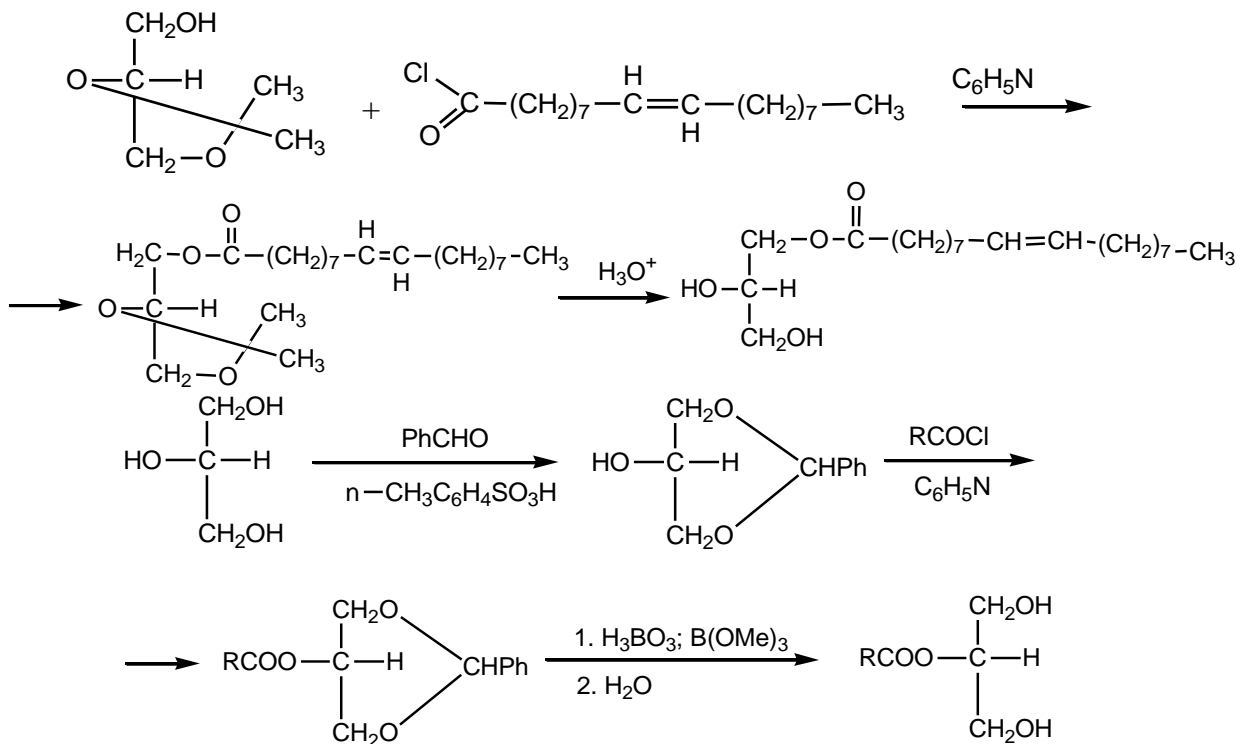
გ. ცხიმოვანი მჟავები განიცდიან ფერმენტულ დაჟანგვას, რომელიც მოიცავს სამ სტადიას: 1. α, β -დეჰიდრირებას; 2. ჰიდრატაციას და 3. დაჟანგვას. ფერმენტული დაჟანგვის დროს მიიღება β -კეტონმჟავა, ამიტომ მთელი ეს პროცესი განიხილება როგორც β -დაჟანგვა. სტადიის დასაწყისში მჟავა მონაწილეობს აქტიური ფორმით – კოფერმენტ A –სახით. რაც შეეხება გაუსაპნავ ლიპიდებს, ისინი არ ჰიდროლიზდებიან მჟავა და ტუტე გარემოში. გაუსაპნავი ლიპიდებია სტეროიდები და ტერპენები. სტეროიდები ცხოველური წარმოშობის ლიპიდებია, ხილო ტერპენები – მცენარეული წარმოშობის. ორივე შედგება ერთნაირი ხუთნახშირბადიანი ფრაგმენტისაგან – იზოპრენისაგან. იზოპრენოიდების ყველაზე გავრცელებულ ფორმას წარმოადგენს ნატურალური კაუჩუკი – იზოპრენის პოლიმერი.



ლიპიდების ქიმიური სინთეზი

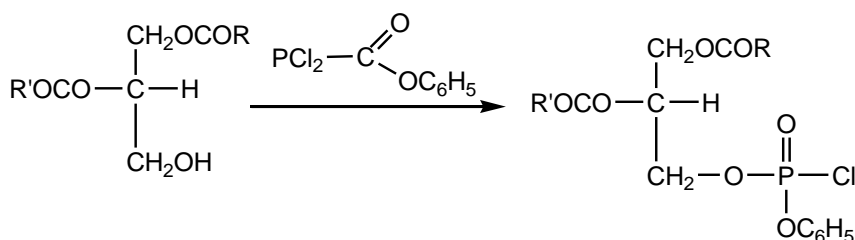
ლიპიდებს გამოყოფენ ბუნებრივი წყაროებიდან, მაგრამ ბევრ შემთხვევაში აუცილებელია მათი ქიმიური სინთეზი. ლიპიდების ქიმიური სინთეზის დროს (სხვადასხვა ჯგუფის დაცვის მიზნით) აუცილებლად უნდა ჩატარდეს აცილირების, ალკილირების, ფოსფორილირების, გლიკოზილირების რეაქციები.

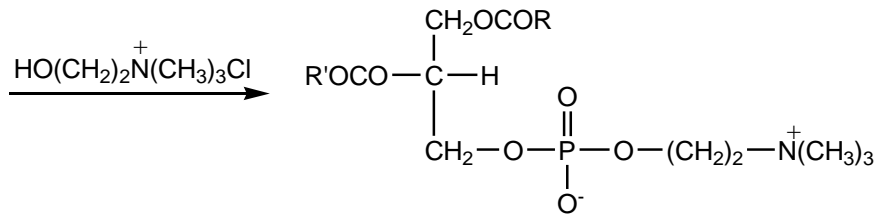
აცილირება. გლიცერინის ჰიდროქსილის ჯგუფის ან სფინგოზინებში ამინის ჯგუფის აცილირება წარმოადგენს მეტად გავრცელებულ მეთოდს. სადაც, მათი აცილირებულ აგენტად იყენებენ თვით ცხიმოვან მჟავებს, ჰალოგენანჰიდრიდებს, ანჰიდრიდებს, ეთერებს. მაგალითად, მონოაცილგლიცერინები მიიღება ბენზილირებული ან იზოპროპილიდენწარმოებული აცილირებით ქლორანჰიდრიდებით. განვიხილოთ 1- და 2-0-აცილგლიცერინების სინთეზი.



ალკილირება. ეს მეთოდი გამოიყენება მარტივი ეთერული ბმის შემცველი ლიპიდების სინთეზისათვის. მათი აცილირებულ აგენტებად იყენებენ ალკილჰალოგენიდებს, პ-ტოლუოლ ან მეთანსულფომჟავას ალკილის ეთერებს, ასევე სპირტებს. პირველად, მარტივ ეთერულბმიანი ლიპიდები გამოყოფილ იქნა 1909 წელს. ისინი შედიან უჯრედული მემბრანის შედგენილობაში.

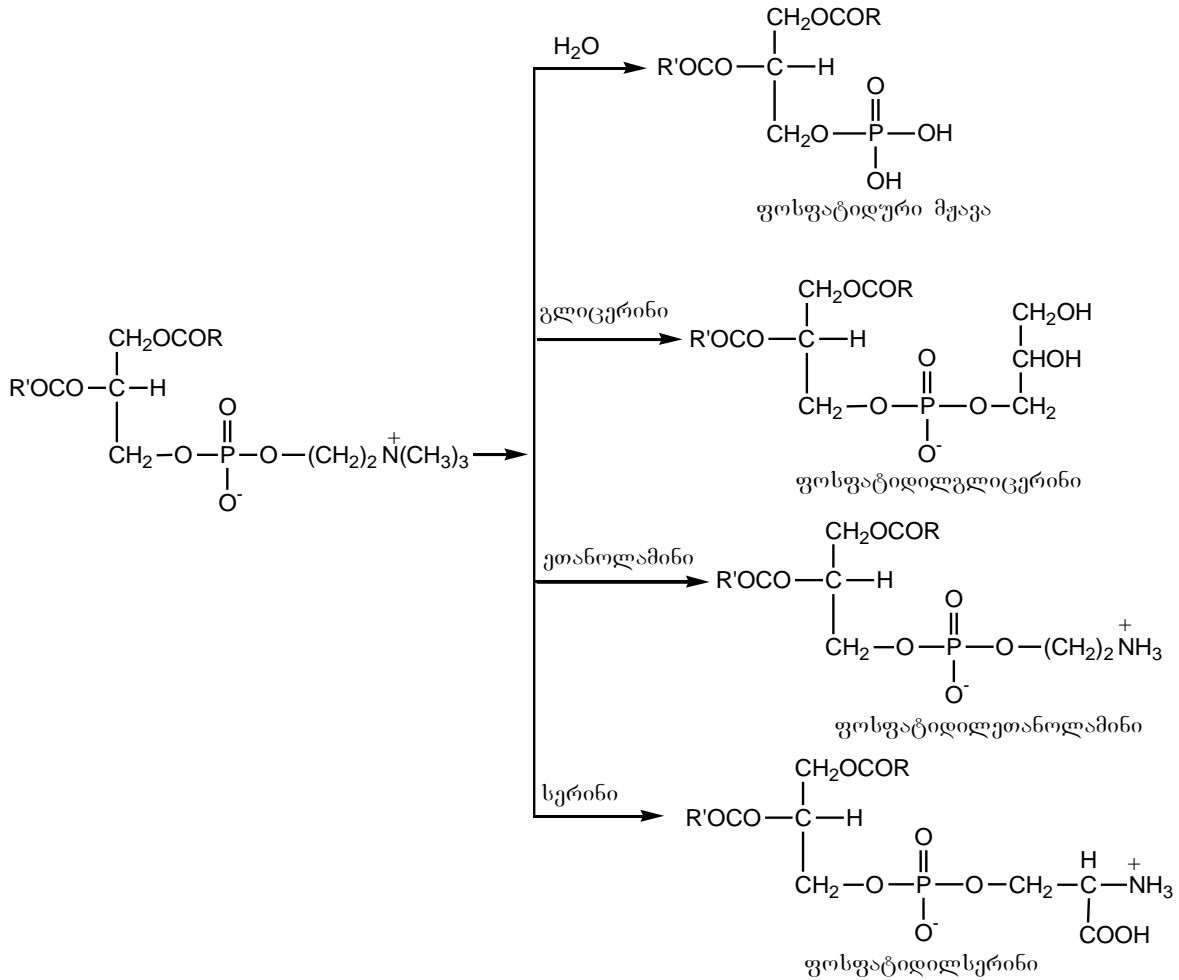
ფოსფორილირება. მაფოსფორილირებულ აგენტებად იყენებენ ფოსფორმჟავას ანჰიდრიდს, ქლორფოსფატებს. ფოსფორილირება განვიხილოთ ფოსფატიდიქოლინის სინთეზის მაგალითზე. 1,2-დიაცილ-გლიცერინის ფოსფორილირებით ფენილდიქლორფოსფატით და მიღებული ფოსფოლიპიდის მოქმედებით ქოლინქლორიდთან მიიღება ფოსფატიდიქოლინი:





R და R' უჯერი და ნაჯერი მუავების ნაშთებია.

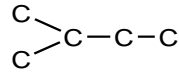
ფოსფატიდილქოლინისგან ფოსფოლიპაზა D-ს გამოყენებით შეიძლება სინთეზირებულ იქნას სხვადასხვა ფოსფოლიპიდი. კერძოდ, ფოსფატიდური მუავა, ფოსფატიდილგლიცერინი, ფოსფატიდილეთანოლამინი და ფოსფატიდილსერინი.



გლიკოზილირება. იგი ფართოდ გამოიყენება გლიკოლიპიდების სინთეზისათვის. ამ შემთხვევაში იყენებენ კენიგს-კნორისა და ორთოეთერულ მეთოდებს. გლიკოზილირება კენიგს-კნორის მეთოდით ჩატარებულ იქნა ქლოროფორმის, ვერცხლის ოქსიდისა და იოდის თანაობისას. 2,3-დი-O-ბენზილ-გლიცერინისა და 1,2-O-იზოპროპილიდენ-გლიცერინის კონდენსაციით აცეტობრომგალაქტოზასთან მიიღება β-გალაქტოზიდი 60%, ხოლო მისი ანომერი 1%-მდე.

ტერპენები

ჩვენ მიერ განხილული ყველა ლიპიდი განიცდის ჰიდროლიზს, რის შედეგადაც მიიღება საპნები. არსებობენ ლიპიდები, რომლებიც არ ჰიდროლიზდებიან ცხიმოვანი მჟავას წარმოქმნით. ასეთი ლიპიდებია: ტერპენები და სტეროიდები. ტერპენები წარმოადგენენ მცენარეული წარმოშობის ბიოლოგიურად აქტიურ ნაერთებს, რომლებიც შედიან ეთერზეთების შედგენილობაში და შეიცავენ იზოპრენულ ჩონჩხს:



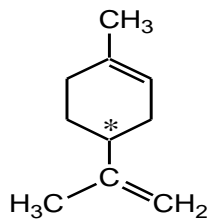
ტერპენების პირველი წარმომადგენლები გამოყოფილ იქნა სკიპიდარიდან. ტერპენების ზოგადი ფორმულაა $(\text{C}_5\text{H}_8)_{2+n}$, სადაც n -ის მნიშვნელობა იცვლება 0-იდან 8-მდე. n -ის მნიშვნელობის მიხედვით ტერპენებს ყოფენ:

- | | |
|--------------------------------|--------------------------|
| 1. მონოტერპენებად, სადაც $n=0$ | 5. ტრიტერპენებად $n=5$ |
| 2. სესკვიტერპენებად, $n=1$ | 6. ტეტრატერპენებად $n=6$ |
| 3. დიტერპენებად $n=3$ | 7. პოლიტერპენებად $n>8$ |
| 4. სესტერპენებად $n=4$ | |

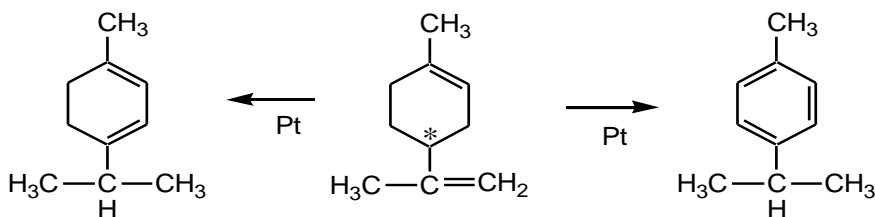
ყველა ეს ნაერთი აგებულია ე.წ. „იზოპრენული წესით“. თითოეული მათგანი შეიძლება წარმოვიდგინოთ როგორც n რაოდენობის იზოპრენული ფრაგმენტები, რომლებიც ერთმანეთთან შეერთებულია პრინციპით – „თავი-ბოლოსთან“. იზოპრენის ფრაგმენტებისაგან შემდგარ ნერთებს ზოგადად იზოპრენოიდებს უწოდებენ.

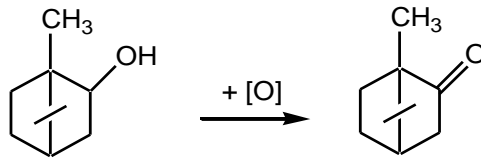
აღნაგობის მიხედვით ტერპენებს ყოფენ: მონოციკლურ და ბიციკლურ ტერპენებად. მონოტერპენები, სესკვიტერპენები და დიტერპენები წარმოადგენენ ბიციკლურ ტერპენებს. ისინი შედიან სხვადასხვა მცენარეული ზეთების შედგენილობაში. ყველა ტერპენი სითხეა, მათ აქვთ სასიამოვნო სუნი.

მონოციკლური ტერპენების წარმომადგენელია ლიმონენი, მენტოლი, ციტრალი. ლიმონენის სტრუქტურა დაადგინა რუსმა ქიმიკოსმა ვაგნერმა. ლიმონენი გვხვდება წიწვიან მცენარეებში, მას შეიცავს მრავალი ეთერზეთი, მათ შორის ლიმონის ზეთიც, რაც განაპირობებს ლიმონის სასიამოვნო სუნს. აქედან წარმოსდგება სახელწოდება „ლიმონენი“. იგი შეიცავს ერთ ასიმეტრიულ ნახშირბადის ატომს, რის გამოც არსებობს ორი ენანტიომერისა და მათი რაცემატის სახით. D-ლიმონენი გვხვდება ლიმონის ზეთში, L-ლიმონენი – ნაძვის წიწვებში, ხოლო რაცემატს დებულობენ იზოპრენის დიმერიზაციით. ლიმონენის დეჰიდრირებით კატალიზატორ პლატინის თანაობისას მიიღება არომატული ნახშირწყალბადი ციმოლი, ხოლო იმავე პირობებში ჰიდრირებით – პოლიმეთილენური ნახშირწყალბადი მენტანი:



ლიმონენი

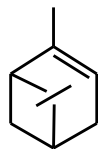




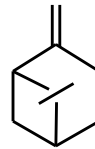
ბორნეოლი

ქაფური

ქაფური ფართოდ არის გავრცელებული ბუნებაში. სინთეზურად ქაფურს დებულობენ α -პინენისა და ბორნეოლისაგან. α -პინენიდან (სკიპიდარიდან) მიღებული ქაფური შეიცავს მრავალ ტოქსიკურ ნივთიერებას მინარევის სახით და გამოყენებულია მხოლოდ ტექნიკური მიზნებისათვის (ცელულოზის მისაღებად). ბორნეოლისაგან მიღებული ქაფური სუფთაა და გამოყენებულია მედიცინაში. იგი იწვევს ცენტრალური ნერვული სისტემის აღზნებას, ხელს უწყობს სუნთქვას, დადებითად მოქმედებს გულის კუნთის მუშაობაზე და აჩქარებს სისხლის მიმოქცევას. ბუნებაში გავრცელებულია α - და β - პინენი:



α -პინენი



β -პინენი

ისინი სკიპიდარის შემადგენელი ნაწილია. მათი ერთმანეთისაგან დაცილება შესაძლებელია ფრაქციული გამოხდით. სკიპიდარი ადვილმოდრავი სითხეა (დუღ. ტ=150-180⁰ C). წყალში არ იხსნება და აქვს დამახასიათებელი სუნი. მას იყენებენ ზეთის საღებრების წარმოებაში როგორც გამხსნელს, რომელიც ხელს უწყობს ოლიფის სწრაფ გაშრობას. სკიპიდარს დებულობენ წიწვიანი ხეების ფისოვანი გამონაყოფის წყლის ორთქლით გამოხდის შედეგად.

ტრიტერპენებიდან აღსანიშნავია სქვალენი, იგი პირველად გამოყოფილ იქნა ზვიგენის ღვიძლის ზეთისაგან და წარმოადგენს სტეროიდების ბიოსინთეზის შუალედურ პროდუქტს. ტეტრატერპენები ანუ კაროტინოიდები წარმოადგენენ ბუნებრივ პიგმენტებს, რომლებსაც ყვითელი ან წითელი ნარინჯისფერი აქვთ. მათი სახელწოდება წარმოსდგება სტაფილოს სახელწოდებიდან (ლათ. Karota – სტაფილო, ბერძნ. idos – სახეობა). ისინი განაპირობებენ ყვავილებისა და ნაყოფის შეფერილობას. კაროტინოიდები იყოფა ორ ჯგუფად: კაროტინოიდულ ნახშირწყალბადებად და C₄₀-ქსანტოფილებად. კაროტინოიდული ნახშირწყალბადებია: α , β , γ და ϵ კაროტინი და ლიკოპინი. ბუნებრივ კაროტინში დიდი რაოდენობითაა β -კაროტინი. იგი მუქი – ალისფერი კრისტალებია. ლიკოპინი წითელი – იისფერი კრისტალებია, შედის პომიდვრის შედგენილობაში და განაპირობებს მის წითელ ფერს. კაროტინოიდები შედის სხვადასხვა მცენარის (სტაფილო, გარგარი, ოხრახუში) შედგენილობაში. ცხოველური ორგანიზმი მათ საკვებიდან იღებს. ისინი ორგანიზმში ვიტამინ A-ს პროვიტამინებს წარმოადგენენ. C₄₀-ქსანტოფილებს ეკუთვნის კრიპტოქსანთინი, ლიკოპინი, ზეაქსანთინი. ლიკოპინის და β -კაროტინის ნარევი განაპირობებს გარგარის შეფერილობას. ზეაქსანთინი შეფერილობას აძლევს კვერცხის გულსა და ფორთოხლის წვეს. კაროტინოიდები იცავს უჯრედებს ფოტოდინამიკური დაზიანებისაგან, მონაწილეობს ფოტოსინთეზის პროცესში და უჯრედული მემბრანის გავლით გადააქვს ჟანგბადი. ცხოველებში კაროტინოიდები იწვევს სასქესო ჰორმონების სტიმულირებას, ადამიანებში აძლიერებს იმუნურ სტატუსს.

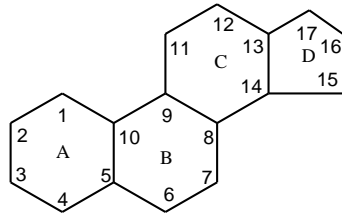
პოლიტერპენებიდან აღსანიშნავია კაუჩუკი და გუტაპერჩი. კაუჩუკს დებულობენ მცენარე ჰევეასაგან. ერთი ხიდან წლიურად იღებენ 500-დან 2000-მდე კგ რძიანას. რძიანა ანუ ლატექსი წარმოადგენს ემულსიას, რომელიც შეიცავს 20 – 60% კაუჩუკს. იგი ელასტიკური პოლიმერია.

დაბალმოლეკულური ბიორეგულატორები

დაბალმოლეკულური ბიორეგულატორები წარმოადგენენ ფიზიოლოგიურად აქტიურ ნაერთთა მრავალრიცხოვან ჯგუფს, რომლებიც ასრულებენ სხვადასხვაგვარ ფუნქციებს ადამიანთა და ცხოველთა ორგანიზმებში, მცენარეებში და მიკროორგანიზმებში. მათ მიეკუთვნება: სტეროიდები, სტეროიდული ჰორმონები, მცენარეული ჰორმონები, ფერომონები, პროსტაგლანდინები, ბუნებრივი შხამები და ტოქსინები, სამკურნალო დანიშნულების პრეპარატები, პესტიციდები, ვიტამინები, ალკალოიდები, ანტიბიოტიკები. აღნიშნული ნივთიერებების გაერთიანება ერთ ჯგუფში ეფუძნება ამ ნერთთა შედარებით დაბალ მოლეკულურ წონას ბიოპოლიმერებისაგან (ცილების, ნუკლეინის მჟავების, პოლისაქარიდების) განსხვავებით.

სტეროიდები

სტეროიდები ძირითადად გავრცელებულია ცხოველური წარმოშობის ლიპიდებში. ისინი ბიოლოგიურად მნიშვნელოვანი ნაერთებია, რომელთა სტრუქტურას საფუძვლად უდევს ციკლოპენტანპერჰიდროფენანტრენის კონდენსირებული სისტემა, რომელიც შედგება სამი ციკლოპენტანისა და ერთი ციკლოპენტანის ბირთვებისაგან.

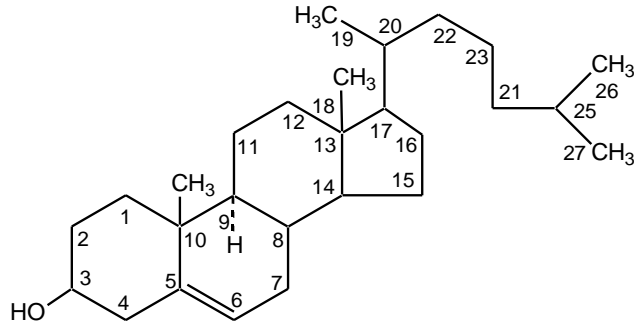


სტეროიდებს ეკუთვნის ისეთი ბუნებრივი ნივთიერებები, როგორცაა ქოლესტერინი, ნაღვლის მჟავები, ვიტამინი D, სასქესო ჰორმონები, თირკმელზედა ჯირკვლის ჰორმონები, ორსულობის ჰორმონები, ცხოველური და მცენარეული შხამები და სხვ. ამჟამად 20 000-მდე სტეროიდია ცნობილი. მათგან 100-ზე მეტი გამოყენებულია მედიცინაში. სტეროიდებს მიეკუთვნება:

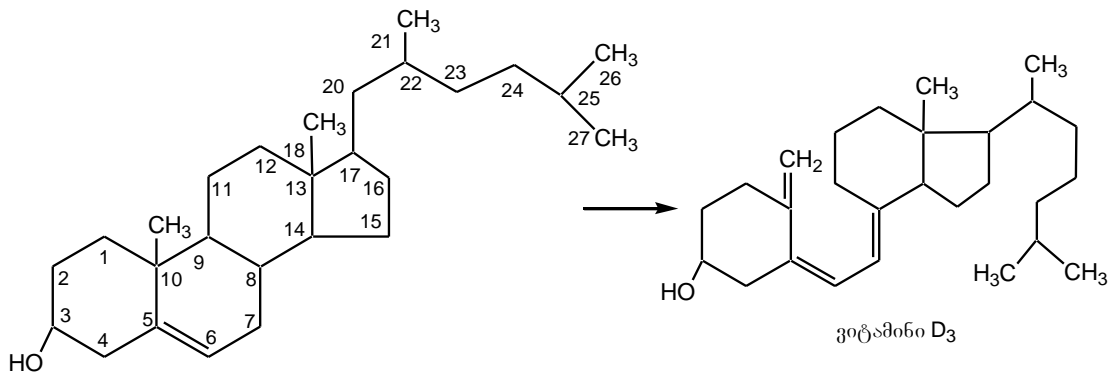
1. სტერინები და მასთან ახლოს მდგომი D ჯგუფის ვიტამინები;
2. ნაღვლის მჟავები;
3. სასქესო ჰორმონები;
4. საგულე გლიკოზიდები.

1. სტერინები. სტერინები პოლიციკლური კრისტალური ერთატომიანი სპირტებია, რომლებიც წარმოადგენენ ნახშირწყალბად ქოლესტანის წარმოებულებს: ეს ნახშირწყალბადი ციკლოპენტანპერჰიდროფენანტრენისაგან განსხვავდება A, B, C და D ბირთვების მიერ წარმოქმნილ კუთხეებში ორი მეტილის ჯგუფის არსებობით. გარდა ამისა, ქოლესტანში ციკლოპენტანის ბირთვთან დაკავშირებულია რვანახშირბადიანი განშტოებული ჯაჭვი. სტერინები წარმოშობის მიხედვით იყოფა ზოოსტერინებად (ცხოველების), ფიტოსტერინებად (მცენარეების), მიკოსტერინებად (სოკოების) და მიკროორგანიზმების სტერინებად. სტეროიდებიდან ყველაზე კარგად ქოლესტერინია შესწავლილი, რომელიც ბუნებაში გავრცელებულია არა მარტო ეთერების, არამედ თავისუფალი სახითაც. ქოლესტერინი ზოოსტერინების წარმომადგენელია. გასუფთავებული ქოლესტერინი თეთრი, კრისტალური ნივთიერებაა. ქოლესტერინის საერთო რაოდენობიდან, რომელსაც შეიცავს ადამიანის ორგანიზმი, მხოლოდ 20% გვხვდება საკვებში. ძირითადი რაოდენობა სინთეზირდება ძმარმჟავასაგან. ქოლესტერინის მიმოცვლის დარღვევა იწვევს არტერიების კედლებზე მის გამოყოფას

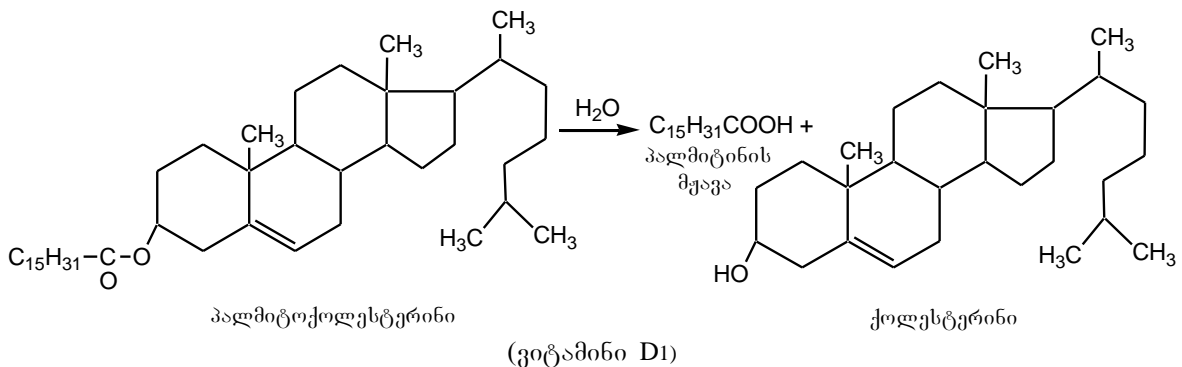
და, აქედან გამომდინარე, სისხლძარღვთა ელასტიურობის შემცირებას (ათეროსკლეროზი).



ქოლესტერინით მდიდარია ტვინი, სისხლი, თირკმლები, ნაღვლის ქვები. ქოლესტერინი ღვიძლში გარდაიქმნება ნაღვლის მჟავად. ადამიანის ნაღვლიდან გამოყოფილი მჟავები ცნობილია ქოლის მჟავების სახელწოდებით. ეს მჟავები ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან ერთი ან ორი ჰიდროქსილის ჯგუფით. ყველაზე მეტად გავრცელებულია ქოლის მჟავა, რომელიც ქოლანის წარმოებულა. ქოლესტერინის დაჟანგვის შედეგად მიიღება 7-დეჰიდროქოლესტერინი, რომელიც ულტრაიისფერი სხივების ზემოქმედებით გარდაიქმნება ვიტამინ D₃-ად.

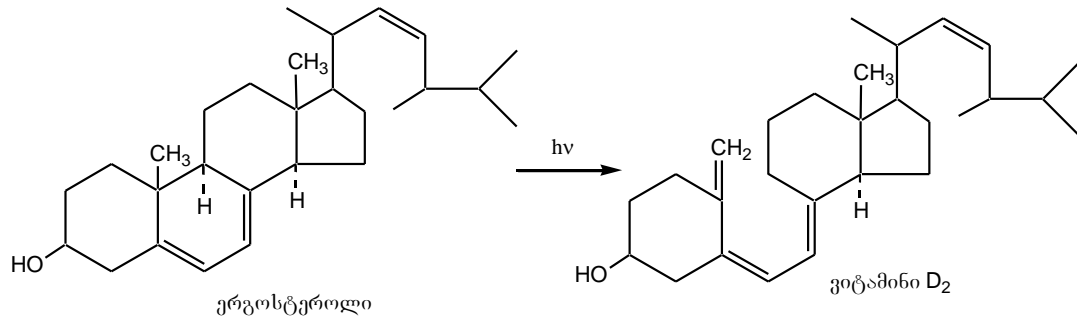


ზოსტერინების წარმომადგენელია პალმიტოქოლესტერინი ანუ ქოლესტერინისა და პალმიტინის მჟავას რთული ეთერი, რომელიც წყლის მოქმედებით განიცდის გასაპნას და იშლება ქოლესტერინად და პალმიტინის მჟავად:

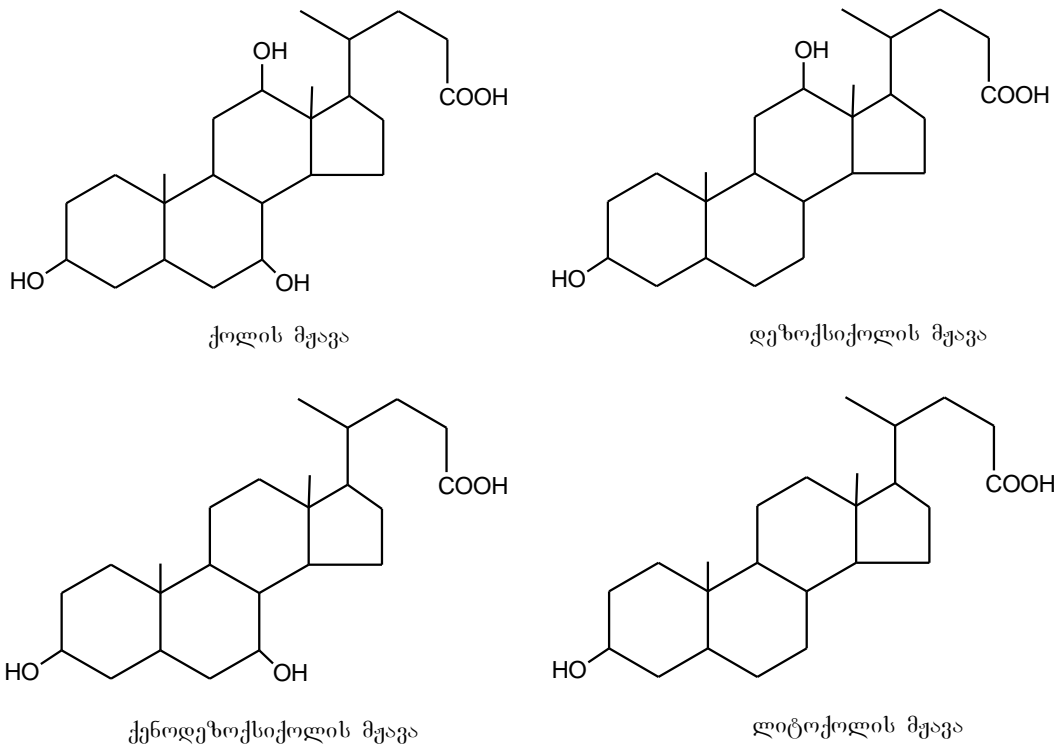


ფიტოსტერინებიდან დიდი მნიშვნელობა აქვს ერგოსტეროლს. იგი დიდი რაოდენობით შედის საფუარში, საიდანაც ხდება მისი გამოყოფა. ულტრაიისფერი სხივებით ერგოსტეროლის დასხივებისას წარმოიქმნება ვიტამინი-D₂ კალციფეროლი; D-ჯგუფის ვიტამინები არეგულირებს კალიუმისა და ფოსფორის ცვლას ორგანიზმში, რაც ხელს უწყობს ძვლოვანი და, ნაწილობრივ, კუნთოვანი ქსოვილის ფორმირებას. ამ ვიტამინებით მდიდარია კარაქი, რძე, კვერცხი, თევზის ღვიძლი. D-ვიტამინების

ნაკლებობა ბავშვთა ასაკში იწვევს რაქიტს. ამ დროს არ ხდება კალციუმის ფოსფატის გამოლექვა ძვლოვან ქსოვილში და ძვლები რბილდება, რაც იწვევს ქსოვილის დეფორმირებას.



2. ნაღვლის მჟავები. ქოლესტერინი ღვიძლში გარდაიქმნება ნაღვლის მჟავებად: ნაღვლიდან გამოყოფილია 4 მაღალმოლეკულური მჟავა, რომლებიც ცნობილია ქოლის მჟავების სახელწოდებით. ესენია: ქოლის მჟავა, დეზოქსიქოლის მჟავა, ქენოდეზოქსიქოლის მჟავა, ლიტოქოლის მჟავა.



ნაღვლის სინთეზი წარმოებს ღვიძლში, საიდანაც ის გადადის ნაღვლის ბუშტში და სპეციალური სადინარით გადმოედინება თორმეტგოჯა ნაწლავში, სადაც აქტიურად მიმდინარეობს ლიპიდების მონელება. ნაღვლის ბუშტში ანთების უბანი ნაღვლის ქვების წარმოშობის ცენტრს ქმნის. ნაღვლის ქვების 90%-ს სწორედ ქოლესტერინი შეადგენს.

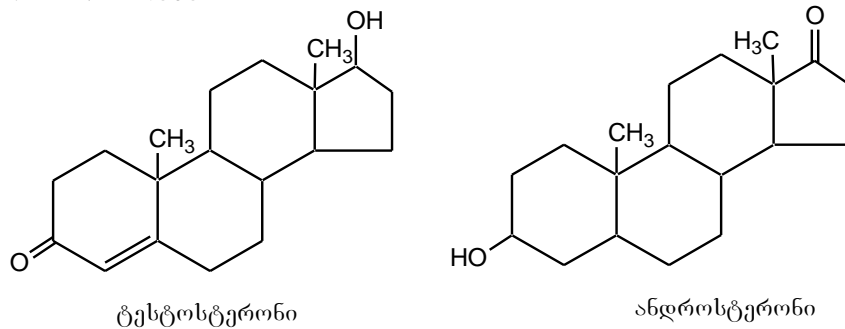
ქოლის მჟავები ნაღველში იმყოფება ამიდების სახით, კარბოქსილის OH-ჯგუფი ჩანაცვლებულია გლიცინის (-NHCH₂COOH) ან ტაურინის -NHCH₂(CH₂)₂SO₃H რადიკალით. ქოლის მჟავების ნატრიუმისა და კალიუმის მარილები ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებებია და ცხიმების ემულგაციასა და ფერმენტ ლიპაზას აქტივაციას ახდენენ, რითაც ხელს უწყობენ მათ მეტაბოლიზმს.

3. სასქესო ჰორმონები. ჰორმონები ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებებია, რომლებიც წარმოიქმნებიან შიგა სეკრეციის ჯირკვლების მოქმედების შედეგად და

მონაწილეობას ღებულობენ ორგანიზმში ნივთიერებათა ცვლასა და ფიზიოლოგიური პროცესების რეგულირებაში. აღნიშნული ნაერთები წარმოადგენენ შუალედურ რგოლს ნერვულ სისტემასა და ფერმენტებს შორის. შიგა სეკრეციის ჯირკვლებში სინთეზირებული ჰორმონები სისხლის საშუალებით მიეწოდება ორგანოებს, სადაც ახდენს შესაბამისი ფერმენტების კატალიზური აქტივობის გაზრდას ან მათი ბიოსინთეზის დაჩქარებას. სასქესო ჰორმონებს გამოიმუშავენს ქალისა და მამაკაცის სასქესო ჯირკვლები. სტეროიდული ჰორმონები იყოფა ოთხ ჯგუფად:

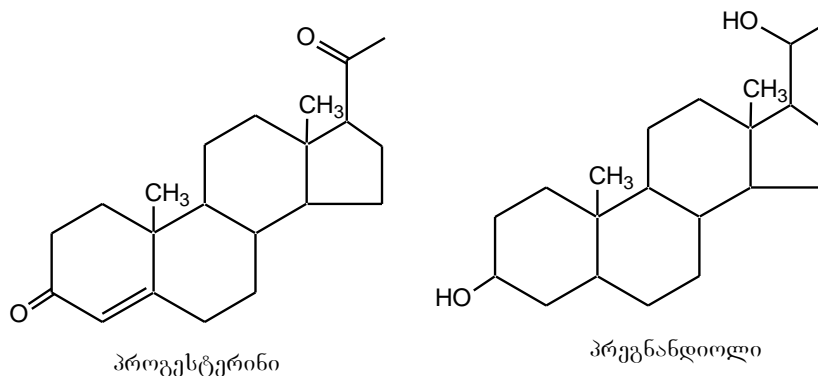
1. ანდროგენული (ბერძნ. andros-მამაკაცი) ჰორმონები;
2. ჰესტაგენური (gestatio-ორსულობა) ჰორმონები;
3. კორტიკოსტეროიდები (თირკმელზედა ჯირკვლის ჰორმონები);
4. ესტროგენული (ქალის) ჰორმონები.

ანდროგენები ეწოდება მამაკაცის სასქესო ჰორმონებს. ესენია: ანდროსტერონი და ტესტოსტერონი. ისინი ნახშირწყალბად ანდროსტანის წარმოებულეებია. ეს ჰორმონები ასტიმულირებენ სპერმის გამოიმუშავებას. ჰორმონის ნაკლებობა იწვევს აზოტისა და ფოსფორის ცვლის დარღვევას.



ანდროგენულ ჰორმონებს არა მარტო სათესლეები შეიცავს, არამედ შარდიც და თირკმელზედა ჯირკვლებიც. მაგალითად, შარდიდან გამოყოფილია ანდროსტერონი. ანდროგენები დიდ გავლენას ახდენენ მეტაბოლიზმზე (ნივთიერებათა ცვლაზე). საყურადღებოა, რომ ანდროგენებს აქვთ ორგანიზმის მიერ ცილების ასიმილაციის (ათვისების) გაუმჯობესების უნარი. ამიტომ მათ შეუძლიათ აზოტის უარყოფითი ბალანსის გამოსწორება. სქესობრივ ჰორმონებს შეუძლიათ მოხუცებული ორგანიზმის ერთგვარი „განახლება“, ცხოველმყოფელობის რამდენადმე აწვევა, ასიმილაციური პროცესების გაძლიერება, ფიზიკური და გონებრივი აქტიურობის სტიმულაცია, სქესობრივი ლტოლვის გაძლიერება.

ჰესტაგენური ჰორმონები (ორსულობის ჰორმონები) წარმოიქმნება ყვითელ სხეულში. ჰესტაგენებია: პროგესტერინი და პრეგნანდიოლი.

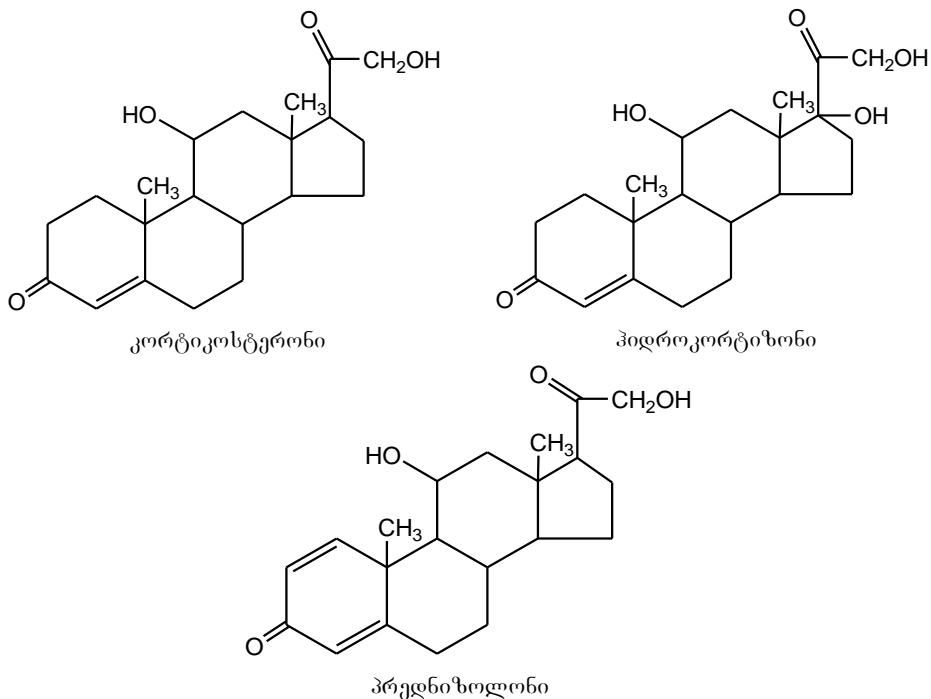


ისინი ეწინააღმდეგებიან ახალი კვერცხუჯრედების მომწიფებას. მათი ერთობლივი მოქმედებით ხდება მენსტრუაციული ციკლის რეგულირება. ესტროგენები პროლიფერაციის ფაზაში (5-იდან 13 დღის ჩათვლით) იწვევენ საშვილოსნოს

ღორწოვანი გარსის ინტენსიურ ზრდას. ჰესტაგენები მოქმედებენ 13-იდან 28 დღის ჩათვლით და ამზადებენ საშვილოსნოს განაყოფიერებელი კვერცხუჯრედისათვის. თუ განაყოფიერება არ განხორციელდა, მაშინ ყვითელი სხეული გადაგვარდება და ჰესტაგენების გამომუშავება შეწყდება. თუ კვერცხუჯრედი განაყოფიერდა, მაშინ ჰესტაგენები ორსულობის პერიოდში ხელს უშლიან შემდგომ ოვულაციას. არსებობს სინთეზური ჰესტაგენები – ჩასახვის საწინააღმდეგო კონტრაცეპტივები: სინესტროლი, პრეგნინი და სხვ. ჩასახვის საწინააღმდეგო პრეპარატების უკონტროლო მიღებას შეუძლია გამოიწვიოს არასასურველი გართულებები.

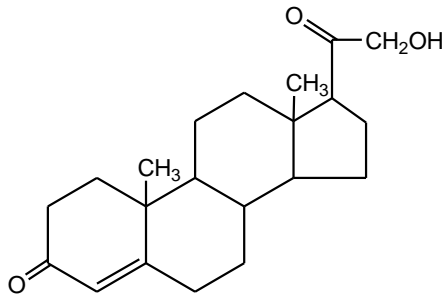
კორტიკოსტეროიდები. ცნობილია 40-მდე კორტიკოსტეროიდი (თირკმელზედა ჯირკვლის ჰორმონები). მათ შეიცავს თირკმელზედა ჯირკვლების ქერქი. კორტიკოსტეროიდები იყოფა ორ ჯგუფად: გლუკოკორტიკოიდებად (არეგულირებენ ნახშირწყლებისა და ცილების ცვლას) და მინერალკორტიკოსტეროიდებად (არეგულირებენ მინერალური ნივთიერებისა და წყლის ცვლას).

კორტიკოიდებს დიდი მნიშვნელობა აქვთ სიცოცხლისათვის. თირკმელზედა ჯირკვლის ამოკვეთის შემთხვევაში ცხოველები რამდენიმე დღის შემდეგ იღუპებიან. გლუკოკორტიკოიდებია: კორტიკოსტერონი, ჰიდროკორტიზონი და პრედნიზოლონი.

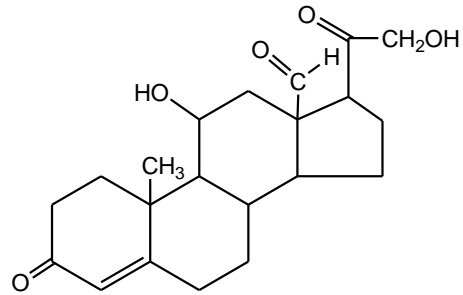


კორტიკოსტერონი და ჰიდროკორტიზონი ინსულინის ანტაგონისტებია და შაქრის კონცენტრაციას ზრდიან სისხლში. ჰიდროკორტიზონი ხელს უწყობს გლიკოგენის დაგროვებას ღვიძლში, ზრდის გლუკოზის შემცველობას სისხლში და გააჩნია ანთების საწინააღმდეგო მოქმედება. პრედნიზოლონი სინთეზური კორტიკოსტეროიდია, მოქმედებით თავის ბუნებრივ ანალოგებზე უფრო ძლიერია.

გამოიყენება რევმატიზმის, ბრონქიალური ასთმის და კანის ანთებითი პროცესების მკურნალობის დროს. მინერალკორტიკოსტეროიდების წარმომადგენელია: დეზოქსიკორტიკოსტერონი და ალდოსტერონი, რომლებიც იწვევენ ნატრიუმის იონების შეკავებასა და კალციუმის იონების გამოყოფას, რის გამოც ორგანიზმში ხდება წყლის შეკავება.

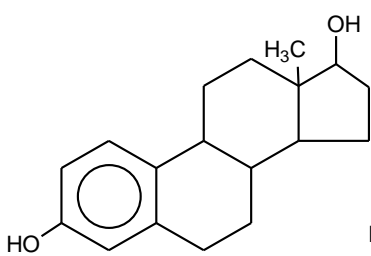


დეჰოქსიკორტიკოსტერონი

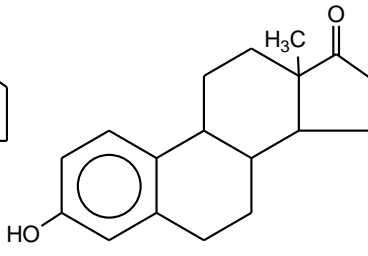


ანდროსტერონი

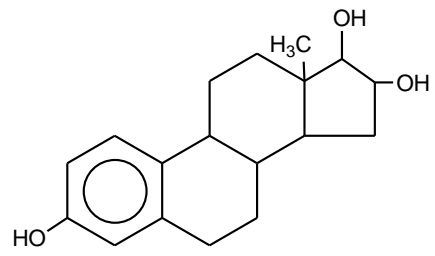
ესტროგენულ (ქალის სასქესო ჰორმონებს) ჰორმონებს გამოყოფენ მდედრთა საკვერცხეები და იწვევენ მენსტრუაციული სისხლის დენას. ესტროგენები აგრეთვე წარმოიქმნება სათესლეებიდან და თირკმელზედა ჯირკვლებიდან. ისინი ორგანიზმიდან შარდთან ერთად გამოიყოფიან. მნიშვნელოვანი ესტროგენებია: ესტრადიოლი, ესტრონი და ესტრიოლი. ისინი შეიცავენ არომატულ ბირთვის.



ესტრადიოლი

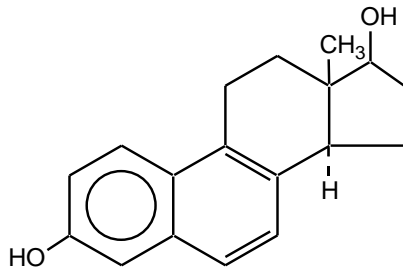


ესტრონი



ესტრიოლი

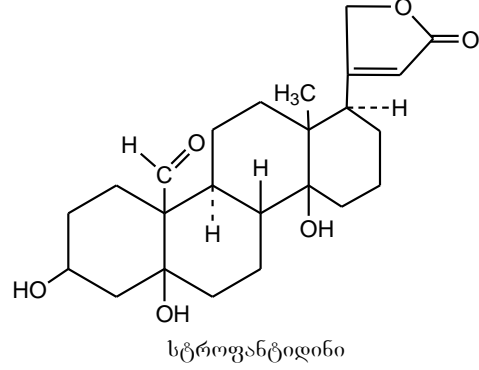
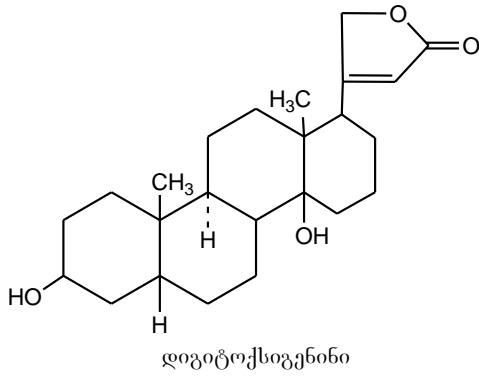
ესტროგენებს შეიცავს ზოგიერთი მცენარე: ქოქოსის კაკალი, ტირიფის ყვავილი და სხვ. ცხოველთა ორგანიზმში წარმოიქმნება სტეროიდი ეკვილენინი, რომელიც შეიცავს ნაფტალინის ბირთვს.



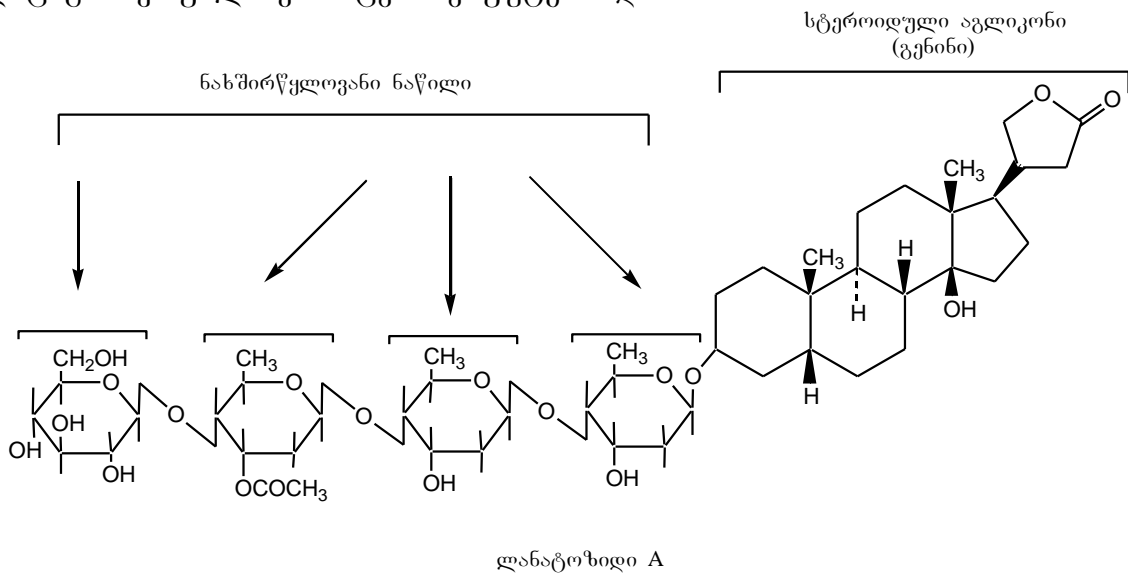
ეკვილენინი

4. საგულე გლიკოზიდები. ზოგიერთი მცენარე შეიცავს გლიკოზიდებს, რომლებიც მცირე დოზებში ახდენენ ძლიერ ზემოქმედებას გულის კუნთის მუშაობაზე (დიდი რაოდენობა იწვევს მოწამვლას). მათ ახასიათებთ კარდიოტონური მოქმედება და გამოიყენება გულ-სისხლძარღვთა დაავადებების სამკურნალოდ. მათ საგულე გლიკოზიდები ეწოდებათ.

საგულე გლიკოზიდები მჟავური ან ფერმენტული ჰიდროლიზის შედეგად იშლება ნახშირწყლებად და სტეროიდულ აგლიკონად, რომელსაც გენინი ეწოდება. საგულე გლიკოზიდებია: დიგიტოქსიგენინი და სტროფანტიდინი.



საგულე გლიკოზიდები, აგლიკონისაგან განსხვავებით, რომლებიც მცირედი ტოქსიკურობით გამოირჩევიან, კონცენტრირდებიან გულის კუნთში, სადაც მათი შემცველობა 10-40-ჯერ მეტია, ვიდრე ორგანიზმის სხვა ქსოვილში. საგულე გლიკოზიდების ერთ-ერთ საუკეთესო მაგალითს წარმოადგენს ლანატოზიდი A, რომელიც გამოყოფილ იქნა მცენარე ფუტკარადან.



საგულე გლიკოზიდები და სასქესო ჰორმონები ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებებია, ამიტომ მათ ბიორეგულატორებს მიაკუთვნებენ.

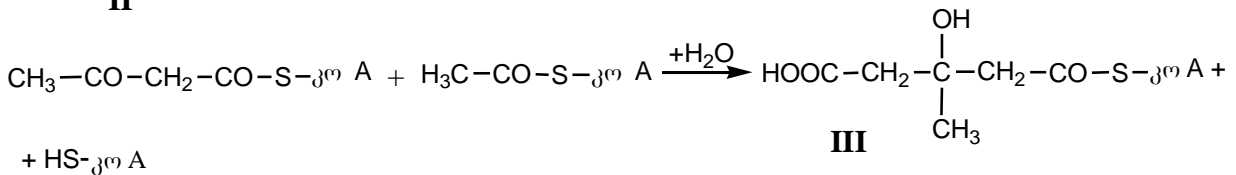
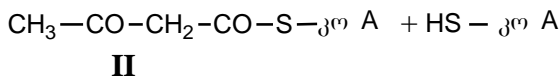
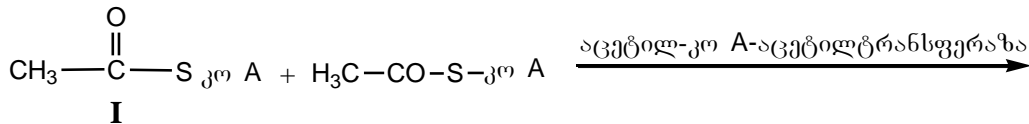
ქოლესტერინის ბიოსინთეზი

ქოლესტერინის ბიოსინთეზის ძირითადი დეტალები დადგენილ იქნა ფ. ლინენის, გ. პოპიაკისა და ა. კლიმოვის მიერ. სინთეზი შედგება დაახლოებით 35 რეაქციისაგან. ქოლესტერინის სინთეზში შეიძლება გამოვყოთ 3 ძირითადი სტადია:

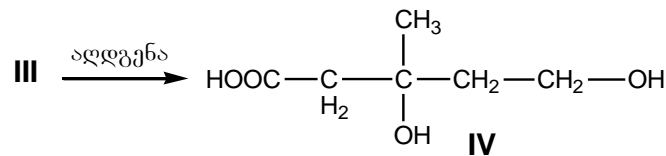
1. აქტიური აცეტატის გარდაქმნა მევალონის მჟავად;
2. მევალონის მჟავასგან სქვალენის წარმოქმნა;
3. სქვალენის ციკლიზაცია;

განვიხილოთ ეს სტადიები ცალ-ცალკე.

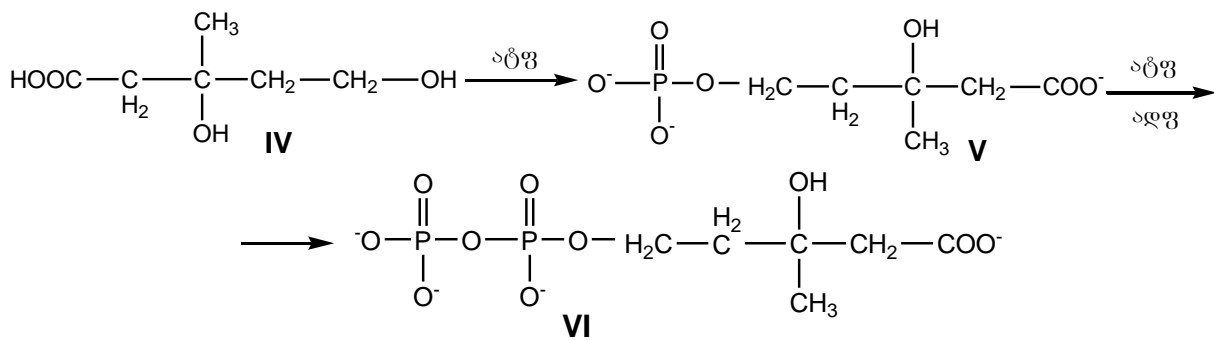
1. მევალონის მჟავას სინთეზის საწყის ეტაპზე ხდება აცეტილკოფერმენტ A-დან (I) აცეტოაცეტილ-კო- A-ს წარმოქმნა (II).



აღდონური კონდენსაციით აცეტოაცეტილკოფერმენტ A უკავშირდება აცეტილკოფერმენტ A-ს ახალ მოლეკულას და მიიღება β-ოქსი-β-მეთილ-გლუტარულ-კო რომელიც ერთი კარბოქსილის ჯგუფის აღდგენისა და HS კოფერმენტ A-ს მოწყვეტით გარდაიქმნება 3-ჰიდროქსი-3-მეთილ-პენტანის მჟავა-მევალონის მჟავად (IV).

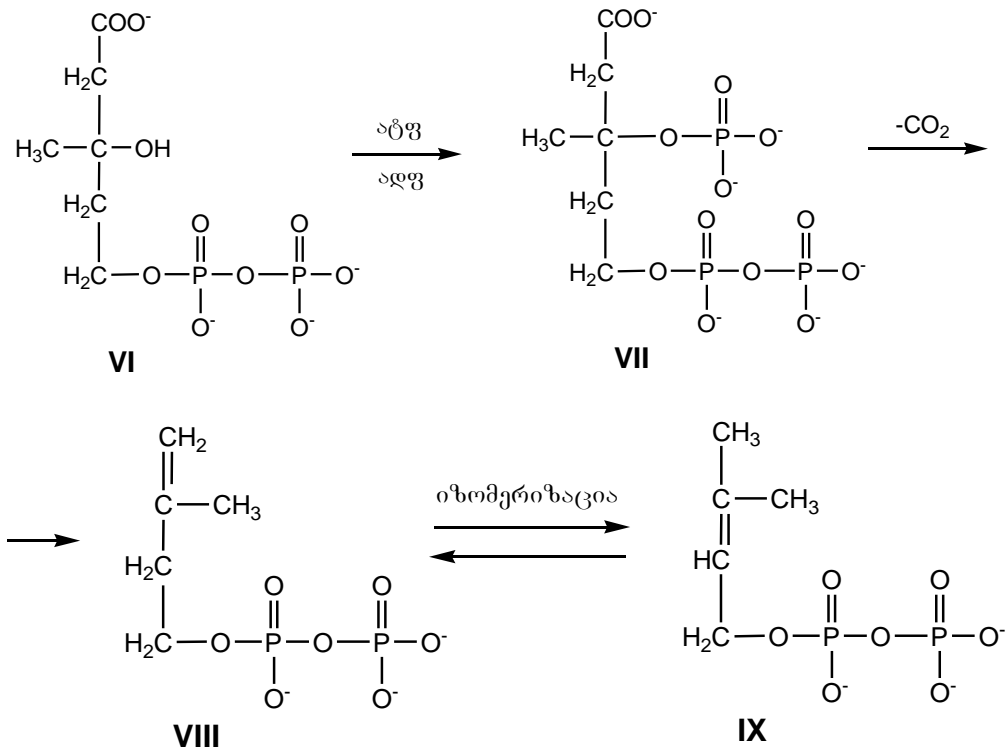


2. ქოლესტერინის სინთეზის მეორე სტადიაზე მევალონის მჟავა გარდაიქმნება სქვალენად. ეს სტადია იწყება მევალონის მჟავას ფოსფორილირებით, რომელიც ხორციელდება ატფ-ის საშუალებით, რის შედეგადაც წარმოიქმნება 5-ფოსფომევალონატი (V), შემდეგ კი 5-პიროფოსფომევალონატი (VI).

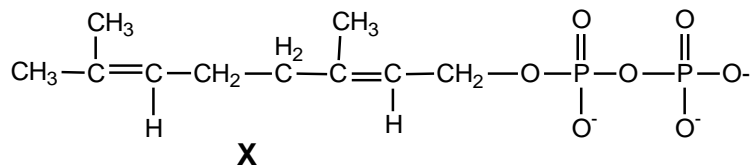


5-პიროფოსფომევალონის მჟავაში (VI) არსებული მესამედი ჰიდროქსილის ჯგუფის ფოსფორილირებით წარმოიქმნება არასტაბილური შუალედური პროდუქტი 3-ფოსფო-5-პიროფოსფომევალონის მჟავა (VII), რომელიც განიცდის

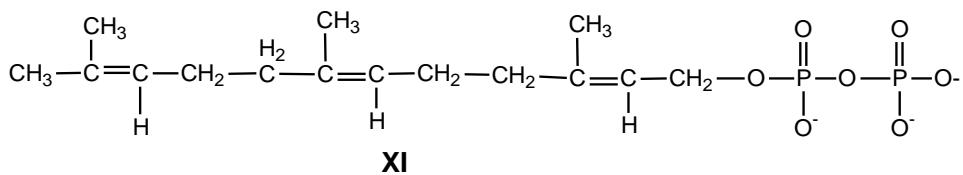
დეკარბოქსილირებას და ამავე დროს ფოსფორის მუავას ნარჩენის მოხლეჩით გარდაიქმნება იზოპენტილპიროფოსფატად (VIII); ეს უკანასკნელი იზომერიზდება დიმეთილალელიპიროფოსფატად (IX).



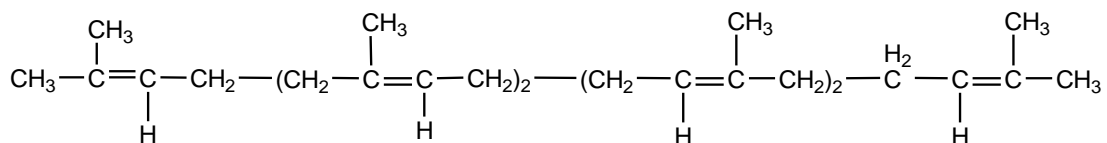
ორივე იზომერი(VIII)და(IX)კონდენსირდება და წარმოიქმნება ჰერანილპიროფოსფატი (X):



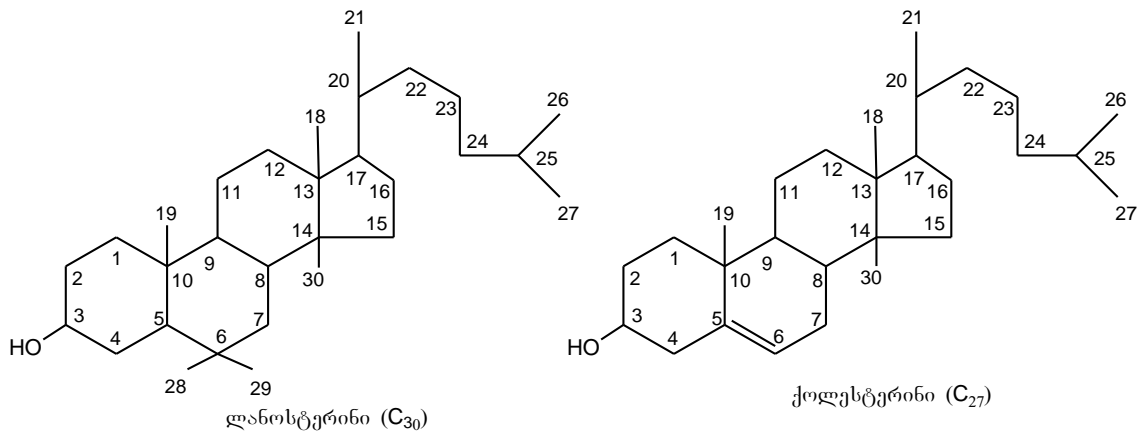
ეს უკანასკნელი (X) კვლავ იერთებს იზოპენტილპიროფოსფატს და წარმოიქმნება ფერნეზილპიროფოსფატი (XI):



ამავე სტადიაზე ხდება ორი მოლეკულა ფერნეზილპიროფოსფატის კონდენსაცია ნაღვ H₂-ის თანაობისას და წარმოიქმნება სკვალენი (XII):



1. ქოლესტერინის ბიოსინთეზის მესამე სტადიაში სქვალენი განიცდის ციკლიზაციას სქვალენოქსიდიციკლას გავლენით და წარმოიქმნება ლანოსტერინი. შემდეგში ლანოსტერინიდან ქოლესტერინში გადასვლა დაკავშირებულია მთელ რიგ რეაქციებთან, რომლებიც ჯერჯერობით დეტალურად არ არის შესწავლილი:



ფერომონები

ფერომონები წარმოადგენენ აქროლად ორგანულ ნივთიერებებს, რომელთა საშუალებით ხდება ერთი სახეობის ინდივიდებს შორის ურთიერთობის დამყარება. ქიმიური კომუნიკაცია მყარდება არა მარტო ერთი სახეობის ინდივიდებს შორის, არამედ სხვადასხვა სახეობის ინდივიდებს შორისაც. ისეთ ნივთიერებებს, რომლებიც სხვადასხვა სახეობის ინდივიდებს შორის ურთიერთობის დასამყარებლად გამოიყენება, ალომონები ეწოდება. ალომონებსა და ფერომონებს შორის მკვეთრი ზღვარი არ არსებობს და ხშირად ისინი ერთმანეთს ცვლიან.

ფერომონები აღმოჩენილია თითქმის ყველა ცხოველში, მაგრამ ყველაზე ფართო ინფორმაცია მათ შესახებ მიღებულ იქნა მწერებზე ჩატარებული ცდებიდან. მ. ბარბიეს, ვ. კარლსონისა და ი. ლიუშენის განმარტებით: ფერომონები ისეთი ნივთიერებებია, რომლებიც გამოიყოფიან გარემოში ცოცხალი ორგანიზმების სპეციალური ჯირკვლებიდან და იწვევენ ერთი და იგივე ბიოლოგიური სახეობის საპასუხო რეაქციას. სახელწოდება ფერომონი შედგება 2 ბერძნული სიტყვისაგან: pherein-გადაამტანი და hormon-აღმგზნები, მასტიმულირებელი. ფესსახსრიანები გარემოში გამოყოფენ სუნიან ნივთიერებებს, რომლებიც ჰაერის ნაკადთან ერთად ხვდებიან მოპირდაპირე სქესის ყნოსვის რეცეპტორებზე და საპასუხო ფიზიოლოგიური რეაქციით ალაგზნებენ ორგანიზმს. მწერების მიერ გამოყოფილი ნივთიერებები ძლიერ მოქმედობს და სპეციფიკურად. ძლიერი იმიტომ, რომ ეს ნაერთები საკმაოდ დიდი მანძილით დაშორებულ საწინააღმდეგო სქესს იზიდავს, სპეციფიკური კი იმის გამოა, რომ შეწყვილება ხდება მხოლოდ შიგა-სახეობრივ ინდივიდებს შორის.

პირველ ცნობებს მწერების მიერ გამოყოფილ სუნიან ნივთიერებებზე დიდი ფრანგი მეცნიერი, ფიზიოლოგი ანრი ფაბრი გვაწვდის. მან პირველმა აღმოაჩინა ღამის ფარშავანგთვალა პეპელას მდედრების უნარი, შორი მანძილიდან მიიზიდონ მამრი პეპლები. მანვე დაასაბუთა, რომ ბამბის ფენაზე ან საცობზე მოთავსებული მდედრები მათზე ტოვებენ სუნიან ნივთიერებებს, რომლებიც იზიდავენ მამრ პეპლებს. სუნს მამრი პეპლები შეიგრძნობენ უღვაშებზე (ანტენებზე) მოთავსებული საყნოსი სენსილების საშუალებით. ამ ორგანოს სრულყოფამ აღტაცებაში მოიყვანა დიდი მეცნიერი გ. ვილიამსი, რომელმაც განაცხადა: „პეპლები შესანიშნავი მფრინავი მანქანებია, რომლებიც ჩაყენებულია სასიყვარულო სამსახურში“.

სუნიანი ნივთიერება არა მარტო შორი მანძილიდან იზიდავს საწინააღმდეგო სქესს, არამედ შეამზადებს და ალაგზნებს მას შეწყვილება-გამრავლებისათვის, ე.ი. ამ ნივთიერებას გააჩნია აფროდიაზიტული მოქმედების უნარიც. ფერომონების ფიზიოლოგიური მოქმედების შესწავლა შედარებით გართულებულია, რადგანაც ერთი და იგივე ჯირკვალი ერთდროულად გამოიმუშავებს რამდენიმე ნივთიერებას, რომლებიც ერთად უფრო დიდ საპასუხო რეაქციას იწვევენ, ვიდრე ცალ-ცალკე (სინერგიზმი).

ფერომონების ქიმიური აღნაგობა მარტივია, მაგრამ იმის გამო, რომ ისინი გამოიყოფიან მცირე რაოდენობით, იდენტიფიკაციის პირველ ცდებზე დიდი დრო დაიხარჯა, მაგალითად, თუთის აბრეშუმხვევიას ფერომონის-ბომბიკოლის გამოყოფას დასჭირდა 20 წელი. ამიტომ იყო, რომ ამ ფერომონის სინთეზის ავტორს ა. ბეტენადტს პეპლების ფერომონებზე ლექციების კითხვისას ერთ-ერთი სტუდენტი ჭაბუკი შეეპასუხა: „ოო, დოქტორო ბეტენადტო! რატომ კარგავთ ამდენ დროს პეპლებზე?“ რა იცოდა ამ ახალგაზრდამ, რომ რამდენიმე ხნის შემდეგ მწერების ფერომონები მნიშვნელოვან როლს შეასრულებდა მანვე მწერების წინააღმდეგ ბრძოლის ინტეგრაციაში. დღეისათვის გაშიფრულია 700-ზე მეტი სახეობის ბუნებრივი ფერომონი, ხოლო პრაქტიკული მიზნებისათვის სინთეზირებულია 50-მდე სახეობის ფერომონი. ფუნქციური მოქმედების მიხედვით ფერომონები იყოფა ჯგუფებად:

1. სასქესო ფერომონები – ერთიანდებიან ისეთ ნაერთთა ჯგუფში, რომლებიც სუნის საშუალებით იზიდავენ ერთი და იგივე სახეობის საწინააღმდეგო სქესს და განაპირობებენ სახეობის თვითგანახლებას.

2. განგაშის ფერომონები – ეკუთვნიან ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებათა იმ ჯგუფს, რომლის საშუალებით მანვე მწერები შეიგრძნობენ საფრთხის მოახლოებას და საშიში ზონიდან გადაადგილდებიან უშიშარ ზონაში. აღნიშნული ფერომონები აღმოჩენილია საზოგადოებრივ მწერებში (ტერმიტები, ჭიანჭველები, ფუტკრები, ბუგრები).

3. კვალის აღმნიშვნელი ფერომონები – ისეთი ნაერთებია, რომლებიც ჭიანჭველებს, ტერმიტებს ეხმარებიან ბუდის ან საკვების მოძებნაში.

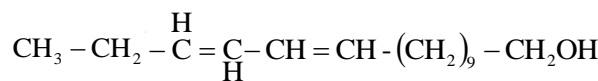
4. თავდაცვის ფერომონები – ეხმარებიან მწერებს მტრის მოგერიებაში.

ჩამოთვლილ ფორმათა შორის განსაკუთრებით აღსანიშნავია სასქესო ფერომონები, რომლებიც გარკვეულ სივრცეში უზრუნველყოფენ მოპირისპირე სქესთა დაახლოებას. ისინი წარმოადგენენ ერთადერთ სასიგნალო საშუალებას გამრავლებისათვის. სქესთა დამაკავშირებელი ამ გენეტიკური ძაფის გაწყვეტა შესაძლებელია სინთეზური ფერომონების საშუალებით. სწორედ ეს დაელო საფუძვლად იმ მეთოდებსა და საშუალებებს, რომლებიც დღეს ფართოდ გამოიყენება მცენარეთა დაცვის საქმეში.

ფერომონების ბიოლოგიური აქტიურობა დამოკიდებულია მოლეკულის გეომეტრიულ ფორმაზე, კერძოდ, კი π ორბიტალების განლაგებაზე, ცის- და ტრანს-იზომერიაზე და ფუნქციურ ჯგუფებს შორის არსებულ მანძილზე. საპასუხო რეაქცია ფერომონებზე ზოგჯერ სწრაფია, ზოგჯერ – დაგვიანებული. ფერომონებს, რომლებსაც სწრაფი საპასუხო რეაქცია ახასიათებთ, ეწოდებათ რელიზერები; ხოლო რომლებსაც დაყოვნებული საპასუხო რეაქცია აქვთ – პრაიმერები.

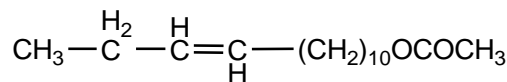
ქიმიური ბუნებით ფერომონები მიეკუთვნებიან ორგანულ ნივთიერებათა სხვადასხვა კლასს: ნახშირწყალბადებს, ალიფატურ და არომატულ სპირტებს, ალდეჰიდებს, რთულ ეთერებს, კარბოციკლური და ჰეტეროციკლური ბუნების ნაერთებს.

სასქესო ფერომონები. პირველი სასქესო ფერომონი, რომლის ქიმიური აღნაგობა გაიშიფრა, თუთის აბრეშუმხვევიაა. 6000 მდედრი პეპლიდან გამოყოფილ იქნა 12 მკ ფერომონი, რომელსაც ბომბიკოლი უწოდეს. ბომბიკოლი რელიზერია. მისი რამდენიმე მოლეკულა საკმარისია სწრაფი საპასუხო რეაქციისათვის. ბომბიკოლის 100 მოლეკულა 1 მლ ჰაერში საკმარისია იმისათვის, რომ მიიზიდოს რამდენიმე კმ-ის მანძილით დაშორებული მამრი. ბომბიკოლი წარმოადგენს ერთატომიან უჯერ სპირტს 10-ტრანს-12-ცის-ჰექსადეკადიენოლს:

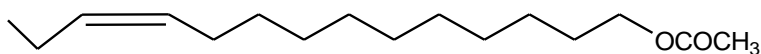


ანუ (10E, 12Z) - ჰექსადეკადიენოლი

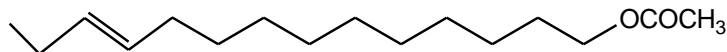
მუხის ფოთლმხვევიის ფერომონს წარმოადგენს ცის-11-ტეტრადეცენილაცეტატისა და ტრანს-11-დეცენილაცეტატის ნარევი შეფარდებით 1:2.



ცის-იზომერის აღნაგობა:



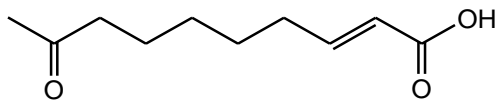
ტრანს-იზომერის აღნაგობა:



მუხის ფოთოლხვევია-მუხლუხო აჩანაგებს ტყეებს.

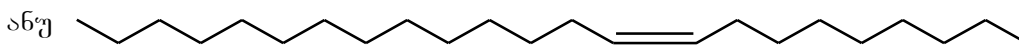
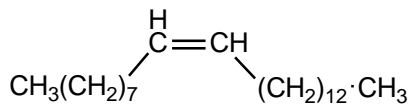
სახლის ტერაკანას სასქესო ფერომონია 3,11-დიმეტილნონაკოზანონ-2, ტროპიკული წყლის ბაღლინჯოსი კი ტრანს-ჰექსენ-2-ოლ-1. ამ უკანასკნელს სასიამოვნო სუნი აქვს და ზოგიერთ ქვეყანაში გამოყენებულია პუდრის დანამატად.

მწერების სასქესო ფერომონებიდან აღსანიშნავია ე.წ. „სამეფო ნივთიერება“, რომელსაც გამოყოფს დედა ფუტკარი. ამ ფერომონის საშუალებით ფუტკარი თავის გარშემო იკრიბავს მუშა ფუტკრებს. ისინი დედა ფუტკარს ლოკავენ და ალოკილი ფერომონის გავლენით ეკარგებათ გამრავლების უნარი. ამრიგად, ოჯახში მხოლოდ დედა ფუტკარს შეუძლია კვერცხების დადება. „სამეფო ნივთიერება“ წარმოადგენს უჯერ კეტოჰეპტან-9-კეტო-2-ტრანსდეცენჰეპტანს:



ფერომონების აქტიურობაზე დიდ გავლენას ახდენს მათი სტრუქტურული თავისებურება. მაგალითად, თუ „სამეფო ნივთიერებაში“ კეტონისა და კარბოქსილის ჯგუფებს შორის მანძილს შევამცირებთ ერთი ნახშირბადით, მაშინ ასეთი ნივთიერება მთლიანად კარგავს აქტიურობას.

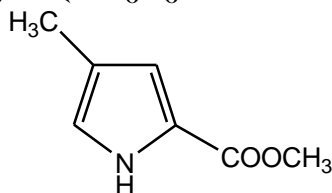
სასქესო ფერომონები წარმატებით გამოიყენება მავნე მწერებთან საბრძოლველად, მაგალითად ოთახის ბუხის ფერომონის – მუსკალურისა და ინსექტიციდის ნარევის ათავსებენ ხაფანგში და დგამენ იმ ადგილას, სადაც საჭიროა ბუხების მოსპობა. ფერომონის სუნზე ბუხი შედის ხაფანგში და იქ კვდება ინსექტიციდის მოქმედებით:



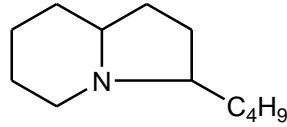
განგაშის ფერომონები. განგაშის ფერომონებს მწერები „ბრძოლის“ დაწყების წინ მტერს აფრქვევენ, რითაც მათ „დაღს“ ადებენ. ფუტკარი და ბზიკი აგრესორს უშხაპუნებენ იზოამილაცეტატს, რომლის სუნი სხვებისთვის სამიზნე ობიექტს წარმოადგენს. მწერების უმეტესობა საგანგაშო ფერომონად იყენებს ნაჯერ ნახშირწყალბადებს უნდეკანს (C₁₁H₂₄), ტრიდეკანს (C₁₃H₂₈) და პენტადეკანს (C₁₅H₃₂).

ტერმიტების თავდასხმის დროს ჭიანჭველები გამოყოფენ ე.წ. მობილიზაციის ფერომონს, რომელიც ტერმიტებთან შეტევის კოორდინაციას ახდენს. შეტაკების ადგილზე ჭიანჭველები ჯერ საბრძოლო მზადყოფნაში მოდიან ჰექსანალის [CH₃(CH₂)₄CHO] სუნით, შემდეგ შეგროვდებიან ბრძოლის ველზე ჰექსანოლის [CH₃(CH₂)₄CH₂OH] სუნის გავლენით. ბოლოს კი თავდასხმაზე გადადიან ფერომონების: 2-ბუტილოქტენალ-2-ისა და 3-ენდეკანონის საშუალებით.

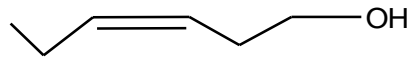
კვალის აღმნიშვნელი ფერომონები. კვალის აღმნიშვნელ ფერომონებს ჭიანჭველები, ფუტკრები, ტერმიტები იყენებენ საკვების მისაგნებად. ჭიანჭველების 12 სახეობიდან 11 სახეობა ფერომონად იყენებს ჰეტეროციკლურ ნაერთებს, როგორცაა, 4-მეთილპიროლ-2-კარბონჰეპტანს მეთილის ეთერი:



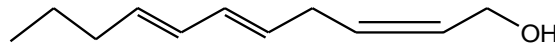
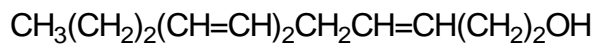
ჭიანჭვალა ამ ნივთიერებას ტოვებს მცირე რაოდენობით - 10^8 მოლეკულა 1 სანტიმეტრზე. დედამიწის გარშემო კვალის გასაფლავად საკმარისი იქნებოდა ამ ნივთიერების 0,33 მგ. ტროპიკული ფარაონის ჭიანჭვალები კვალის ფერომონად იყენებენ ბიციკლურ ალკალოიდს:



თაფლის მომცემი ფუტკრები კვალის ფერომონად იყენებს მონოტერპენ-გერანიოლს. ზოგიერთი ტერმიტის კვალის ფერომონია 3Z-ჰექსენოლი-1 (ფოთლის ალკოჰოლი):



ზოგიერთი კი იყენებს 3Z, 6E, 8E-დოდეკატრიენოლს:

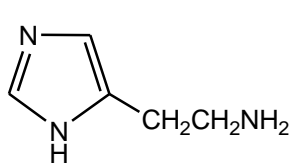


თავდაცვის ფერომონები. თავდაცვის ფერომონებს იყენებენ როგორც მწერები, ისე ცხოველები და ადამიანები. თავდაცვის ფერომონებს წარმოადგენს თიოსპირტები და თიოეთერები. ბიოლოგიური ინდივიდი მათ იყენებს მტრის მოსაგერიებლად. მაგალითად, სკუნსი (მყრალა) საფრთხის შემთხვევაში უკანა ნაწილიდან გამოაფრქვავს არასასიამოვნო სუნის მქონე ნივთიერებას, რომელთა შედგენილობაში შედის თიოსპირტები და თიოეთერები:

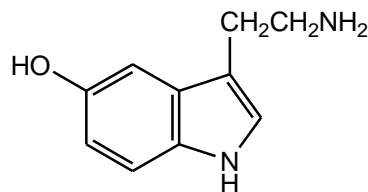


სკუნსის გარდა ასეთ მყრალ ნივთიერებებს აფრქვევს ზოლიანი აფთარი და შავკუდა ირემი. ცხოველები თავდაცვის მიზნით გამოყოფენ ფართო სპექტრის ტოქსინებს, როგორცაა ალკალოიდები, ტოქსიკური სტეროიდები, ტოქსიკური პოლიპეპტიდები და სხვ. მაგალითად, მორიელის შხამი შედგება პოლიპეპტიდისაგან, რომლის შედგენილობაში შედის 18 ამინომჟავას ნაშთი.

ობობას თავდაცვის ფერომონი (ალომონი) შედგება ჰისტამინის, სეროტონინისა და პოლიპეპტიდებისაგან.



ჰისტამინი

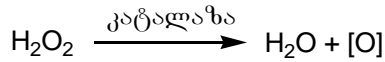


სეროტონინი

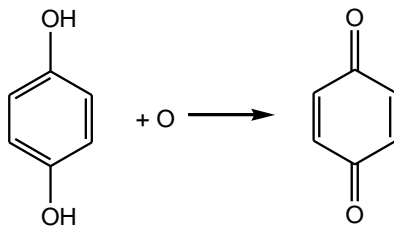
შავი ობობას და ობობა კარაკურტის ნაკბენი სასიკვდილოა, განსაკუთრებით, ივნის-ივლისის თვეებში, წინასაქორწილო და ქორწინების პერიოდში. კარაკურტის შხამს მედიცინაში იყენებენ ბოტულიზმის სამკურნალოდ.



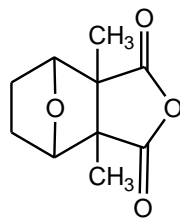
სოჭო ბომბარდირი თავს იცავს იმით, რომ აფრქვევს ტოქსინის ცხელ (100⁰ C ტემპერატურის) ღრუბელს, რომელიც შედგება ჰიდროქინონის, წყალბადის პეროქსიდის და ფერმენტ-კატალაზასაგან. ფერმენტი კატალაზა შლის წყალბადის პეროქსიდს და გამოყოფს ატომურ ჟანგბადს, რომელიც ჟანგავს ჰიდროქინონს და წარმოქმნის მომწამლავ ნივთიერებას – ქინონს



გამოფრქვევის მომენტში ნარევი ფეთქდება და გამოსცემს თოფის ხმას:

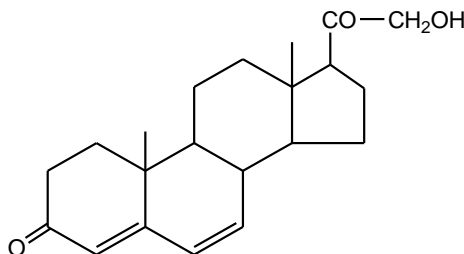


სოჭო-მყვინთავა თავს იცავს ძლიერი საწამლავის – კანტარიდინის საშუალებით, რომლის 10 მკ ადამიანისათვის სასიკვდილო დოზაა:



კანტარიდინი

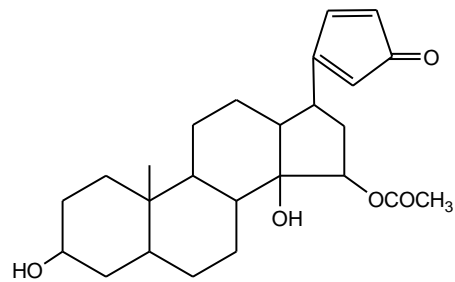
სოჭო – მოცურალა თავდაცვისათვის საჭირო შხამს აგროვებს ჯირკვლებში. შხამი, ძირითადად, შედგება სტეროიდული აღნაგობის მქონე ნივთიერებებისაგან, რომელსაც კორტექსონი ეწოდება. კორტექსონის ბირთვი ძირითადად ისეთივეა, როგორც მამაკაცის სასქესო ჰორმონის ტესტოსტერონის ბირთვი. კორტექსონის აქტიურობა ჩვეულებრივ პირობებში არ მუდგუნდება, მაგრამ თუ მტაცებელი სოჭოს გადაყლაპავს, რამდენიმე წუთის შემდეგ მას ეწყება ღებინება და სოჭოს გარეთ გამოისვრის. მტაცებელ თევზებს გამოუმუშავებელი აქვთ რეფლექსი და თავს არიდებენ მას.



კორტექსონი

ბაყაყისა და გომბეშოს თავდაცვის ფერომონებია სტეროიდული ტოქსინები, მაგალითად, გომბეშო ბუფო შეიცავს ბუფოტალინს – გულის შხამს, იწვევს გულის კუნთის დამბლას. გომბეშოს შხამებით ინდიელები წამლავდნენ ისრებს. მსგავსი

აღნაგობა აქვს აგრეთვე სალამანდრინს, რომელსაც შეიცავს სალამანდრას კანი, მაგრამ გომბეშოს შხამისაგან განსხვავებით იგი მოქმედებს ნერვულ სისტემაზე.



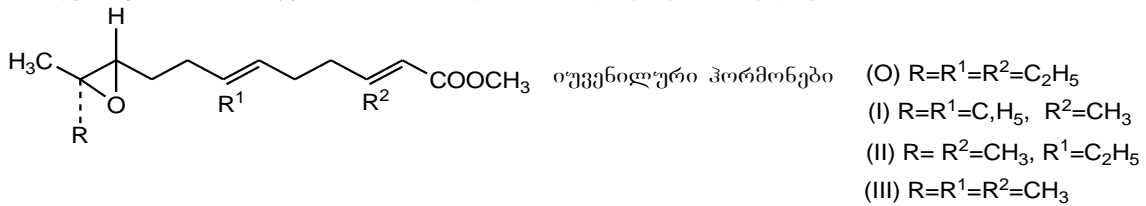
ფერომონებს დებულობენ სინთეზურადაც. მრეწველობა უშვებს ასამდე დასახელების სხვადასხვა ფერომონს, რომელთა გამოყენება სოფლის მეურნეობაში გაცილებით უფრო ეფექტური და უვნებელია, ვიდრე შხამქიმიკატების გამოყენება.

იუვენილური და ანტიიუვენილური ჰორმონები

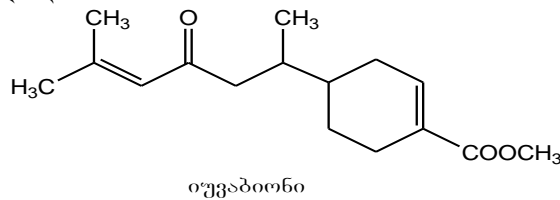
მწერიჭამიების სიცოცხლის ციკლი მოიცავს განვითარების რამდენიმე საფეხურს: კვერცხის განვითარებას, კვერცხის გარდაქმნას მატლად, მატლის გადასვლას ჭუპრში და შემდეგ მწერიჭამიებად ჩამოყალიბებას. მთელი ეს მეტამორფოზი მიმდინარეობს იმ ბიორეგულატორების მონაწილეობით, რომელთა გამოყოფა ხდება ნეიროსეკრეციის ჯირკვლებით. მწერიჭამიების სიცოცხლის პროცესების ჰორმონული რეგულაცია პირველად შესწავლილ იქნა ვ. უიგლსორტის (დიდი ბრიტანეთი) მიერ 1934 წელს. დადგენილ იქნა, რომ ნეიროსეკრეციული უჯრედები გამოყოფენ ჯირკვლებს, რომლებიც მოქმედებენ მწერიჭამიების სიმაღლეზე და მათ მეტამორფიზმზე. საბოლოოდ გამოირკვა, რომ მწერიჭამიების განვითარება-რეგულირება მიმდინარეობს ორი ანტაგონისტური ჰორმონული სისტემით:

- ა. იუვენილური (ინგლისურად juvenile-ახალგაზრდა) ჰორმონით, რომელიც სესკვიტერპენული ბუნებისაა
- ბ. ანტიიუვენილური ჰორმონით.

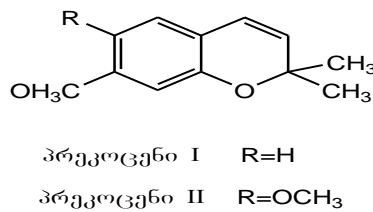
იუვენილური ტიპის ჰორმონები, როგორც სახელწოდებიდან ჩანს, აკონტროლებს მწერიჭამიების განვითარებას ადრეულ საფეხურზე და გარკვეული დროის შემდეგ აჩერებს მწერიჭამიების ზრდას მატლის სტადიაზე. პირველი იუვენილური ჰორმონი გამოყოფილ იქნა 1956 წელს მამრი პეპლის მუცლის ღრუდან (0). მოგვიანებით სხვადასხვა მწერიჭამიებისაგან გამოყოფილ იქნა კიდევ სამი იუვენილური ჰორმონი (I-III), რომლებიც ხასიათდებიან მაღალი ბიოლოგიური აქტივობით.



მცენარეებში ასეთი აღნაგობის იუვენილური ჰორმონების აღმოჩენა ვერ მოხერხდა, მხოლოდ კანადური ხოჭოდან გამოყვეს სხვა სესკვიტერპენული ნაერთი იუვაბიონი, რომელიც ხელს უშლის მწერიჭამიების მატლის გარდაქმნას დიდ არსებად. ბუნებრივი ჰორმონების სინთეზური ანალოგები, როგორიცაა ჰიდროპრენი, მეთოპრენი და კინოპრენი ფართოდ გამოიყენება სოფლის მეურნეობის მავნებლების წინააღმდეგ საბრძოლველად.



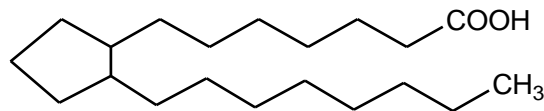
1976 წ. ვ. ბუერსის მიერ დადგენილ იქნა, რომ სრომენის წარმოებულები: პრეკოცენი I და პრეკოცენი II, რომლებიც გამოყვეს მცენარე აგერატუმიდან, წარმოადგენს ანტიიუვენილურ ჰორმონს. პრეკოცენ II-თან ურთიერთქმედებისას კოლორადოს ხოჭოს მატლი წყვეტს განვითარებას, ახდენს ანტიფიდანტურ ეფექტს, იწვევს კვერცხების დეგენერაციას, რის შედეგადაც მავნებელი კვდება.



პროსტაგლანდინები და პროსტაციკლინები

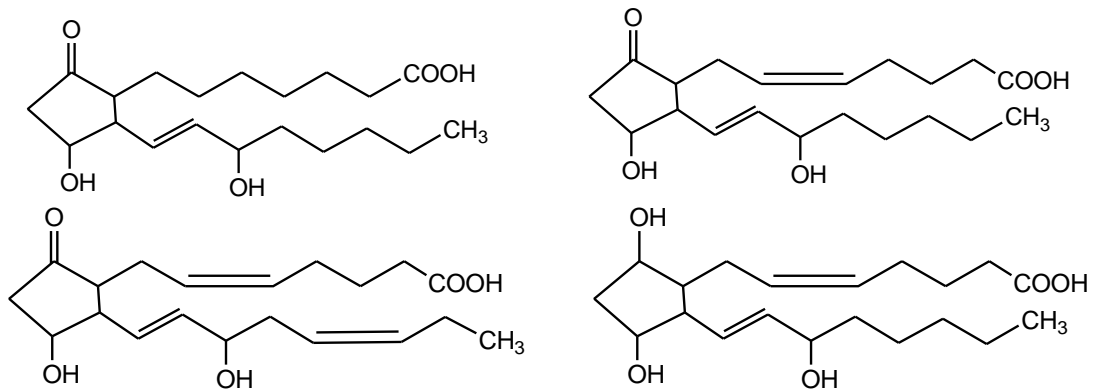
პროსტაგლანდინები მიეკუთვნება დაბალმოლეკულური ბიორეგულატორების ყველაზე მნიშვნელოვან კლასს. მათ ახასიათებთ მაღალი ბიოლოგიური აქტივობა და მოქმედების ფართო სპექტრი. პროსტაგლანდინები პირველად აღმოჩენილ იქნა წინამდებარე ჯირკვლის პროსტატის სპერმაში (აქედან წარმოდგება მისი სახელწოდებაც). დადგენილია, რომ იგი შედის ძუძუმწოვრების ყველა ქსოვილში.

პროსტაგლანდინებს განიხილავენ როგორც ბუნებაში არარსებული პროსტანის მჟავას წარმოებულს:



პროსტანის მჟავა

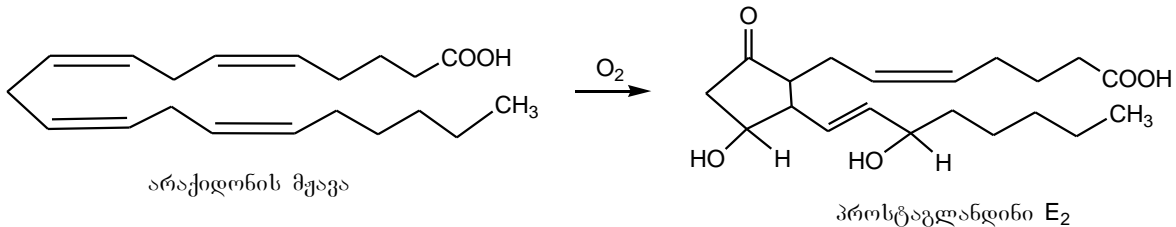
პროსტანის მჟავას ჩონჩხი პროსტაგლანდინში შეიცავს ერთ, ორ ან სამ ორმაგ ბმას, ერთ ან ორ ჰიდროქსილურ ჯგუფს, ასევე შეიცავს კარბონილურ ჯგუფს, მაგალითად:



პროსტაგლანდინები ფიზიოლოგიურად ძალიან აქტიური ნივთიერებებია. ისინი არეგულირებენ ფიზიოლოგიური პროცესების ნორმალურ მიმდინარეობას და მრავალი პათოლოგიური პროცესის უშუალო მონაწილენი არიან. პროსტაგლანდინები წარმოადგენენ “ზეჰორმონებს” და ფიზიოლოგიურ აქტიურობას ამუღავნებენ ძალიან მცირე კონცენტრაციის შემთხვევაში. მათი გავლენით იცვლება კუჭის სეკრეტორული ფუნქცია, სტეროიდული ჰორმონების სეკრეცია, ცხიმების, წყლის და მარილების ცვლა. პროსტაგლანდინები საკმაოდ ეფექტურ გავლენას ახდენენ ნერვულ უჯრედზე, კერძოდ, მათი გავლენით არსებითად იცვლება ნეირომედიატორებისა და ციკლური ნუკლეოტიდების მეტაბოლიზმი. პროსტაგლანდინები მოქმედებენ გულ-სისხლძარღვთა სისტემაზე. მაგალითად, ზოგიერთი მათგანი აფართოებს სისხლის ძარღვებს, აუმჯობესებს სისხლის მიმოქცევას და ამცირებს არტერიულ წნევას. ზოგი მათგანი აჩქარებს თრომბოციტების აგრეგაციას.

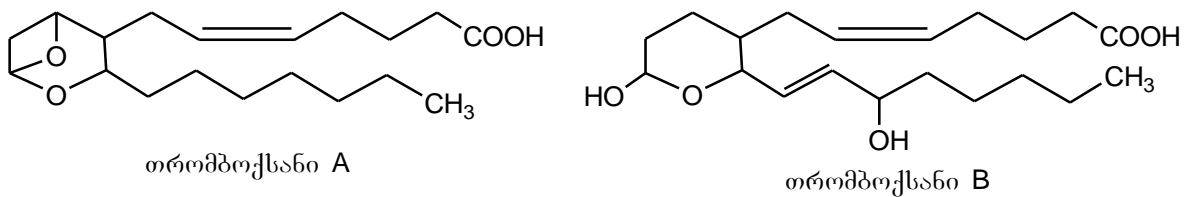
პროსტაგლანდინებს ეფექტურად იყენებენ გინეკოლოგიაში. მათი საშუალებით შესაძლებელია აბორტი ორსულობის ნებისმიერ პერიოდში. პროსტაგლანდინებს იყენებენ გულ-სისხლძარღვთა სისტემის, კუჭის წყლულისა და თორმეტკოჯა ნაწლავის წყლულის სამკურნალოდ და სხვა. მათი სინთეზი ხდება თითქმის ყველა ქსოვილში, გამონაკლისია ადამიანის ერითროციტები. პროსტაგლანდინების მასინთეზირებელი ფერმენტი – პროსტაგლანდინსინთეტაზა აღმოჩენილია მიკროსომების მემბრანაში. კოფაქტორების როლში გვევლინება ნად⁺ და ციტოქრომი p-450.

პროსტაგლანდინების მოქმედება ლოკალური ხასიათისაა, მათი ეფექტი ვლინდება უპირატესად იქ, სადაც ისინი სინთეზირდებიან და ადგილზევე ხდება მათი ინაქტივაცია, C₁₅ ნახშირბადთან დაჯანგვით ან ორმაგი ბმების აღდგენით. პროსტაგლანდინების დაშლის პროდუქტები ორგანიზმიდან შარდთან ერთად გამოიყოფა. ისინი პოლიენური ცხიმოვანი მჟავების – ლინოლისა და არაქიდონის მჟავების წარმოებულეებია. პროსტაგლანდინები ორგანიზმში წარმოიქმნება არაქიდონის მჟავასაგან, რომელსაც ორგანიზმი ფოსფოლიპიდების სახით ღებულებს. არაქიდონის მჟავას ჟანგვითი ციკლიზაციის შედეგად წარმოიქმნება პროსტაგლანდინი E₂.



არაქიდონის მჟავასგან პროსტაგლანდინების გარდა წარმოიქმნება ბიოლოგიურად აქტიური სხვა ბუნებრივი ნაერთებიც: პროსტაციკლინები, ვენების გაფართოების წარმოქმნის გამაფრთხილებელი ნივთიერებები, თრომბოქსანები, ლეიკოტრიენები (სქემა 17).

თრომბოქსანები. თრომბოქსანები არამდგრადი, მაგრამ აქტიური ნივთიერებებია, რომლებიც წარმოიქმნება თრომბოციტებში, იწვევენ თრომბის წარმოქმნას. თრომბოქსანები აღმოჩენილია 1976 წელს. ისინი ორგანიზმში წარმოიქმნება არაქიდონის მჟავას მეტაბოლიზმის შედეგად (სქემა 14). ცნობილია ორი ტიპის თრომბოქსანი A და B.

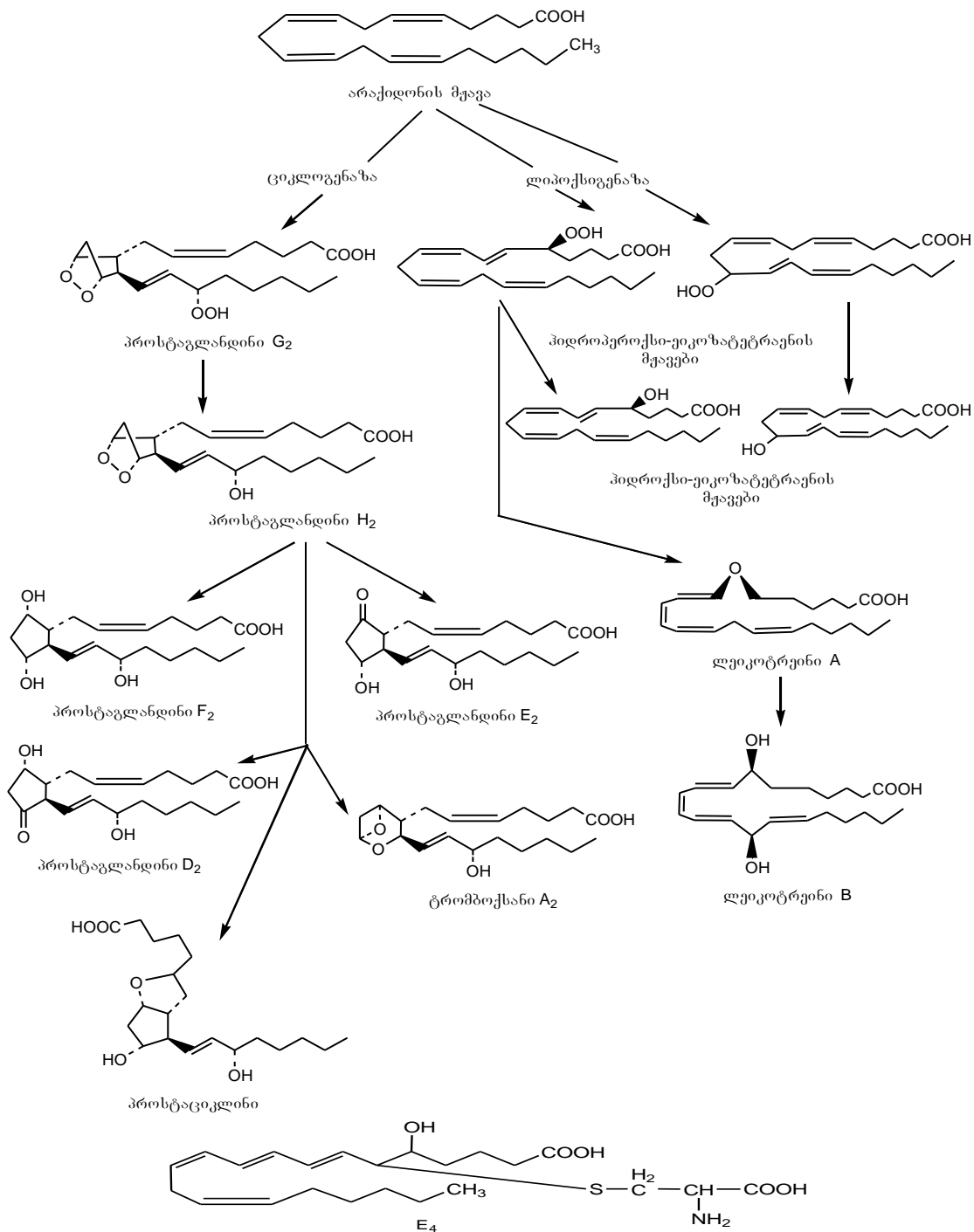


თრომბოქსანები მონაწილეობენ ორგანიზმის არაერთი ფუნქციის რეგულირებაში. თრომბოქსანები და პროსტაგლანდინები ზოგჯერ სინქრონულად მოქმედებენ, ზოგჯერ კი ანტაგონისტებს წარმოადგენენ. პროსტაგლანდინების და თრომბოქსანების ანტაგონისტური ზემოქმედების თანაფარდობა არეგულირებს სისხლის მიმოქცევას ორგანიზმში. თრომბოქსანების კონცენტრაციის გაზრდა იწვევს ისეთ დაავადებებს, როგორცაა ათეროსკლეროზი, გულის იშემიური დაავადება, რევმატიზმი, ჰიპერტონია.

ლეიკოტრიენები. ლეიკოტრიენები წარმოადგენენ უჯერი ერთფუძიანი მჟავების წარმოებულეებს, რომელთა შედგენილობაში შედის სამი ორმაგი ბმა შეუღლებულ მდგომარეობაში (შესაძლებელია არაშეუღლებული ორმაგი ბმის არსებობაც). ლეიკოტრიენების შედგენილობაში შედის აგრეთვე ჰიდროქსი- ან ოქსო-ჯგუფები.

ცნობილია 6 ტიპის ლეიკოტრიენები: A, B, C, D, E და F. ყოველი ტიპი შედგება 6 სერიისაგან, რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდება ორმაგი ბმების რაოდენობით, რასაც ინდექსის სახით აღნიშნავენ ციფრებით.

არაქიდონის მეფას მეტაბოლიზმი



ლეიკოტრენები არასტაბილური ნაერთებია. ძირითადად გავრცელებულია A და B ტიპის ლეიკოტრენები. ლეიკოტრენები ნაპოვნია არა მარტო ადამიანის ორგანიზმში, არამედ მცენარეებში. ისინი ძლიერი ფიზიოლოგიური აქტიურობით ხასიათდებიან, იწვევენ ანაფილაქსიას (ალერგიის თავისებური ფორმა). ლეიკოტრენები ავიწროებენ კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის და კორონალური სისხლძარღვების გლუვ ქსოვილებს, აინიცირებენ მიოკარდის იშემიის განვითარებას. ლეიკოტრენები ორგანიზმში არ აკუმულირდება – იმპულსურად წარმოიქმნება საჭიროების შემთხვევაში, რაიმე გაღიზიანების საპასუხოდ. ისინი მონაწილეობენ ანთებით პროცესებში და ალერგიის არსებობის შემთხვევაში მომენტალურად იწვევენ საპასუხო რეაქციას.

ვიტამინები, მათი მნიშვნელობა ვიტამინები, როგორც კოფერმენტები

ვიტამინები დაბალმოლეკულური ორგანული ნაერთებია და წარმოადგენენ საკვების აუცილებელ შემადგენელ ნაწილს.

ვიტამინებს სხვადასხვაგვარი ქიმიური აგებულება აქვთ. ისინი ძალიან მცირე დოზებში არიან ბიოლოგიურად აქტიურნი და დიდ როლს ასრულებენ ნივთიერებათა ცვლაში. ცალკეული ვიტამინების ფუნქციები იმდენად მჭიდროდაა ერთმანეთთან დაკავშირებული, რომ ერთის ნაკლებობა არღვევს მეორის გამოყენებას. ვიტამინებს მჭიდრო კავშირი აქვთ აგრეთვე ორგანიზმის მინერალურ ცვლასთან. ვიტამინების სინთეზს ახდენენ მცენარეული ორგანიზმები. მცენარეებში ისინი ამავე დროს ასრულებენ ნივთიერებათა ცვლის მარეგულირებელ როლს. ნივთიერებებს, რომლებიც ადამიანის ორგანიზმში წარმოქმნიან ვიტამინებს, პროვიტამინები ეწოდებათ.

დიდი ხნის წინ შემჩნეული იყო, რომ ადამიანის ნორმალური ცხოველ-მყოფელობისათვის, ნახშირწყლების, ცილებისა და ლიპიდების გარდა საჭიროა დამატებითი ფაქტორები. საკვებში ვიტამინების უქონლობისას აღინიშნებოდა მთელი რიგი მძიმე დაავადება. საზღვაო და ჩრდილოეთ ქვეყნებში მოგზაურობის დროს ახალი ხილ-ბოსტნეულის უქონლობა იწვევდა დაავადებას – სურავანდს (სკორბუტი). სურავანდის სამკურნალოდ იყენებდნენ ფიჭვის წიწვებს. შემდგომში შემჩნეული იყო, რომ სურავანდით დაავადებულთა განკურნება შეიძლებოდა საკვებში ლიმონის წვეწის ან წიწვების ნახარშის დამატებით.

აღმოსავლეთ ქვეყნებში (ჩინეთი, იაპონია) გავრცელებული იყო დაავადება ბერი-ბერი. ეს დაავადება გამოიწვია კანგაცლილი ბრინჯით კვებამ. დადგენილი იყო, რომ ქათმებიც ავადდებიან ბერი-ბერის მსგავსი დაავადებით, რომლებსაც ფრინველების პოლინევრიტი ეწოდება. ეს ავადმყოფობა ვრცელდება მხოლოდ კანგაცლილი ბრინჯით ქათმების კვების დროს. საკვებში ქატოს დამატებით აღინიშნებოდა ფრინველთა გამოჯანმრთელება.

პრაქტიკული ცდებით დადგენილია, რომ სურავანდი და ზოგიერთი სხვა დაავადება კვების დეფექტებზეა დამოკიდებული. აღსანიშნავია, რომ რარიგ უხვი არ უნდა იყოს კვება, ორგანიზმის ნორმალური ცხოველმყოფელობისათვის საჭიროა რაღაც დამატებითი ნივთიერებები, რომლებიც ყველა საკვებში არ იმყოფება. ცხიმების, ცილების, ნახშირწყლებისა და მინერალური მარილების გარდა საკვები ნივთიერებები უნდა შეიცავდნენ უცნობ კვებით პროდუქტებს, რომელთა არყოფნა საკვებში მძიმე დაავადებებს იწვევს.

პოლონელი მეცნიერი ფუნკი სწავლობდა ფრინველთა პოლინევრიტს. მან 1912 წელს 50 კგ ბრინჯის ქატოდან გამოყო 0,4 გ აქტიური ნივთიერება, რომლის 4-8 მგ საკმარისი იყო პოლინევრიტისაგან მტრედის გასაკურნებლად. ფუნკის მიერ კრისტალური სახით გამოყოფილი ამინის ჯგუფის შემცველი ორგანული ნივთიერება იცავდა ცხოველებს ბერი-ბერისაგან. ამ ნაერთს სიცოცხლის ამინი ანუ ვიტამინი უწოდა (v i t a-ლათინურად ნიშნავს სიცოცხლეს). შემდეგ მან ეს სახელწოდება გააგრძელა ყველა იმ ნივთიერებაზე, რომელთა არარსებობა საკვებში შესატყვისი დაავადებების მიზეზია. აღმოჩნდა, რომ ამ კლასის მრავალი ნაერთი არ შეიცავს აზოტს, მაგრამ ტერმინი ვიტამინი დღემდე დარჩა ხმარებაში.

ვიტამინის დღე-ღამური ნორმა მიკროგრამიდან რამდენიმე მილიგრამის ფარგლებში მერყეობს. რაციონალური კვების პირობებში გათვალისწინებული უნდა იყოს ნახშირწყლების და ცხიმების კალორიულობა, ცილების სრულფასოვნება და, რა თქმა უნდა, ვიტამინების სტანდარტული ნორმები. მხოლოდ ასეთ პირობებშია შესაძლებელი საკვების ნორმალური მონელება და უჯრედშიგა მეტაბოლიზმი, ცოცხალ ორგანიზმთა უზრუნველყოფა ენერჯით და სამშენებლო ნივთიერებებით. საყურადღებოა, რომ ადამიანის, მაიმუნის და ზღვის გოჭის გარდა, ცხოველები ნაწილობრივ იკმაყოფილებენ თავის მოთხოვნებს ვიტამინებზე.

საკვებში ვიტამინების ნაკლებობისას ადამიანში ვითარდება ჰიპოვიტამინოზი, ხოლო მათი ჭარბი რაოდენობით მიღებისას – ჰიპერვიტამინოზი. ორივე პათოლოგიური მდგომარეობაა, რაც ხშირად სიკვდილით მთავრდება. გამოკვლევების საფუძველზე დადგენილია, რომ არსებობს მჭიდრო კავშირი ვიტამინებსა და ბიოლოგიურ კატალიზატორებს – ფერმენტებს შორის. აღმოჩნდა, რომ ზოგიერთი ვიტამინი ცილასთან შეერთებით წარმოქმნის ფერმენტებს. დაავადება, რომელიც გამოწვეულია საკვებში ამა თუ იმ ვიტამინების ნაკლებობით, იმის შედეგია, რომ ორგანიზმში არასაკმარის აქტიურია შესაბამისი ფერმენტი, რომელიც ახდენს ნივთიერებათა ცვლის განსაზღვრული ბიოქიმიური გარდაქმნის კატალიზს.

ვიტამინების ზოგიერთი წარმომადგენელი მნიშვნელოვან კოფერმენტს წარმოადგენს. კოფერმენტების დიდი ნაწილი არ სინთეზირდება ადამიანის ორგანიზმში და საჭიროა მათი მიღება მცენარეული ან ცხოველური საკვებიდან ვიტამინების სახით. მაგალითად, დეჰიდროგენაზას კოფერმენტები: ნიკოტინამიდადენინდინუკლეოტიდი (ნად⁺) და ნიკოტინამიდადენინდინუკლეოტიდფოსფატი (ნადფ⁺) შეიცავს ვიტამინს ნიკოტინმჟავა ამიდის სახით; ფლავინადენინდინუკლეოტიდი (ფად) შეიცავს ვიტამინ B₂-ს – რიბოფლავინს; პირიდოქსალ-5'-ფოსფატი შეიცავს ვიტამინ B₆-ს; თიამინდიფოსფატი (კოკარბოქსილაზა) შეიცავს თიამინის ვიტამინს; კობამიდური კოფერმენტები შეიცავს B₁₂ ვიტამინს (იხ. კოფერმენტების თავში).

უკანასკნელ ხანებში განსაკუთრებული ყურადღება მიიპყრო ანტივიტამინებმა. მათი გავლენით მცირდება ვიტამინების ბიოლოგიური აქტივობა. არსებობს ანტივიტამინების ორი ჯგუფის სტრუქტურული ანალოგები, რომლებიც აკავებენ ვიტამინების სტრუქტურულ მოდიფიკაციებს და, შესაბამისად, მათ ინაქტივაციას. ანტივიტამინები გამოიყენება სამედიცინო პრაქტიკაში, მაგალითად, K ვიტამინის სტრუქტურული ანალოგი ტრომექსანი და დიკუმაროლი, რომელთაც ანტივიტამინური თვისებები ახასიათებთ, გამოიყენება სისხლის შედედების საწინააღმდეგოდ, ხოლო პირიდოქსინის ანალოგი – ანტივიტამინები იზონიაზიდი – ტუბერკულოზის სამკურნალოდ. ანტივიტამინებს მიეკუთვნება ასევე ის ფერმენტები, რომელთა მოქმედებით ხდება ვიტამინების დაშლა (თიამინოზა, ასკორბატოქსილაზა) და ცილები, რომლებიც ვიტამინებთან დაკავშირების გზით იწვევენ ორგანიზმში ვიტამინების დეფიციტს – ჰიპოვიტამინოზს.

ვიტამინები იყოფა ორ დიდ ჯგუფად:

1. ცხიმში ხსნად ვიტამინებად ანუ ლიპოვიტამინებად;
2. წყალში ხსნად ვიტამინებად ანუ ჰიდროვიტამინებად.

ვიტამინებს აღნიშნავენ ლათინური ასოებით. ამჟამად საკმაოდ კარგადაა შესწავლილი ვიტამინები: A, B₁, B₂ ...B₁₂, C, D, E, K, P, PP.

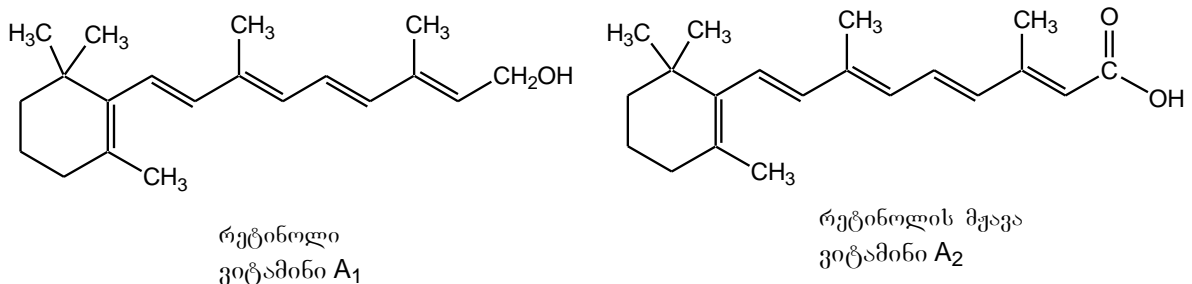
ცხიმში ხსნადი ვიტამინები

ამ ჯგუფში შედის ვიტამინები:

1. ვიტამინი A (ანტინფექციური, ზრდის ვიტამინი)
2. ვიტამინი D, კალციფეროლი (ანტირაქიტული)
3. ვიტამინი E₁ (გამრავლების ვიტამინი, ანტიცერეილური ვიტამინი)
4. ვიტამინი K (ანტიჰემორაგიული)

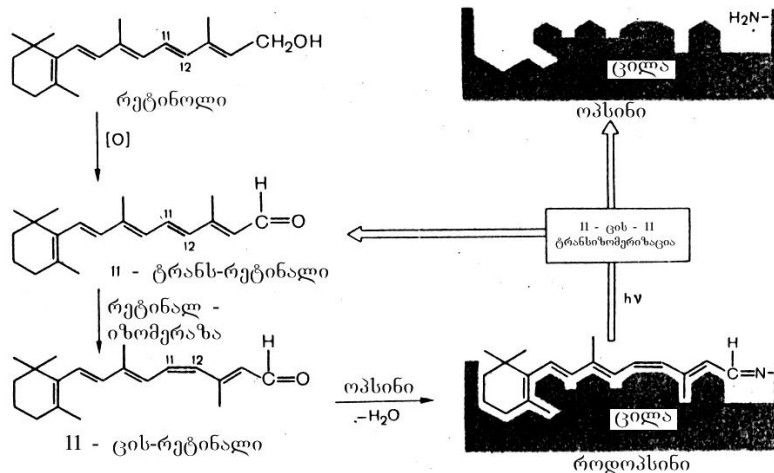
ვიტამინი A. ვიტამინი A ციკლური ერთატომიანი უჯერი სპირტია. იგი წარმოადგენს მცენარეული წარმოშობის ყვითელი პიგმენტის ბეტა კაროტინის (Carota ლათინურად სტაფილოს ნიშნავს) წარმოებულს. აქედან დასტურდება, რომ კაროტინი წარმოადგენს A-ს პროვიტამინს. ვიტამინი A იხსნება ორგანულ გამხსნელებში: ბენზოლში, ქლოროფორმში, აცეტონში, იხსნება ცხიმებში; წყალში უხსნადია. ვიტამინს დიდი მნიშვნელობა აქვს ჯანმრთელობისათვის, განსაკუთრებით, ახალგაზრდა ორგანიზმებისათვის. მისი ნაკლებობა იწვევს ახალგაზრდა ცხოველებისა და ბავშვების ზრდის შეჩერებას, ამიტომ მას ზრდის ვიტამინს უწოდებენ. ზრდის ფაქტორს წარმოადგენს არა რეტინოლი, არამედ ღვიძლში მისი დაჟანგვის პროდუქტი – რეტინოლის მუავა. ვიტამინის ხანგრძლივი ნაკლებობა ჯერ იწვევს ორგანიზმის სისუსტეს, საბოლოოდ კი – დაღუპვას. კრისტალური რეტინოლის სრული სინთეზი განხორციელდა ო. ისლერის მიერ 1947წ. მას დღეს სამედიცინო მიზნებისათვის ძირითადად ქიმიური სინთეზის გზით ღებულობენ.

A ვიტამინით ყველაზე მდიდარია თევზის ქონი და ის ცხიმები, რომლებიც იმყოფებიან ზღვის ზოგიერთი თევზისა და ცხოველის ღვიძლში (ვიროთეზა, ვეშაპი, ლომთევეზა, სელაპი). A ვიტამინის მნიშვნელოვანი წარმომადგენელია რეტინოლი 1 და რეტინოლის მუავა 2



A₂ ვიტამინი აღმოჩენილ იქნა 1937წ. ე. ლედერერის და ვ. როზანოვის მიერ.

ორგანიზმში A ვიტამინის ნაკლებობა იწვევს თვალის დაავადებას ქსეროფთალმიას (თვალის სიმშრალეს), დაავადება იწყება თვალის რქოვანი გარსის დარბილებით. თვალში ჩნდება ლიბრი, რაც იწვევს დაბრმავებას. სუსტად განვითარებულ ქსეროფთალმიას (შებინდებათან ერთად ადამიანი მხედველობის უნარს კარგავს) წარმოადგენს დაავადება, რომელსაც „ქათმის სიბრმავე“ ეწოდება. დიდია რეტინოლის როლი მხედველობის აღქმაში. ორგანიზმში იგი იჟანგება 11-ტრანს-რეტინალად, რომელიც ფერმენტ რეტინალიზომერაზას მოქმედებით გარდაიქმნება 11-ცის-რეტინალად, შემდეგ კი უკავშირდება თვალის ბადურის ოფსინს და წარმოქმნის სინათლისადმი მგრძობიარე პიგმენტს – როდოფსინს (სურ 18). სინათლის შთანთქმის დროს ფოტოიზომერიზაციის შედეგად როდოფსინის რეტინალური კომპონენტი გადადის 11-ტრანს-რეტინალში.



მხედველობის აღქმის პროცესის ქიმიური საფუძველი

ადამიანის ორგანიზმი A ვიტამინს ღებულობს რძის, კვერცხისა და თევზისაგან, A-პროვიტამინს ანუ კაროტინს-ხილ-ბოსტნეულისაგან. მნიშვნელოვანი რაოდენობითაა კაროტინი პომიდორში. კაროტინის რაოდენობა დამოკიდებულია სიმწიფის ხარისხზე – რაც უფრო მწიფეა ნაყოფი, მით მეტია კაროტინის რაოდენობა.

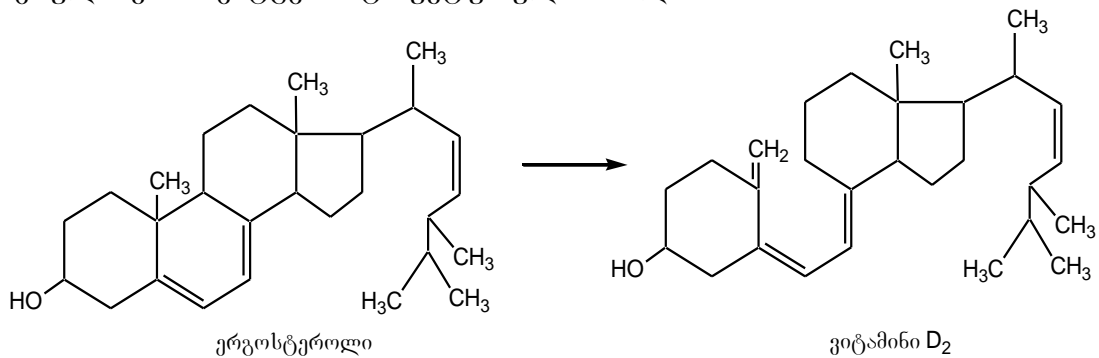
ვიტამინის რაოდენობა საკვებ პროდუქტებში დამოკიდებულია სხვადასხვა პირობებზე. მაგალითად, რძეში A-ვიტამინი ზაფხულში უფრო მეტია, ვიდრე ზამთარში, ვინაიდან ნედლი ბალახი შეიცავს უფრო მეტ კაროტინს, ვიდრე თივა. უკანასკნელში, გახმობის შედეგად ხდება კაროტინის დაშლა. კვერცხის გულში A ვიტამინი ყველაზე მეტია ზაფხულში, ვინაიდან ამ პერიოდში ქათმები ბალახითაც იკვებებიან. ძროხის კარაქი არ კარგავს ვიტამინ A-ს 12 საათის განმავლობაში 120 C-ზე გაცხელებისას, თუ გათბობა ხდება ჰაერთან შეხების გარეშე. მაგრამ თუ ერბოში გაატარებენ ჰაერს და გააცხელებენ 1000 C-ზე, მაშინ A ვიტამინი ოთხ საათში იჟანგება. ბოსტნეულის ხანგრძლივი მოხარშვისას კაროტინი თითქმის მთლიანად ინახება. პომიდორის წვენი 1000 C-ზე გაცხელებით 4 საათის განმავლობაში იკარგება მხოლოდ კაროტინის 18%. კონსერვებში კაროტინი კარგად ინახება. კაროტინისათვის არახელსაყრელი პირობებია ხილ-ბოსტნეულის შრობა. ამასთან, სწრაფი შრობა, შედარებით მაღალ ტემპერატურაზე ნაკლებად საშიშია, ვიდრე ხანგრძლივი შრობა დაბალ ტემპერატურაზე. ბალახის თივად გახმობისას ადგილი აქვს კაროტინის დიდ დანაკარგს, რაც გამოწვეულია მზის სხივების უშუალო მოქმედებით.

ვიტამინი A მარაგის სახით გროვდება ღვიძლში. ზრდასრული ადამიანის ღვე-ღამური მოთხოვნილება A ვიტამინზე 1,5 მგ-ია, ღორისათვის – 4 მგ, კვერცხმდებელი ქათმისათვის – 0,5 მგ; მცენარეული საკვები A ვიტამინს არ შეიცავს. A ვიტამინის ნაკლებობის ტიპური ნიშანია რქოვანას ანთება და ლორწოვანი არხების გარქოვანება, რასაც თან სდევს თვალის სიმშრალე. პარალელურად აღინიშნება სუნთქვის გზების, კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის, შარდგამომყოფი არხების ეპითელიუმის გარქოვანება და განშრევა, ინფექციური დაავადებების მიმართ იმუნიტეტის დაქვეითება. ყველა გამოვლენილი ნიშანი ნორმალისებული იქნება A ვიტამინით მდიდარი საკვები პროდუქტებით კვების შედეგად.

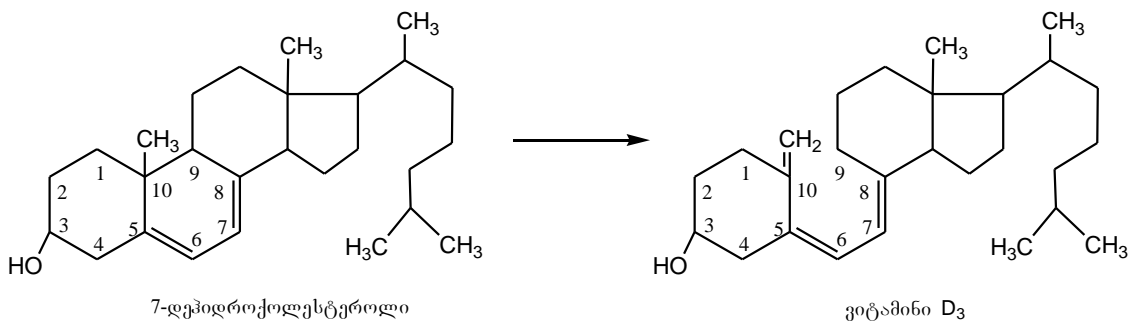
ვიტამინი D, კალციფეროლი. ბავშვთა დაავადება რაქიტი (ძვალრბილობა) დიდი ხნიდანაა ცნობილი. რაქიტი აგრეთვე აღინიშნება მოზრდილებში ოსტიოპოროზის (მსხვრევადი ძვალი) და ოსტეომალაციის (ძვლის გარბილება) სახით. D ვიტამინის არარსებობის დროს ორგანიზმს არ შეუძლია გამოიყენოს საკვებში მყოფი

კალციუმისა და ფოსფორის მარილები, რის შედეგადაც წარმოიქმნება ავიტამინოზი - რაქიტი. რაქიტის დროს ძვლები სიგრძეში არ იზრდება, მხოლოდ რბილდება, ქვედა კიდურები და ხერხემალი მრუდდება, გულმკერდი და თავის ქალა განიცდის დეფორმაციას. ნორმალურად გამომწვარი ძვალი შეიცავს 65,33% მარილებს და 29,4% ხრტილოვან ქსოვილს, რაქიტიანი ძვალი კი-მხოლოდ 18,2% მარილებს და 71,25% ხრტილოვან ქსოვილს; ეს კი იწვევს ძვლის ქსოვილის ცვალებადობას.

ცნობილია D₁, D₂, D₃, D₄, D₅ ვიტამინები, რომლებიც წარმოადგენენ სტერინების წარმოებულებს. განსაკუთრებული ბიოლოგიური აქტიურობით გამოირჩევა ვიტამინები D₂ და D₃, რომელთაც, შესაბამისად, ერგოკალციფეროლსა და ქოლესტეროლს უწოდებენ. ვიტამინ D₂-ისა და D₃-ის პროვიტამინებია ერგოსტეროლი და ქოლესტეროლი. ერგოსტეროლი შედის საფუერებში და მასზე ულტრაიისფერი სხივებით ზემოქმედებისას მიიღება ერგოკალციფეროლი- ვიტამინი D₂. D₂ და D₃ ვიტამინების აგებულება დადგენილ იქნა ა. ვინდაუსის მიერ 1936-37 წლებში და დადასტურებულ იქნა რენტგენოსტრუქტურული ანალიზით.



ვიტამინ D₃-ის ქოლესტეროლის წინამორბედია 7-დეჰიდროქოლესტეროლი, რომელიც მიიღება ქოლესტეროლის დაუანგვით.



ერგოსტეროლი და ქოლესტეროლი უჯერი ციკლური სპირტია, რომელსაც საფუძვლად უდევს ციკლოპენტანპერჰიდროფენანტრენის ბირთვი. ერგოსტეროლის მსგავსად, 7-დეჰიდროქოლესტეროლზე ულტრაიისფერი სხივების ზემოქმედებისას მიიღება ვიტამინი D₃. D₂ და D₃ ვიტამინების პროვიტამინები მე-9, მე-10 ნახშირბადატომებს შორის კავშირის გაწყვეტის შედეგად გადადიან აქტიურ ფორმაში მზის ულტრაიისფერი სხივების ზემოქმედებით. თუ ადამიანის ორგანიზმი შეიცავს 7-დეჰიდროქოლესტეროლს, მაშინ ვიტამინი D₃ სინთეზირდება ორგანიზმში და მისი მიღება საკვებთან ერთად არ არის აუცილებელი. სწორედ D₃ ვიტამინი წარმოადგენს ბუნებრივ ანტირაქიტულ ვიტამინს.

D₃ პროვიტამინი შედის ადამიანის კანის ლიპიდების შედგენილობაში, ამიტომ საკმარისია ბავშვებმა ისარგებლონ მზის სხივებით ან კვარცის სხივებით და რაქიტისაგან განიკურნებინ.

D ჯგუფის ვიტამინები მხოლოდ ცხოველთა ორგანიზმებსა და ცხოველურ პროდუქტებში გვხვდება. მნიშვნელოვანი რაოდენობით შედიან ისინი თევზის ქონში, კვერცხის გულსა და კარაქში. მცენარეულ პროდუქტებში D ვიტამინი ნაკლებადაა

გავრცელებული. მხოლოდ მზეზე გამხმარ იონჯას და სამყურას აქვს შესამჩნევი ანტირაქტიული მოქმედება. მცენარეებში გავრცელებულია ასევე D პროვიტამინი-ერგოსტეროლი. D ვიტამინი კარგად კრისტალდება, მისი დნობის ტემპერატურა არის 115-117°C, ადვილად იხსნება ცხიმებსა და ცხიმების გამხსნელებში (ქლოროფორმი, ბენზოლი, აცეტონი, ეთილის სპირტი); მინერალური მუყაების, წყალბადის ზეჟანგის, გოგირდის ანჰიდრიდისა და ფორმალდეჰიდის მოქმედებით ნელა იშლება; მდგრადია მაღალი ტემპერატურის, აგრეთვე ჰაერის ჟანგბადის მიმართ. 15-20 საათის განმავლობაში თევზის ქონის გაცხელება 100°C-ზე არ იწვევს ვიტამინების დაშლას. პროდუქტების თერმული დაკონსერვების დროს D ვიტამინი არ იშლება; დიდ დოზებში ვიტამინი შხამიანია.

D ჯგუფის ვიტამინების საშუალებით შენარჩუნებულია კალციუმისა და ფოსფორის შემცველი მარილების დონე სისხლში და ხორციელდება ნიტრატების გამოყოფა შარდთან ერთად. ისინი ხელს უწყობენ ლიმონმჟავას სინთეზს, მონაწილეობენ ენერგეტიკულ ცვლაში, გადააჰყავს კალციუმის იონები არაიონიზებულ კომპლექსში, რისი შედეგიცაა ჰიპერტონია.

D ვიტამინი შეიძლება იყოს რთული ბუნების ბიოკატალიზატორების აქტიური ჯგუფიც. D-ვიტამინი ასტიმულირებს ორგანიზმის ზრდას, რადგან კალციუმი ძვლების მთავარი შემადგენელი ნაწილია. კალციუმი ორგანიზმში ორმაგ როლს ასრულებს: 1. კატალიზურს-მონაწილეობს კუნთების ადგზნებაში, სისხლის კოაგულაციასა და რძის შედედებაში. 2. მექანიკურს - იგი წარმოქმნის ძვლის არაორგანულ ნაწილს ჰიდროქსილაპატიტს $Ca_5(PO_4)_3OH$, რომელიც ილექება ძვლის ცილოვან ნაწილზე; ძვალი განუწყვეტლივ განიცდის განახლებას, მისი ცენტრალური ნაწილი თანდათან იცვლება და კალციუმის მარილების ახალი მოლეკულები გროვდება მის ზედაპირზე.

D-ვიტამინის ძირითად ფუნქციას წარმოადგენს ძვლოვანი ქსოვილისა და წვრილი ნაწლავების ლორწოვანი გარსის უჯრედებში კალციუმისა და ფოსფატების ტრანსპორტირების რეგულაცია. ეს პროცესი ხორციელდება სატრანსპორტო ცილების ბიოსინთეზის გაძლიერების გზით, რომლებიც წარმოადგენენ Ca^{2+} გადამტანებს. D-ვიტამინის დეფიციტის შედეგად ირღვევა ნაწლავების კედლების მიერ კალციუმისა და ფოსფორის შეწოვა, რაც ასტიმულირებს ფარისებრი ჯირკვლების ფუნქციას, რის შედეგადაც წარმოებს ამ ჯირკვლის ჰორმონის გაძლიერებული სეკრეცია, რომელიც ხელს უწყობს ძვლოვანი ქსოვილის ცილოვანი საფუძვლის დაშლას და ძვლებიდან Ca, Mg, P და Na, აგრეთვე სხვა ელემენტების მარილების გამოყოფას სისხლში, რის შედეგად ძვლოვანი ქსოვილი რბილდება, ვითარდება ოსტეოპოროზი, ირღვევა კალციუმის ფოსფატის ნორმალური დაგროვება ძვლოვან ქსოვილში, კალციუმისა და ფოსფორის შეწოვა კუჭ-ნაწლავის ტრაქტში და ორგანულ ნაერთთა ფოსფოეთერების წარმოქმნა. დადგენილია, რომ კალციუმის შეწოვა და ძვლების კალციფიკაცია ხორციელდება არა უშუალოდ D ვიტამინით, არამედ მისი ჰორმონულ-აქტიური მეტაბოლიტით, რომელიც შეიცავს ოქსიჯგუფებს 1 და 25 მდგომარეობაში და უზრუნველყოფს კალციუმის დამაკავშირებელი ცილისა და კალციუმის ცვლის მარეგულირებელი ჰორმონების ი-რნმ-ის ბიოსინთეზს. კალციუმის ნაკლებობა იწვევს კუნთების ტონუსის დაცემას, ნერვულ ადგზნებადობას, თავის ქალისა და ნეკნების ძვლების დარბილებას (თავი დიდი და სამკუთხაა, ბავშვი თავს რომელ მხარეზეც დადებს, ის მხარე შებრტყელდება, კბილები გვიან ამოდის და არასწორი განლაგებისა).

D ვიტამინს ააქტიურებს მზის ულტრაიისფერი სხივები, ამიტომ რაქტიით უმეტესად ავადდებიან ზამთარში ან ჩრდილოეთში დაბადებული ბავშვები. ბავშვებს მკერდის ძვალი წინ აქვთ წამოწეული, გულ-მკერდის ღრუ დეფორმირებულია, აღინიშნება ცვლილებები ღვიძლში.

D ვიტამინის სიჭარბისას აღინიშნება ჰიპერვიტამინოზი, ადგილი აქვს ზეჟანგური ნაერთების ზემოქმედებას, რომლებიც წარმოიქმნებიან ჭარბი D ვიტამინით ცხიმოვანი

მჟავების დაჯანგვისას, რასაც თან სდევს კალციუმისა და ფოსფორის შეწოვა ნაწლავებიდან; ისინი გროვდებიან ძვლებსა და რბილ ქსოვილებში, რის გამო ჩერდება ზრდა. მათი დაგროვება ხდება აგრეთვე გულის კუნთებში, აორტის კედლებში, თირკმლებში; ადგილი აქვს ორგანიზმის მოწამვლას. ვითარდება ხშირი პირღებინება, თავის ტკივილი, უძილობა; აღინიშნება ფარისებრი ჯირკვლისა და სათესლეების ატროფია.

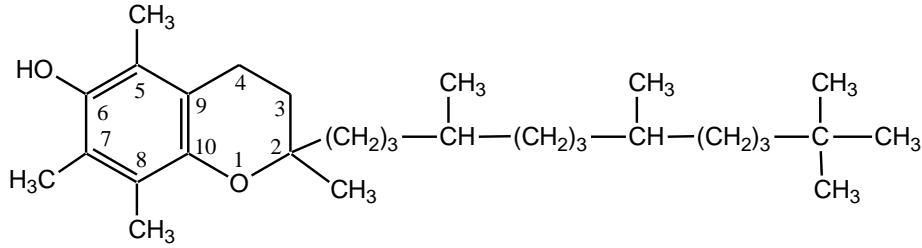
D ვიტამინზე მოთხოვნილება დამოკიდებულია ადამიანის ასაკზე. ბავშვებისათვის სადღეღამისო ნორმაა – 13-25 მკ, მოზრდილებისათვის-უფრო მცირე, ფეხმძიმე და მეძუძურ ქალებისთვის ორჯერ მეტი. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია D ვიტამინი კვერცხის მდებელი ქათმებისა და მეწველი ძროხებისათვის. დადგენილია, რომ კვერცხის ნაჭუჭში გადადის მთელი ქათმის ორგანიზმში არსებული კალციუმის 1/10. 1 ლ რძეს ძროხის ორგანიზმიდან გამოაქვს 1 გ D ვიტამინი.

D ვიტამინს დიდი გამოყენება აქვს მეცხოველეობასა და მეფრინველეობაში პროდუქტიულობის გაზრდისათვის.

ვიტამინი E (ტოკოფეროლი)-ანტისტერული ფაქტორი პირველად სუფთა სახით გამოყოფილ იქნა ხორბლის ჩანასახიდან 1936წ. გ. ევანსის მიერ. პირველი სინთეზი განახორციელა პ. კარერმა 1938წ.

ვიტამინი E შედის მცენარეულ ზეთში. საკვებ პროდუქტებში ნაპოვანია სამი მსგავსი აღნაგობის ნივთიერება α , β და γ ტოკოფეროლები. სამივეს ახასიათებს E ვიტამინური აქტივობა, რომელთაგან ყველაზე აქტიურია α ტოკოფეროლი.

ტოკოფეროლი შეიძლება განხილულ იქნას როგორც ტრიმეთილჰიდროქინონის მიერთების პროდუქტი სპირტ – ფიტოლთან:



α -ტოკოფეროლი

ტოკოფეროლი დიდი რაოდენობითაა მცენარეულ ზეთებში, ხორბლის თესლში, ჩანასახში, ღვიძლში, კვერცხში და სხვ. მარაგის სახით იგი გროვდება პლაცენტაში, ჰიპოფიზში, ნაწილობრივ კუნთოვან ქსოვილში. ცხოველური ორგანიზმების სისხლში ვიტამინი E ლიპოპროტეინული კომპლექსის სახით შედის.

α ტოკოფეროლი ($C_{29}H_{50}O_2$) და β ტოკოფეროლი ($C_{28}H_{48}O_2$) წარმოადგენენ უფერულ ბლანტ ნივთიერებებს, რომლებიც იხსნებიან ცხიმში, ბენზოლში, ქლოროფორმში; წყალში არ იხსნებიან. ისინი მდგრადნი არიან მჟავების მიმართ, ხოლო ტუტეებთან ხანგრძლივი გაცხელებისას იშლებიან. ჰაერის ჟანგბადის მოქმედებით მიმდინარეობს E ვიტამინის ნელი დაშლა, რასაც ადგილი აქვს გამშრალი პროდუქტების ხანგრძლივი შენახვისას. ყველაზე მეტი რაოდენობით იგი შედის ხორბლის ჩანასახების ზეთის შემადგენლობაში, საიდანაც მიიღება მაღალი აქტივობის E ვიტამინის პრეპარატები. ვიტამინი E ანტისტერილური ფაქტორია, მას გამრავლების ფაქტორსაც უწოდებენ. ტოკოფეროლი წარმოადგება ბერძნული სიტყვიდან (tokos - შთამომავლობა, phero - ვატარებ). ავიტამინოზის პირობებში ვირთავები კარგავენ გამრავლების უნარს. საკვებში საღაათის ან მწვანე მცენარეული მასის დამატება დადებით გავლენას ახდენს. ხანგრძლივი დროით საკვებში E ვიტამინის უქონლობა მამრ ორგანიზმში იწვევს სათესლე ჯირკვლების ატროფიას, ხოლო მდედრში აღინიშნება მაკეობის ნაადრევი შეწყვეტა. E ვიტამინი იწვევს აგრეთვე კუნთოვანი ქსოვილის დისტროფიას. კუნთებში მცირდება მიოზინის,

გლიკოგენის, ატფ-ისა და კრეატინფოსფატის რაოდენობა. შემაერთებული ქსოვილის ზრდის ხარჯზე კი მატულობს კოლაგენის შემცველობა.

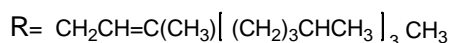
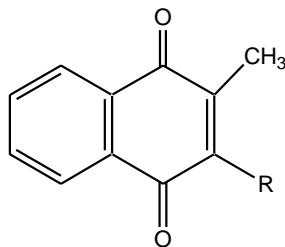
ადამიანებში E ვიტამინის ნაკლებობა იშვიათად ვლინდება, ვინაიდან მისი სინთეზი ხდება მსხვილ ნაწლავებში არსებული მიკროფლორით. α ტოკოფეროლი დადებით ბიოლოგიურ ეფექტს ამჟღავნებს მაშინ, როცა ორგანიზმში მისი რაოდენობა 3 მგ-ს აღემატება.

ვიტამინი K, ანტიჰემორაგიული ვიტამინი კოაგულაციის მასტიმულირებელი ფაქტორია. საკვებში მისი დეფიციტისას კანქვეშ და კუნთებში აღინიშნება სისხლის ჩაქცევები, რაც გამოწვეულია სისხლის შედედების უნარის მქონე ნაერთის – პროთრომბინის უქონლობით. K ვიტამინის პრეპარატების შეყვანა ორგანიზმში სწრაფად აღადგენს პროთრომბინის კონცენტრაციას ნორმალურ კონცენტრაციამდე და იმავდროულად აჩქარებს სისხლის შედედებას.

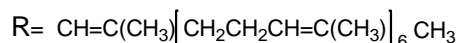
K ვიტამინი ააქტივებს სისხლის პლაზმის ცილის პროთრომბინის წარმოქმნას, რომელიც კალციუმის იონების დაკავშირების შედეგად გარდაიქმნება თრომბინად. თრომბინის მოქმედებით ხსნადი ცილა პრეფიბრინიდან წარმოიქმნება უხსნადი ცილა ფიბრინი, ფორმირდება კოაგულები და ხდება სისხლის შედედება. K ვიტამინი აღმოჩენილ იქნა 1935 წ. იგი გამოყოფილ იქნა იონჯასაგან. არსებობს რამდენიმე სახის K ვიტამინი. ისინი ერთიმეორისაგან განსხვავდებიან როგორც ქიმიური აღნაგობით, ისე ფიზიოლოგიური მოქმედების სიძლიერით.

1939 წელს დადგენილ იქნა, რომ K₁ ვიტამინი წარმოადგენს ქინონის წარმოებულს. ბუნებაში გავრცელებულია ვიტამინ K ს ორი ძირითადი ფორმა K₁ და K₂. K₁ ვიტამინი არის ორხანა ცვლადი 1,4 - ნაფტოქინონი. K ვიტამინის გვერდითი ჯაჭვი წარმოადგენს მაღალმოლეკულური ალიფატური სპირტის ფიტოლის ნაშთს. იგი ოქროსფერ – ყვითელი, მოძრავი, ზეთისმაგვარი სითხეა, ახასიათებს სინათლისადმი მაღალი მგრძობიარობა, მდგრადია მჟავებისა და მაღალი ტემპერატურის მიმართ, მაგრამ ტუტეებთან გაცხელებით ხდება მისი ინაქტივირება. K₁ ვიტამინი C₁₃H₄₆O₂, კრისტალდება 20⁰C ტემპერატურაზე აცეტონის ან სპირტის ხსნარში. ინფრაწითელი სხივები მასზე არ მოქმედებს. ულტრაიისფერი სხივების უშუალო მოქმედებით K₁ ვიტამინი ჰექსანის ხსნარში იშლება და კარგავს თავის ფიზიოლოგიურ თვისებას. ამჟამად მას ღებულობენ სინთეზურად.

K₂ ვიტამინი (C₁₄H₅₆O₂) ნანახია დამპალი თევზის ფხვნილში. იგი ღია მოყვითალო ფერის კრისტალური ნივთიერებაა, წყალში არ იხსნება; კარგად იხსნება გამხსნელებში: აცეტონში, ეთერში, ბენზოლში. K₂ ვიტამინი განსხვავდება K₁ ვიტამინისაგან მხოლოდ გრძელი გვერდითი ჯაჭვის აგებულებით. K₂ ვიტამინი ბიოლოგიურად ნაკლებად აქტიურია, ვიდრე K₁ ვიტამინი.



ვიტამინი K₁



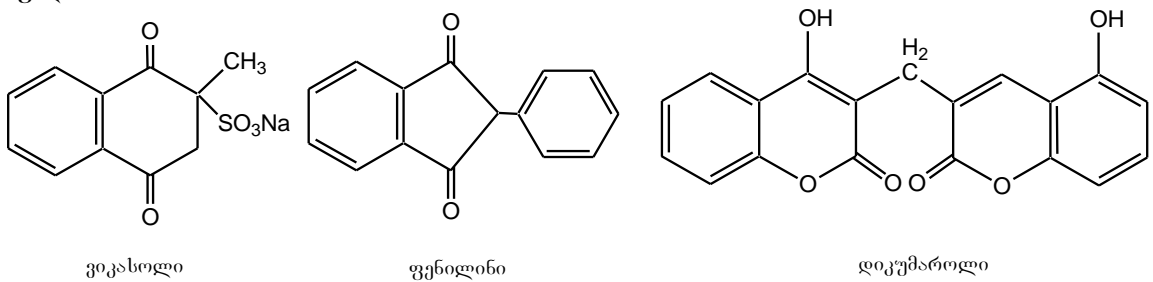
ვიტამინი K₂

K ჯგუფის ვიტამინები გავრცელებულია მცენარეული და ცხოველური წარმოშობის პროდუქტებში. პირველად K ვიტამინის პრეპარატი დამზადებულ იქნა იონჯის ზეთისაგან, შემდეგ კრისტალების სახით იქნა გამოყოფილი თევზის ფქვილიდან. რადგანაც ეს პრეპარატები ერთმანეთისაგან განსხვავდებოდა ბიოლოგიური

თვისებებით, ამის გამო იონჯიდან გამოყოფილ ნივთიერებას უწოდეს K_1 ვიტამინი, ხოლო თევზის ფქვილიდან გამოყოფილს K_2 ვიტამინი.

ვიტამინ K ს შემცველობა საკვებ პროდუქტებში აღემატება მასზე დღეღამურ მოთხოვნილებას და ამიტომ K ვიტამინით გამოწვეული ავიტამინოზი იშვიათია. იგი აგრეთვე სინთეზირდება მსხვილ ნაწლაგში არსებული მიკროფლორით. ჰიპოვიტამინოზი იშვიათად აღინიშნება ორგანიზმში, რაც უმეტესად ნალვლის ბუშტის სადინარის დაცობითაა გამოწვეული. ამის შედეგად ფერხდება ნალვლის მუაგების გადმოდინება და ვიტამინის შეწოვა. ვიტამინ K -ს ანტაგონისტია დიკუმაროლი და ფენილინი, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება სამედიცინო კლინიკაში თრომბების თავიდან ასაცილებლად.

რადგან, K ვიტამინი წყალში არ იხსნება, სისხლის დენისას მისი გამოყენება გართულებულია. 1943 წ. ა. პალადინის მიერ სინთეზირებულ იქნა ვიტამინ K -ს შემცველი წყალში ხსნადი ნაერთი ვიკასოლი, (K_4), რომელიც 2-მეთილ-1,4-ნაფტოქინონის პიდროსულფიტური წარმოებულია. K_4 ვიტამინი ყვითელი ფერისაა, თერმოსტაბილურია. მისი გამოყენებით მრავალი ჯარისკაცის სიცოცხლე იქნა შენარჩუნებული.



K ვიტამინის სინთეზი ხდება მცენარეებში. ზოგიერთი მათგანი სიბნელეშიც კი აწარმოებს K ვიტამინის სინთეზს. ფრინველის, ცხოველის და ადამიანის ორგანიზმში K ვიტამინის სინთეზი ხდება ნაწლაგებში – ნაწლაგის ჩხირის მიერ (*Bac. Coli*), რაც ჩვეულებრივ, სრულიად საკმარისია ორგანიზმისათვის. K ვიტამინი მოიპოვება იონჯაში, კომბოსტოში. ისპანახში და სხვა მცენარეებში. (ცხრილი 11). რძის ნაწარმში, კვერცხში და ხორცეულში K ვიტამინი არ შედის ან ძლიერ მცირე რაოდენობითაა.

ცხრილი 11

K ვიტამინის შემცველობა ზოგიერთ პროდუქტებში

პროდუქტის დასახელება	K -ვიტამინის რაოდენობა მლგ-ში ყოველ 100 გრამზე
ცხოველური პროდუქტები	
ღორის ღვიძლი	0,80
კვერცხი	0,08
ძროხის რძე	-
თევზის ფქვილი	0,04
მცენარეული პროდუქტები	
წაბლის ფოთლები	6,40
ჭინჭარი	3,20
იონჯა	1,60-3,20
კომბოსტო	3,20
კარტოფილი	0,16
პომიდორი	0,40-0,80
ისპანახი	4,40

როგორც ცნობილია სულფამიდური პრეპარატები ბაქტერიოსტატიკურად მოქმედებს ნაწლავის ჩხირებზე და, ამცირებს K ვიტამინის სინთეზს. პარამინობენზოის მუავას მოქმედებით სულფამიდური პრეპარატების ბაქტერიოსტატიკური თვისება საგრძნობლად ნელდება, ნაწლავის ბაქტერიები მრავლდება და K ვიტამინის სინთეზიც ნორმალურად მიმდინარეობს. ამგვარად, სულფამიდური პრეპარატები ითვლება K ავიტამინოზის და K ჰიპოვიტამინოზის გამომწვევ მიზეზად, რაც მხედველობაშია მისაღები ამ პრეპარატებზე მეურნელობის დროს.

K ვიტამინი წყალში არ იხსნება, კარგად იხსნება ცხიმის გამხსნელებში. ნაწლავში გადასვლისას K ვიტამინი იხსნება ნაღველში და შემდეგ იწოვება ორგანიზმში. ღვიძლის ისეთი დაავადებების დროს (ციროზი, ჰეპატიტი, ღვიძლის ატროფია და სხვ.), როდესაც ნაღველის გამოყოფა შემცირებულია, შეიძლება განვითარდეს მეორადი K ავიტამინოზი. ახალშობილი ბავშვის ორგანიზმი შედარებით ნაკლებად შეიცავს K ვიტამინს. ამიტომ ამ პერიოდში სისხლდენა სახიფათოა. შემდეგ კი ბავშვის ორგანიზმში ნაწლავების ფლორის გამრავლებასთან ერთად ნაწლავებში წარმოებს K ვიტამინის სინთეზი, რაც იცავს ორგანიზმს სახიფათო სისხლდენისაგან.

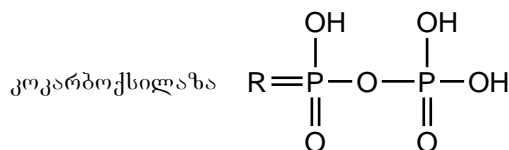
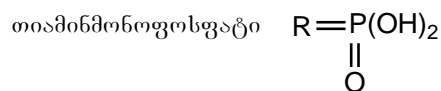
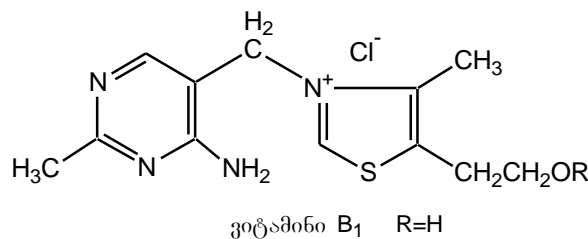
წყალში ხსნადი ვიტამინები

1. B ჯგუფის ვიტამინები: B₁, B₂, B₃, B₄, B₅ ... B₁₅;
2. ვიტამინი H, ბიოტინი;
3. ვიტამინი C, ასკორბინის მუავა;
4. ვიტამინი P;
5. ვიტამინი U;
6. ვიტამინი Q.

B ვიტამინი. B ვიტამინი წარმოადგენს სხვადასხვა თვისების მქონე ვიტამინების კომპლექსს, რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან როგორც ფიზიოლოგიური მოქმედებით, ისე ქიმიური აღნაგობით. ამ კომპლექსში შემავალი ვიტამინებია: B₁, B₂, B₃ და ა.შ. B₁₅ ვიტამინები. დადგენილია, რომ ადამიანის ორგანიზმისათვის საჭიროა B ჯგუფის არა ყველა, არამედ მხოლოდ ზოგიერთი ვიტამინი. მაგალითად, B₃ ვიტამინი საჭიროა მტრედებისა და წიწილებისათვის, B₄ ვიტამინი წიწილებისა და ვირთაგვებისათვის, მისი ნაკლებობა ვირთაგვებში და წიწილებში იწვევს სისუსტეს, მოძრაობის კოორდინაციის მოშლას.

B₁ ვიტამინი (თიამინი, ანევრინი). B₁ ვიტამინი წარმოადგენს კრისტალურ ნივთიერებას; კარგად იხსნება წყალში, განზავებულ მუავეებში და სპირტში.

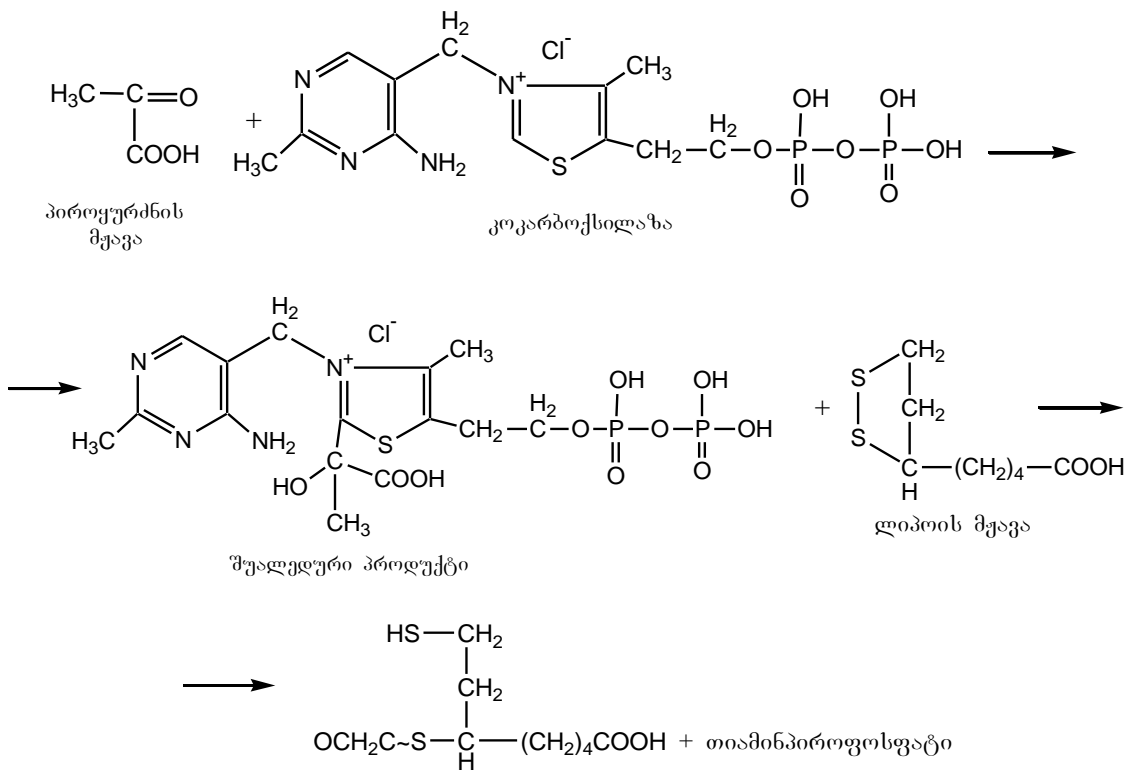
B₁ ვიტამინი აღმოჩენილია 1912 წელს. სუფთა კრისტალური სახით ის მიღებულ იქნა ვინდაუსის მიერ 1932 წელს, ხოლო უილიამსმა 1937 წელს შესძლო მისი ქიმიური აღნაგობის დადგენა და გამოარკვია, რომ იგი შედგება თიაზოლისა და პირიმიდინის ბირთვებისაგან, რომლებიც ერთმანეთთან დაკავშირებულია მეთილენის ჯგუფით:



B₁ ვიტამინი მოიპოვება მცენარეებში. იგი აუცილებელია მცენარის ზრდისა და განვითარებისათვის. მისი ბიოსინთეზისათვის საჭირო ნივთიერებებს მცენარეები ითვისებენ ნიადაგიდან. განსაკუთრებით მდიდარია B₁ ვიტამინით ლუდის საფუარი. მარცვლეულ კულტურებში (ბრინჯი, ხორბალი, სიმინდი) B₁ ვიტამინი განლაგებულია პერიფერიალურად, ე.ი. შედის ქატოს შემადგენლობაში. გამონაკლის წარმოადგენს ჭვავი, რომელშიც B₁ ვიტამინი თანაბრად არის განლაგებული. საკმაოდ მდიდარია B₁ ვიტამინით აგრეთვე სტაფილო, სალათა, მუხუნო, ჭარხალი, ისპანახი, მსხალი და სხვ. დიდი რაოდენობით შეიცავს B₁ ვიტამინს კვერცხის გული და რძე.

ხერხემლიან ცხოველთა ორგანიზმში B₁ ვიტამინი არ წარმოიქმნება; ისინი ღებულობენ მას გამზადებული სახით მცენარეებიდან. B₁ ვიტამინს აქვს ორგანიზმში დაგროვების თვისება. იგი ლაგდება ღვიძლში, ელენთაში, თირკმლებში, გულში და სხვა ორგანოებში.

დადგენილია, რომ B₁ ვიტამინი ახლო კავშირშია იმ ფერმენტებთან, რომლებიც მონაწილეობენ ნახშირწყლების ცვლაში. ცხოველურ ორგანიზმებში თიამინი ფოსფორილირებული თიამინპროფოსფატის – კოკარბოქსილაზას სახითაა. ის პირუვატდეჰიდროგენაზას კოფერმენტი. რეაქციის პირველ სტადიაზე პირუფურძნის მჟავა უკავშირდება თიამინის ბირთვის მე-2 ნახშირბადს აქტიურად მოძრავი წყალბადის საშუალებით და მიიღება შუალედური პროდუქტი, რომელიც განიცდის დეკარბოქსილირებას. რეაქციის შედეგად წარმოიქმნება თიამინპროფოსფატის ჰიდროქსილწარმოებული. ეს უკანასკნელი იშლება, აცეტილის ჯგუფი გადადის მჟავაზე ფერმენტ ლიპოაცეტილტრანსფერაზას მოქმედებით და თავისუფლდება თიამინპროფოსფატი – კოკარბოქსილაზა.



აღნიშნული რეაქციებიდან გამომდინარეობს, რომ B₁ ვიტამინის დეფიციტის პირობებში მოხდება კეტომჟავების დაგროვება, რაც უარყოფითად მოქმედებს ნერვულ სისტემაზე და იწვევს პოლინევრიტს (ბერი - ბერი). იწვევს ნერვული დაბოლოებების და გამტარი გზების დეგენერაცია, ირღვევა კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის მოტორიკა, აღინიშნება ტკივილები გულში და სხვ. საბოლოოდ ვითარდება კრუნჩხვები და ორგანიზმი იღუპება.

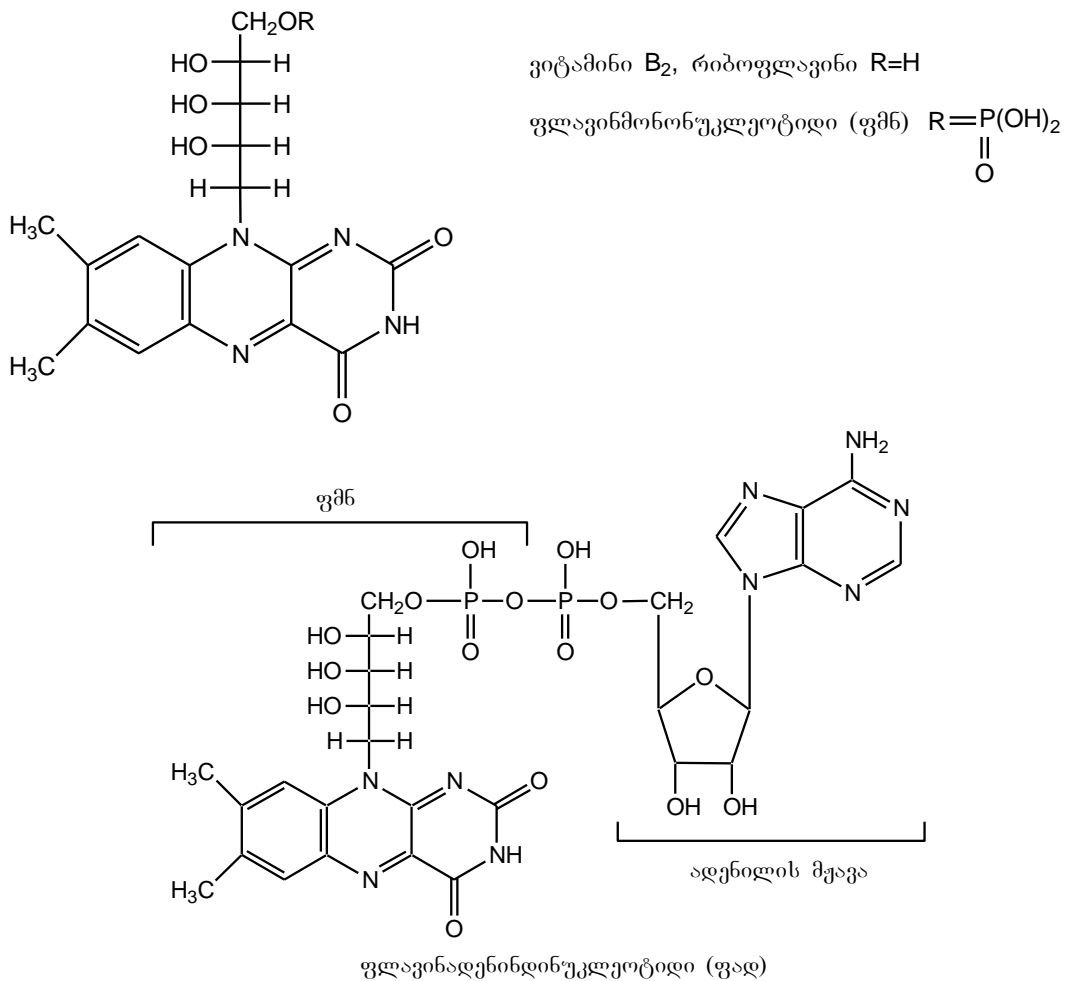
B₁ ვიტამინი ფართოდ იხმარება ალკოჰოლური და სხვ. წარმოშობის ნევრიტის, რადიკულიტის, ნევრალგიის, კუნთოვანი დისტროფიის, დამბლის, სპაზმოფილიის და სხვ. დაავადებათა დროს. B₁ ვიტამინს წარმატებით იყენებენ არტერიული ჰიპერტონიის, კუჭისა და თორმეტგოჯა ნაწლავის წყლულოვანი დაავადების, კუჭის სეკრეციის დაქვეითების მკურნალობის მიზნით.

მაშასადამე, B₁ ვიტამინი მონაწილეობას ღებულობს ნახშირწყლების ცვლაში, ამის გამო ორგანიზმის მიერ მისი ხარჯვა დამოკიდებულია მიღებული საკვები პროდუქტების ხასიათზე. თუ ადამიანი საკვებად ძირითადად ხმარობს ფქვილებულს, შაქარს, ღვინოს, არაყს, მაშინ B₁ ვიტამინის ხარჯვა ორგანიზმში დიდია; თუ საკვების კალორაჟი გადიდებულია ცხიმის ხარჯზე, მაშინ B₁ ვიტამინის ხარჯვა ძლიერ მცირეა. ფიზიკური მუშაობის დროს, ორსულობისა და ლაქტაციის პერიოდში, ე.ი. როდესაც ადგილი აქვს ნივთიერებათა ცვლის გაძლიერებას, B₁ ვიტამინის ხარჯვა

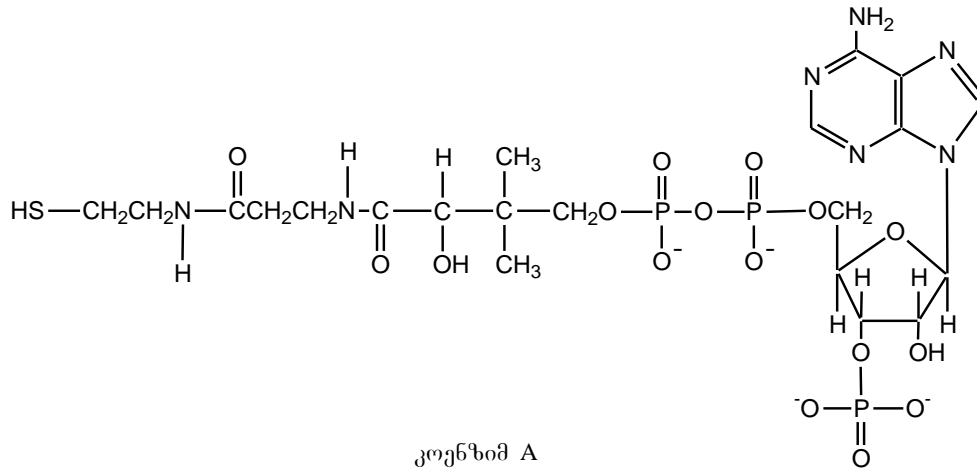
გაძლიერებულია. B₁ვიტამინის ოპტიმალური სადღეღამისო ნორმა სრულასაკოვანთათვის არის 2,5 და 3 მგ, ორსულობის მეორე ნახევარში 2,5 მგ, ლაქტაციის პერიოდში 3 მგ, 7 წლამდე ბავშვებისათვის 1 მგ, 7-დან 14 წლამდე ბავშვებისათვის-1,5 მგ, 14 წლის ასაკის ზემოთ-2 მგ.

ვიტამინი B₂ (რიბოფლავინი, ლაქტოფლავინი). ვიტამინი B₂ პირველად აღწერილ იქნა 1879 წელს, როგორც ძროხის რძის ყვითელი პიგმენტი. B₂ ვიტამინი ეკუთვნის ბუნებაში ფართოდ გავრცელებული ყვითელი პიგმენტების – ფლავინების ჯგუფს. საფუარისაგან მიღებულ ფლავინებს, რომელთაც აღმოაჩნდათ ვიტამინის ბიოლოგიური აქტივობა, ეწოდება რიბოფლავინები, რძისაგან გამოყოფილ ფლავინებს კი – ლაქტოფლავინები. დადგენილია, რომ B₂ ვიტამინი ეკუთვნის ორგანული ნაერთების – ფლავინების ჯგუფს. ფლავინები წყალში ხსნადი ყვითელი პიგმენტებია. ისინი შედიან კვერცხის ცილაში, რძის შრატში, ღვიძლში, საფუვრებში, პომიდორში, ისპანახში, ლიმონში და სხვა.

B₂ ვიტამინის ემპირიული ფორმულაა C₁₇H₂₀O₆N₄. რიბოფლავინის აგებულება დადგენილ იქნა 1935 წელს პ. კარერის და რ. კუნის მიერ. B₂ – ვიტამინი კოფერმენტებში გვხვდება ფლავინმონონუკლეოტიდის (ფმნ) ან ფლავინადენინდინუკლეოტიდის (ფად) სახით.



ფმნ და ფად რიგი ფლავინფერმენტების, კერძოდ, ოქსიდორედუქტაზების კოფერმენტებია და მონაწილეობენ წყალბადის ატომების გადატანაში. აღდგენილი ფლავინ-ნუკლეოტიდიდან წყალბადის ატომი შეიძლება უშუალოდ გადატანილი იქნას თვით დამუხანგავი ფერმენტებით (ამინმუხანგებისა და აღდგენის ოქსიდაზები, ქსანთინოქსიდაზა) ან შუალედი ციტოქრომული სისტემით (ციტოქრომრედუქტაზები), სადაც საბოლოოდ წარმოებს ელექტრონების მიერთება და მისი შემდგომი ტრანსპორტი. სუნთქვის ჯაჭვის ერთ-ერთ ეტაპზე სწორედ ფად-ი მონაწილეობს წყალბადის



პანტოთენის მჟავა თითქმის ყველგან არის, დაწყებული მცენარეებით და ადამიანებით, ამიტომ უწოდებენ მას "უნივერსალურ" ვიტამინს (ბერძნულად "პანტოთენ" ნიშნავს "ყველგან"). პანტოთენის მჟავა ღია მოყვითალო ფერის ზეთისებრი ნივთიერებაა, კარგად იხსნება წყალში, ძმარმჟავაში, სუსტად ეთერსა და ამილის სპირტში.

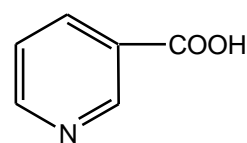
პანტოთენის მჟავა მოიპოვება როგორც მცენარეთა, ისე ცხოველთა ქსოვილებში. განსაკუთრებით ბევრია იგი ქატოში. ცხოველთა ორგანოებიდან იგი ყველაზე მეტია ღვიძლსა და გულში, ნაკლებია კუნთებში, ელენთაში, ტვინში და სხვ.

პანტოთენის მჟავა წარმოიქმნება მცენარეებში. ადამიანები და ცხოველები მას ღებულობენ გამზადებული სახით მცენარეებიდან. იგი მონაწილეობს მრავალ ბიოქიმიურ რეაქციაში, რომელთა დროსაც წარმოიქმნება ცხიმოვანი მჟავები, სტერინები და სხვ. პანტოთენის მჟავა აუცილებელია ფრინველთა და ცხოველთა ზრდა – განვითარებისათვის. მისი ნაკლებობა სხვადასხვა ცხოველში იწვევს სხვადასხვგვარ დაავადებას. წიწილებში იგი იწვევს დამბლას, ვირთაგვებში – ზრდის შეჩერებას და ცვლილებებს თირკმელზედა ჯირკვლებში, რაც გამოიხატება ქერქოვანი შრის დაზიანებაში; ძაღლები იხოცებიან კომით (გაკვეთისას ნახულობენ ღვიძლის ცხიმოვან გადაგვარებას).

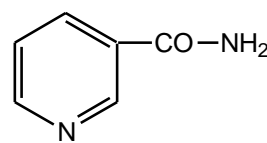
ადამიანის ორგანიზმს მუდმივად ესაჭიროება პანტოთენის მჟავა. ადამიანის პანტოთენის მჟავას ავიტამინოზი ცნობილი არ არის, რადგან ამ ვიტამინს იგი განუწყვეტლივ ღებულობს საკვებთან ერთად. ადამიანი შარდის საშუალებით მუდმივად გამოყოფს პანტოთენის მჟავას (დღე - ღამეში 150 მგ-მდე). ნორმალურ პირობებში პანტოთენის მჟავას კონცენტრაცია სისხლში ძლიერ ქვეითდება ბერიბერის და პელაგრის დროს. აღწერილია ნევრიტის რამდენიმე შემთხვევა, როდესაც B₁, B₂ და B₆ ვიტამინებით მკურნალობა უშედეგო აღმოჩნდა და მხოლოდ პანტოთენის მჟავას ყოველდღიურად 50 მგ რაოდენობით მიცემამ გამოიწვია დადებითი ეფექტი.

ვიტამინი B₃ სინთეზირდება ცხოველთა და ადამიანთა ნაწლავის ჩხირებით, ჭარბად გადადის ნაწლავში, და ორგანიზმში შეიწოვება. ამით ხდება პანტოთენის მჟავას ავიტამინოზის თავიდან აცილება. დღე - ღამური მოთხოვნილება პანტოთენის მჟავაზე შეადგენს 7 – 12 მგ-ს.

ვიტამინი B₅. ვიტამინ B₅-ს ხშირად ეძახიან PP ვიტამინს, ანტიპელაგრულ ფაქტორს ან ნიაცინს. ქიმიურად იგი წარმოადგენს ნიკოტინმჟავას ან ნიკოტინამიდს, რომელთაც ერთნაირი ვიტამინური აქტივობა გააჩნიათ.



ნიკოტინის მჟავა

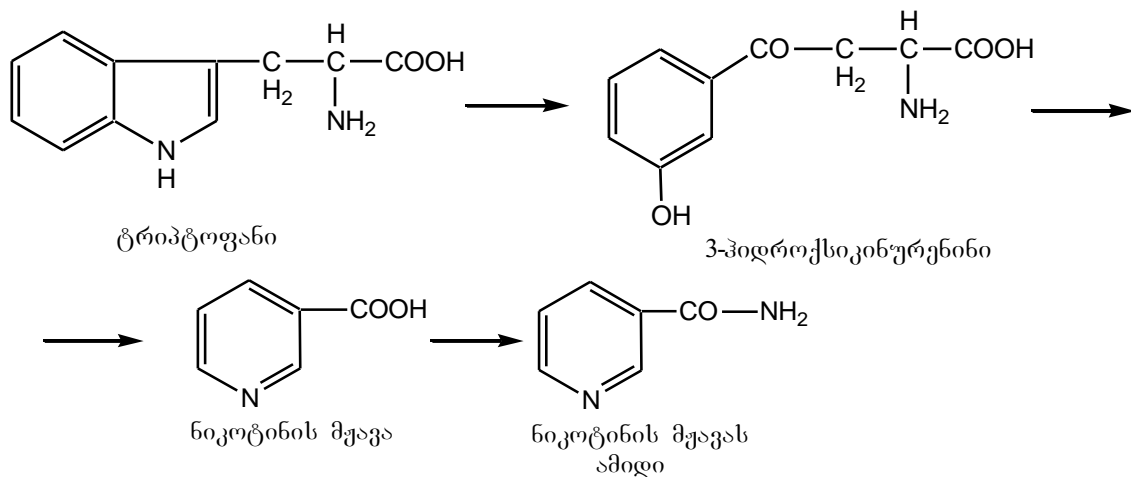


ნიკოტინის მჟავას ამიდი

PP – ვიტამინი წარმოადგენს ნემსისმაგვარ, თეთრ, კრისტალურ, თერმოსტაბილურ ნივთიერებას. პროდუქტების გახმობის და სტერილიზაციის დროს იგი უცვლელი რჩება. PP – ვიტამინი გამოყოფილ იქნა საფუვრიდან კ. ფუნკის მიერ 1913 წელს. ვიტამინი PP მონაწილეობს კოფერმენტ ნად⁺ -ის (ნიკოტინამიდადენინდინუკლეოტიდი) და ნადფ⁺ -ის (ნიკოტინამიდადენინდინუკლეოტიდფოსფატი) შენებაში. რომლებიც დეჰიდროგენაზების კოფერმენტების ფუნქციას ასრულებენ.

PP ვიტამინს დიდი რაოდენობით შეიცავს ღვიძლი, თირკმელზედა ჯირკვლები, ხორცი, საფუარი, სოია; შედარებით მცირეა იგი ხორბალში, ქერქში, ჩაიში; კიდევ უფრო ნაკლები სიმინდში, ბრინჯსა და რძეში.

PP ვიტამინის ნაკლებობის კლასიკურ გამოვლინებას წარმოადგენს პელაგრა. PP ავიტამინოზი უფრო ხშირად ვლინდება ზამთრის ბოლოს და გაზაფხულზე. ადამიანებში პელაგრის განვითარებისას აღინიშნება კანის გაუხეშება და აქერცვლა. მზის სხივების ზემოქმედებით კი კანზე ჩნდება წყლულები. პარალელურად შეინიშნება აგრეთვე კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის ლორწოვანი გარსის ანთება. დადგენილია, რომ ყველა ამ მოვლენის მიზეზია უჯრედში ჟანგვა-აღდგენითი პროცესების დარღვევა. პელაგრა გავრცელებული იყო დასავლეთ საქართველოში მეორე მსოფლიო ომის დროს არასრულფასოვანი, მხოლოდ სიმინდის ფქვილის პროდუქტებისა და ღორის ქონით კვების გამო. ნიკოტინის მჟავას ამიდი, როგორც წყალში ხსნადი ვიტამინი, არ არის ქონში, ხოლო სიმინდის ცილა კაზეინი არ შეიცავს ამინმჟავა ტრიპტოფანს, რომელიც ნიკოტინის მჟავას წყაროა.



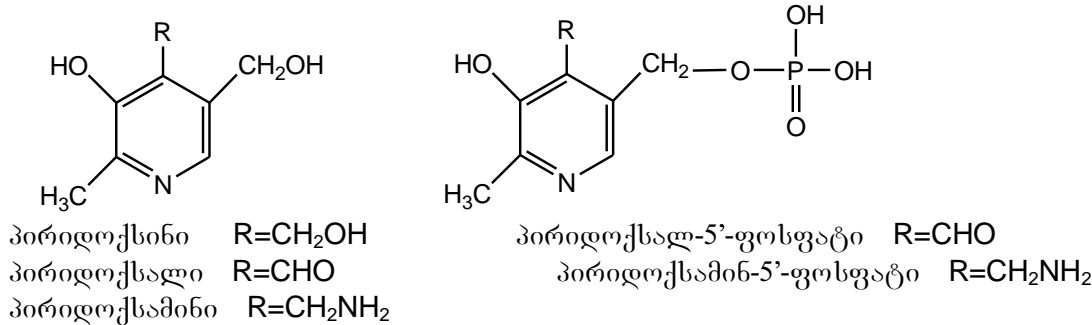
ნიკოტინმჟავას და მისი ამიდის გზა ტრიპტოფანიდან

ნიკოტინმჟავა ძირითად იხმარება პელაგრის მკურნალობის მიზნით. უკანასკნელ ხანებში მას ხმარობენ ქრონიკული ენტეროკოლიტების, ღვიძლისა და გულის ზოგიერთი დაავადების, ბრონქიალური ასთმის, მოურჩენელი იარების და შეუხორცებელი ჭრილობების მკურნალობისათვის. დიზენტერიის დროს შესაბამისი პრეპარატებით მკურნალობის შემდეგ ნიკოტინმჟავას მიცემა ხელს უწყობს ნაწლავების ლორწოვანი გარსის აღდგენას. ნიკოტინმჟავას ხმარობენ როგორც ფხვნილის, ისე 1%-იანი ხსნარის სახით. ხსნარი შეყავთ ვენაში ან კუნთებში ისე, რომ სხეულის ყოველ ერთ კილოგრამ წონაზე მოდიოდეს 0,5-1 მგ ნიკოტინმჟავა. PP ვიტამინის სადღეღამისო დოზა არის 15-25 მგ.

ვიტამინი B₆, აღერმინი. ვიტამინი B₆ არსებობს სამი სხვადასხვა ქიმიური ფორმით: პირიდოქსინი, პირიდოქსალი და პირიდოქსამინი. B₆ ვიტამინი 2-მეთილ-3-ჰიდროქსი-4,5-დიჰიდროქსიმეთილპირიდინია. 1939 წლიდან დადგენილ იქნა პირიდოქსინის სტრუქტურა და ჩატარებულ იქნა მისი სინთეზი. პირიდოქსალის და პირიდოქსამინის

სინთეზი ჩატარებულ იქნა 1994 წელს. ვიტამინ B₆-ის კოფერმენტული ფორმის პირიდოქსალ-5'-ფოსფატის და პირიდოქსამინ-5'-ფოსფატის სტრუქტურა განსაზღვრულ იქნა 1951 წ. მრეწველობაში ვიტამინ B₆-ს და მის კოფერმენტულ ფორმებს ღებულობენ სინთეზურად.

ატფ-ის თანდასწრებით ფერმენტ პირიდოქსალკინაზის მოქმედებით, პირიდოქსალი განიცდის ფოსფორილირებას, მიიღება პირიდოქსალფოსფატი, რომელიც პროსტეტული ჯგუფის სახით უკავშირდება ფერმენტ ამინოტრანსფერაზას და ააქტივებს გადაამინირების რეაქციას. პირიდოქსინი კარგად იხსნება წყალში და ეთილის სპირტში. იგი საკმაოდ მდგრადია მაღალი ტემპერატურისადმი, როგორც მჟავა, ისე ტუტე არეში; სინათლეზე ადვილად იჟანგება და იშლება.

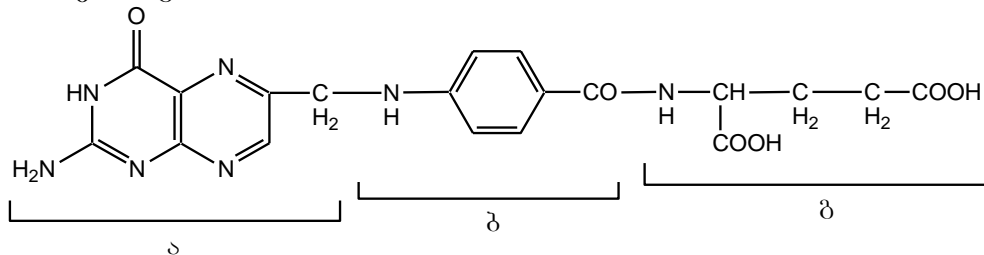


B₆-ავიტამინოზის დროს ვირთავებსა და სხვა ცხოველებში აღინიშნება კანის სპეციფიკური დაზიანება, რაც ხშირად თითების განგრენით მთავრდება. B₆-ავიტამინოზის დროს ახალგაზრდა ცხოველებში ზრდა ჩერდება, საგრძნობლად ირღვევა ლიპიდების მეტაბოლიზმი, რის შედეგად ვითარდება ათეროსკლეროზი. B₆ ვიტამინზე ადამიანის დღე-ღამური მოთხოვნილება 2-3 მგ-ია. ვიტამინით მდიდარია როგორც მცენარეული, ისე ცხოველური წარმოშობის საკვები: ხორცი, ღვიძლი, თირკმელი, სიმინდის და პურის ფქვილი. B₆ ვიტამინის სინთეზი მიმდინარეობს მსხვილი ნაწლავის მიკროფლორაში. იგი შეიწოვება ნაწლავებით და ნაწილობრივ აკმაყოფილებს მასზე ცხოველთა მოთხოვნილებას.

ადამიანი B₆ ვიტამინს დიდი რაოდენობით გამოყოფს შარდით. დადგენილია, რომ ორსული ქალის ორგანიზმში B₆ ვიტამინის ხარჯვა მკვეთრად მატულობს. ორსულთა ტოქსიკოზის ზოგიერთი მოვლენა (გულისრევა, პირღებინება და სხვ.) პირიდოქსინის (2-5მგ) მიცემის შემდეგ, ჩვეულებრივ ქრება. პირიდოქსინის ნაკლებობა აქვეითებს ორგანიზმის გამძლეობას და ქმნის ინფექციური პოლიომიელიტის განვითარების ხელშემწყობ პირობებს.

ვიტამინ B₉ (ვიტამინი B_c) პირველად გამოყოფილ იქნა რ. უილიამსის მიერ 1941 წ. ისპანახის მწვანე ფოთლებიდან, როგორც წიწილების ზრდის ფაქტორი და ეწოდა მას ფოლიუმის მჟავა (ლათ. სიტყვიდან folium-ფოთოლი). ფოლიუმის მჟავა ხელს უწყობს ბაქტერიების ზრდას. ფოლიუმის მჟავა ყვითელი ფერის ნემსისებური კრისტალებია; ცუდად იხსნება ცივ წყალში, ეთანოლში, მდგრადია ჰაერზე.

საკვებში ფოლიუმის მჟავას უქონლობა იწვევს ანემიას, ირღვევა ერითროციტების და ლეიკოციტების წარმოქმნა და სხვა ბიოქიმიური პროცესები. ფოლიუმის მჟავა შედგება პტერიდინის (ა), პარა - ამინობენზოის მჟავას (ბ) და გლუტამინის მჟავას (გ) ნაშთებისაგან:

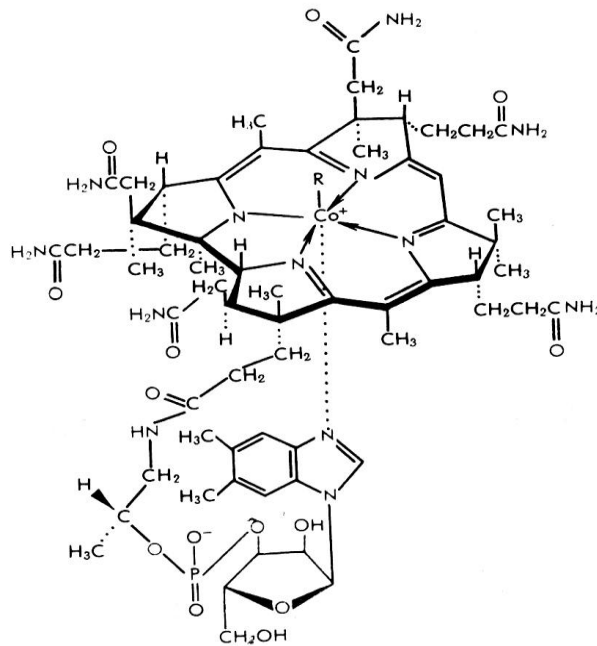


პარა-ამინობენზოის მჟავას გამოთიშვა საკვებიდან იწვევს რძემჟავა დუღილის ბაქტერიების ზრდის შეჩერებას, ამ დროს ხდება დნმ-ის სინთეზის შეკავება. სწორედ ამ პრინციპებზე შეიქმნა სულფანილამიდის პრეპარატი, რომელიც კონკურენტული ინჰიბირების გზით აკავებს პარა-ამინობენზოის მჟავას მეტაბოლიზმს და მის ჩართვას ფოლიუმის მჟავას სინთეზში, რაც ბაქტერიებისათვის კრიტიკულად არის მიხნეული.

დადგენილია, რომ ფოლიუმის მჟავა ბიოლოგიურ აქტივობას ამჟღავნებს ადგენილი ფორმით, რომელიც ხორციელდება ნაღვ H-ის მონაწილეობით. ჯერ მიიღება დიჰიდროფოლიუმის მჟავა (დჰფმ), ხოლო შემდეგ ტეტრაჰიდროფოლიუმის მჟავა (ტჰფმ), რომელიც როგორც კოფერმენტი, მონაწილეობს ერთი ნახშირბადიანი რადიკალების გადატანაში. მისი უშუალო მონაწილეობით ხდება მეთილის ჯგუფის გადატანა მეთიონინისა და თიმინის სინთეზის დროს, ჰიდროქსიმეთილის (CH₂OH) ჯგუფისა სერინის ბიოსინთეზისას, ალდოჯგუფის გადატანა პურინის ფუძის სანთეზის დროს. ფოლიუმის მჟავაზე ადამიანის დღე-ღამური მოთხოვნილება 0,3- 0,5 მგ-ია. ფოლიუმის მჟავა ბევრია მცენარეებსა (ისპანახი, კარტოფილი, კომბოსტო, ცერცვი) და ცხოველებში (ღვიძლი, გული, კუნთები, თევზი). ფოლიუმის მჟავა დეპონირება ნაწილობრივ ხდება ღვიძლში.

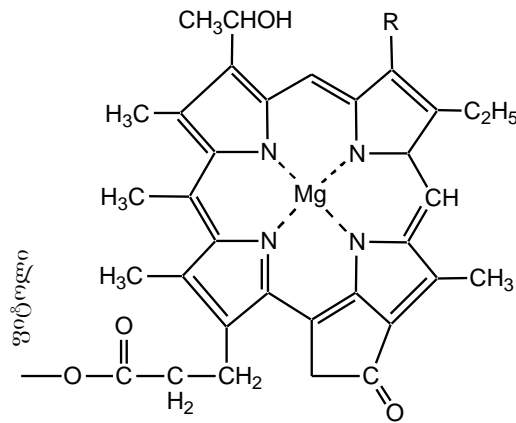
ფოლიუმის მჟავა სინთეზირდება კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის მიკროფლორით; იგი საკმაო რაოდენობით შეიწოვება ორგანიზმის მიერ, ამიტომ B₉ ავიტამინოზი არ შეიმჩნევა. ფოლიუმის მჟავას დეფიციტი შეიძლება გამოვლინდეს სულფანილამიდის ან ანტიბიოტიკების ჭარბი რაოდენობით გამოყენებისას, როცა ხდება მიკროფლორის ცხოველმკმედების დათრგუნვა.

ვიტამინი B₁₂. ვიტამინ B₁₂-ს უწოდებენ ჰიდროქსიკობალამინს, ციანკობალამინს და კობალამინს. ციანკობალამინი პირველად გამოყოფილ იქნა ღვიძლიდან 1948წ. სმიტის მიერ. მათი აგებულება ექსპერიმენტულად დადასტურებულ იქნა 1955-1956 წლებში, ხოლო სრული სინთეზი განხორციელდა 1972წ. დ. ვუვორდის, ა. ეშენმოზერის და მისი თანამშრომლების მიერ.



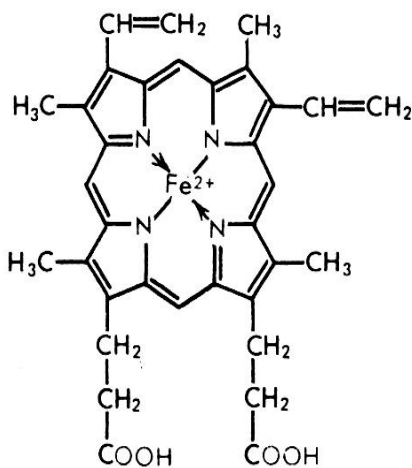
ვიტამინი B₁₂ (ჰიდროქსიკობალამინი) R=OH, (ციანკობალამინი) R=CN

B₁₂ ვიტამინის მოლეკულა შედგება 3 ნაწილისაგან: 1) პლანერულისაგან, რომლის საფუძველს წარმოადგენს კორინის ტეტრაპიროლური ბირთვი, ცენტრში სტაბილიზებული კობალტის ატომით; 2) მასთან პერპენდიკულარულად მოთავსებული ნუკლეოტიდური ნაწილისაგან, რომელიც აგებულია რიბოზისა და 5,6-დიმეთილბენზიმიდაზოლისაგან, ასევე მაკროციკლში ჩაკეტილი ტეტრაპიროლური დაჯგუფებისა და მეთილპროპანდიოლისაგან და 3) B₁₂-კოფერმენტთან ადენოზიდური ნაშთით შეცვლილი ანიონური ნაწილისაგან, რომელიც კობალტის ატომთან კობალტ-ნახშირბადული ბმითაა დაკავშირებული. თავისი აგებულებით კორინი ჰგავს პორფინს, რომლის სტრუქტურულ საფუძველს შეადგენს ისეთი მნიშვნელოვანი პორფირინული კოფერმენტები, როგორცაა ჰემოგლობინი, ქლოროფილი a და b, ციტოქვამინი.

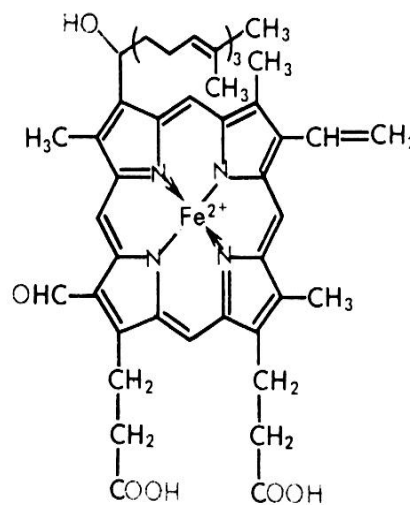


ქლოროფილის ჩონჩხი

ქლოროფილი a R=CH₃
ქლოროფილი b R=CHO



ჰემოგლობინი



ციტოქვამინი (ჰემი a)

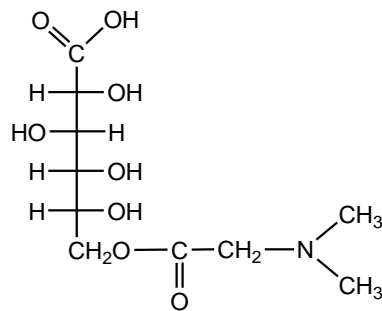
B₁₂ ვიტამინი იხსნება წყალში, სპირტში. მისი ღლობის ტემპერატურაა 300°C. სინათლეზე იგი კარგავს ბიოლოგიურ აქტივობას, მაგრამ ხანგრძლივად ინახება სიბნელეში. თერმოსტაბილურია მჟავა არეში და ექვემდებარება სტერილიზაციას. B₁₂-ვიტამინის ნაკლებობისას ადამიანისა და ცხოველების ძვლის ტვინში ირღვევა სისხლის წარმოქმნა და ვითარდება ავთვისებიანი ანემია. ერთორციტების რაოდენობა 1მმ³ სისხლში 4,5-5 მილიონიდან (ნორმა) 1-3 მილიონამდე მცირდება; აღინიშნება დარღვევები ნერვულ სისტემაში, კუჭის ლორწოვანი გარსის ნაწილობრივი ატროფია, საგრძნობლად მცირდება კუჭის წველის მჟავიანობა.

ზრდადასრული ადამიანისათვის დღე-ღამური მოთხოვნილება B₁₂ ვიტამინზე საშუალოდ 3-10 მკ-ია. B₁₂ ვიტამინის სინთეზი მცენარეებსა და ცხოველებში არ

ხდება. მისი წყაროა სოკოები და ზოგიერთი მიკროორგანიზმი. მსხვილი ნაწლავის მიკროფლორით სინთეზირებული B₁₂ ვიტამინი ადვილად შეიწოვება, ხვდება სისხლში და სხვა ქსოვილებში, სადაც ქმნის ცილოვან კომპლექსებს. ამით ადამიანი იკმაყოფილებს მოთხოვნას ვიტამინ B₁₂-ზე. ჯანმრთელი ორგანიზმის ღვიძლში 1 მგ-მდე ვიტამინია დეპონირებული. B₁₂ ვიტამინი, როგორც სამკურნალო საშუალება, გამოიყენება სისხლწარმოქმნის გასაძლიერებლად, ღვიძლისა და ნერვული სისტემის ზოგიერთი დარღვეული ფუნქციის აღსადგენად. იგი ზრდის ფაქტორია, რომელიც აუცილებელია სისხლმბადი ორგანოების ნორმალური მოქმედებისათვის. გამოიყენება ანემიის საწინააღმდეგოდ, დადებით გავლენას ახდენს ღვიძლის ფუნქციასა და ნერვულ სისტემაზე, ააქტიურებს სისხლის ფიბრინოგენულ ფუნქციას, ნახშირწყლებისა და ლიპიდების ცვლას.

ცხოველებში B₁₂ ვიტამინის დეფიციტი პრაქტიკულად არ აღინიშნება გარდა იმ შემთხვევისა, როცა ნიადაგში არ არის კობალტი; ამის გამო ფერხდება საქონლის მიკროფლორაში B₁₂ ვიტამინის სინთეზი და ვითარდება ანემია. ნიადაგის გამდიდრებით კობალტის მარილებით ეს პრობლემა იხსნება. ადამიანი B₁₂-ვიტამინს იღებს ცხოველური საკვებით. განსაკუთრებით ჭარბად არის B₁₂-ვიტამინი ღვიძლში, თირკმლებში, გულში, ჩონჩხის კუნთებში.

ვიტამინი B₁₅. ვიტამინი B₁₅ 1950 წელს აღმოჩენილ იქნა სხვადასხვა მცენარეში. მას პანგამჟავა უწოდეს. კრებსმა ბრინჯის ქატოდან, საფუვრებიდან და ცხენის ღვიძლიდან გამოყო ნივთიერება, რომელიც კარგი საშუალება აღმოჩნდა გულ-სისხლძარღვოვან, სკლეროზულ და რევმატულ დაავადებათა საწინააღმდეგოდ. იგი წარმოადგენს D-გლუკონმჟავასა და დიმეთილამინო-აცეტატის რთულ ეთერს:

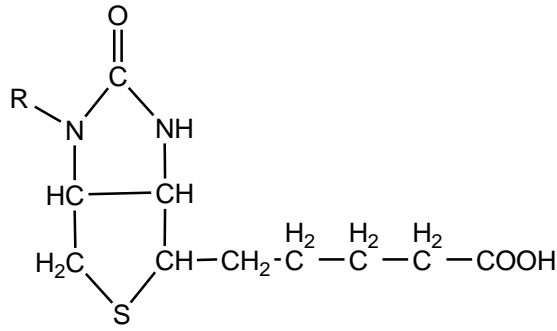


ვიტამინი B₁₅

პანგამჟავას ბიოლოგიური როლი მდგომარეობს სუნთქვის ფერმენტებისა და უანგბადის გადატანის პროცესის გააქტიურებაში. იგი მონაწილეობს ასევე მეთილირების რეაქციებში-წარმოადგენს მეთილის ჯგუფების დონორს ქოლინის, მეთიონინის, ადრენალინის, კრეატინის და სტეროიდული ჰორმონების ბიოსინთეზის დროს; მონაწილეობს ღებულობს ლიპიდური ცვლის პროცესში, მაღლა წევს უანგვიტ ცვლას, ამცირებს ათეროსკლეროზის მოვლენებს. პანგამჟავა კალციუმის მარილების (კალციუმის პანგამატი) სახით გამოიყენება გულის იშემიური დაავადების დროს, ათეროსკლეროზის, მიოკარდის, ინფარქტის, ჰეპატიტი, სტენოკარდიის დროს.

ვიტამინი H, ბიოტინი. 1935 წელს კვერცხის გულიდან გამოყოფილ იქნა კრისტალური ნივთიერება, რომელსაც საფუვრის ზრდის ფაქტორი ეწოდა. იგი შედგება ვალერიანის მჟავას, თიოფენის და შარდოვანას ნაშთებისაგან. მას ცხოველებისათვის სასიცოცხლო მნიშვნელობა აღმოაჩნდა და ამიტომ ბიოტინი უწოდეს ("ბიოს" ბერძნულად სიცოცხლეს ნიშნავს).

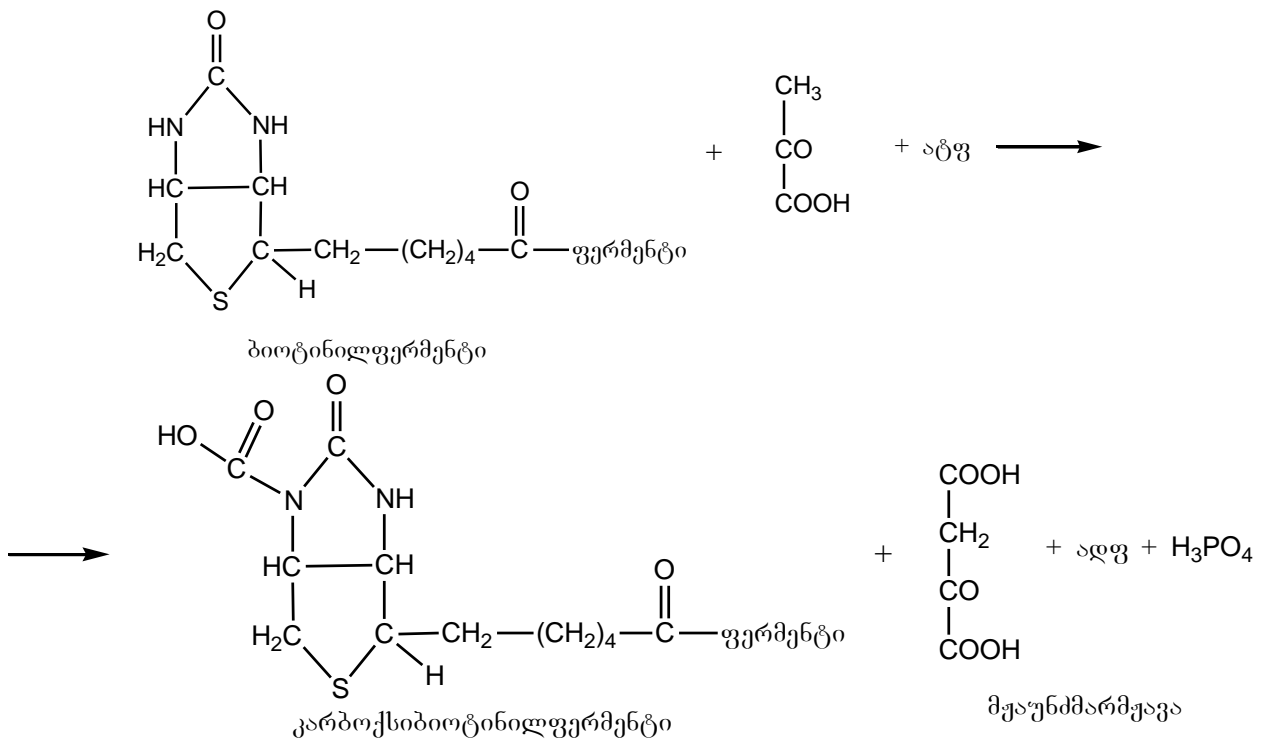
ბიოტინის აკვებულება დადგენილ იქნა 1942 წელს ვ. დიუ ვინიუს მიერ, ხოლო მისი პირველი სინთეზი განახორციელა 1944-45 წლებში კ. ფოლკერსმა და მისმა თანამშრომლებმა. ბიოტინი ბიოლოგიურ აქტიურობას ავლენს N₅-კარბოქსიბიოტინის სახით, რომელიც უკავშირდება ფერმენტის-აქტიურ ცენტრს ლიზინის ε-ამინჯგუფით.



ვიტამინი H (ბიოტინი) R=H

N₅ - კარბოქსიბიოტინი R=COH
 $\begin{array}{c} \text{COH} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$

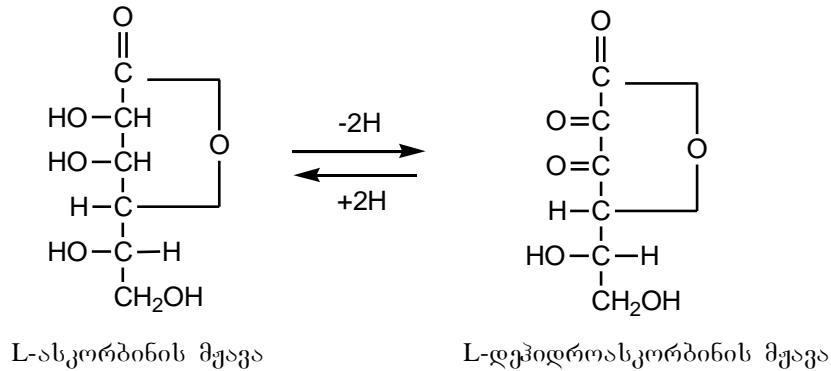
ბიოტინი მონაწილეობს ცხიმოვანი მუავების, აცეტილ-კო A-ს, მალონილ-კო A-ს, მუაუნძმარმუავას სინთეზში. კარბოქსილირებისას ჯერ ბიოტინილფერმენტი განიცდის კარბოქსილირებას, შემდეგ კი უერთდება სუბსტრატს, მაგალითად, პიროყურძნის მუავას. პროცესი მიმდინარეობს ატფ-ის თანაობისას.



უმ კვერცხში აღმოჩენილია ცილა ავიდინი, რომელიც იკავშირებს ბიოტინს, რის შედეგად ვითარდება ხელოვნური ავიტამინოზი. კვერცხის თერმული დამუშავების შემდეგ ავიდინი განიცდის დენატურაციას, კარგავს ბიოტინთან დაკავშირების უნარს და ორგანიზმზე მისი უარყოფითი გავლენა იხსნება. ავიტამინოზი ვლინდება კანის ანთებითი პროცესებით-დერმატიტით, დაღლილობით, დეპრესიას და სხვ. ბიოტინით მდიდარია კვერცხის გული, ღვიძლი, თირკმლები, რძე, ხახვი, ისპანახი. ადამიანის სადღეღამისო მოთხოვნილება ბიოტინზე შეადგენს 0,1-0,3მგ-ს.

ვიტამინი C, ასკორბინის მუავა. მისი სასიცოცხლო მნიშვნელობა ჯერ კიდევ მე-18 საუკუნიდან არის ცნობილი. პირველად C ვიტამინის სუფთა პრეპარატი მიიღო ა. ბესონოვმა 1922 წ. მისი სტრუქტურა დადგენილ იქნა უნგრელი მეცნიერის სენტ-

დიორდის მიერ. მან ლიმონიდან გამოყო კრისტალური ნივთიერება ემპირიული ფორმულით $C_5H_8O_5$. სენტ-დიორდიმ დაადგინა, რომ ეს ნაერთი არის ვიტამინი და უწოდა მას ასკორბინმჟავა, რომელსაც აქვს მარცხენა კონფიგურაცია. ასკორბინის მჟავა დიენოლგლუკონის მჟავას ლაქტონია, რომელიც აღნაგობით ახლოს დგას L-გლუკოზასთან:



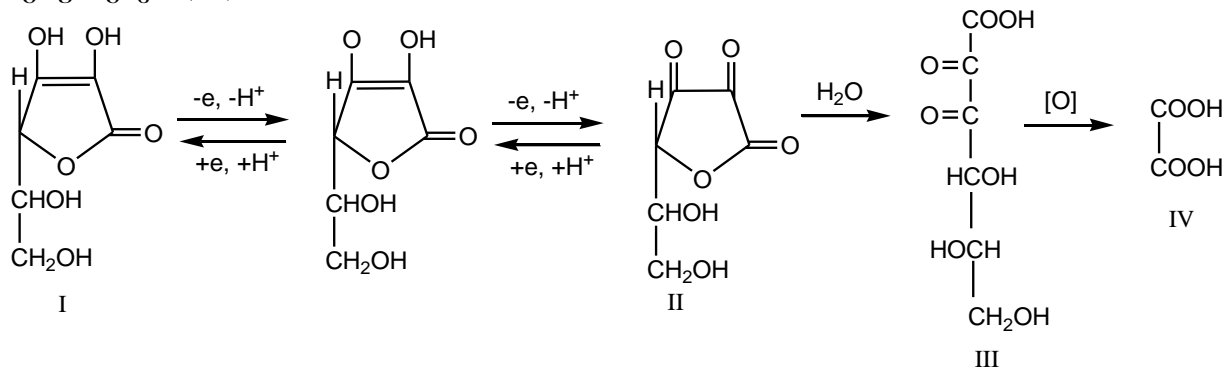
C ვიტამინი წარმოადგენს უფერო, კრისტალურ ნივთიერებას, კარგად იხსნება წყალში, ნაკლებად-სპირტში. კრისტალური C ვიტამინი შედარებით უფრო მყარია. წყლიან ხსნარში ადვილად კარგავს ბიოლოგიურ აქტივობას. ჰაერზე, განსაკუთრებით ვერცხლის, სპილენძისა და ზოგიერთი სხვა მეტალის თანაარსებობისას ადვილად იჟანგება და კარგავს აქტივობას. იგი ადვილად იჟანგება ტუტე არეში მჟავა არეში კი დიდხანს ძლებს. C ვიტამინი დიდი რაოდენობით შედის მწვანე მწიფე ხაჭაპურში, ბოსტნეულში, ხილსა და კენკრაში, ნაკლებადაა ხორცეულში და სრულიად არ მოიპოვება ფქვილურ პროდუქტებში. C ვიტამინით მდიდარია ასკილის ნაყოფი, ოხრახუში, ფორთოხალი, კომბოსტო (ცხრილი 12) კარტოფილში ცოტაა, მაგრამ ადამიანი კარტოფილის ისეთი დიდი რაოდენობით ხმარობს, რომ სავსებით იკმაყოფილებს მოთხოვნილებას ამ ვიტამინზე.

ასკორბინის მჟავას რაოდენობა ზოგიერთ ხილში,
კენკრაში და ბოსტნეულში

პროდუქტების დასახელება	ასკორბინის მჟავას რაოდენობა მგ%-ში
1	2
კენკრა და ხილი	
გამხმარი ასკილი	1500
მოცხარი შავი	300
მოცხარი წითელი	300
მოცხარი თეთრი	5
კოწახური	150
ქაცვი გაყინული	120
ხენდრო (ბალის მარწყვი)	60
მარწყვი ტყის	30
ჟოლო	30
ჟოლო ყვითელი	30
კინკრიჟა	50
შინდი	50
ალუბალი	15
გარგარი	7
ატამი	10
ქლიავი	5
ყურძენი	3
ლიმონი	40
ფორთოხალი	40
მანდარინი	30
ვაშლი (ანტონოვკა და ტიტოვკა)	30
მსხალი	4
ბოსტნეული	
პირშუშხა, ანუ ხოხინტა	200
კამა	150
კომბოსტო ყვავილოვანი	79
კომბოსტო წითელთავა	50
კომბოსტო თეთრთავა	30
მწვანე ხახვი	60
ხახვი	10
პომიდორი	40
მუხუდო მწვანე	25
ზამთრის ბოლოკი	25
თვის ბოლოკი	20
თაღგამი	20
ჭარხალი სუფრის	10
სალათა	10
კარტოფილი	10
სტაფილო	5
კიტრი	5
ისპანახი	50
წიწაკა წითელი	250
ბადრიჯანი	15
გოგრუჭა	15

C ვიტამინი დიდ როლს ასრულებს ორგანიზმში მიმდინარე ჟანგვა-აღდგენით პროცესში. იგი წყალბადიონის დონორიცაა და აქცეპტორიც.

C ვიტამინი კოფერმენტის როლსაც ასრულებს. იგი ააქტივებს მთელ რიგ ფერმენტებს (ნუკლეაზა, ფოსფატაზა, ამილოზა, არგინაზა.), ზოგიერთი ფერმენტი, მაგალითად, ასკორბინაზა ჟანგავს C ვიტამინს, ე.ი. გადაყავს იგი დეჰიდროასკორბინის მჟავაში (II). დაჟანგულ C ვიტამინს, ე.ი. დეჰიდროასკორბინის მჟავას ჯერ კიდევ აქვს ვიტამინური აქტივობა, რადგან ორგანიზმში იგი შეიძლება ისევ გადავიდეს აღდგენილ C ვიტამინში. ამ მოვლენას დიდი მნიშვნელობა აქვს C ვიტამინის შემცველი პროდუქტების ვიტამინური თვისებების შესანარჩუნებლად. დეჰიდროასკორბინის მჟავა შემდგომში იჟანგება 2,3-დიკეტოგულონის მჟავად (III), საბოლოოდ კი წარმოიქმნება მჟაუნმჟავა (IV):



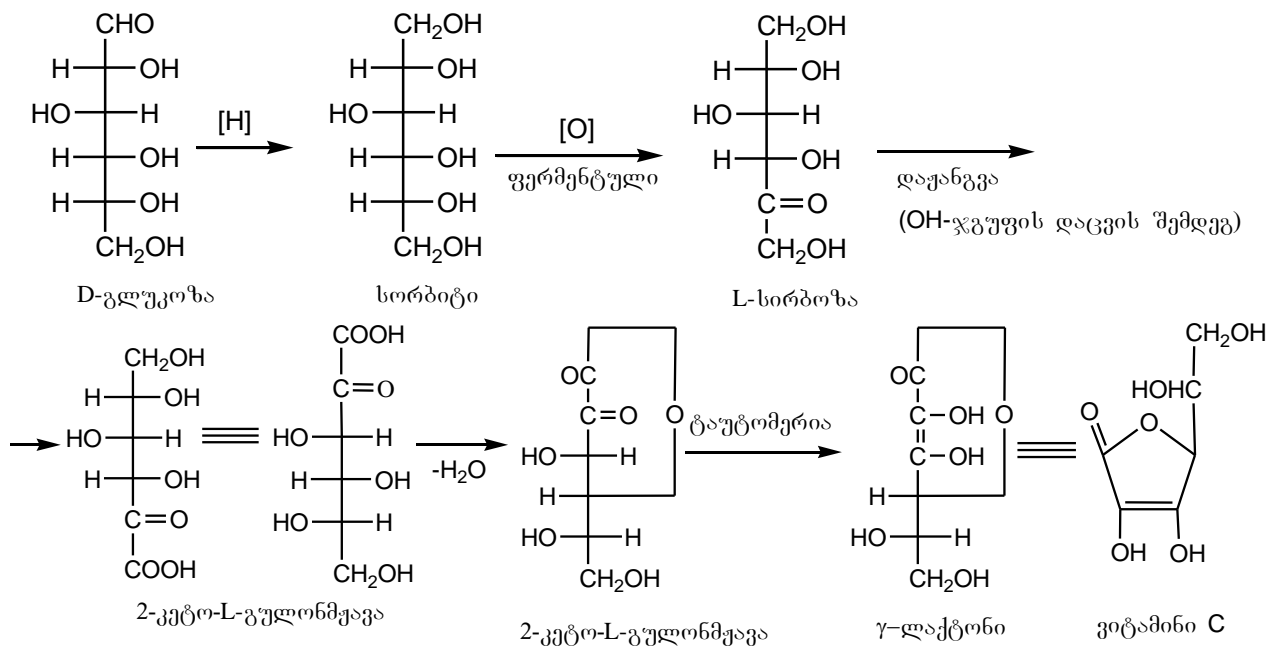
ასკორბინმჟავა აღმდგენელია, ტუტეების ხსნარებში გარდაიქმნება შესაბამის ენოლატებად, უმაღლესი ცხიმოვანი მჟავების ქლორანჰიდრიდებთან წარმოქმნის რთულ ეთერებს, მეტალის კათიონებთან (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+}) კომპლექსებს, მარილმჟავას ზემოქმედებით გარდაიქმნება ფურფუროლად. ჟანგვა-აღდგენითი პროცესების გარდა C ვიტამინი მონაწილეობს ორგანიზმში მიმდინარე სხვა მნიშვნელოვან პროცესშიც. მაგალითად, იგი აუცილებელია თირკმელზედა ჯირკვლებში ჰორმონების შექმნისათვის. C ვიტამინი აწესრიგებს ქოლესტერინის ცვლას, და ამგვარად წარმოადგენს ათეროსკლეროზის და ათეროსკლეროზული ჰიპერტონიის განვითარების ერთ-ერთ პროფილაქტიკურ საშუალებას.

საკვებში C ვიტამინის უკმარისობა იწვევს დაავადება სურავანდს (ცინგას ანუ სკორბუტს). ეს დაავადება ცნობილია შუა საუკუნეებიდან. იგი გავრცელებული იყო მეზღვაურებში. სურავანდი მთელი ორგანიზმის დაავადებაა. დაავადება იწყება საერთო სისუსტით, ძილისადმი მიდრეკილებით, შემდეგ იწყება ტკივილები სახსრებში, შეიმჩნევა სისხლის ჩაქცევები კანქვეშ და შინაგან ორგანოებში; პირის ღრუსა და ღრძილებზე ჩნდება ძვლის ქსოვილების ღრმა გარდაქმნები; მნიშვნელოვანი ცვლილებები მიმდინარეობს გულსა და თირკმელებში. საბოლოოდ, ორგანიზმი იღუპება.

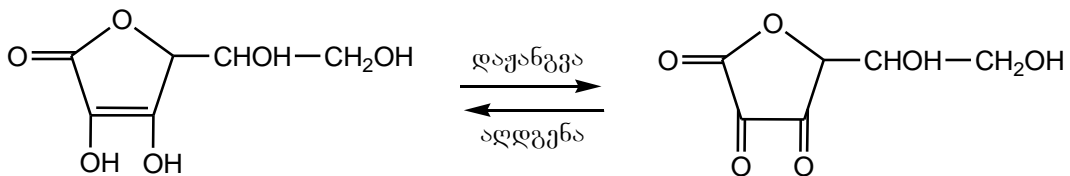
ჯერ კიდევ 1785 წელს რუსმა აკადემიკოსმა პალასმა შემჩნია, რომ მეზღვაურები და ციმბირის მცხოვრებლები აღნიშნული დაავადების შემთხვევაში იყენებდნენ ფიჭვისა და კედარის ახალგაზრდა ტოტების კვირტებს.

C ვიტამინი აძლიერებს ქსოვილთა რეგენერაციას და მონაწილეობს ხრტილის და კოლაგენის შექმნაში, რის გამოც მას ფართოდ ხმარობენ ჭრილობების, მოტეხილობებისა და დამწვრობის მკურნალობის მიზნით. ამავე დროს იგი წარმოადგენს კარგ დეტოქსიკურ საშუალებას, აძლიერებს სისხლის შედედების უნარს და ააქტიურებს სისხლძარღვ ორგანოებს. C ვიტამინის ბიოსინთეზი მიმდინარეობს ბაქტერიებსა და მცენარეებში. მისი სინთეზი ხდება აგრეთვე ფრინველებისა და ძუძუმწოვართა ორგანიზმებში. გამონაკლისს წარმოადგენს ზღვის გოჭი, მაიმუნი და ადამიანი, რომელთა ორგანიზმი გამუდმებით თხოულობს მზა C ვიტამინის მიღებას გარედან. C ვიტამინს სინთეზურად უმთავრესად ღებულობენ გლუკოზისაგან და გალაქტოზისაგან. გლუკოზის აღდგენით მიიღება სორბიტი. ეს პროცესი არის ერთ-

ერთი სტადია გლუკოზისაგან ასკორბინმჟავას (ვიტამინი C) სინთეზის დროს. ასკორბინმჟავა წარმოადგენს 2-კეტო-L- გულონმჟავას γ -ლაქტონს:



L-ასკორბინმჟავა აკატალიზებს ქანგვა-აღდგენით პროცესებს ორგანიზმში. თვით ასკორბინმჟავა ძლიერი აღმდგენელია. ამ თვისებას მას ანიჭებს ენდოლური სტრუქტურა (სხვა α -ჰიდროქსიკარბონილური ნაერთებისაგან განსხვავებით ასკორბინმჟავა ფიქსირებული ენდოლია). დაჟანგვის შედეგად წარმოიქმნება დიკეტოგულონმჟავა (დეჰიდროასკორბინმჟავა), რომელიც აღდგენით ადვილად გარდაიქმნება ასკორბინმჟავად:



ასკორბინმჟავა ამჟღავნებს ძლიერ მჟავურ თვისებებსაც, რაც გამოწვეულია ენდოლური ფრაგმენტის ერთ-ერთი ჰიდროქსილის ჯგუფის დისოციაციით (წარმოიქმნება ასკორბატ-იონი). ასკორბინმჟავას γ -ლაქტონური ციკლი ადვილად ჰიდროლიზდება ტუტე ან ნეიტრალურ არეში გახურებისას, ამიტომ მოხარშულ ბოსტნეულში C-ვიტამინის შემცველობა გაცილებით ნაკლებია, ვიდრე ნედლში. სამედიცინო პრაქტიკაში ასკორბინმჟავას იყენებენ ინფექციური და იმუნური დაავადებების, ათეროსკლეროზის, გაცივების და კიბოს ქიმიოთერაპიული მკურნალობის დროს. C ვიტამინის სადღეღამისო დოზაა 50-100 მგ. ფიზიკური მუშაობის დროს C ვიტამინის ხარჯვა გაძლიერებულია, ამიტომ საჭიროა დოზის გადიდება. ორსულობის პერიოდში C-ვიტამინის სადღეღამისო დოზა შეადგენს 50 მგ-ს, ლაქტაციის პერიოდში – 100 მგ-ს, ბავშვებისათვის 7 წლამდე – 30-35 მგ-ს, 7-14 წლამდე – 50 მგ-ს. სამკურნალო მიზნით გამოყენების დროს C ვიტამინის დოზები საგრძნობლად იზრდება. მაგალითად, საშვილოსნოდან სისხლდენის დროს პირველ დღეებში ავადმყოფს აძლევენ 1000 მგ-მდე, ფილტვის ტუბერკულოზის დროს-500-1000 მგ-ს. C ვიტამინს, ისე როგორც წყალში ხსნად ყველა ვიტამინს, არა აქვს ორგანიზმში დაგროვების უნარი, მაგრამ დიდი დოზების ხანგრძლივმა ხმარებამ შეიძლება გამოიწვიოს ინსულინის გამოყოფის შენელება, არტერიული წნევის

მომატება, ლეიკოციტოზი და სხვ. C ვიტამინი უნდა ინახებოდეს კარგად დახურულ მინის საცობიან ჭურჭელში, რადგან ჰაერის უნებავის მოქმედებით იგი იუანგება.

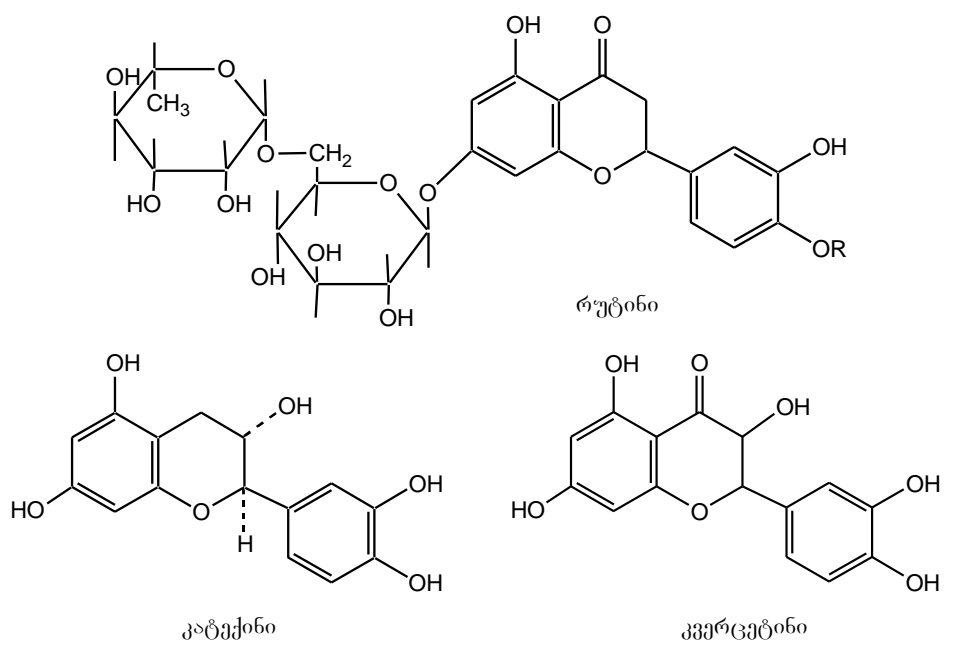
ვიტამინი P – წარმოადგენს მომწარო, მწკლარტე გემოს მქონე ნივთიერებას, კარგად იხსნება წყალსა და სპირტში. სადღეღამისო დოზაა 150 მგ. მისი შემცველობა სხვადასხვა პროდუქტში მოცემულია მე-13 ცხრილში.

ცხრილი 13

p-ვიტამინის შემცველობა ზოგიერთ მცენარეულ პროდუქტში

პროდუქტის დასახელება	შემცვ. მგ-ში, ყოველ 100 გრამზე	პროდუქტის დასახელება	შემცვ. მგ-ში ყოველ 100 გრამზე
ფორთოხალი (ქერქი)	490	კომბოსტო	60-100
ლიმონი	500	კარტოფილი	25-40
ასკილი	240-680	კომბოსტო ყვავილოვანი	40
შავი მოცხარი	500	სტაფილო	10-40
ქლიავი	50	ოსრახუში	130
მუხუდო	40-80	ისპანახი	130

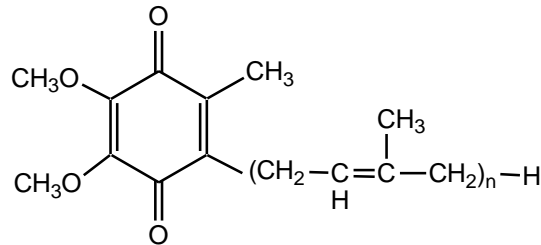
P ვიტამინში მოიაზრება ფლავონური პიგმენტების ჯგუფი. ამ კომპლექსის აქტიური წარმომადგენელია ჰესპერიდინი, ერიოდიქტინი, კატექინი, გლიკოზიდი, რუტინი, კვერცეტინი. ისინი დიდი რაოდენობითაა ციტრუსების ქერქში; მათ შეიცავს ყვითელი ყვავილების ფლავონი, შავი მოცხარი, წიწაკა, ასკილი. ისინი ფართოდ გამოიყენებიან P ჰიპო- და ავიტამინოზის დროს და სისხლძარღვოვანი დაავადების მკურნალობისას, ასევე ჰიპერტონიის, ქუნთრუმის, ტიფის შემთხვევაში. როგორც ცნობილია P და C ვიტამინები აძლიერებენ ერთიმეორის მოქმედებას. ამიტომ p ვიტამინთან ერთად საჭიროა ასკორბინმუჟავას მიღებაც.



ვიტამინი Q. (კოფერმენტი Q ან უბიქინონი). Q-ვიტამინი აღმოჩენილ იქნა 1957წ. რ. მორტონისა და ფ. კრეინის ლაბორატორიებში, ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად. Q-ვიტამინი სინთეზირდება მცენარეთა, ცხოველთა და მიკროორგანიზმთა ორგანიზმში.

ლიპოიდურ-ჰიდროფობული სტრუქტურის წყალობით ისინი კონცენტრირდებიან მიტოქონდრიების შიგა მემბრანაში, მიკროსომებში, ბირთვსა და გოლჯის აპარატში.

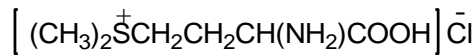
Q ვიტამინი აუცილებელია მცენარეთა ფოტოსინთეზის და მემბრანის სტაბილიზაციისათვის, რომელიც იცავს უჯერი რიგის მუავებს ზეჟანგური ჟანგვისაგან. უბიქინონი აუცილებელია ასევე ემბრიონის განვითარებისათვის, რადგან იგი უზრუნველყოფს ერთროციტების წარმოქმნას, რის გამოც გამოიყენება მედიცინაში მიოკარდის გულ-სისხლძარღვოვანი დაავადების დროს.



ვიტამინი Q

n= 6-10

ვიტამინი U. ამ ვიტამინს ეწოდება წყალულის სააწინააღმდეგო ფაქტორი. იგი აღმოჩენილ იქნა 1952 წელს, როცა კუჭისა და თორმეტგოჯა ნაწლავის წყალულის დროს დადებითი სამკურნალო შედეგი აღმოაჩნდა კომბოსტოს წვენის მიღებას. გარდა კომბოსტოსა, ვიტამინი U შედის რძეში, ოხრახუშში, ისპანახში, ნიახურში.



ვიტამინი U

(მეთილმეთიონინი)

ქოლინი. 1862 წელს შტრეკერმა ნაღვლიდან გამოყო ძლიერ ტუტე თვისების მქონე სუბსტრატები, რომელსაც უწოდა ქოლინი. ქიმიური აღნაგობის შესწავლისას გამოირკვა, რომ იგი წარმოადგენს ამინოალკოჰოლს. სუფთა ქოლინი უფერო, სიროფის მაგვარი, მკვეთრი ტუტე თვისების მქონე ნივთიერებაა. იგი კარგად იხსნება სპირტსა და წყალში, არ იხსნება ეთერში. ადრე მიაჩნდათ, რომ ქოლინი ფერმენტთა ჯგუფს განეკუთვნებოდა, შემდგომში კი დადასტურდა, რომ მას აქვს ვიტამინური აქტიურობა და მიეკუთვნება B ჯგუფის ვიტამინებს. ქოლინი მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ნივთიერებათა ცვლაში. ქოლინის ნაშთი შედის ფოსფატიდქოლინის (ლეციტინების) და სფინგომიელინების შემადგენლობაში. ცოცხალ ქსოვილებში ფოსფოლირილების საწყის სტადიაში ქოლინი ერთვება ატფ-ისა და ფერმენტ ქოლინკინაზის დახმარებით. წარმოქმნილი ფოსფოქოლინი მოქმედებს ციტიდინტრიფოსფატთან, რის შედეგად წარმოიქმნება ქოლინის აქტიური კოფერმენტული ფორმა – ციტიდინდიფოსფოქოლინი (ცდფ-ქოლინი), რომელიც უზრუნველყოფს ქოლინის ჩართვას ლიპიდის მოლეკულაში. გარდა ამისა, ქოლინიდან ორგანიზმში ფერმენტ ქოლინაცეტილტრანსფერაზას და აცეტილ-კოფერმენტ A-ს დახმარებით სინთეზირდება აცეტილქოლინი, რომელიც მთავარ როლს ასრულებს ნერვული იმპულსების გადაცემის მექანიზმში (იხ.სქემა: ქოლინიდან აცეტილქოლინის წარმოქმნა).

ქოლინი დიდი რაოდენობითაა ნაღველში, ღვიძლში, თავის ტვინში, თირკმელში, კვერცხის გულში, რძეში. 1 ლ რძე შეიცავს 140 მგ ქოლინს. ქოლინის ნაკლებობა ცხოველთა და ადამიანის ორგანიზმში იწვევს თირკმელების ჰემორაგიულ დეგენერაციას; თირკმელები იზრდება მოცულობაში და დეზულობს მუქ წითელ ფერს. გარდა ამისა, აღინიშნება სისხლჩაქცევები თირკმლის კაფსულასა და ქერქოვან

შრეში. ქოლინის ნაკლებობა იწვევს აგრეთვე ღვიძლის და არტერიის კედლების ცხიმოვან გადაგვარებას.

ქოლინი აუცილებელია ორგანიზმში ცხიმების ცვლის პროცესისათვის. მართალია, ორგანიზმში ხდება ქოლინის სინთეზი, მაგრამ ეს არ არის საკმარისი და საჭიროა შევსება საკვების საშუალებით. ორგანიზმში ქოლინი ახდენს არა მარტო მეტაბოლიზმის პროცესების რეგულაციას და ენერგიის ტრანსფორმაციას, არამედ იგი თვითონვე ენერგიის წყარო და უშუალოდ მონაწილეობს უჯრედთა შექმნაში. ამიტომ მას და მის მსგავს ნივთიერებებს უწოდებს “ვიტაგენები”, რომელთა რიცხვს ეკუთვნის ასევე ზოგიერთი ამინომჟავა და ცხიმოვანი მჟავა.

აცეტილქოლინი ორგანიზმში იქმნება ცთომილი ნერვის გაღიზიანებით და ითვლება ნერვული იმპულსების ქიმიურ გადამტანებად ნეირონიდან ნეირონზე და ნერვებიდან კუნთებზე. აცეტილქოლინს ეწოდება ნეიროჰუმორალური ფაქტორი და ასრულებს ერთგვარი მედიატორის როლს ვეგეტატიური ნერვული სისტემის მოქმედებაში. ორგანიზმში აცეტილქოლინის შეყვანა იწვევს წვრილი სისხლძარღვების გაგანიერებას, რასაც თან სდევს სისხლის წნევის დაქვეითება. იგი იწვევს კუჭ-ნაწლავის პერისტალტიკის გაძლიერებას, შარდის ბუშტის, ნაღვლის ბუშტის და საშვილოსნოს შეკუმშვას.

სამკურნალო მიზნით იყენებენ აცეტილქოლინქლორიდს. იგი წარმოადგენს თეთრ კრისტალურ ნივთიერებას, რომელიც ჰაერზე თხევადდება; კარგად იხსნება წყალში, სპირტში. ქლოროფორმში. მისი წყალხსნარი მჟავა ბუნებისაა. აცეტილქოლინს ხმარობენ არტერიული ჰიპერტონიის სამკურნალოდ. მას არ ახასიათებს შეჩვევის უნარი, რადგან ორგანიზმში იგი იშლება ქოლინესთერაზად.

მედიცინაში და ვეტერინარიაში ფართოდ გამოიყენება ქოლინის მეორე ეთერი-კარბოქოლინი. იგი თეთრი კრისტალური ფხვნილია, იხსნება წყალში, არ იხსნება ეთერში. კარბოქოლინი კარგად მოქმედებს ოპერაციის შემდეგ განვითარებული ნაწლავების და შარდის ბუშტის ატონიაზე მისი დღეღამური დოზაა 2 მგ.

ანტიბიოტიკები

ანტიბიოტიკები ეწოდება ბუნებრივ ნივთიერებებს, რომლებიც სინთეზირდება მიკროორგანიზმების მიერ და მომაკვდინებლად მოქმედებენ სხვა მიკროორგანიზმებზე ან თრგუნავენ მათ გამრავლებას.

სამედიცინო პრაქტიკაში მიკრობთა ანტაგონიზმის პრინციპი ჯერ კიდევ მე-19 საუკუნეში გამოიყენეს, როცა ცნობილი გახდა, მწვანე ობის სამკურნალო თვისება. უნდა აღინიშნოს, რომ მანამდე რამდენიმე საუკუნის წინ აღწერილი იყო ობის სამკურნალო თვისებები. დღეისათვის მრავალი ანტიბიოტიკია მიღებული, რომელთა შორის განსაკუთრებული აქტიურობით გამოირჩევა პენიცილინი, სტრეპტომიცინი, ტეტრაციკლინი, პურამიცინი, პოლიენური მაკროლიდები.

1862-1868 წლებში მიკრობიოლოგიის ფუძემდებელმა, დიდმა ქიმიკოსმა ლ. პასტერმა დაამტკიცა, რომ სხვადასხვა სახის დუდილისა და ლპობის გამომწვევია მიკროორგანიზმები. პასტერმა და ჟუბერმა დაადგინეს, რომ ციმბირის წყლის გამომწვა მიკრობები იღუპებიან სხვა მიკრობების თანამყოფობაში.

1889 წ. ჩეხმა მეცნიერმა ბუკოვსკიმ დაავადებათა სამკურნალოდ გამოიყენა არა ცოცხალი მიკრობები, არამედ მათი ცხოველმოქმედების პროდუქტები. დიდი რუსი მიკრობიოლოგის ი. მეჩნიკოვის მიერ აღმოჩენილ იქნა მიკრობთა ანტაგონიზმი.

1871-72 წლებში რუსმა მეცნიერმა ვ. მანასენინმა და ა. პლოტბნოვმა შეისწავლეს მწვანე ობის – *Penicilium*-ის თვისებები და დაადგინეს მისი ანტიბაქტერიული თვისებები, რომელსაც ისინი შემდეგ ეფექტურად იყენებდნენ ჩირქოვანი ჭრილობების სამკურნალოდ. 1928 წელს ინგლისელმა მიკრობიოლოგმა ა. ფლემინგმა კვლავ შემთხვევით აღმოაჩინა ობი. მან დაადგინა, რომ ობის გამონაყოფი აჩერებს მრავალი დაავადების გამომწვევი მიკროორგანიზმების ზრდა-განვითარებას. მანვე ობიდან გამოყო ნივთიერება, აღწერა იგი, შეისწავლა მისი მოქმედება მიკრობზე და ამ ნივთიერებას პენიცილინი ეწოდა. პენიცილინის აღმოჩენამ და მისმა გამოყენებამ ახალი ერა შექმნა მედიცინაში, მეცნიერებაში შეიქმნა ახალი მიმართულება ანტიბიოტიკების შესახებ. ანტიბიოტიკების მოქმედება შერჩევითი ხასიათისაა, რაც იმით გამოიხატება, რომ ყოველი მათგანი ხასიათდება მოქმედების სპეციფიკურობით, ე.ი. მოქმედებს მიკრობების მხოლოდ განსაზღვრულ სახეობებზე. ამ თვისებების გამო მათ იყენებენ ინფექციურ დაავადებათა სამკურნალოდ.

მოგვიანებით ზ. ვაკსმანის მიერ გამოყოფილ და სუფთა სახით მიღებულ იქნა ისეთი მნიშვნელოვანი ანტიბიოტიკი, როგორცაა აქტინომიცილინი, სტრეპტომიცილინი, სტრეპტოტრიცილინი. 1948-50 წლებში აღმოჩენილ იქნა ქლორამფენიკოლი და ტეტრაციკლინი, 1952-1954 წლებში პოლიენური რიგის და ყველა ძირითადი მაკროლიდური ანტიბიოტიკები, ხოლო 60-იან წლებში ცნობილი იყო თითქმის ყველა ძირითადი მნიშვნელოვანი ანტიბიოტიკი. 1950 წელს აღწერილი იყო 150-მდე ანტიბიოტიკი, 1960 წელს 1200-მდე და 1970 წელს 2000-ზე მეტი ანტიბიოტიკი.

ანტიბიოტიკები მოქმედების მექანიზმების მიხედვით იყოფა 4 ძირითად ჯგუფად:

- 1) ბაქტერიალური უჯრედის კედლის სინთეზის ინჰიბიტორებად, ცილის მატრიცული (რიბოსომული) სინთეზის ინჰიბიტორებად;
- 3) ნუკლეინის მუკვების სინთეზის ინჰიბიტორებად;
- 4) ციტოპლაზმური მემბრანის ფუნქციონირების ინჰიბიტორებად.

ანტიბიოტიკები არღვევს სხვადასხვა სახის მიკრობების ძირითად სასიცოცხლო პროცესებს (სუნთქვას, კვებას, გამრავლებას და ა.შ.). სწორედ აქედან წარმოდგება მათი სახელწოდება (ლათ. anti – წინააღმდეგ, bios – სიცოცხლე). მათ დიდი მნიშვნელობა აქვს ადამიანის ორგანიზმის დამცველობითი ფუნქციის ასამაღლებლად. მიუხედავად მათი ასეთი მნიშვნელობისა, ფალსიფიკატორები არ იხევენ უკან და სხვა მედიკამენტებთან ერთად ახდენენ ანტიბიოტიკების ფალსიფიცირებას, ეს უკანასკნელი კი ადამიანის ჯანმრთელობის გაუარესებულ მდგომარეობას კიდევ უფრო მეტად ამძიმებს.

ასეთი მოთხოვნები ყველაზე სრულადაა ასახული GMP (Good Manufacture Practice – სათანადო მოთხოვნების პრაქტიკა) სტანდარტებში, რომლებიც წარმოადგენს საერთაშორისო სტანდარტების „ISO 9000 კერძო შემთხვევას“ და არეგლამენტებს სამკურნალწამლო საშუალებების წარმოებასა და რეალიზაციას.

ანტიბიოტიკების ზოგადი პრეპარატები იწვევს მიკროორგანიზმის ზრდა-განვითარების და გამრავლების დათრგუნვას, ანუ ბაქტერიოსტატიკურ მოქმედებას, ხოლო პრეპარატების უმრავლესობა იწვევს ბაქტერიების მოსპობას (სიკვდილს), ანუ ბაქტერიოციდურ მოქმედებას.

ბაქტერიების საწინააღმდეგო ქიმიოთერაპიული საშუალებები გამოიყენება როგორც ადგილობრივი (ლოკალური), ისე სისტემური (ზოგადი) მოქმედებისათვის:

ადგილობრივად გამოიყენება კანზე და ლორწოვან გარსზე ზემოქმედებისათვის როგორც გარედან სახმარი მაღამოების, აეროზოლების და ხსნარების სახით, ისე პერორულად, ენტერულად – ნაწლავის სათითურში ბაქტერიებზე მოქმედებისათვის.

ადგილობრივი მოქმედების ქიმიოთერაპიულ პრეპარატებს უნდა ახასიათებდეს მინიმალური შეწოვის უნარი (არ იჩენს ზოგად მოქმედებას), კარგად გამოხატული და მყარი ბაქტერიების საწინააღმდეგო ეფექტი, მინიმალური ტოქსიკური თანამოვლენებით.

ცნობილია ანტიბიოტიკების მიღების სამი ხერხი:

1. მიკრობიოლოგიური სინთეზით მიღება: ტეტრაციკლინები, პენიცილინები;
2. მარტივი ორგანული ნივთიერებების ქიმიური სინთეზით (ლევომიციტინი და მათი ნაწარმები).
3. მიკრობიოლოგიური და ქიმიური სინთეზის გზით.

ანტიბიოტიკების კლასიფიკაცია ანტიმიკრობული მოქმედების სპექტრის მიხედვით. ბაქტერიებზე მოქმედების მიხედვით ანტიბიოტიკები იყოფა:

1. ფართე სპექტრის ანტიბიოტიკები – მოქმედებს გრამდადებით და გრამ-უარყოფით ბაქტერიებზე, აგრეთვე უჯრედშიდა ბაქტერიებზე (ქლამიდიაზე და მიკოპლაზმაზე).
2. ანტიბიოტიკები, გრამდადებით ბაქტერიებზე უპირატესი მოქმედებით.
3. ანტიბიოტიკები, გრამუარყოფით ბაქტერიებზე უპირატესი მოქმედებით.
4. ანტიბიოტიკები, გრამდადებით, გრამუარყოფით და ინფექციის სხვა გამომწვევებზე მოქმედებით.

ანტიბიოტიკების ალერგიული და არაალერგიული თანამოვლენები, სუპერინფექციით (დისბაქტერიოზით) – ანტიბიოტიკებს ბაქტერიებზე მაღალ შერჩევით მოქმედებასთან ერთად ახასიათებს მაკროორგანიზმებზე ისეთი ტოქსიკური თანამოვლენები, როგორცაა ალერგიული ნელი და სწრაფი ტიპის რეაქციები (შრატის დაავადება, გამონაყარი, ანგიონევროზული შეშუპება, ანაფლაქსიური შოკი, კონტაქტური დერმატიტები და სხვა), რომელიც ახასიათებს ყველა ჯგუფის ანტიბიოტიკს.

ანტიბიოტიკები იჩენს არაალერგიულ თანამოვლენებს: ადგილობრივ გამაღიზიანებელ მოქმედებას დისპერსიული მოვლენების სახით, როგორცაა პირსაქმება – ფადარათი. ბევრ ანტიბიოტიკს ახასიათებს სუპერინფექციის (დისბაქტერიოზის) განვითარება, რომელიც დაკავშირებულია ანტიბიოტიკების მიერ (მაგ. ნაწლავებში) მიკროორგანიზმის ნორმული მიკროფლორის დათრგუნვასთან, რაც ხელს უწყობს ანტიბიოტიკების მიმართ მდგრად – პირობით პათოგენური სოკოების – ლურჯი ჩირქის ჩხირის, სტაფილოკოკის გამრავლებას.

ანტიბიოტიკების უმრავლესობას ახასიათებს ორგანოსპეციფიკური – ტოქსიკური მოქმედება: ნეიროტოქსიკურობა, ნეფროტოქსიკურობა, ჰეპატო- და ჰემოტოქსიკურობა, ჰიპოვიტამინოზი და სხვა.

ცეფალოსპორინები, ამინოგლიკოზიდები და პოლიმიქსინები აზიანებს თირკმლებს. ტეტრაციკლინები თრგუნავენ ღვიძლის ფუნქციას, ლევომიციტინი თრგუნავს

სისხლის წარმოშობას, ხოლო ამინოგლიკოზიდები იწვევს სმენის ნერვის შეუცვლად დაზიანებას, ანუ სიყრუეს.

ცხრილი 14

ანტიბიოტიკების კლასიფიკაცია ანტიმიკრობული – ბაქტერიოციდური, ბაქტერიოსტატიკური მოქმედებისა და სპექტრის მიხედვით

ფართე სპექტრის მქონე ანტიბიოტიკები მოქმედებს გ(+) და გ(-) ბაქტერიებზე (ხშირად იწვევს სუპერინფექციას)		ვიწრო სპექტრის მქონე ანტიბიოტიკები გრამდადებით და გრამუარყოფით ბაქტერიებზე უპირატესი მოქმედებით	
<ul style="list-style-type: none"> ტეტრაციკლინები (ბაქტერიოსტატიკური): ოქსიტეტრაციკლინი მეტაციკლინი დოქსიციკლინი მონოციკლინი 	<ul style="list-style-type: none"> ნახევრად სინთეზური პენიცილინები (ბაქტერიოციდური): ამპიცილინი ამოქსაცილინი აზლოცილინი ოქსაცილინი კარბენიცილინი თიკარცილინი კარფეცილინი 	<ul style="list-style-type: none"> ბიოსინთეზური პენიცილინები (ბაქტერიოციდური): ბენზილპენიცილინი ბიცილინი-1 ბიცილინი-5 ოქსაცილინი ფენოქსიმეთილპენიცილინი 	<ul style="list-style-type: none"> პოლიმიქსინები „მ“ და „ე“ (ბაქტერიოციდური) მონობაქტამები აზტრენამი გ(+) და გ(-) ინფექციის სხვა გამომწვევებზე მოქმედი ანტიბიოტიკები: (ბაქტერიოსტატიკური) ერითრომიცინი ტეტრაციკლინი (ბაქტერიოციდური): (პოლიმიქსინი)
<ul style="list-style-type: none"> ცეფალოსპორინები (ბაქტერიოციდური): I-II-III და IV თაობის 	<ul style="list-style-type: none"> ანტიბიოტიკი კარბაპენემები (ბაქტერიოციდური): იმიპენემი მეროპენემი ცილასტატინი (პრომაქსინი) 	<ul style="list-style-type: none"> მაკროლიდები (ბაქტერიოსტატიკური): ერითრომიცინი ოლეანდომიცინი კლარიტრომიცინი როქსიტროცინი (რულიდი) 	
<ul style="list-style-type: none"> ამინოგლიკოზიდები (ბაქტერიოციდური): ამიკაცილინი კანამიცილინი რიფამპიცილინი ნეომიცილინი მონომიცილინი გენტამიცილინი ტობრამიცილინი ნეთელმიცილინი სტრეპტომიცილინი სიზომიცილინი 		<ul style="list-style-type: none"> აზალიდები (ბაქტერიოციდური): აზიტრომიცინი (სუმამედი) 	

არსებობს ანტიბიოტიკების სხვადასხვა სახის კლასიფიკაცია. შესწავლის პირველ პერიოდში ანტიბიოტიკებს ყოფდნენ მაპროდუცირებელი მიკროორგანიზმების მიხედვით, მაგრამ აღმოჩნდა, რომ ს/ს სახის მიკროორგანიზმებს შეუძლია ერთი და იმავე ან რამდენიმე სახის ანტიბიოტიკის პროდუცირება. ცნობილია ასევე ანტიბიოტიკების კლასიფიკაცია მათი ანტიმიკრობული მოქმედების სპექტრის მიხედვით. მაგალითად, არჩევენ გრამდადებით და გრამუარყოფითზე მოქმედ (სტრეპტომიცილინი), ფართო სპექტრის (ლევომიციტინი), სოკოვან მიკროორგანიზმებზე მოქმედ (ლევონინი), სიმსივნის საწინააღმდეგო ანტიბიოტიკებს.

ანტიბიოტიკების თანამედროვე კლასიფიკაცია

1. პენიცილინის ჯგუფის ანტიბიოტიკების პრეპარატები:

- ბიოსინთეზური პენიცილინები: ბენზილპენიცილინი, ბიცილინი-1, ბიცილინი-5, ნოვოცილინი, ფენოქსიმეთილპენიცილინი.
- ნახევრად სინთეზური პენიცილინები: ამპიცილინი, ამოქსაცილინი, ოქსაცილინი, დიკლოქსაცილინი, კარბენიცილინი, აზლოცილინი და სხვა.

2. ცეფალოსპორინების ჯგუფის ანტიბიოტიკები:

I თაობის: ცეფალექსინი, ცეფადროქსილი, ცეფაზოლინი, ცეფალოტინი და სხვა.

II თაობის: ცეფუროქსიმი, ცეფამანდოლი, ცეფოქსიტინი და სხვა.

III თაობის: ცეფროლოქსიმი, ცეფტრიაქსონი, ცეფამანდოლი და სხვა.

IV თაობის: ცეფპრომი, ცეფპიმი, ცეფლიდინი, ცეფოქპრამი და სხვა.

V თაობის: ცეფალოსპორინები – ტიენამი.

3. ამინოგლიკოზიდები:

I თაობის: კანამიცინი, მონომიცინი, სტრეპტომიცინი.

II თაობის: გენტამიცინი, პარომომიცინი.

III თაობის: ამიკაცინი, ტობრამიცინი.

IV თაობის: იზეპამიცინი.

4. ტეტრაციკლინები: ტეტრაციკლინი, მეტაციკლინი, დოქსიციკლინი და სხვა.

5. მაკროლიდები: როქსიტრომიცინი, კლარიტრომიცინი, ჯოზამიცინი, ერითრომიცინი და მისი პრეპარატები და სხვა.

6. აზალიდები: აზიტრომიცინის (სუმამედი) ჯგუფის ანტიბიოტიკები.

7. ანსამიცილები: რიფაბუტინი, რიფამიცინი, რიფამპიცინი და სხვა.

8. ამფენიკოლები: ქლორამფენიკოლის (ლევომიციტინის) ჯგუფი.

9. ლინკოზამიდები: ლინკომიცინი, კლინდანიცინი და სხვა.

10. გლიკოპეპტიდები: კაპრეომიცინი, ფლორამიცინი, ვანკომიცინი.

11. კარბაპენემები: იმიპენემი, მეროპენემი, ტიენემი.

12. მონობაქტამები: აზტრეონამის ჯგუფის ანტიბიოტიკები.

13. ციკლური პოლიპეპტიდები: პოლიმიქსინის ანტიბიოტიკები.

14. ფოსფონმუცას ანტიბიოტიკები: ფოსფომიცინის ჯგუფი.

15. იზოოქსაზოლიდინები: ციკლოსერინი და სხვა.

16. სხვადასხვა ჯგუფის ანტიბიოტიკები: ფუზიდინი, ფუზაფუნჯინი.

ა. სტრეპტოგრამინები (ქიმოპროსტინი + დალფოპრისტინი, ვერნამიცინი + ვივრინამიცინი).

ბ. ოქსაზოლადინონები (ლინეზოლიდი) და სხვა.

* ზოგიერთი ანტიბიოტიკი არღვევს ცილის სინთეზს მაგალითად, ტეტრაციკლინები, მაკროლიდები (როქსიტრომიცინი), ქლორამფენიკოლი (ლევომიციტინი), ლინკოზამიდები (ლინკომიცინი), გლიკოპეპტიდები (კაპრეომიცინი) იჩენს ბაქტერიოსტატიკურ მოქმედებას.

* ზოგიერთი ბაქტერიოციდური ანტიბიოტიკი (რიფამპიცინი) არღვევს რნმ-ის სინთეზს, ხოლო პოლიმიქსინი არღვევს ციტოპლაზმური მემბრანის განვლადობას.

* ანტიბიოტიკებთან მიკრობთა პირდაპირი (ან ჯვარედინი) შეჩვევის (მდგრადობის) განვითარება ხდება სწრაფად, ნელა ან იშვიათად.

შეჩვევა ვითარდება

სწრაფად:

- * სტრეპტომიცინის
- * ოლენდომიცინის
- * რიფამპიცინის ჯგუფთან

შეჩვევა ვითარდება

ნელა:

- * პენიცილინების
- * ტეტრაციკლინების (ჯვარედინი ყველასთან)
- * ლევომიციტინის ჯგუფთან

შეჩვევა ვითარდება

იშვიათად:

- * პოლიმიქსინებთან

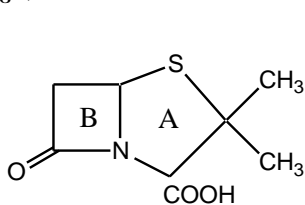
- * პენიცილინები, ცეფალოსპორინები, გლიკოპეპტიდები (ვანკომიცინი), მონობაქტამები (აზრონამი), ციკლოსერინი, აზალიდები (აზიტრომიცინი) ბაქტერიის უჯრედის კედელში არღვევს ცილის სინთეზს და იწვევს ბაქტერიოციდურ ეფექტს.
- * მაკროლიდები, ტეტრაციკლინები, ლევომიციტინი, ლინკოზამიდები (ლინკომიცინი) ბაქტერიის რიბოსომებში არღვევს ცილის სინთეზს და იწვევს ბაქტერიოსტატიკურ ეფექტს.
- * ამინგლიკოზიდები (ამიკაცინის ჯგუფი) ბაქტერიის რიბოსომებში არღვევს ცილის სინთეზს ბაქტერიოციდური ეფექტით, რიფამიცინის ჯგუფი არღვევს რნმ-ის სინთეზს – ბაქტერიოციდური ეფექტით. პოლიმიქსინები არღვევს ციტოპლაზმური მემბრანის განვლადობას ბაქტერიოციდური ეფექტით.

პენიცილინი, ცეფალოსპორინები და მონათესავე ანტიბიოტიკები. ზოგიერთი აზოტ- და გოგირდშემცველი ჰეტეროციკლური ანტიბიოტიკური ნივთიერება გაერთიანებულია პენიცილინების საერთო სახელწოდებით. აღნიშნულ ჯგუფს მიეკუთვნება არა მარტო ბუნებრივი პენიცილინები, არამედ სხვადასხვა ბიოლოგიურად აქტიური ანალოგი, რომლებიც ბიოლოგიური გზით ან ბუნებრივი პენიცილინების ქიმიური მოდიფიკაციის შედეგად მიიღება. ყველა ეს ნივთიერება მსგავსია აღნაგობით, მხოლოდ რამდენადმე განსხვავდებიან ერთმეორისაგან ფიზიკური, ქიმიური და ბიოლოგიური თვისებებით.

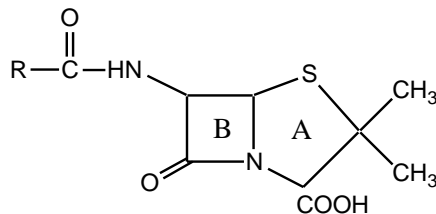
პენიცილინის წყაროა ობის სოკოს სხვადასხვა შტამები.

პენიცილინები გამოირჩევიან ანტიბაქტერიული მოქმედების ფართო სპექტრით, ამჟღავნებენ როგორც ბაქტერიოსტატიკურ, ისე ბაქტერიოციდულ აქტივობას სტაფილოკოკების, სტრეპტოკოკების, პნევმოკოკების, მენინგოკოკების, ჰონოკოკების, ცალკეული სოკოებისა და სხვა მიკრობების წინააღმდეგ. პენიცილინები აღნიშნულ დაავადებათა წინააღმდეგ ბრძოლის საუკეთესო საშუალებას წარმოადგენენ.

პენიცილინის სტრუქტურის საფუძველს წარმოადგენს პენიცილანის მუკა, რომელიც შეიცავს ორ კონდენსირებულ ჰეტეროციკლურ ბირთვს. ხუთწევრიან თიაზოლიდინურსა (A) და ოთხწევრიან β-ლაქტამურს (B). ტუტების მოქმედებით იშლება β-ლაქტამური ციკლი და წარმოიქმნება პენიცილინმუკა; ამიტომაც პენიცილინების ხსნარებს ამზადებენ ან ნატრიუმის ქლორიდის იზოტონურ ხსნარზე ან სტერილურ გამოსხილ წყალზე. მიუხედავად იმისა, რომ პენიცილინები ფიზიკური, ქიმიური და ბიოლოგიური თვისებებით ძლიერ ემსგავსებიან ერთმეორეს, პრაქტიკულად ისინი მაინც ტოლფასოვანი არ არიან. ეს განსხვავება გამოწვეულია მოლეკულაში რადიკალის ბუნებით. ბუნებრივი პენიცილინიდან ყველაზე ნაკლები ღირებულება ჰეპტილპენიცილინს გააჩნია, რომელიც ორგანიზმში უფრო სწრაფად განიცდის ინაქტივაციას, ვიდრე სხვა პენიცილინები. პენიცილინის ბიოსინთეზის შესწავლამ ცხადყო რომ მოლეკულა ფორმირდება საკვებ ნიადაგში არსებული ამინომუკების (ცისტეინი, ვალინი) ხარჯზე, აგრეთვე იმ ნივთიერების ხარჯზე, რომელთა ჩანაცვლებაც ხდება შემდგომ გვერდით ჯაჭვში (ფენილმარმუკა, ფენოქსიმარმუკა).



პენიცილანის მუკა



ბუნებრივი პენიცილინი

პენიცილინის გამოყოფა ხორციელდება ფილტრაციით ან ცენტრიფუგირებით. ექსტრაგირება ხდება მეთილციკლოჰექსანონით. პენიცილინის ხსნარს (დიქლორეთანში ან ეთერში) უმატებენ ნატრიუმის თიმოლიატს და გამოჰყოფენ პენიცილინს მისი ნატრიუმის მარილის სახით. სხვადასხვა პენიცილინის

ერთმანეთისაგან დაცილება ხდება ადსორბციული ქრომატოგრაფიით. პენიცილინის სტრუქტურა განაპირობებს მის ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებს და ფარმაკოლოგიურ მოქმედებას. პენიცილები მომწარო გემოს თეთრი ფხვნილებია, მცირედ იხსნებიან წყალში, კარგად ორგანულ გამხსნელებში, ახასიათებთ ჰიგროსკოპულობა.

პენიცილინი კონცენტრირებულ გოგირდმჟავასთან და რეზორცინთან გაცხელებით იძლევა მოყვითალო-მომწვანო შეფერადებას, ხოლო პარადიმეთილამინობენზალდეჰიდთან და 20%-იან ქლორწყალბადმჟავასთან გაცხელებით წარმოქმნის ვარდისფერ შეფერადებას.

ბენზილპენიცილინი (პენიცილინ Q) ბუნებრივი პენიცილინია. იგი პირველი ანტიბიოტიკია, რომელიც გამოყოფილ იქნა ქიმიურად სუფთა სახით. მისი ნატრიუმის მარილი კრისტალური სახით მიღებულ იქნა 1943 წ.

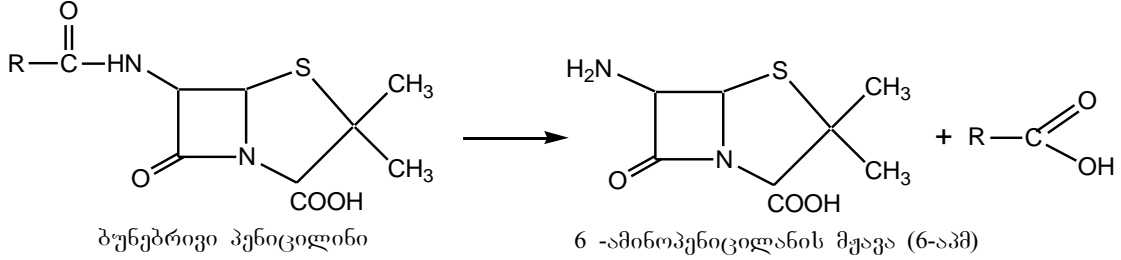
პენიცილინი მჟავა და ტუტე არეში იშლება, შედარებით მდგრადია ნეიტრალურ არეში. სხვა მედიკამენტებთან შერევა იწვევს ქიმიურ გარდაქმნას და ინაქტივაციას; ამიტომაც მიიღეს სინთეზური პენიცილინები: ფენოქსიმეთილპენიცილინი და ამპიცილინი, რომლებიც მდგრადია მჟავა არის მიმართ, მათ უნიშნავენ შიგნით მისაღებად, ამიტომ გამოდის ტაბლეტების სახით.

ფენოქსიმეთილპენიცილინი დღეს ცნობილი პენიცილინებიდან ყველაზე სტაბილურია, კარგად შეიწოვება ნაწლავების მიერ და იშლება კუჭის წველის მოქმედებით. იგი ნაკლებად ტოქსიკურია, არა აქვს დაგროვების უნარი და სწრაფად გამოიყოფა ორგანიზმიდან შარდთან ერთად. ფენოქსიმეთილპენიცილინი ქრომატოგრაფიასთან იძლევა ლურჯ-ისფერ შეფერადებას. პენიცილინის პრეპარატებს ინახავენ მინის ფლაკონებში, რომლებიც თავდახურულია ჰერმეტიკულად.

პენიცილინების იდენტიფიკაციისათვის იყენებენ პოლარიმეტრიას, ულტრაისფერ და ინფრაწითელ სპექტროფოტომეტრიას, ქრომატოგრაფიას; ეს უკანასკნელი ნაერთში სხვადასხვა პენიცილინის დადგენის საშუალებას იძლევა.

ზოგიერთი ფაქტორის მოქმედებით პენიცილინის აქტივობა მცირდება. ზოგიერთი მიკროორგანიზმი წარმოქმნის ფერმენტ-პენიცილინაზას, რომელიც სწრაფად შლის პენიცილინებს და მათ გარდაქმნის ინაქტიურ ნაერთად. ბენზილპენიცილინის β-ლაქტამური რგოლი ადვილად ირღვევა ფერმენტ პენიცილინაზას ხემოქმედებით.

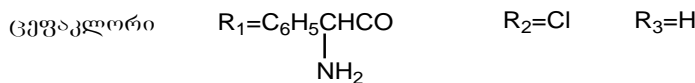
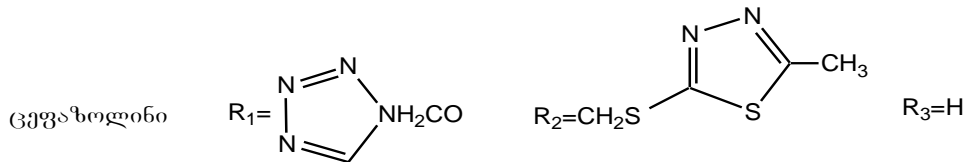
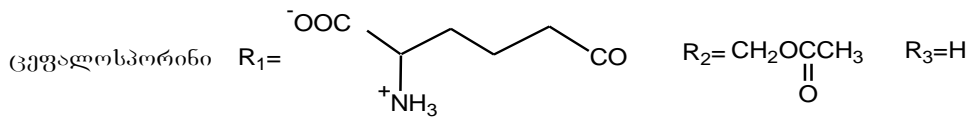
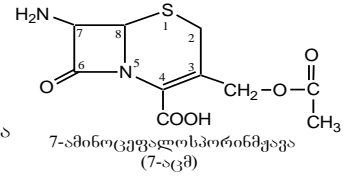
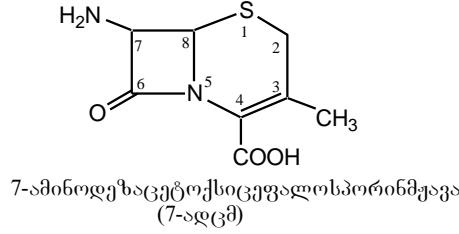
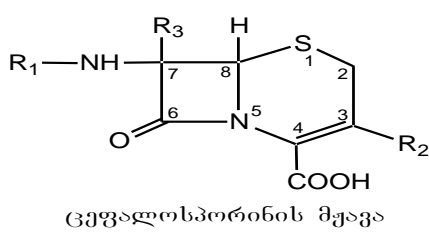
პენიცილინის ბიოსინთეზი მიმდინარეობს შემდეგი გზით: თავდაპირველად ხდება L-α-ამინოადაპინის მჟავას, L-ცისტეინის და L-ვალინის კონდენსაცია, რის შედეგადაც მიიღება ტრიპეპტიდი. შემდგომ საფეხურზე იკვრება β-ლაქტამური და თიაზოლიდინური ციკლები და წარმოიქმნება იზოპენიცილინი, რომლის ჰიდროლიზით პენიცილინაცილანას მოქმედებით მიიღება ნ-ამინოპენიცილანის მჟავა (ნ-აპმ):



კრისტალური პენიცილინები უფრო მდგრადია გარემო ფაქტორების მიმართ, ვიდრე მათი წყალხსნარები. მდგრადობა დამოკიდებულია სა და ტემპერატურაზე (გაცხელებით იშლება); ამიტომ წყალხსნარი უნდა ინახებოდეს მაცივარში. პენიცილინს ახასიათებს ამორჩევი ანტიმიკრობული მოქმედება. ის აქტიურია გრამდადებითი მიკრობების მიმართ და სუსტად მოქმედებს გრამუარყოფით მიკრობზე. მოქმედების ფართო სპექტრით ხასიათდება ამპიცილინი, რომელიც მოქმედებს როგორც გრამდადებით, ისე გრამუარყოფით მიკროორგანიზმებზე.

1961 წელს მიკროორგანიზმების *Cephalosporium acremonium* ექსტრაქტიდან ე. აბრაჰამისა და გ. ნიუტონის მიერ გამოყოფილ იქნა ანტიბიოტიკი – ცეფალოსპორინი

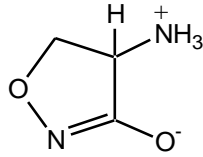
C. მის საფუძველზე სინთეზირებულ იქნა მაღალი აქტივობის მქონე მთელი რიგი წარმოებულები: ცეფაზოლინი, ცეფაცეტრილი, ცეფაკლორი. მათი სტრუქტურული საფუძველია ცეფალოსპორინის მუავა. ქიმიური აგებულებით ცეფალოსპორინები პენიცილინების მსგავსია, კერძოდ, ცნობილია, რომ პენიცილინები 6-ამინოპენიცილანმუავას ნაწარმია, ხოლო ეს უკანასკნელი 7-ამინოცეფალოსპორინმუავასა (7-აცმ) და 7-ამინოდეზაცეტოქსიცეფალოსპორინმუავას (7-ადცმ) ნაწარმი.



ცეფალოსპორინების ანტიბიოტიკური აქტივობა განპირობებულია ლაქტამური ციკლით. ახასიათებთ უფრო ფართო მოქმედების სპექტრი, ვიდრე პენიცილინებს, ისინი მდგრადებია მუავების მიმართ, ამიტომ უნიშნავენ პერორალურად. იგი კარგად შეიწოვება ორგანიზმის მიერ. ახასიათებთ დაბალი ტოქსიკურობა და ნაკლებად გამოხატული თანამოვლენები. ისინი აქტიურები არიან გრამდადებითი, გრამუარყოფითი, პენიცილინგამძლე სტაფილოკოკების, ენტეროკოკების მიმართ. მათ იყენებენ სეფსისის, ძვლოვანი სისტემის, პნევმოკოკური მენინგიტის და სხვა დაავადებების დროს. მე-20 საუკუნის 70-იანი წლების პირველ ნახევარში აღმოჩენილ იქნა 7-მეთოქსიცეფალოსპორინები: ცეფამიცილი C და ცეფაქსიცილი. ისინი ხასიათდებიან მოქმედების ფართო სპექტრით და აჩერებენ ზოგიერთი ბაქტერიების ზრდას, რომლებიც მდგრადია პენიცილინისადმი.

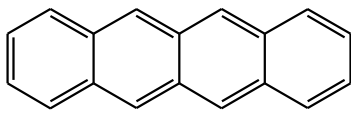
ციკლოსერინი. ეს ანტიბიოტიკი პირველად გამოყოფილ იქნა 1955 წელს *Streptomyces orchidaceus*-იდან და ზოგიერთი სხვა აქტინომიცეტიდან 1955წ. იგი ხასიათდება ანტიბაქტერიული მოქმედების ფართო სპექტრით და შედარებით დაბალი ტოქსიკურობით ცხოველებისათვის. ციკლოსერინი ადამიანებში იწვევს ცენტრალური ნერვული სისტემის მოქმედების მოშლას, ამიტომ სამედიცინო კლინიკებში იგი იშვიათად გამოიყენება და ისიც მძიმე და ქრონიკული ფორმის ფილტვების ტუბერკულოზის სამკურნალოდ, მაშინ, როდესაც სხვა პრეპარატების გამოყენება უშედეგოა.

ციკლოსერინის სინთეზი პირველად განხორციელებულ იქნა ნ. კოჩეტკოვის და რ. ხომუტოვის მიერ 1956 წ. მისი აგებულება დადგენილ და დადასტურებულ იქნა ქიმიური მეთოდებით და რენტგენოსტრუქტურული ანალიზით.

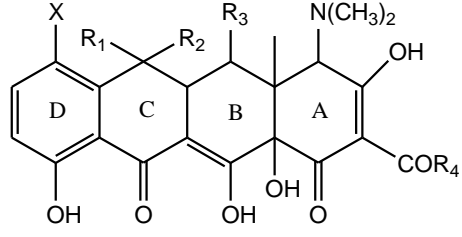


ციკლოსერინი

ტეტრაციკლინები. ეს ანტიბიოტიკი წარმოადგენს ნაწილობრივ ჰიდრირებულ ნაფტაცენის წარმოებულს, რომელიც შედგება ოთხი კონდენსირებული ექვსწევრიანი კარბოციკლური ბირთვისაგან. ტეტრაციკლინები გამოიყენება პნევმონიის, დიზენტერიის, ბრუცელოზის (საქონლის ჩლიქის დაავადება), ტიფის, ქოლერისტიტის, მენინგიტის და სხვა ინფექციური დაავადებების სამკურნალოდ, ასევე ქირურგიაში ჩირქოვანი გართულებების დროს.



ნაფტაცენი (ტეტრაცენი)



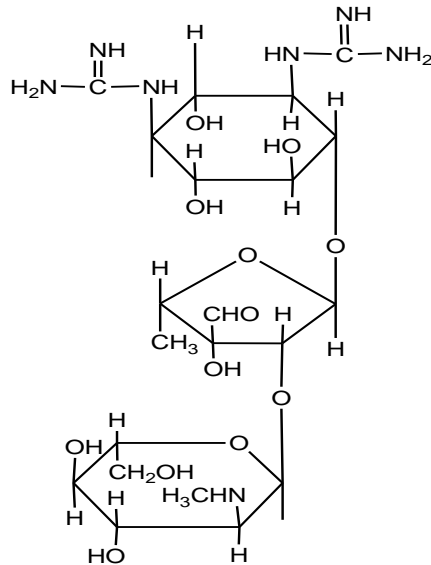
ტეტრაციკლინების ზოგადი ფორმულა

ბუნებრივი ტეტრაციკლინები:

- ტეტრაციკლინი X=H; R₁= H; R₂=OH; R₃=H; R₄=NH₂.
- ქლორტეტრაციკლინი (აურომიცინი) X=Cl; R₁= CH₃; R₂=OH; R₃=H; R₄=NH₂.
- 7-ბრომტეტრაციკლინი X=Br; R₁= CH₃; R₂=OH; R₃=H; R₄=NH₂.
- 6-დიმეთილტეტრაციკლინი X=H; R₁= CH₃; R₂=OH; R₃=H; R₄=NH₂.
- 7-ქლორ-6-დიმეთილტეტრაციკლინი X=Cl; R₁= CH₃; R₂=OH; R₃=H; R₄=NH₂.
- ნახევრად სინთეზური ტეტრაციკლინები:
- მეტაციკლინი X=H; R₁= CH₂; R₂= CH₂; R₃=H; R₄=NH₂.
- მონოციკლინი X=N(CH₃)₂; R₁= H; R₂= H; R₃=H; R₄=NH₂.

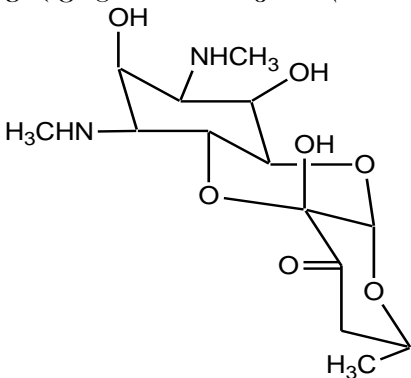
პირველი ტეტრაციკლინები, რომელთა აგებულება დადგენილ იქნა 1952 წელს ამერიკელ მეცნიერთა ჯგუფის მიერ რ. ვუდვორდის ხელმძღვანელობით, იყო აურომიცინი და ტერამიცილი.

სტრეპტომიცინი (C₂₁H₃₉O₁₂N₇) წარმოადგენს ეფექტურ საშუალებას ყივანახველას, პნევმონიის, მენინგიტის და სხვა დაავადებათა წინააღმდეგ, რომლებიც გამოწვეულია გრამდარყოფითი მიკროორგანიზმების მიერ; ამჟამად გამოიყენება ტუბერკოლიზის სხვადასხვა ფორმის მკურნალობისას. იგი მიეკუთვნება ამინგლიკოზიდურ ანტიბიოტიკებს. ამინგლიკოზიდების ანტიბაქტერიული აქტივობა განპირობებულია მათ მოლეკულაში ერთდროულად სტრეპტიდინისა და ამინშაქრების არსებობით. ცალკეულ მათგანს არ გააჩნია ანტიბიოტიკური აქტივობა. დიდი მნიშვნელობა აქვს სტრეპტიდინში გუანიდინის ნაშთს, მისი მოხლეჩით ნაერთი კარგავს ანტიბაქტერიულ აქტივობას. ასევე მნიშვნელოვანია სტრეპტოზის ალდეჰიდური ჯგუფი, მისი დაჟანგვა კარბოქსილამდე გამოიწვევს პრეპარატის ინაქტივაციას. სტრეპტომიცინი ეფექტურია იმ დაავადებების დროს, რომელთაც იწვევენ გრამდადებითი, გრამდარყოფითი და მჟავაგამძლე მიკრობები, ეფექტურია ტუბერკულოზური მენინგიტის დროს. სტრეპტომიცინი მდგრადია, როგორც კრისტალური სახით, ასევე წყლიან ხსნარში. მისი აქტიურობა ქვეითდება მჟავა არეში. მათ მდგრადობაზე განსაკუთრებულ გავლენას ახდენს ტემპერატურა, ამიტომ სტრეპტომიცინის გაცხელება, ან მისი შენახვა 50° -ზე მეტ ტემპერატურაზე დაუშვებელია. დადგენილია, რომ აღნაგობით სტრეპტომიცინი N-მეთილ-α,L-გლუკოზამინ β-L-სტრეპტოზიდსტრეპტიდინს წარმოადგენს, რომლის აგლიკონია სტრეპტიდინი, ან სპირტი-ინოზიტი.

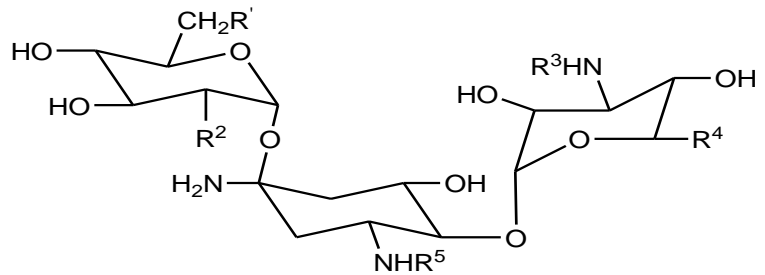


სტრეპტომიცინი

ანტიბიოტიკური აქტივობის მქონე ამინგლიკოზიდებს მიეკუთვნება 100-მდე ბუნებრივი ნაერთი, რომელთა მოლეკულებს აერთიანებთ ერთი ექვსწევრიანი კარბოციკლური ამინსპირტი (ამინინოზიტები), გლიკოზილირებული ერთი ან რამდენიმე ამინშაქრით. ესენია: სპექტინომიცინი, კანამიცინი A, გენტამიცინი A, ამიკაცინი. ისინი თეთრი ფერის, უსუნო, მწარე გემოს ფხვნილებს წარმოადგენენ, ახასიათებთ ჰიგროსკოპულობა, კარგად იხსნებიან წყალში. პრეპარატები იძლევიან სულფატ-იონისათვის დამახასიათებელ რეაქციას.



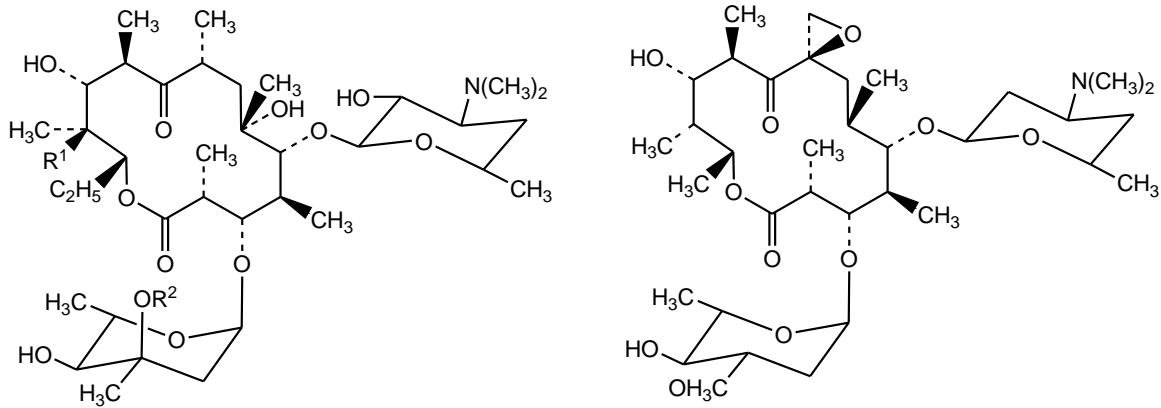
სპექტინომიცინი



კანამიცინი A $R_1 = NH_2$; $R_2 = OH$; $R_3 = H$; $R_4 = CH_2OH$; $R_5 = H$
 გენტამიცინი A $R_1 = OH$; $R_2 = NH_2$; $R_3 = CH_3$; $R_4 = H$; $R_5 = H$

კანამიცინი მოქმედებს ტუბერკულოზის მიკობაქტერიის იმ შტამებზე, რომლებიც მდგრადია სტრეპტომიცინის, ერითრომიცინის, ლევომიცეტინის, ტეტრაციკლინის მიმართ. არ მოქმედებს ანაერობულ ბაქტერიებზე, სოკოებზე, ვირუსებზე. კანამიცინი გამოიყენება კუნთებში და წვეთობრივად ვენაში შესაყვანად, ასევე აეროზოლის სახით. გენტამიცინი გამოიყენება ჩირქოვანი ინფექციის საწინააღმდეგოდ; მოქმედებს ასევე ნაწლავის ჩხირზე, საღმონელებზე. გაყიდვაშია მისი 80 მგ-იანი ფლაკონები, 1-2 მლ ამპულები 4%-იანი წყლიანი ხსნარით და ტუბები 0,1%-იანი საცხის სახით. ამიკაცინს ახასიათებს მოქმედების ფართო სპექტრი, გამოიყენება კუნთებში ან ვენაში შესაყვანად.

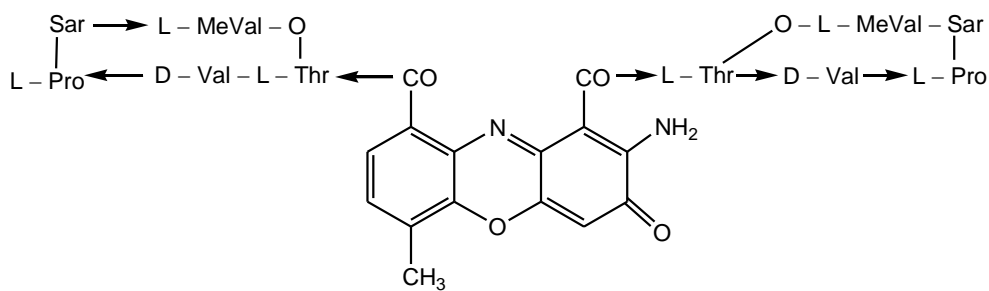
ერთრომიცინი და სხვა მაკროლიდები. ამჟამად ცნობილია ანტიბიოტიკების რამდენიმე ჯგუფი, რომელთა მოლეკულები შეიცავენ მაკრომოლეკულურ ლაქტონურ ბირთვს. მათ შორის აღსანიშნავია არაპოლიენური მაკროლიდები, რომელთაც იყენებენ მედიცინაში. ისინი გრამდადებითი ბაქტერიების და მიკოპლაზმის მიმართ ამჟღავნებენ აქტივობას, და საერთოდ არა აქტიურები არიან გრამუარყოფითი ბაქტერიების მიმართ. ცნობილია დაახლოებით 70-მდე მაკროლიდური ანტიბიოტიკი. სტრუქტურული თვალსაზრისით მაკროლიდური ანტიბიოტიკები 12,14-ან 16-წევრიანი ლაქტონებია, რომლებიც შეიცავენ ალკილისა და ჰიდროქსილის ჯგუფებს. მედიცინაში ფართოდ გამოიყენება 14-წევრიანი მაკროლიდები: ერთრომიცინი A, B, C, D ოლენდომიცინი და 16-წევრიანი მაკროლიდები; ლეიკომიცინი, სპირამიცილი და თილოზინი.



ერთრომიცინი A $R^1 = OH; R^2 = CH_3$
 ერთრომიცინი B $R^1 = H; R^2 = CH_3$
 ერთრომიცინი C $R^1 = OH; R^2 = H$
 ერთრომიცინი D $R^1 = H; R^2 = H$

ოლენდომიცინი

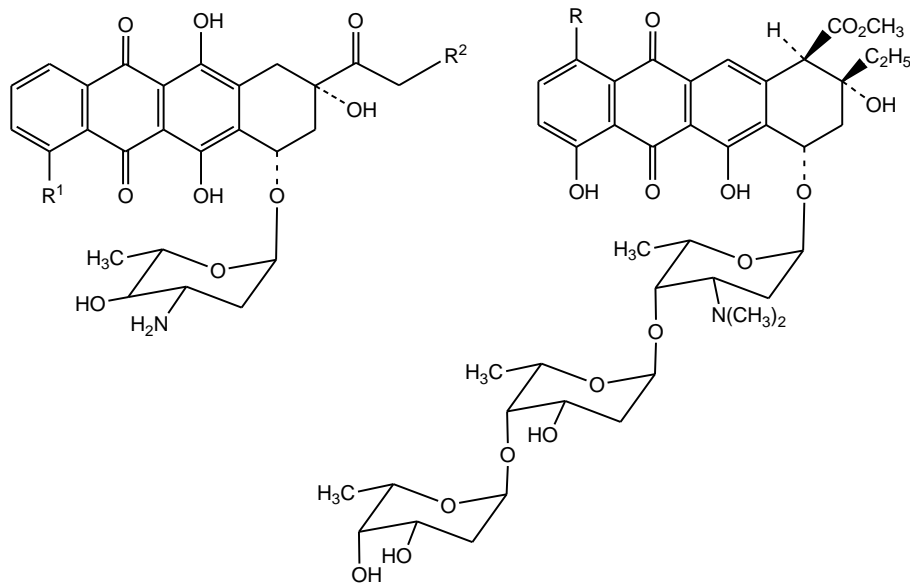
აქტინომიცილინი D. აქტინომიცილინი D-ს აგებულება დადგენილ იქნა ა. ჯონსონის მიერ 1957 წ. ამჟამად მრეწველობა უშვებს 20-მდე აქტინომიცილინის ანტიბიოტიკურ პრეპარატს. ისინი გამოირჩევიან მაღალი აქტიურობით გრამდადებითი და გრამუარყოფითი ბაქტერიების მიმართ. აქტინომიცილინები გამოიყენება ქიმიოთერაპიაში სიმსივნის, კერძოდ, თირკმლის სიმსივნის სამკურნალოდ ბავშვებში.



აქტინომიცილინი D

ანტრაციკლინები. ანტრაციკლინები მიეკუთვნება ანტიბიოტიკების მნიშვნელოვან ჯგუფს, რომელიც გამოიყენება ავთვისებიანი სიმსივნის ქიმიოთერაპიაში. ისინი აქტიური არიან გრამდადებითი ბაქტერიების, სოკოებისა და ვირუსების წინააღმდეგ.

ბოლო წლებში აქტიურად მიმდინარეობს იმ ანტრაციკლინების შესწავლა, რომელთაც აქვთ მაღალი აქტივობა და დაბალი კარდიოტოქსიკურობა. ამ მხრივ ყურადღებას იპყრობს ბუნებრივი ანტრაციკლინები: აკლაცინომიცილინი A, ცინერუბინი A, რომელიც უფრო ნაკლები აქტიურობით გამოირჩევა, ასევე მათი სინთეზური ანალოგები; დაუნომიცილინი და ადრიამიცილინის 4-დიმეტოქსიწარმოებულები, 11-დეზოქსი- და 13-დეზოქსიანტრაციკლინები.



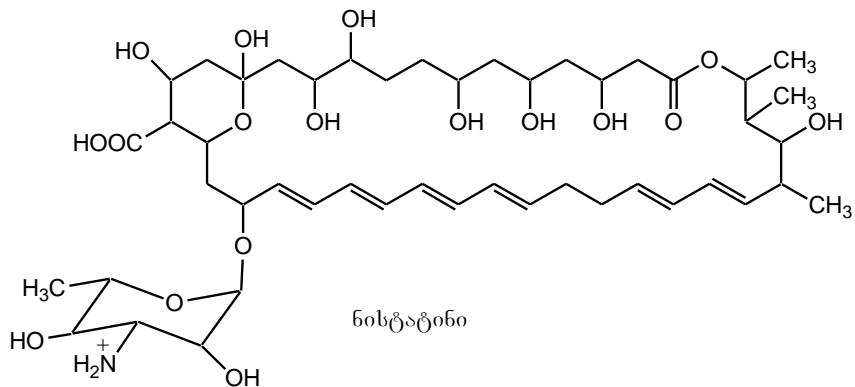
დაუმონიცინი $R^1 = OCH_3; R^2 = H$
 ადრიამიცინი $R^1 = OCH_3; R^2 = OH$
 კარმინომიცინი $R^1 = H; R^2 = H$

ანტრაციკლინები მოქმედების მექანიზმებით ახლოს დგანან აქტინომიცინ D-სთან.

პოლიენური მაკროლიდური ანტიბიოტიკები. ამ ჯგუფს მიეკუთვნება ამფოტერიცინი B, ნისტატინი, ლევორინი და ტრიქომიცინი. მათ იყენებენ სოკოვანი დაავადების სამკურნალოდ, უმთავრესად, კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის მიკოზის და სასუნქოქი გზების დაავადების სამკურნალოდ.

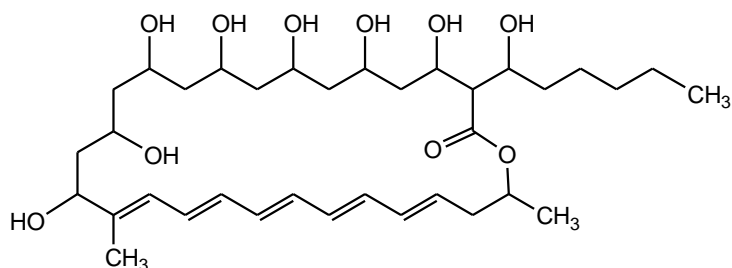
პოლიენური მაკროლიდებისათვის დამახასიათებელია მოლეკულაში ორმაგი ბმებით შეუღლებული სისტემა, რომელთა რაოდენობის მიხედვით მათ ყოფენ: ტრი-, ტეტრა-, პენტა-, ჰექსა- და ჰეპტანად. პოლიენური მაკროლიდების ქიმიურ შესწავლაში დიდი ღვაწლი მიუძღვით ა. კოუპს, ო. ცედერს, კ. ჯერასის, ე. ბოროვსკის.

მაკროლიდური პოლიენური ანტიბიოტიკები წყალში ცუდად იხსნებიან და შეიწოვებიან ორგანიზმის მიერ. ნისტატინის და ლევორინის მიღება ხდება მხოლოდ ადგილობრივად. ამფოტერიცინი B გამოიყენება სისტემური მიკოზის სამკურნალოდ. პოლიენური ანტიბიოტიკების ხსნადობის გასაუმჯობესებლად გამოიყენება მათი N-აცეტილური და ზოგიერთი სხვა წარმოებულები, მაგალითად, σ -ბუთილამიდები და სხვ.



პოლიენური მაკროლიდური ანტიბიოტიკები მოქმედებენ ორგანიზმზე, რომელთა მემბრანის უჯრედის სტერინებს, გააჩნიათ 3- β -ჰიდროქსიჯგუფი და საკმაოდ გრძელი ჯაჭვი, ამიტომ ისინი პრაქტიკულად ვერ მოქმედებენ ბაქტერიების უმრავლესობაზე.

სტერინები უკავშირდებიან ანტიბიოტიკებს შეფარდებით 1:1. ამ ჯგუფის დიდი ზომის ანტიბიოტიკების მოქმედების შედეგად (ჰეპტაენების ან ნისტატინის) მემბრანაში წარმოიქმნება ხვრელი 0,4 ნმ რადიუსით, რის გამოც უჯრედიდან თავისუფლად გამოდის ერთვალენტური მეტალთა იონები, ზოგიერთი ანიონი და ნეიტრალური მოლეკულები, მაგალითად, გლუკოზა. შედარებით მცირე ზომის პოლიენური მაკროლიდები, მაგალითად ფილიპინი III, ციტოპლაზმატური მემბრანის უჯრედებში წარმოქმნის უფრო მსხვილ ხვრელს.



ფილიპინი III

ალკალოიდები

ალკალოიდები მცენარეული წარმოშობის ჰეტეროციკლური აზოტ შემცველი ფუძეებია, დიდი დოზებით შხამებს წარმოადგენენ, მცირე დოზებით კი – ძვირფას სამკურნალო პრეპარატებს. არაბულად “ალკალი” – ტუტეს, ხოლო “ოიდეს” – მსგავსს ნიშნავს. ცნობილია, რომ მათ უმთავრესად შეიცავს მცენარეები, მცირე რაოდენობით კი – ცხოველთა ორგანიზმები. ალკალოიდებით განსაკუთრებით მდიდარია მცენარეთა ცალკეული ოჯახები: ქენდისებრთა, ყაყაჩოსებრთა, პარკოსანთა, ძაღლყურძენასებრთა, ბაიასებრთა, ენდროსებრთა ოჯახები. ბუნებაში ალკალოიდები უმეტესად გვხვდება ორგანულ მჟავათა მარილების (ვაშლის, ლიმონის, მჟაუნას, ქარვის მჟავების) სახით. ხშირად მცენარე რამდენიმე ალკალოიდს შეიცავს. მაგალითად, ოპიუმის პრეპარატებიდან 22 ალკალოიდია გამოყოფილი, ქინაქინის ხის ქერქიდან – 24, კოკას ფოთლებიდან – 7, თამბაქოს ფოთლებიდან – 10 და ა.შ. ყველაზე ხშირად ალკალოიდები მცენარის რომელიმე განსახდვრულ ნაწილში გროვდება. მაგალითად, ქინაქინის ხის ალკალოიდები თითქმის მხოლოდ მის ქერქში იმყოფება; ჩაის ალკალოიდები – ფოთლებში; ალკალოიდი ჰიდრასტინი ფესურაშია ლოკალიზებული; სტრიქნინი და ბრუცინი – თესვებში.

ალკალოიდების შემცველობა მოცემულ მცენარეში ჩვეულებრივ დიდი არ არის, და მცენარეული ნედლეული, რომელიც 1-2%-მდე ალკალოიდს შეიცავს (მშრალ წონაზე გადაანგარიშებით) სავსებით გამოსადეგია გადასამუშავებლად. ცნობილია მცენარეები, რომლებიც ალკალოიდს შედარებით დიდი რაოდენობით შეიცავენ. მაგალითად, ქინაქინის ხის ქერქში მთავარი ალკალოიდის ქინაქინის შემცველობა 7-10%-ს აღწევს.

ალკალოიდები მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ ცოცხალ ორგანიზმებში, თუმცა მათი ბიოლოგიური ფუნქციები ჯერ კიდევ არ არის ბოლომდე გარკვეული. ალკალოიდები ფოთლებში ჟანგბადის გადატანას ემსახურება, მიწისქვეშა ნაწილსა და თესვში კი ნივთიერებათა ცვლას და ფესვთა სისტემის ზრდას არეგულირებენ. ისინი მცენარის ცხოველმყოფელობის ნარჩენებიცაა და სათადარიგო ნივთიერებებიც. არსებობს შეხედულება, რომ ალკალოიდები მცენარის გამოჯანსაღებას უწყობს ხელს. ალკალოიდები ზოგჯერ დამცველი ნივთიერებებია, ზოგჯერ კი – ბიოსინთეზის აუცილებელი კომპონენტი. უნდა აღინიშნოს, რომ ერთი კონკრეტული ალკალოიდი, რომელიც გარკვეულ როლს ასრულებს ფოთლებში, ვეგეტაციის მომდევნო პერიოდში გადადის მცენარის სხვა ნაწილში ან გარდაიქმნება ახალ ალკალოიდად და, შესაბამისად, განსხვავებული ფუნქცია ეკისრება. მცენარეში ალკალოიდების რაოდენობა და მათი მრავალფეროვნება დამოკიდებულია ნიადაგის შემადგენლობასა და მის ნესტიანობაზე, მზის სხივების გავლენაზე, ჰაერის ტემპერატურაზე და ზოგიერთ სხვა ეკოლოგიურ-გეოგრაფიულ პირობაზე.

ალკალოიდების აღმოსაჩენად ან გამოსაყოფად იყენებენ მათი დალექვის რეაქციებს, რომელთაც ალკალოიდურ რეაქციებს უწოდებენ. მაგალითად:

1. უხსნადი მარილების წარმოქმნა

ა. რეაქცია ტანინთან. ტანინები მცენარეული პოლიფენოლებია, რომელთაც გააჩნიათ ცხოველური ტყავის ცილებთან დაკავშირებისა და ამით მათი ლპობის თავიდან აცილების უნარი. ალკალოიდის მარილის ხსნარზე ტანინის ხსნარის დამატებისას გამოიყოფა უხსნადი მარილი. ამ რეაქციას დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს. ალკალოიდით მოწამვლის შემთხვევაში ავადმყოფს ასმევენ ტანინის ხსნარს ან უბრალოდ მაგარ ჩაის. ეს უკანასკნელი დიდი რაოდენობით შეიცავს ტანინებს, რის გამოც წარმოიქმნება უხსნადი და ნაკლებტოქსიკური მარილი, რომლის მოცილება ორგანიზმიდან შესაძლებელია კუჭის ამორეცხვით.

ბ. რეაქცია პიკრინმჟავასთან (2,4,6-ტრინიტროფენოლი). ამ დროს მიიღება ყვითელი ფერის ნალექი.

2. ორმაგი (კომპლექსური) მარილების წარმოქმნა.

ა. რეაქცია სულემასთან ($HgCl_2$). ალკალოიდები სულემასთან წარმოქმნის წყალში უხსნად ორმაგ მარილებს.

ბ. რეაქცია კალიუმის იოდიდთან. აღნიშნული რეაქტივი გამოყოფს ალკალოიდთა ორმაგი მარილების შოკოლადისფერ ნალექს.

დღეისათვის აღწერილია 5000-ზე მეტი სხვადასხვა ალკალოიდი. მრავალი მათგანისათვის დადგენილია ქიმიური აღნაგობა. ალკალოიდთა უმრავლესობა წყალში ძნელად იხსნება, ხოლო ორგანულ გამხსნელებსა და ტუტეებში – კარგად.

მარტივი აღნაგობის ალკალოიდები შეიცავენ 10-მდე ნახშირბადატომს, შედარებით რთული – 50-ზე მეტს. ნახშირბადის, წყალბადისა და აზოტის გარდა, ალკალოიდების მოლეკულა შეიცავს ქანგბადს და გოგირდს, უფრო იშვიათად ქლორსა და ბრომს.

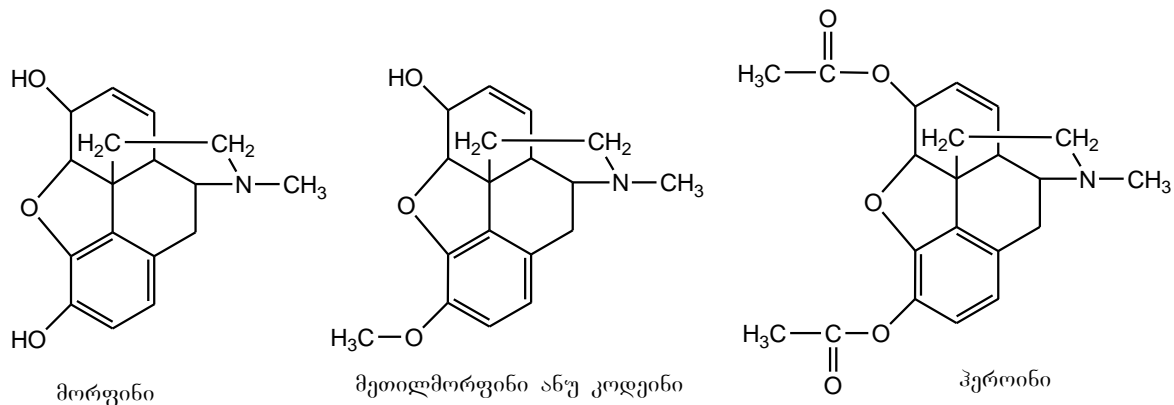
მრავალ ბუნებრივ ალკალოიდს რთული აგებულება აქვს, რომლის განსაზღვრა ძალიან რთულ ამოცანას წარმოადგენდა. მაგალითად, მორფინის აგებულება, რომელიც სუფთა სახით ჯერ კიდევ 1906-1917 წლებში იქნა გამოყოფილი, საბოლოოდ დადგენილი და სინთეზით დადასტურებული იქნა მხოლოდ 1952 წელს.

კავშირი ალკალოიდების სტრუქტურასა და ფიზიოლოგიურ თვისებებს შორის

ალკალოიდების ფიზიოლოგიური აქტიურობა დიდადაა დამოკიდებული მასში შემავალ ჰეტეროციკლურ ბირთვსა და ფუნქციურ ჯგუფებზე. ალკალოიდების აუცილებელი შემადგენელი კომპონენტი – აზოტი განაპირობებს მათ ფუძე თვისებებს. მედიცინაში ალკალოიდების გამოყენებას სამკურნალო პრეპარატების სახით განსაზღვრავს მათი ფიზიოლოგიური აქტიურობა. ამასთანავე, ბუნებრივი რესურსებისაგან მიღებული სამკურნალო პრეპარატები საკმარისი აღარაა თანამედროვე მედიცინის მოთხოვნების სრულად დასაკმაყოფილებლად და ზოგჯერ აუცილებელი ხდება მათი სინთეზის გზების ძიება. მაგრამ სინთეზური სამკურნალო პრეპარატის მისაღებად საჭიროა ბუნებრივი ალკალოიდის ქიმიური აღნაგობის ღრმად შესწავლა; ამისათვის უნდა დადგინდეს ზუსტი კავშირი ალკალოიდის ფიზიოლოგიურ თვისებებსა და მათი მოლეკულების სტრუქტურულ სპეციფიკას შორის.

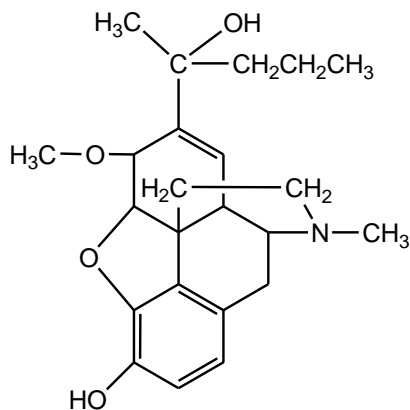
ვრცელი ექსპერიმენტული მასალის განზოგადების საფუძველზე დღეისათვის მეტ-ნაკლებად ცნობილია ალკალოიდებში ცალკეული ფუნქციური ჯგუფების ფიზიოლოგიური მოქმედება. ზოგ შემთხვევაში ბენზოლის ბირთვი განაპირობებს ადგილობრივ ანესთეზიურ ეფექტს; მეთილის ჯგუფი იწვევს ფიზიოლოგიური მოქმედების შესუსტებას და ამასთან ერთად ამცირებს ტოქსიკურობას. ნახშირწყალბადოვანი ჯაჭვის გაზრდა იწვევს ფიზიოლოგიური აქტიურობის მატებას და ამასთან ერთად შეიმჩნევა ნარკოტიკული მოქმედების გაზრდაც. ბენზოლის ბირთვში ჰიდროქსილის ჯგუფების შეყვანა ამცირებს სიცხის დამწვევ თვისებებს, ამინჯგუფის შეყვანა კი პირიქით, აძლიერებს ამ თვისებებს. არომატულ ბირთვში ერთდროულად ჰიდროქსილისა და ამინის ჯგუფების არსებობა ანიჭებს ნივთიერებას ანესთეზიურ თვისებას; ნიტროჯგუფის შეყვანა აძლიერებს მოქმედებას ნივთიერების სუნთქვის ცენტრზე და სხვ.

ცნობილი ალკალოიდი მორფინი – ნივთიერება, რომელიც მ. გუდმანის სიტყვებით რომ ვთქვათ, წარმოადგენს “კაცობრიობის როგორც მოწყალე ძიძას, ასევე უმძვინვარეს მტერს”. თუ მორფინის ჰიდროქსილის ჯგუფში ერთ წყალბადატომს მეთილის ჯგუფით შევცვლით (მოვახდენთ მის მეთილირებას), მიიღება მეთილმორფინი ანუ კოდეინი.



კოდეინი მორფინთან შედარებით შესუსტებული ნარკოტიკული თვისებებით ხასიათდება, მისდამი მიხვევის მიდრეკილებაც ნაკლებადაა გამოხატული. გარდა ამისა, მას გააჩნია ხველების შემაკავებელი მოქმედება. მორფინის ორივე ჰიდროქსილის აცეტილირებით მიიღება ნარკოტიკი, რომელიც 600-ჯერ უფრო ძლიერია, ვიდრე მორფინი; იგი ხასიათდება კატასტროფულად ხანმოკლე პერიოდით. მისი 3 ან 4-ჯერადი მიღებაც კი საკმარისია, რომ ადამიანი იქცეს ამ ნარკოტიკის ყურმოჭრილ მონად. აღსანიშნავია, რომ მორფინისა და კოდეინისაგან განსხვავებით, რომლებიც შედიან ოპიუმში (ყაყაჩოს წვენში), ჰეროინი ბუნებაში არ გვხვდება. ჰეროინის სოციალური საშიშროება იმდენად დიდია, რომ აშშ-ში მისი წარმოება კანონით აკრძალეს.

კ. ბენტლის მიერ სინთეზურად იქნა მიღებული მორფინის კიდევ ერთი მოდიფიკაცია, რომელსაც 10000-ჯერ ძლიერი ნარკოტიკული მოქმედება გააჩნია, ვიდრე მორფინს. მას ბენტლის პრეპარატი უწოდებენ, რომელშიც ნარკოტიკული თვისებების გაძლიერებას განაპირობებს ნახშირწყალბადოვანი ჯაჭვი.



ბენტლის პრეპარატი

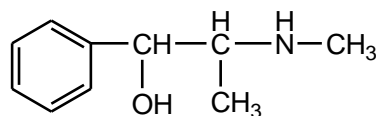
ალკალოიდების კლასიფიკაცია

ადრე ალკალოიდთა კლასიფიკაციას ახდენდნენ იმ მცენარეების მიხედვით, საიდანაც ხდებოდა მათი გამოყოფა, მაგალითად, ქინაქინის ქერქის ალკალოიდები, ოპიუმის ალკალოიდები და ა. შ. ამჟამად მიღებულია ქიმიური კლასიფიკაცია, რომლის საფუძველია ალკალოიდის მოლეკულის ნახშირბად-აზოტოვანი დაჯგუფებათა აგებულება. ამ ნიშნის მიხედვით ალკალოიდები შემდეგ ჯგუფებად იყოფა.

1. ეგზოციკლური აზოტის შემცველი ალკალოიდები.
2. პიროლის წარმოებულთა ალკალოიდები.
3. 1-მეთილპიროლიზიდინის წარმოებულთა ალკალოიდები.
4. პირიდინისა და პიპერიდინის წარმოებულთა ალკალოიდები.
5. არაკონდენსირებული ხუთ და ექვსწევრიანი აზოტოვანი ციკლის შემცველი ალკალოიდები.
6. ორი ექვსწევრიანი არაკონდენსირებული აზოტშემცველი ციკლის შემცველი ალკალოიდები.
7. ექვსწევრიანი კონდენსირებული აზოტშემცველი ციკლის შემცველი ალკალოიდები.
8. პიპერიდინის ორი კონდენსირებული ციკლის შემცველი ალკალოიდები.
9. ქინოლინის წარმოებულთა ალკალოიდები.
10. იზოქინოლის წარმოებულთა ალკალოიდები.
11. ინდოლის წარმოებულთა ალკალოიდები.
12. იმიდაზოლის წარმოებულთა ალკალოიდები.
13. პურინის ციკლის შემცველი ალკალოიდები.
14. სტეროიდული ალკალოიდები (ციკლოპენტენოფენანტრენის წარმოებულები.)

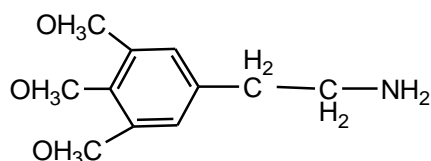
ეგზოციკლურ აზოტის შემცველი ალკალოიდები. ამ ჯგუფს მიეკუთვნება ეფედრინი, კოლხიცინი, კოლხამინი, მესკალინი. ეფედრინი წარმოადგენს ძველ ჩინურ წამალს. იგი პირველად იქნა გამოყოფილი იაპონელი მეცნიერის ნ. ნაგაის მიერ ჩინური მცენარე Ephedra sinica-იდან მისი აგებულება დადგენილ იქნა 1889წელს.

ეფედრინს ძლიერი ფიზიოლოგიური მოქმედება აქვს, კერძოდ, იწვევს სისხლის წნევის აწევას და ბრონქების სპაზმების დასუსტებას. მისმა დიდმა დოზამ შეიძლება გამოიწვიოს ჰიპერგლიკემია. ეფედრინი ასევე გამოიყენება დეპრესიის დროს, რომელიც გამოწვეულია ნარკოტიკების მოხმარებით. განსაკუთრებით კარგ შედეგს იძლევა ეფედრინის ზოგიერთი წარმოებული, როგორცაა დეზოქსიეფედრინი. ეფედრინი გამოიყენება ასევე ოფთალმოლოგიაში.



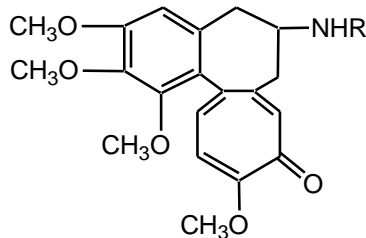
ეფედრინი

მესკალინი შედის მექსიკური კაქტუსის Lophophora williamsi-ის წვენი შედგენილობაში. იგი ფიზიოლოგიური აქტიურობით ემსგავსება LSD-25-ს (ლიზერგინის მჟავას დიეთილამიდი), ჰალუცინოგენია, თუმცა ჰალუცინოგენური დოზა გაცილებით დიდია.



მესკალინი

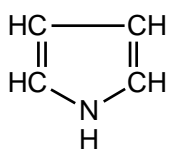
კოლხიციანი პირველად გამოყოფილ იქნა 1918 წელს პ. პელტიესა და ჟ. კავენტუს მიერ. მისი ფორმულა დადგენილ იქნა ს. დიუარის მიერ 1945 წელს. კოლხიციანი ძალიან სუსტ ფუძეს წარმოადგენს. კოლხიციანი წარმოქმნის ამორფულ მზინავ კრისტალებს, ღლვება 143-147°C-ზე, ძლიერი საწამლაია, იწვევს სუნთქვისა და გულის მოქმედების დამბლას. კოლხამინი წარმოადგენს სიმსივნის საწინააღმდეგო სამკურნალო პრეპარატს.



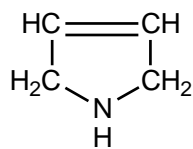
კოლხიციანი R=COCH₃

კოლხამინი R=CH₃

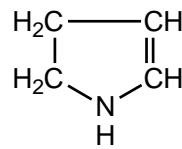
პიროლის წარმოებულთა ალკალოიდები. პიროლის ჯგუფში შედის 5-წევრიანი ჰეტეროციკლური ნაერთები. ამ ჯგუფს მიეკუთვნება ტეტრაჰიდროპიროლების ჩანაცვლებულები – პიროლიდინი (თამბაქოში და ჭარხლის ფოთლებში), N-მეთილპიროლიდინი (შავ მღოგვში), ნიკოტინის ჯგუფის ალკალოიდებიდან – გიგრინი (კოკას ფოთლებში) და კუსგიგრინი, კოკაინი, ატროპინი. პიროლის ფორმულა დადგენილ იქნა ა. ბაიერის მიერ 1870 წელს. პიროლის რიგში დიდი მნიშვნელობა აქვს წყალბადის მიერთების პროდუქტებს. ორი ატომი წყალბადის მიერთების პროდუქტებს ეწოდება პიროლინები, ხოლო ოთხი ატომი წყალბადის მიერთების პროდუქტებს, რომლებიც არ შეიცავენ ორმაგ კავშირებს – პიროლიდინები.



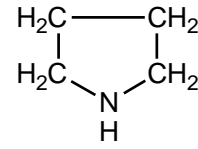
პიროლი



პიროლინი-3,4



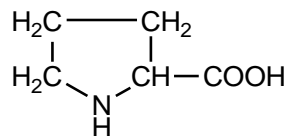
პიროლინი-2,3



პიროლიდინი

პიროლს შეიცავს ძვლის ზეთი (რომელიც მიიღება ცხიმოცილებული ძვლის მშრალი გამოსხდით) და აგრეთვე მცირე რაოდენობით ქვანახშირის კუპრი. იგი უფერო სითხეა, რომლის სუნი ქლოროფორმისას წააგავს.

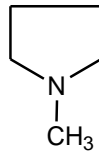
პიროლიდინი (ტეტრაჰიდროპიროლი, ტეტრამეთილამინი), უფერო სითხეა, მკვეთრი ამიაკის სუნით, ჰაერზე ბოლავს, კარგად იხსნება წყალში და ორგანულ გამხსნელში. იგი ძლიერი ფუძეა, წარმოქმნის მარილებს. პიროლიდინის წარმოებულებია: ამინმჟავა პროლინი ანუ პიროლიდინ-α-კარბონმჟავა:



პროლინი წარმოადგენს კაზეინის ჰიდროლიზის მუდმივ პროდუქტს (ე. ფიშერი 1901 წ) და სხვა ბუნებრივ ცილოვან ნივთიერებათა ჰიდროლიზის პროდუქტს. პიროლიდინი მცირე რაოდენობით შედის თამბაქოს ფოთლებსა და ოპიუმში. იგი აღაგზნებს

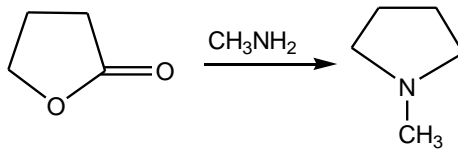
ცენტრალურ ნერვულ სისტემას. აქვეითებს ჰემოგლობინის შემცველობას სისხლში. პიროლიდინი და მისი წარმოებულები გამოიყენება ზოგიერთი წამლის მისაღებად.

N-მეთილპიროლიდინი (1-მეთილ-2-პიროლიდინი), უფერო სითხეა, კარგად იხსნება წყალში, სპირტში, აცეტონში, ბენზოლში. ქიმიური თვისებებით N-მეთილპიროლიდინი N-ალკილირებული ლაქტამების ტიპური წარმომადგენელია.

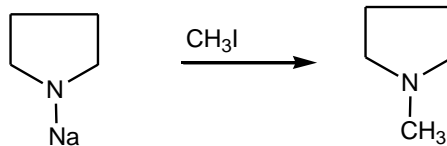


N-მეთილპიროლიდინი მიიღება:

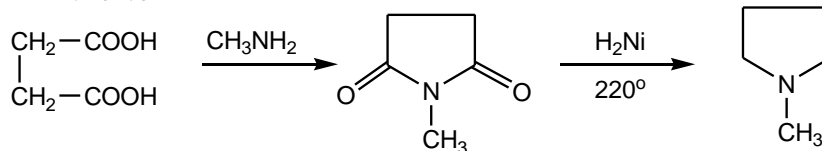
1. γ -ბუტიროლაქტონის ურთიერთქმედებით მეთილამინთან $200-250^{\circ}\text{C}$, კატალიზატორის – Al_2O_3 -ის მოქმედებით.



2. პიროლიდინის ნატრიუმის მარილის მეთილირებით CH_3I -ის ან $(\text{CH}_3)_2\text{SO}_4$ -ის დახმარებით ბენზოლის არეში:

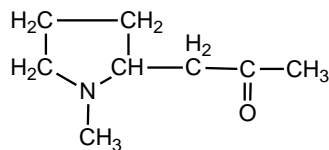


3. ქარვის მჟავის მოქმედებით მეთილამინზე და მიღებული დიკეტონის აღდგენით კატალიზატორის მოქმედებით;



N-მეთილპიროლიდინი ნაკლებად უხამიანია. ნიკოტინის ჯგუფის ალკალოიდებიდან პიროლის წარმოებულებს მიეკუთვნება; გიგრინი, კუსგიგრინი და ნიკოტინი.

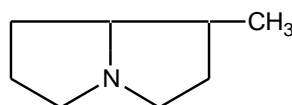
გიგრინი მიიღება მცენარე კოკას ფოთლებიდან. იგი უფერო სითხეა, ახასიათებს ტუტე რეაქცია – ჰაერიდან შთანთქავს ნახშირმჟავას.



გიგრინის ქრომის მჟავათი დაჟანგვით მიიღება გიგრინის მჟავა – მეთილპროლინი.

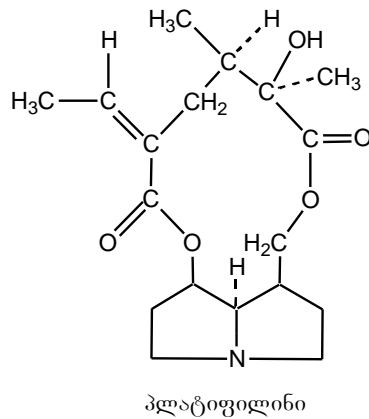
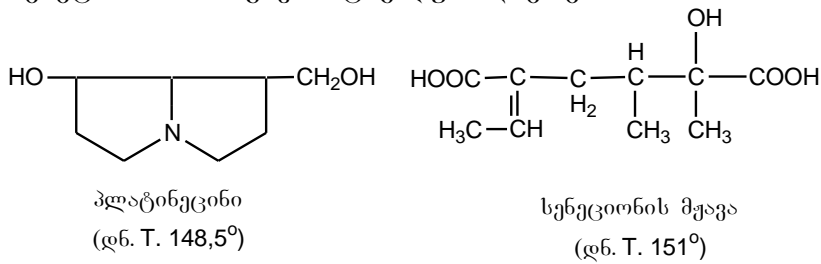
გიგრინის მჟავა და გიგრინი წარმოადგენენ მესამეულ ამინებს.

1-მეთილპიროლიზიდინის წარმოებულები.

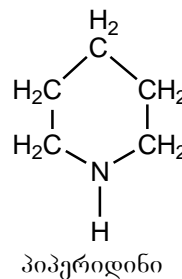
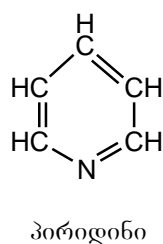


მეთილპიროლიზიდინის წარმოებულებს მიეკუთვნება პლატიფილინი $\text{C}_{18}\text{H}_{27}\text{O}_5\text{N}$, რომელიც 1935 წელს ა. ორეხოვის მიერ გამოყოფილ იქნა მცენარე ხარისშულადან.

იგი გამოიყენება როგორც სპაზმოლიტური საშუალება. მას იყენებენ ასევე თვალის პრაქტიკაში ატროპინის ნაცვლად. პლატიფილინი წარმოადგენს პლატინეცის და ცის-სენეციონინის მჟავას ციკლურ დიეთერს:

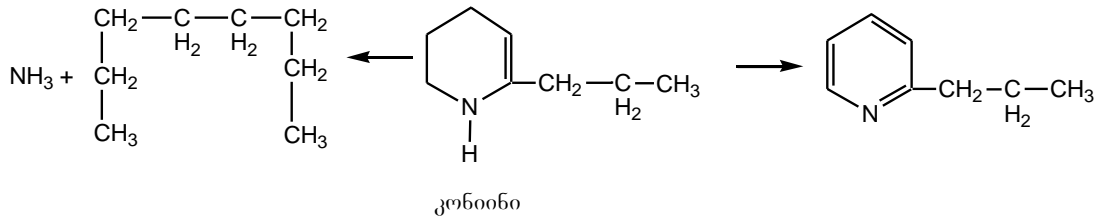


პირიდინისა და პიპერიდინის წარმოებულება. პირიდინი და პიპერიდინი ჰეტეროციკლური ნაერთებია.

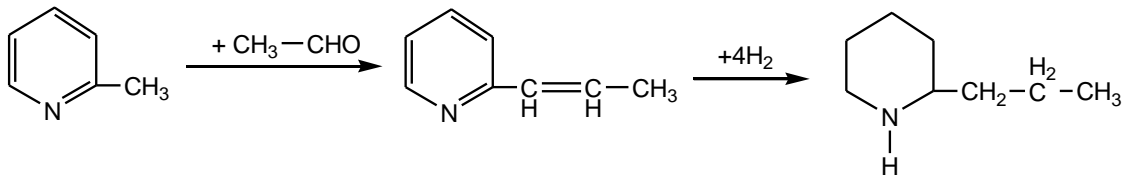


პიპერიდინი მიიღება პირიდინის აღდგენით, აგრეთვე პიპერინის (შავი მღოვვის ალკალოიდი, რომელიც პიპერიდინისა და პიპერინის მჟავას წარმოებულს წარმოადგენს) გასაპვნით. პიპერინი წარმოადგენს წიწაკის მთავარ ალკალოიდს, რომელიც წიწაკას მწარე გემოს ანიჭებს. პიპერინის მოლეკულური ფორმულაა $C_{17}H_{19}NO_3$, პიპერინი კრისტალური ნივთიერებაა, სუსტად იხსნება წყალში. პიპერინის ჰიდროლიზით მიიღება პიპერიდინი და პიპერინმჟავა, რაც ადასტურებს ალკალოიდის სტრუქტურას. გარდა პიპერინისა, ამ ჯგუფის წარმომადგენელია ძალზე ტოქსიკური მათოთის ალკალოიდები: კონიინი, კონიცეინი და კონპიდრინი, ბროწეულის ქერქის ალკალოიდი - პელტიერინი, რიცინის თესლების ალკალოიდი - რიცინინი, აგრეთვე არექის პალმის ალკალოიდები: არეკაიდინი და არეკოლინი, ასევე ალკალოიდი ლობელინი.

კონიინი - $C_8H_{17}N$ ანუ α -პროპილ-პიპერიდინი გვხვდება მცენარე *Conium maculatum*-ის და მცენარე *Cicuta virosa*-ს შედგენლობაში. კონიინის აღნაგობა დამტკიცებულ იქნა მთელი რიგი გარდაქმნების საფუძველზე. მაგალითად, თუთიის ფხვნილით აღდგენით კონიინი α -პროპილპირიდინში გადადის, რომლის დაჟანგვით მიიღება α -პიკოლინმჟავა, ხოლო იოდწყალბადმჟავათი აღდგენით კონიინი იძლევა ნორმალურ ოქტანს და ამონიაკს.

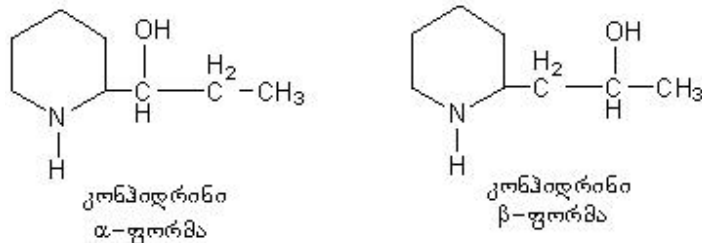


კონიინი იყო პირველი სინთეზური ალკალოიდი, რომელიც მიღებულ იქნა – პიკოლინისა და აცეტალდეჰიდის კონდენსაციით 1886 წელს ლადენბურგის მიერ.



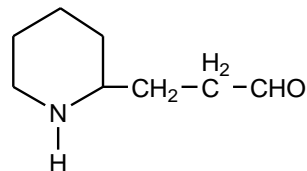
კონიინი ძლიერი შხამია; იწვევს წნევის დაწევას, სხეულის შესიებას და სიკვდილს სუნთქვის შეჩერების შედეგად. მცენარე ციკუტას ნაყენს ძველ საბერძნეთში აძლევდნენ სიკვდილმისჯილებს. ასე მოკლეს ბერძენი ფილოსოფოსი სოკრატეც. ბუნებრივი კონიინი წარმოადგენს უფერო, ტუტე რეაქციის მქონე სითხეს მკვეთრი სუნით და მწარე გემოთი. 20°C ტემპერატურაზე გადადის კრისტალურ ფორმაში. კონიინი კარგად იხსნება ცივ წყალში, ცუდად – ცხელ წყალში, ამიტომ ამ ალკალოიდის გამჭვირვალე ცივი ხსნარი მუქდება გაცხელებით. კარგად იხსნება სპირტში. აღდგომითან მოქმედებით კონიინი დებულობს ღურჯ შეფერილობას. კონიინი, კონიცინი და კონვიდრინი ნაპოვნია ასევე ძაღლის პეტრუშკაში.

კონვიდრინი – C₈H₁₇ON უანგბადშემცველი ალკალოიდია, კრისტალდება უფერო ფურცლებად; იხსნება სპირტსა და ქლოროფორმში; ძნელად იხსნება წყალში და ეთერში.



კონიცინი ტოქსიკური ნივთიერებაა, იწვევს პარალიზს და მოქმედებს ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე. იგი ჯერ ალაგზნებს ცენტრალურ ნერვულ სისტემას, შემდეგ კი ასუსტებს.

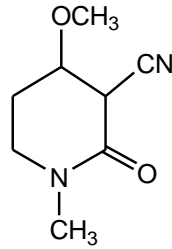
პელტიერინი (იზოპელტიერინი) – C₈H₁₅ON მიეკუთვნება ბროწეულის ქერქის ალკალოიდს:



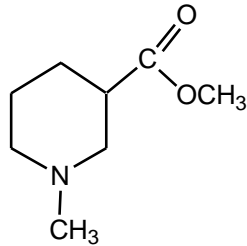
იგი არის ტუტე რეაქციის მქონე უფერო ზეთი. პელტიერინი ადვილად შთანთქავს უანგბადს, ამის გამო იგი მუქდება და ფისიანდება; იხსნება წყალში, ეთერსა და ქლოროფორმში; კრისტალდება იისფერი ფურცლების სახით.

ბროწეულის ქერქის ალკალოიდებს გარდა პელტიერინისა მიეკუთვნება: ფსევდოპელტიერინი $C_9H_{15}ON$.

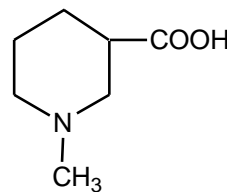
რიცინინი – $C_8H_8O_2N_2$ მიეკუთვნება რიცინის თესლების ალკალოიდებს; კრისტალდება აქტიური პრიზმების სახით; არ არის ოპტიკურად აქტიური და არ წარმოქმნის მარილებს. რიცინინი ილექება იოდის ხსნარით და ვერცხლისწყლის ქლორიდით. რიცინინი მოიპოვება აბუსალათინში.



არეკაიდინი – $C_7H_{11}O_2N$ და არეკოლინი – $C_8H_{13}O_2N$ წარმოადგენენ არექის პალმის ალკალოიდებს. არეკაიდინი იხსნება წყალში, მაგრამ არ იხსნება ორგანულ გამსხნელებში. არეკოლინი წარმოადგენს ტუტე რეაქციის მქონე უსუნო ზეთს. არეკოლინის და ამიაკის გაცხელებით სპირტის ხსნარში ხდება ამიაკის ელემენტების მიერთება მჟავებისა და ტუტეების ზემოქმედებით. არეკოლინი ჰიდროლიზდება არეკაიდინის წარმოქმნით.



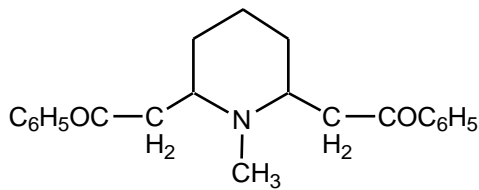
არეკოლინი



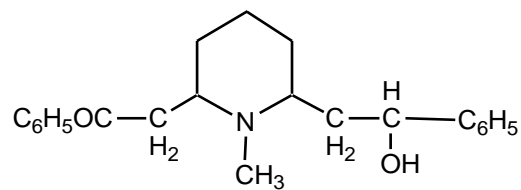
არეკაიდინი

არეკოლინი აქტიურად ზემოქმედებს ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე; დიდი დოზით იწვევს პარალიზს.

ლობელინი – $C_{22}H_{27}O_2N$, მედიცინაში გამოიყენება სუნთქვის აღმგზნებ საშუალებად, მაგალითად, შხამიანი გაზების მოწამვლისას, ხუთვისას და ა.შ. ლობელინის დაუანგვით მიიღება ლობელანინი.



ლობელანინი



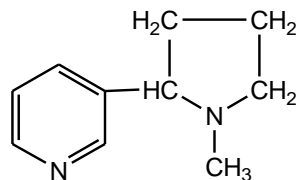
ლობელინი

არაკონდენსირებული ექვსწევრიანი აზოტოვანი ციკლის შემცველი ალკალოიდები

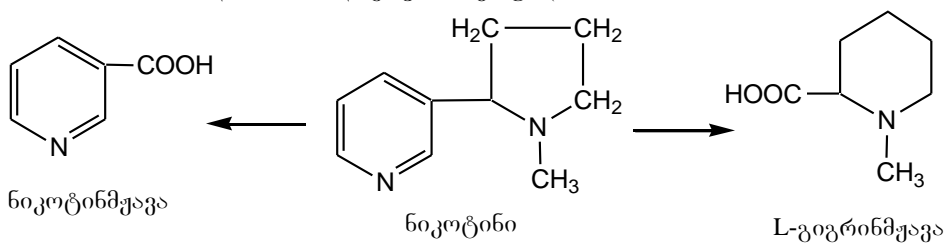
ნიკოტინი – $C_{10}H_{14}N_2$. ნიკოტინი ლიმონ- და ვაშლმჟავების მარილების სახით გვხვდება თამბაქოს ფოთლებში, საიდანაც იგი პირველად გამოყოფილ იქნა 1828 წელს. მისი აგებულება დადგენილ იქნა 1893 წელს. ნიკოტინის პირველი სინთეზი განხორციელებულ იქნა ა. პიქტეს მიერ 1904 წელს. თამბაქოს ფოთლებსა და თესვებში რამდენიმე მონათესავე ალკალოიდია ნაპოვნი, რომელთაგანაც მთავარია ნიკოტინი. მისი შემცველობა თამბაქოში შეადგენს 2-12%-ს.

ნიკოტინი ზეთისებური სითხეა, დუდილის ტემპერატურაა $247^{\circ}C$, კუთრი წონა 1,014. აქვს თამბაქოს სუნი, იხსნება წყალში და ორგანულ გამხსნელებში. ნიკოტინი შხამიანი ალკალოიდია, მცირე დოზებში იწვევს ცენტრალური ნერვული სისტემის დაქვეითებას, სუნთქვის შეჩერებას და გულის მოქმედების დამბლას. ნიკოტინი სასიკვდილოდ მოქმედებს მწერებზე, ამიტომ თამბაქოს ხსნარს, რომელიც 5-8% ნიკოტინს შეიცავს, იყენებენ სოფლის მეურნეობაში მავნებლებთან საბრძოლველად.

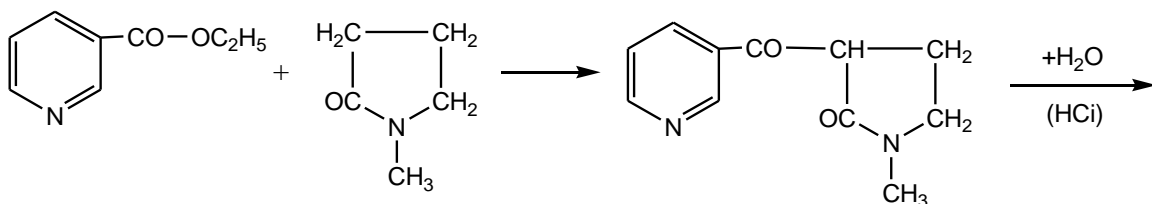
ნიკოტინი წარმოადგენს პირიდინისა და N-მეთილ-პიროლიდინის წარმოებულს.

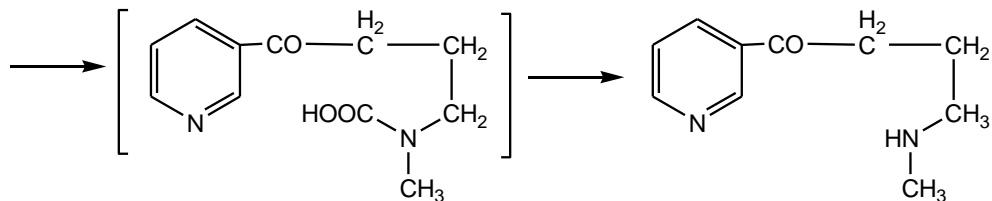


ნიკოტინის სტრუქტურა დამტკიცებულ იქნა მისი გახლეჩის საფუძველზე. მაგალითად, ნიკოტინის ქრომმჟავათი დაუხანგვით, ერთის მხრივ, იხლიჩება პიროლიდინის ბირთვი და მიიღება ნიკოტინმჟავა; მეორეს მხრივ, მეთილიოდის, სისხლის წითელი მარილისა და ტუტის მოქმედებით იუანგება ნიკოტინის პირიდინის ბირთვის α -მეთილენი კარბონილამდე, რომლის ქრომმჟავათი დაუხანგვით მიიღება L-გიგრინმჟავა. ეს რეაქციები ადასტურებს, რომ ნიკოტინში პირიდინის ბირთვის β -ნახშირბადი პიროლიდინის α -ნახშირბადთანაა დაკავშირებული:

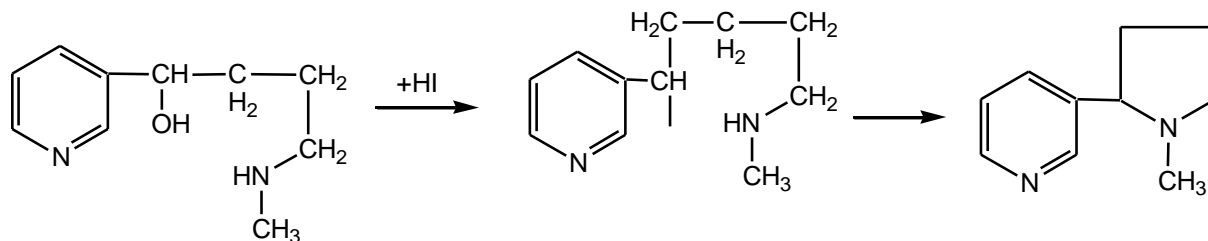


1904 წელს ა. პიქტეს მიერ განხორციელებულ იქნა ნიკოტინის პირველი სინთეზი. ნიკოტინის მჟავას ეთილის ეთერის კონდენსაციით N-მეთილპიროლიდინთან და კონდენსაციის პროდუქტის მარილმჟავასთან გაცხელებით მან მიიღო γ -მეთილ-ამინპროპილ- β -პირიდილკეტონი:



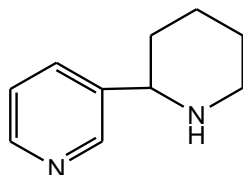


კეტონის აღდგენით მიღებულ კარბონილზე HI-ის მოქმედებით ხდება ჰიდროქსილის ჯგუფის ჩანაცვლება იოდით; წარმოქმნილი იოდოდი ადვილად იკვრება ნიკოტინად:



ნიკოტინის პერმანგანატით დაჟანგვით მიიღება ნიკოტინის (β-პირიდინკარბონის) მჟავა. თუთიის მტვერთან ნიკოტინის გამოხდით პიროლიდინის რგოლიდან მოწყდება წყალბადი და მიიღება ნიკოტირინი – $C_{10}H_{10}N_2$, რომელიც ნიკოტეინთან – $C_{10}H_{13}N_2$ და ნიკოტელინთან $C_{10}H_8N_2$ ერთად მცირე რაოდენობით შედის თამბაქოში.

ორი ექვსწევრიანი აზოტ შემცველი ციკლის შემცველი ალკალოიდები. ანაბაზინი – $C_{10}H_{14}N_2$ აღმოჩენილ იქნა რუსი მეცნიერის ა. ორეხოვის მიერ შუა აზიის ველურ მცენარეებში (Anabasis aphilla). ანაბაზინი შედის შუააზიური თავკომბალას შედგენილობაში. იგი წარმოადგენს β-(α-პიპერიდილ)-პირიდინს:



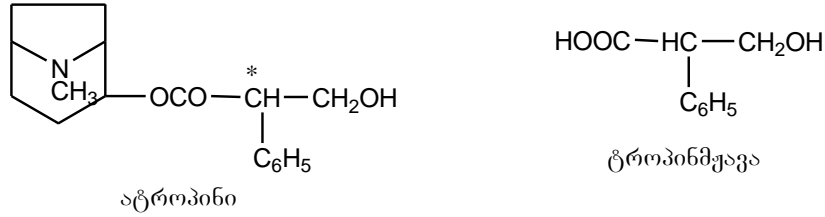
ანაბაზინი ნიკოტინზე უფრო ძლიერი ინსექტიციდია და გამოიყენება სოფლის მეურნეობაში. იგი ძლიერ მომწამლავი, უფრო ზეთისებრი სითხეა; მცირე რაოდენობით შედის თამბაქოს ფოთლების შედგენილობაში, ამიტომ მიეკუთვნება ნიკოტინის ჯგუფის ალკალოიდს. ჰაერზე და სინათლეზე მოყვითალო შეფერილობისაა. ანაბაზინის აგებულება დადასტურებულ იქნა სინთეზით მენშიკოვისა და გრიგორევიჩის მიერ 1936 წელს. ანაბაზინი ადვილად იხსნება წყალში და ორგანულ გამხსნელებში, წარმოქმნის მარილებს, აზოტოვან მჟავასთან იძლევა N-ნიტროზამინს, ბენზოლქლორიდთან N-ბენზოლანაბაზინს, ალკილირებულ აგენტებთან N-ალკილანაბაზინს.

ანაბაზინი არის შხამი, რომელიც ისევე მოქმედებს ორგანიზმზე, როგორც ნიკოტინი. მცირე დოზებში ალაგზნებს ცენტრალურ ნერვულ სისტემას, აძლიერებს სუნთქვას, ზრდის არტერიულ წნევას, ადვილად შეიწოვება კანიდან და შეიძლება გამოიწვიოს მოწამვლა.

ექვსწევრიანი აზოტოვანი ციკლის შემცველი ალკალოიდები.

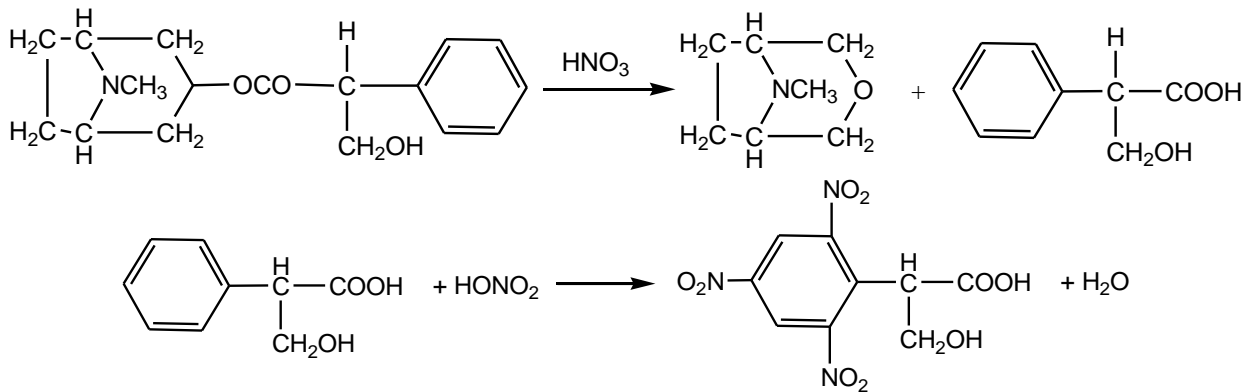
ატროპინი და ჰიოსციამინი – $C_{17}H_{23}NO_3$. ამ ალკალოიდებს შეიცავს შმაგა, ლენცოფა და სხვა ძაღლყურძენასებრთა ოჯახის მცენარეები. იგივე მცენარეები მცირე რაოდენობით შეიცავს ასევე ატროპინის მონათესავე ალკალოიდებს: ატროპამინს – $C_{17}H_{21}NO_2$, სკოპოლამინს – $C_{17}H_{21}O_4N$ და სხვ. ატროპინი გამოყოფილ იქნა შმაგას

ფესვებიდან 1831 წელს. ჰიდროლიზის შედეგად ატროპინი იძლევა ტროპინსა და ტროპინმუავას.

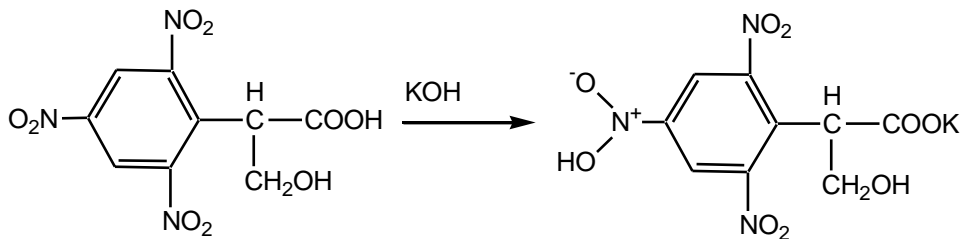


ატროპინი კრისტალდება სპირტიდან პრიზმების სახით. იგი იხსნება ქლოროფორმში, ეთილის სპირტში, ეთერში, ცუდად იხსნება წყალში. ატროპინი კრისტალური ნივთიერებაა, აქვს მწარე გემო, ერთ-ერთი უძლიერესი შხამია, იხმარება მედიცინაში მცირე დოზით, როგორც თვალის გუგის გამაფართოებელი და ნერწყვისა და ოფლის შემაჩერებელი საშუალება. ატროპინი მუავებთან ან ტუტებთან გასაპვნისას წარმოქმნის ტროპინს და ტროპინმუავას. ატროპინი ძლიერ შხამიანია. იგი იწვევს პალუცინაციას, ტოქსიკურ დოზებში კი – სუნთქვის შეჩერებას.

ატროპინის აღმოსაჩენად მას ხსნიან 0,1 N-ის NHCl-ში ამატებენ 1%-იან რეინეკეს მარილს – NH₄ [Cr(NH₃)₂(SCN)₄], მიიღება იისფერი ამორფული ნალექი, რომელიც სწრაფად კრისტალდება. ატროპინი გაცხელებით მოქმედებს HNO₃-თან და მიიღება ტროპინმუავა. ამ უკანასკნელის მოქმედებით HNO₃-თან წარმოიქმნება ტრინიტროწარმოებულები ყვითელი შეფერვით.



ტროპინმუავას ტრინიტროწარმოებულების მოქმედებით ტუტებთან წარმოიქმნება იისფერი შეფერილობა, რაც მიუთითებს ხსნარში ატროპინის არსებობაზე.



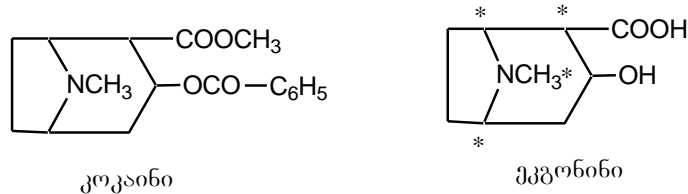
გარდა ატროპინისა, ამ რეაქციას იძლევა სკოპოლამინი, სტრიქნინი, ჰიოსციამინი და სხვა, ამ რეაქციას ეწოდება ვიტალი მორენის რეაქცია.

კოკაინი – C₁₇H₂₁O₄N, კოკას ფოთლების (Erythroxylon coca) მთავარი ალკალოიდია. აღნიშნული მცენარე იზრდება სამხრეთ ამერიკაში (პერუ, ჩილე), ხოლო ამჟამად მას იავაზე და ინდოეთის ოკეანის სხვა კუნძულებზე აშენებენ. კოკაინის სინთეზი განხორციელებულ იქნა 1923 წელს რ. ვილშტეტერის მიერ.

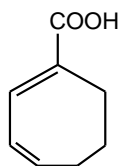
კოკაინი სპირტიდან პრიზმების სახით კრისტალდება. წყალში ცუდად იხსნება, ადვილად იხსნება სპირტსა და ეთერში. კოკაინი მოქმედებს პერიფერიულ ნერვულ სისტემაზე, ამიტომ მედიცინაში იგი გამოიყენება ქლორჰიდრატის სახით, როგორც ერთ-ერთი ძლიერი ადგილობრივი საანესთეზიო საშუალება. კოკაინი წარმოადგენს ძლიერ ნარკოტიკს. კოკაინის ბოროტად გამოყენებას ორგანიზმი გამოფიტვამდე მიჰყავს, რასაც კოკაინიზმი ეწოდება.

მიუხედავად იმისა, რომ კოკაინი ყველაზე მეტად ხელმისაწვდომია, მისი მოხმარება 1985 წლიდან თანდათანობით იკლებს. იგი იწვევს ძლიერ ეიფორიას, რაც დაახლოებით ერთი საათის განმავლობაში გრძელდება და დეპრესიული მდგომარეობის განვითარებით მთავრდება. კოკაინით ინტოქსიკაციისას აღინიშნება აგრესიულობა, აღელვება, ჰიპერსექსუალობა, გულფიცხობა და აზროვნების დაქვეითება. მაღალი დოზებით სარგებლობისას, კოკაინი იწვევს ფსიქოზს. ახალშობილებს, რომელთა დედები ორსულობის პერიოდში იღებდნენ კოკაინს აღენიშნებათ ჰიპერაქტიულობა და ზრდის შეფერხება. კოკაინის მავნე ეფექტებიდან აღსანიშნავია: ფსიქოზები, არტერიული წნევის მატება, კარდიალური არითმია და უეცარი სიკვდილი.

კოკაინი ჰიდროლიზის დროს იძლევა ბენზონის მჟავას, მეთანოლსა და ეკგონინს (2-ჰიდროქსილ-3-კარბოქსიტროპანი). ამ უკანასკნელის მეთილის სპირტით ეთერიფიკაციისას მიიღება მეთილის ეთერი, რომელიც ქლორიანი ბენზოლის ან ბენზონის ანჰიდრიდის მოქმედებით ანუ ბენზილირებით გარდაიქმნება კოკაინად.



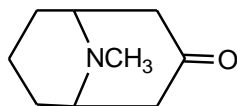
ეკგონინი წარმოადგენს ტროპინ-2-კარბონმჟავას. ოპტიკურად უმოქმედო ტროპანისაგან განსხვავებით, იგი შეიცავს ოთხი ნახშირბადის ასიმეტრიულ ატომს, რის გამოც შეუძლია არსებობდეს 8 ოპტიკურად მოქმედი და 4 რაციმული სტერეოზომერული ფორმების სახით. ჩვეულებრივ ეკგონინი (L-ეკგონინი) კონცენტრირებულ KOH-ის ხსნართან გაცხელებით იზომერიზდება მარჯვნივ მბრუნავ იზომერად-ფსევდოეკგონინად.



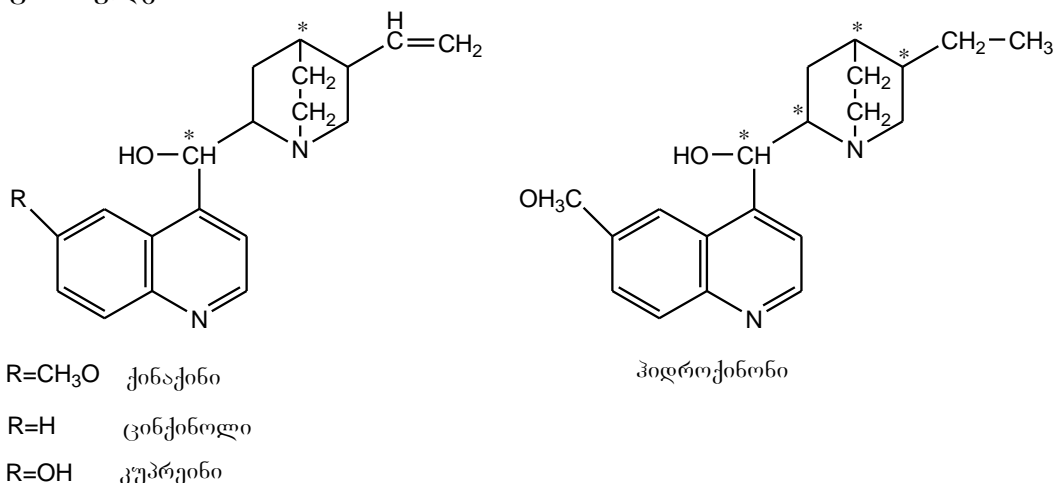
ეკგონინს ქრომის მჟავათი დაჟანგვით წყდება CO₂ და წარმოიქმნება ტროპინონი, რაც მოწმობს კოკაინის ნათესაურ კავშირს ატროპინთან.

პიპერედინის ორი კონდენსირებული ციკლის შემცველი ალკალოიდები

ფსევდოპელტიერინი – $C_9H_{15}ON$. იგი მიეკუთვნება ბროწეულის ქერქის ალკალოიდებს, რომელსაც ზოგჯერ N-მეთილგრანატას უწოდებენ. ფსევდოპელტიერინი სინთეზირებულ იქნა რობინსონის მიერ 1924 წელს; კარგად იხსნება ეთერში, სპირტში, ქლოროფორმში. ეს ალკალოიდი ხასიათდება ძლიერი ანესთეზიური მოქმედებით. მისი ბირთვი ორი კონდენსირებული პიპერიდინის რგოლისაგან შედგება



ქინოლინის ჯგუფის ალკალოიდები. ქინაქინი – $C_{20}H_{24}N_2O_2$ ცინქინონი – $C_{19}H_{22}ONO_2$. ამ ალკალოიდებს შეიცავს ქინაქინის ხის ქერქი (3%-მდე). ქინაქინი აღმოჩენილია 1816 წელს რუსი მეცნიერის ი. გიზეს მიერ. თავისუფალი სახით იგი გამოყოფილ იქნა ქინაქინის ხის ქერქიდან 1820 წელს პელტიეს და კავანტუს მიერ. ქინაქინისა და ცინქინონის გარდა, ქინაქინის ქერქი მცირე რაოდენობით შეიცავს მათ სტერეოზომერებს ქინიდიინსა და ცინქინიდიინს, ასევე ჰიდროქინონს – $C_2H_{26}O_2N_2$, კუპრეინს $C_{19}H_{22}O_2N_2$. ქინაქინის ქერქის ალკალოიდების აგებულება გამოისახება შემდეგი ფორმულებით:



ყველა ეს ალკალოიდი ქინოლინისა და ბიციკლურქინუკლიდინის ბირთვებთან დაკავშირებულ კარბონილურ დაჯგუფებათა სისტემას შეიცავს. ქინუკლიდინი, თავის მხრივ ორი კონდენსირებული პიპერიდინის ციკლებისაგან შედგება. ქინუკლიდინი საკმაოდ ძლიერ ფუძეს წარმოადგენს. ქინაქინი კრისტალური ნივთიერებაა. მისი დაშლით მიიღება, ერთის მხრივ ქინაქინმჟავა, და, მეორეს მხრივ, მეროქინენი.

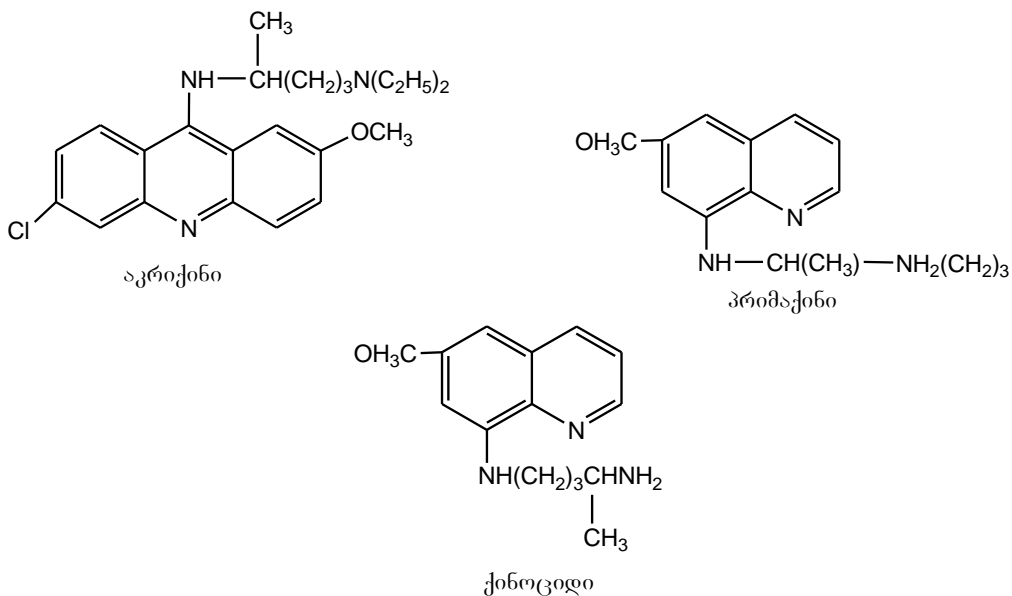
ცინქინონი გამოყოფილ იქნა 1820 წელს ქინაქინის ხის ქერქიდან. მისი სტრუქტურა დადგენილ იქნა დაშლის პროდუქტების საფუძველზე. იგი წყალში ცუდად იხსნება. ქინაქინი წყალში ძნელად იხსნება, სპირტში და ეთერში – ადვილად. ქინაქინის და მისი მარილების ხსნარები პოლარიზაციის სიბრტყეს მარცხნივ აბრუნებენ და ძალიან მწარე გემო აქვთ. ქინაქინის აღმოსაჩენად იხმარება ძალიან მგრძობიარე ტალეოქინის რეაქცია: ქინაქინის (ან მათი მარილების) ხსნარზე ქლორიანი წყლის და შემდეგ ჭარბი ამიაკის მიმატებით მიიღება ინტენსიური მწვანე-ზურმუხტისფერი შეფერილობა.

ქინაქინის ქერქის ალკალოიდების დაქანგვის პროდუქტების აგებულების საფუძველზე კენიგსმა ივარაუდა მათ მოლეკულაში ქინუკლიდინის რგოლის არსებობა. ქინაქინის ქერქის ალკალოიდებში ჰიდროქსილის ჯგუფის მდებარეობა

დადგენილ იქნა რაბეს ცდებით, რომელმაც აჩვენა, რომ ამ ალკალოიდების ქრომის მუავათი დაჟანგვით შეიძლება მიღებულ იქნას კეტონები-ცინქონინი და ქინინონი. მაშასადამე, ქინაქინი და ცინქონინი მეორეული სპირტებია. აღნიშნული კეტონების აღდგენით ხელახლა წარმოიქმნება ქინაქინი და ცინქონინი.

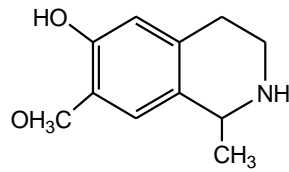
ქინაქინი დიდი დოზებით საწამლაია. იგი განსაკუთრებით მნიშვნელოვან გამოყენებას პოულობს მედიცინაში როგორც მალარიის საწინააღმდეგო და სიცხის დამწვევი საშუალება. მალარია მთელ მსოფლიოში ფართოდ გავრცელებულ დაავადებათა რიცხვს განეკუთვნება; ის განსაკუთრებით გავრცელებულია ტროპიკულ ქვეყნებში. მალარიას იწვევს მარტივი მალარიული პლაზმოიდები, რომლებიც აღმოჩენილ იქნა 1880 წელს. მისი გადატანა ხდება კოლო ანოფელესის საშუალებით. არსებობს სამი სახის მალარია: სამდღიანი (Malaria tertiana), ტროპიკული (Malaria tropica) და ოთხდღიანი (Malaria quartana) მათ სხვადასხვა სიმპტომები აქვთ. თითოეული მათგანი ამჟღავნებს სხვადასხვა მგრძობელობას სამკურნალო პრეპარატების მიმართ.

ჯერ კიდევ წარსულში სამხრეთ ამერიკის ქვეყნებში ინდიელები მალარიის საწინააღმდეგოდ იყენებდნენ ქინაქინის ხის ქერქს. წერილობითი ცნობა ქინაქინის ქერქის შესახებ გაჩნდა 1633 წელს წმინდა ავგუსტინას ქრონიკებში, ხოლო ევროპაში იგი გავრცელდა “იეზუიტების ქერქის”, ასევე “იეზუიტური ფხვნილის” სახელწოდებით. 1639 წელს რომში წასული მლოცველები, რომლებიც მალარიით დაავადდნენ, მონაზვნებისაგან იღებდნენ ფხვნილებს, რომლითაც ისინი ინკურნებოდნენ, ხოლო იმ ქვეყნებში, სადაც პროტესტანტული რწმენა ბატონობდა “იეზუიტების ქერქის” გამოყენება იკრძალებოდა, რის გამოც ოლივერ კრომველი რომელმაც არ მიიღო “ურწმუნოთა” წამალი გარდაიცვალა მალარიით 1658 წელს. ქინაქინის გარდა, მალარიის სამკურნალოდ იყენებენ სინთეზურ პრეპარატებს – აკრიქინს, ქინოციდს და პრიმაქინს.



იზოქოლინის წარმოებულთა ალკალოიდები. იზოქინოლინის ალკალოიდებს მიეკუთვნება: კაქტუსების ალკალოიდები (ანგალინი, ჰელლოცინი, სალსოლინი, სალსამინი), ოპიუმის ალკალოიდები (პაპავერინი, ნარკოტინი, ჰიდრასტინი, მორფინი, კოდეინი, თებაინი) კურარეს ჯგუფის ალკალოიდები (ქონდროდენდრინი, ემეტონი). კაქტუსების ალკალოიდებიდან აღსანიშნავია **სალსოლინი** – $C_{11}H_{15}O_2N$, რომელიც მიღებულ იქნა პ. ორესოვისა და ნ. პროსკურინის მიერ 1933 წელს. სალსოლინი წარმოადგენს 1-მეთილ-6-ოქსი-7-მეთოქსიტეტრაჰიდროიზოქინოლს. სალსოლინი

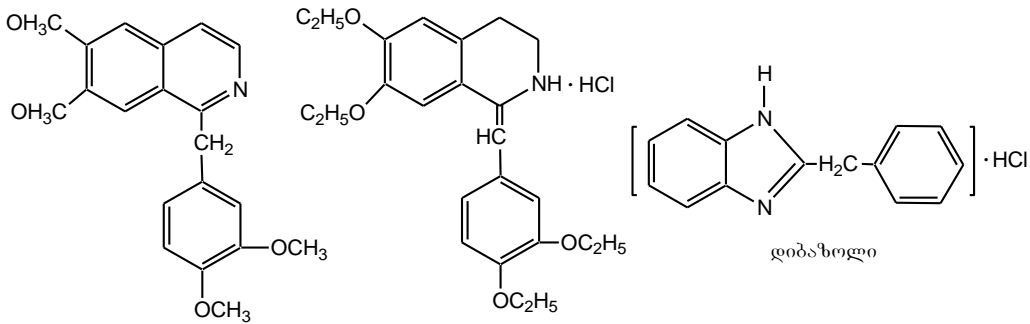
სისხლის წნევას დაბლა სწევს, აფართოებს პერიფერიულ სისხლძარღვებს, იგი იხმარება ჰიპერტონული დაავადების დროს.



სალსოლინი

იზოქინოლინის ბენზილტეტრაჰიდროიზოქინოლინის უფრო რთულ წარმოებულებს წარმოადგენს ოპიუმის ალკალოიდი. ოპიუმი ეწოდება მზეზე გამხმარ დაუმწიფებელ ყაყაჩოს რძისებრ წვეს. დიდი რაოდენობით ღებულობენ მას ტროპიკულ და სუბტროპიკულ ქვეყნებში. ინდოეთში, ჩინეთში, ირანში, იუგოსლავიაში, თურქეთში. სამკურნალო მიზნით უფრო გამოიყენება ევროპული და თურქული წარმოშობის ოპიუმი. მედიცინაში გამოსაყენებელ ოპიუმს ახმობენ, აფხვიერებენ და დაყავთ მორფინის შედგენილობის სტანდარტულ დონემდე (10%). მორფინის გარდა, ოპიუმის შედგენილობაში შედის შემდეგი ალკალოიდები: კოდეინი (0,2-დან -6%-მდე), თებაინი, პაპავერინი, ნარკოტინი და სხვ.

პაპავერინი – $C_{20}H_{21}O_4N$ უფრო, კრისტალური ნივთიერებაა; გააჩნია სპაზმოლიტური თვისებები, ზომიერად აფართოებს სისხლძარღვებს, იყენებენ ჰიპერტონიისა და სტენოკარდიის დროს. პაპავერინი შედის ოპიუმის შედგენილობაში, მაგრამ დიდი მოთხოვნილების გამო ღებულობენ ქიმიური სინთეზითაც, მისი სინთეზური ანალოგებიდან აღსანიშნავია ნოშპა და დიბაზოლი.

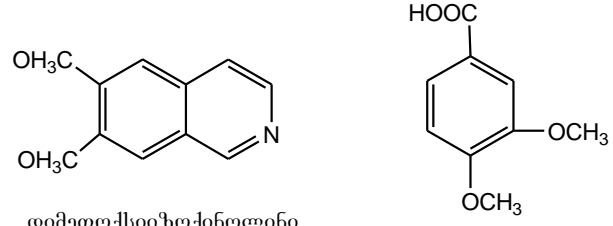


პაპავერინი

ნოშპა

დიბაზოლი

პაპავერინი არ იხსნება წყალში, იხსნება ცხელ სპირტსა და ქლოროფორმში. იგი სუსტი ფუძეა. H_2SO_4 -თან წარმოქმნის უფრო ხსნარს; $110^{\circ}C$ -ზე გაცხელებით იღებს ვარდისფერ-წითელ შეფერილობას, ხოლო $200^{\circ}C$ -ზე იასამნისფერს, რომელიც ქრება წყლის დამატებით. მწვავე კალიუმთან შედნობისას პაპავერინი იჟანგება და იშლება დიმეთოქსიიზოქინოლინად და ვერატრის მჟავად:



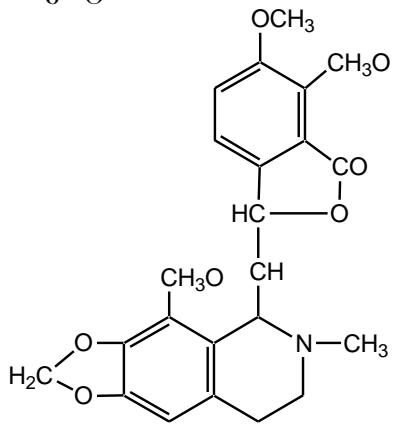
დიმეთოქსიიზოქინოლინი

ვერატრის მჟავა

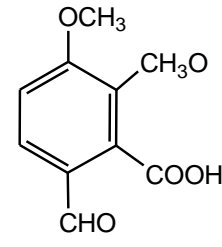
პაპავერინი სინთეზურად იქნა მიღებული ა. პიქტეს მიერ 1910 წელს.

ნარკოტინი – $C_{22}H_{23}O_7N$ და **ჰიდრასტინი** – $C_{21}H_{21}O_6N$ ასევე წარმოადგენენ ტეტრაჰიდროიზოქინოლინის წარმოებულს. მათ მოლეკულაში არის სამი მეთოქსილური ჯგუფი. ნარკოტინი ოპიუმში შემავალი მთავარი ალკალოიდია, რომლის შემცველობა შეადგენს 2-12%-ს. ნარკოტინის აგებულება დადგენილ იქნა უ. პერკინის, რ. რობინსონის და ვ. როდიონოვის მიერ. გამოიყენება როგორც ხველების საწინააღმდეგო საშუალება და ნედლეული სხვა ძვირფასი სამკურნალო საშუალებების მისაღებად.

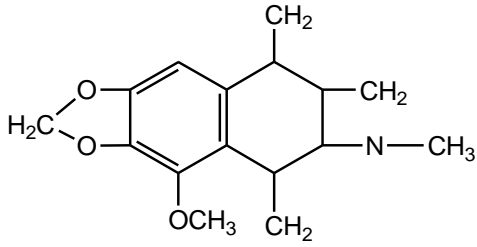
ნარკოტინის და ჰიდრასტინის დაუანგვით მიიღება ოპიანის მუავა და კოტარინი. ნარკოტინი წყალში ცუდად იხსნება, იხსნება H_2SO_4 -ში მწვანე შეფერილობის წარმოქმნით, რომელიც შემდეგ გადადის წითელში, შემდგომში გაცხელებით ან დიდხანს გაჩერებით გადადის წითელ-იისფერში. ნარკოტინი ადვილად იხსნება ბენზოლში, აცეტონსა და ეთილაცეტატში, გაცხელებით იხსნება ტუტეებში. მუავებთან ნარკოტინი წარმოქმნის მდგრად მარილებს. ნარკოტინის გაცხელებით განზავებულ H_2SO_4 -თან წარმოიქმნება დიმეთილირებული წარმოებულები: დიმეთილნარკოტინი, მეთილნარკოტინი, ნორნარკოტინი.



ნარკოტინი



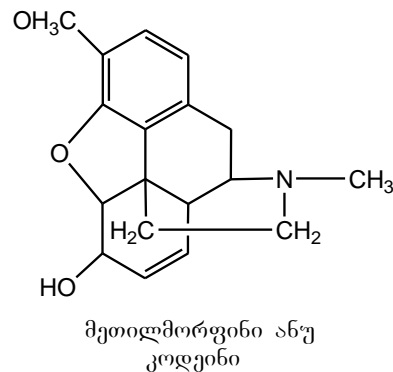
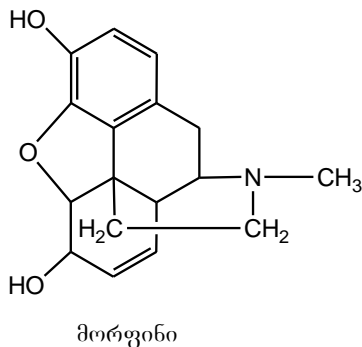
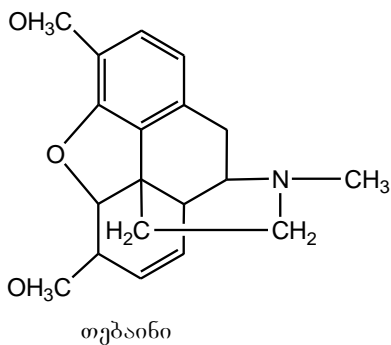
ოპიანის მუავა



კოტარინი

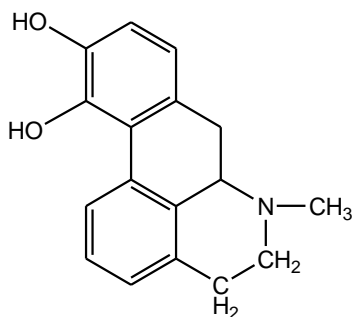
მორფინი, კოდეინი და თებაინი. ოპიუმში ნარკოტინისა და პაპავერინის გარდა, ნაპოვნია ოცამდე სხვა ალკალოიდი. მათგან უმთავრესია მორფინი $C_{17}H_{19}NO_3$, რომლის შემცველობა ოპიუმში საშუალოდ 10%-ს შეადგენს. მორფინთან უფრო ახლო ნათესაობაშია ალკალოიდი კოდეინი – $C_{18}H_{21}O_2N$ (მისი შემცველობა ოპიუმში შეადგენს 0,2-1,28-ს) და თებაინი – $C_{19}H_{23}O_3N$ (0,2%). ეს სამი ალკალოიდი სუსტი ფუძის – ნარკოტინისაგან განსხვავებით ძლიერ ფუძეებს წარმოადგენს.

მორფინი ოპიუმიდან გამოყოფილ იქნა 1806 წელს. მისი აგებულება დადგენილ იქნა 1925-1927 წ. რ. რობინსონის მიერ. მორფინის საფუძველს შეადგენს პიპერიდინის ციკლთან კონდენსირებული ნაწილობრივ ჰიდრირებული ფენანტრენის რგოლი. მორფინის მოლეკულა შეიცავს ასევე ფენოლურ და სპირტულ ჰიდროქსილის ჯგუფებს, რომლებიც განაპირობებენ მის სხვადასხვა რეაქციებს.



მორფინი მედიცინაში გამოიყენება როგორც საუკეთესო ტკივილგამაყუჩებელი ანალგეტიკი, რომელიც იწვევს ნერვული იმპულსების ბლოკირებას ზურგის ტვინში. ანალგეტიკური თვისებების გარდა მორფინს გააჩნია ფსიქიკაზე ზემოქმედების უნარიც. იგი იწვევს განწყობილების შეცვლას – (ეიფორია), შიშის გრძობას (დისფორია). მაშასადამე, მორფინი მოქმედებს ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე, იწვევს ტკივილის ცენტრის პარალიზს, რის გამოც ადამიანს ეუფლება ეიფორია და ღრმა ძილი. ინტოქსიკაციის შედეგად ვითარდება კოლაფსი (გულსისხლძარღვთა მწვავე უკმარისობის ფონზე არტერიული წნევის მკვეთრი დაცემა) და სუნთქვის ცენტრის დამბლა. ლეტალური დოზაა 0,1-0,5 გ. ადამიანი მორფინს თანდათანობით ეჩვევა და ხდება ნარკომანი. ნარკომანის ორგანიზმი სისტემატურად თხოულობს პრეპარატის მიღებას. მორფინის მიუღებლობის შემთხვევაში კი იწვება კუნთების სპაზმები, საერთო კრუნჩხვები და დისტროფია.

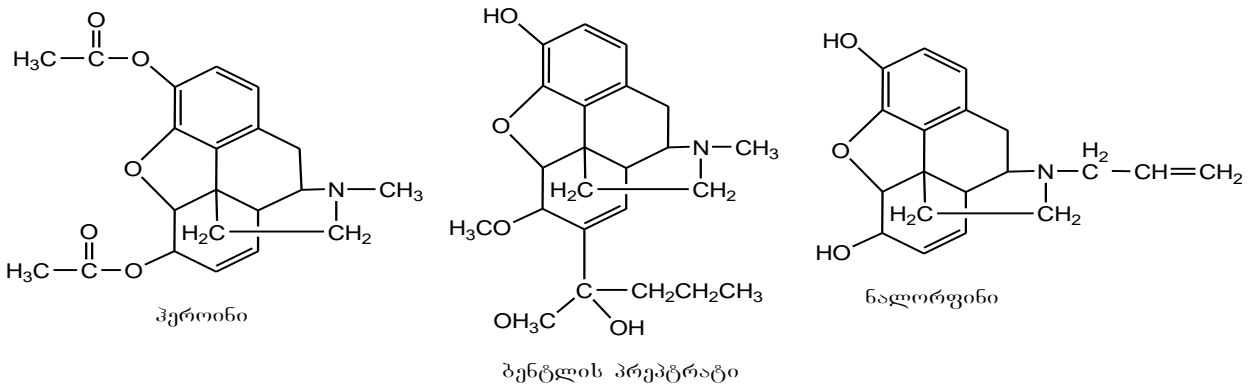
მორფინი მუაგებთან მოქმედებს გაცხელებით; ამ დროს ხდება უანგბადიანი რგოლის გაწყვეტა, წყლის მოლეკულის მოწყვეტა და ჯაჭვის $\text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-N-CH}_3$ -ის გადანაცვლება C_{13}^0 -დან C_8^0 -კენ, რის შედეგად მორფინისაგან წარმოიქმნება აპომორფინი.



აპომორფინი მედიცინაში გამოიყენება როგორც ძლიერი პირსასაქმებელი მოქმედი საშუალება. მორფინის მეთილირებით CH_3 -ით ტუტე ხსნარებში მიიღება მეთილმორფინი ანუ კოდეინი, რომელიც წარმოადგენს მორფინის მეთილის ეთერს. კოდეინი მორფინთან შედარებით შესუსტებული ნარკოტიკული თვისებებით ხასიათდება, მისდამი მიჩვევის მიდრეკილებაც ნაკლებადაა გამოხატული. გარდა ამისა, მას გააჩნია ხველების შემაკავებელი მოქმედება.

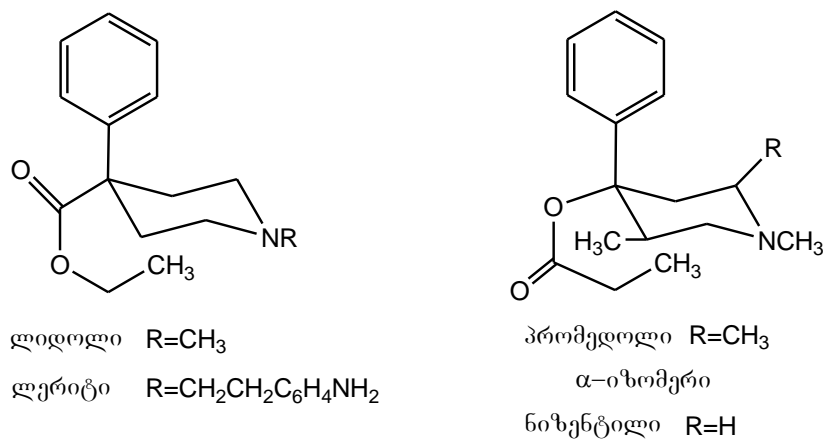
მორფინი მოქმედებს ძმრის ანჰიდრიდთან, რომლის დროსაც ხდება ორივე ჰიდროქსილის წყალბადატომის ჩანაცვლება აცეტილის ჯგუფით და მიიღება დიაცეტილმორფინი ანუ ჰეროინი, რომელიც ყველაზე ძლიერი ნარკოტიკია. მორფინისა და კოდეინისაგან განსხვავებით, რომლებიც ოპიუმში შედიან, ჰეროინი ბუნებაში არ გვხვდება. ჰეროინი სწრაფად შედის ტვინში, სადაც იგი ჰიდროლიზდება და წარმოიქმნება მორფინი. მისი სინთეზი და გამოყენება კანონით აკრძალულია.

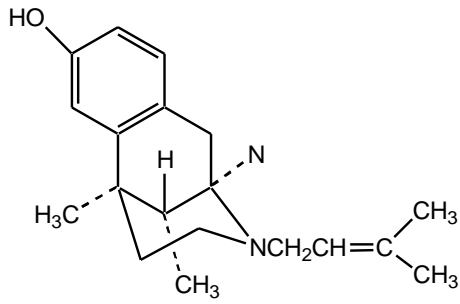
მორფინოიდული აქტიურობის ნივთიერებები მიღებულ იქნა სინთეზურადაც. სინთეზური მორფინოიდული პრეპარატებიდან აღსანიშნავია: ეტორფინი და ნალორფინი. ეტორფინი მიღებულ იქნა კ. ბენტლის მიერ და მას ბენტლის ნაერთი ეწოდება. იგი ათიათასჯერ აქტიურია მორფინზე (მისი ერთი მდგრადი მილიგრამი აწყნარებს გაშმაგებულ სპილოს) და გამოყენებულია ვეტერინარიაში.



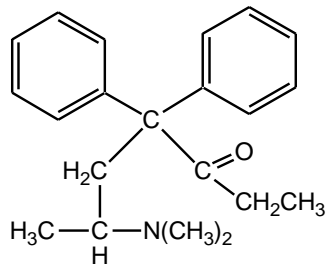
ნალორფინი მორფინის ანტაგონისტია. ეიფორიის ნაცვლად იწვევს დისფორიას. იგი ნარკომანებში იწვევს “უარყოფის” სიმპტომს.

სინთეზური სამკურნალო პრეპარატები. მორფინის შემცველად ამჟამად რიგი სინთეზური პრეპარატებია მოწოდებული, რომლებიც მუდმივი მოხმარებისას მიჩვევას არ იწვევენ. სინთეზურ ანალგეტიკებს ნარკოტიკული თვისებები არ გააჩნია და ამის გამო წარმატებით იყენებენ მედიცინაში მორფინის ნაცვლად. სინთეზური ანალგეტიკებიდან დიდი გამოყენება აქვს ფენალოლს, პრომედოლს, ფენტანილს, პენტაზოცინს, ლიდოლს, ლერიტს, ნიზენტილს. ლიდოლი წარმოადგენს იზონიკოტინის მჟავას წარმოებულს. იგი 10-ჯერ სუსტია მორფინზე და შედარებით ნაკლებად ტოქსიკურია. ანალოგიურ პრეპარატს წარმოადგენს პრომედოლი, რომელიც მორფინს 2-4-ჯერ ჩამოუვარდება აქტიურობით. მედიცინაში ფართოდ გამოიყენება ნიზენტილი, ლერიტი, ფენალონი და ფენტანილი. ეს უკანასკნელი მორფინზე 100-ჯერ უფრო აქტიურია.

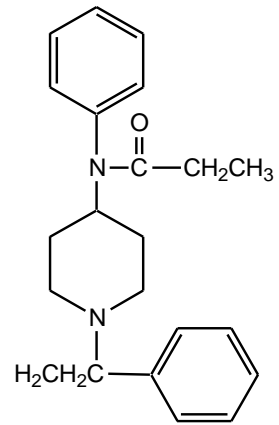




პენტაზოცინი

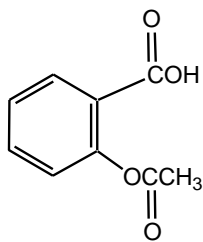


ფენაღონი

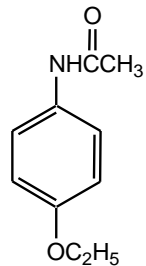


ფენტანილი

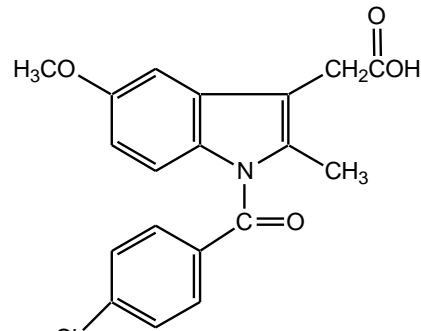
ანალგეტიკებიდან აღსანიშნავია არანარკოტიკული ნივთიერებები. ისინი სიცხის დამწვევი, ანთების საწინააღმდეგო პრეპარატებია, რომლებსაც მიხვევა არ ახასიათებთ. მათი ფიზიოლოგიური ეფექტი აღინიშნება ორგანიზმში პროსტაგლანდინების სინთეზის დამუხრუჭებით. არანარკოტიკული ანალგეტიკებიდან მედიცინაში დიდი გამოყენება აქვს ასპირინს, ფენაცეტინს, ინდომეტაცინს, ამილოპირინს, ანალგინს.



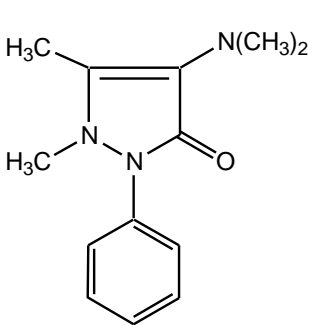
ასპირინი



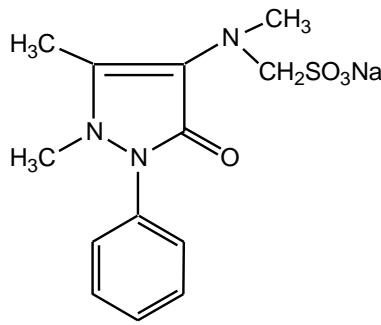
ფენაცეტინი



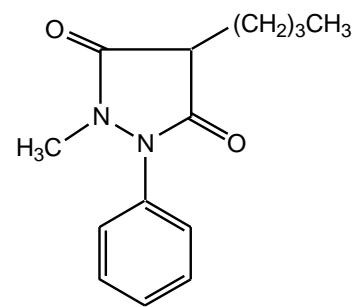
ინდომეტაცინი



ამილოპირინი



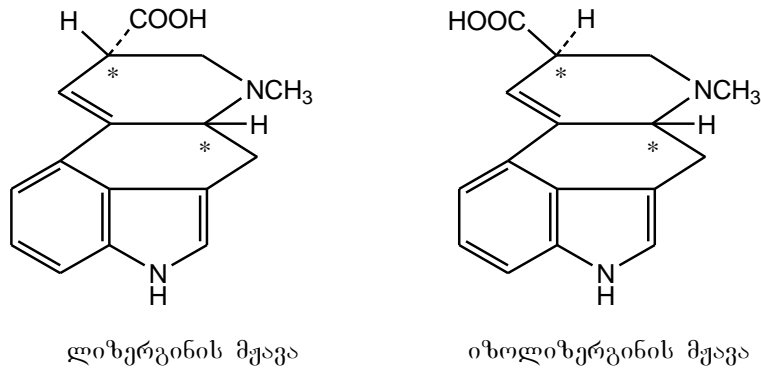
ანალგინი



ბუტადიონი

ინდოლის წარმოებულები. ინდოლის ბირთვის შემცველ ალკალოიდებს მიეკუთვნება ერგოალკალოიდებიდან ჭვავის რქის სოკოს აკლალოიდები (ლიზერგინის და იზოლიზერგინის მუავათა წარმოებულები), სეროტონინი, მელატონინი, ჰალუცინოგენები (პსილოციბინი, ბუფოტონინი, პსილოცინი), იოჰიმბინის ალკალოიდენი (რეზერპინი, იოჰიმბინი), სტრიქინი და ბრუცინი, ვინბლასტინი და ვინკრისტინი, ეზერინი, ნოტროპილის კლასის ფსიქოსტიმულატორები (კავინტონი ანუ ვინპოცეტინი), CC-1065, ასევე ფსიქოტროპული ნივთიერებები (LSD-25, ჰარმინი, ჰარმალინი). ინდური კანაფის პრეპარატები (ჰაშიში, ანაშა, მარიხუანა, ტეტრაჰიდროკანაბინოლი, კანაბიდიოლი, კანაბინოლი, ბუბოკაპინი).

ერგოალკალოიდები. ამ ჯგუფს მიეკუთვნება ჭვავის რქის სოკოს ალკალოიდები. ისინი ჭვავისა და სხვა მარცვლოვანი თავთავების პარაზიტებს წარმოადგენენ. მათ მიეკუთვნება ლიზერგინის მჟავას და მისი იზომერის – იზოლიზერგინის მჟავათა წარმოებულები.



ისინი ოპტიკური იზომერებია. ლიზერგინისა და იზოლიზერგინის მჟავაში შედის კიდევ ერთი ქირალური ცენტრი (C-5), რომელიც ექვსწევრიან პეტეროციკლში აზოტის მეზობელი CH ჯგუფია. ამრიგად არსებობს ლიზერგინისა და იზოლიზერგინის მჟავას ორი ოპტიკურად აქტიური იზომერი. მათი წარმოებულებია:

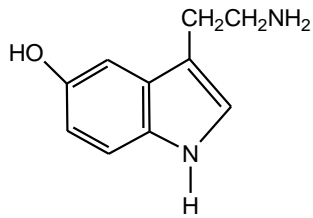
- ერგოტამინი და ერგოტამინინი – $C_{33} H_{35} O_5 N_5$
- ერგოზინი და ერგოზინინი – $C_{30} H_{37} O_5 N_2$
- ერგოკრისტინი და ერგოკრისტინინი – $C_{35} H_{39} O_5 N_5$
- ერგოკრიპტინი და ერგოკრიპტინინი – $C_{32} H_{41} O_5 N_5$
- ერგოკორნინი და ერგოკორნინინი – $C_{31} H_{39} O_5 N_5$
- ერგობაზინი და ერგობაზინინი – $C_{19} H_{23} O_2 N_3$

ჭვავის რქის პრეპარატები და ერგოალკალოიდები იწვევს გლუვი კუნთების (განსაკუთრებით საშვილოსნოს) შეკუმშვას და იხმარება გინეკოლოგიურ პრაქტიკაში და გულის დაავადების თერაპიაში.

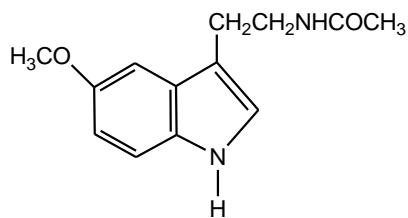
სეროტონინი – 5-ოქსიტრიპტამინი. სეროტონინი არეგულირებს ადამიანის ფსიქიკურ მდგომარეობას, აწესრიგებს ტვინის მოქმედების ფუნქციებს; ჩვეულებრივი კონცენტრაციის შემთხვევაში ამშვიდებს ნერვულ სისტემას, ხოლო დიდი კონცენტრაციის შემთხვევაში – აღაგზნებს (იწვევს ნერვულ აშლილობას). იგი ნერვული იმპულსების მედიატორია ცენტრალურ ნერვულ სისტემაში. სეროტონინი წარმოიქმნება ეპიფიზში. თავის ტვინში მისი კონცენტრაციის დარღვევა ცვლის აღგზნებისა და შეკავების უნარს, იწვევს თრომბოციტების რაოდენობის ზრდას სისხლში. სეროტონინი ნეირორეგულატორია, რომელიც დიდ როლს ასრულებს ისეთი მნიშვნელოვანი პროცესების ორგანიზებაში, როგორცაა ტკივილის შეგრძნება, აგრესიული ქცევის რეალიზება, შესწავლის ფენომენი, მადის რეგულაცია, სუნთქვის ორგანიზაცია, სისხლის წნევისა და გულისცემის სიხშირის კონტროლი. სეროტონინი მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ძილისა და ღვიძლის ნეიროფიზიოლოგიური მექანიზმების მოქმედებაშიც.

სხვა ბიოგენური ამინების მსგავსად, სეროტონინი მონაწილეობს ფსიქიკურ დარღვევათა განვითარებაში. ვარაუდობენ, რომ იგი ჩართულია როგორც ემოციური სფეროს დარღვევებში, ისე შიზოფრენიის პათოგენეზში.

მელატონინი. მელატონინიც ეპიფიზის პროდონია. იგი აფერხებს სქესობრივი ფუნქციის განვითარებას ახალგაზრდა ცხოველებში. მისი წარმოქმნა ორგანიზმში მიმდინარეობს ღამის პერიოდში.



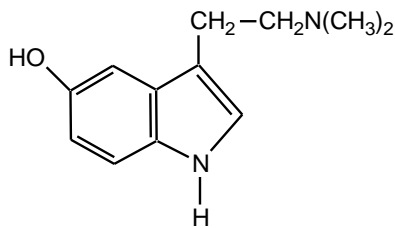
სეროტონინი



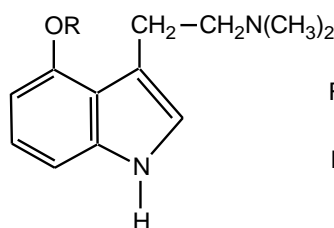
მელატონინი

სინათლე მელატონინის სეკრეციას აკაავებს. შეკავების პროცესი განპირობებულია სიმპათიკურ ნერვულ დაბოლოებებში ნორადრენალინის გათავისუფლებით. დღის ხანგრძლივობის გაზრდასთან ერთად უფრო მეტად ხდება მელატონინის სეკრეციის შეკავება, რაც როლიზინგ-ჰორმონის საერთო რაოდენობის მატებას და სქესობრივ აქტივობას იწვევს. მელატონინის ჭარბი რაოდენობით წარმოქმნა, რასაც ადგილი აქვს დღის ხანგრძლივობის შემცირების პირობებში, ადამიანის ფსიქიკაზე უარყოფითად მოქმედებს.

ინდოლის წარმოებულებს მიეკუთვნება ჰალუცინოგენები: პსილოცინი, ბუფოტონინი, პსილოცინი. სოკო *Psilocybin mexicana*-ს შედგენილობაში შედის პსილოცინი და პსილოცინი. ამავე ჯგუფში შედის ბუფოტონინი, რომელიც მოიპოვება ტროპიკული გომბეშოს (*Bufo vulgaris*) ტყავში. ამ ნაერთების ძლიერი ბიოლოგიური მოქმედება განპირობებულია მათი ქიმიური მსგავსებით ცნობილ მედიატორთან – სეროტონინთან – რომლითაც ხორციელდება ნერვული იმპლსების გადატანა ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე. ფიზიოლოგიური მოქმედებით პსილოცინი ახლოს დგას მესკალინთან, რომელიც გამოყოფილ იქნა მექსიკური კაქტუსისაგან.



ბუფოტენინი



პსილოცინი

R=H პსილოცინი

R= $\text{P}(\text{OH})_2$ პსილოციბინი

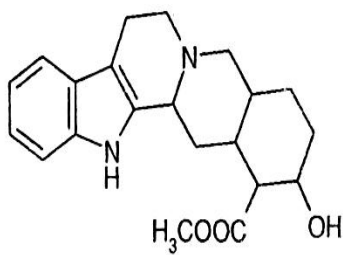
იოჰიმბინი. ინდოლის ბირთვის შემცველი ალკალოიდებიდან განსაკუთრებით საინტერესოა იოჰიმბინის ალკალოიდები, რომლებიც შედის სამხრეთ აფრიკის მცენარის *Corynanthe yohimbe*-ს ხის ქერქში. ამ მცენარიდან გამოყოფილია 11-მდე ალკალოიდი, მათ შორის მნიშვნელოვანია იოჰიმბინი – $\text{C}_{21}\text{H}_{26}\text{O}_3\text{N}_2$ იგი პირველად გამოყოფილ იქნა 1896 წელს შპიგელის მიერ. იოჰიმბინი ადრენალინის ანტაგონისტია და აფართოებს პერიფერიულ სისხლძარღვებს. იოჰიმბინი შედის ასევე მცენარე რაუვოლფია გველის (*Rauwolfia serpentina*) შედგენილობაში. ეს სახელწოდება დარქმეულ იქნა XVI საუკუნეში ექიმ ლ. რაუვოლფიას პატივსაცემად, რომელიც ამ მცენარეს იყენებდა ინდიელების სამკურნალოდ გველის კბენის შემთხვევაში. ინდური და აფრიკული სახეობა რაუვოლფია შეიცავს 20-მდე ალკალოიდს, რომელთა უმრავლესობა შეიცავს იოჰიმბინის ჩონჩხს. მათ შორის აღსანიშნავია იოჰიმბინი.

იოჰიმბინი ამცირებს სისხლის წნევას, მცირე დოზებში იწვევს სუნთქვის აგზნებას, დიდ დოზებში – სუნთქვის ცენტრის დამბლას. იოჰიმბინი გამოიყენება მედიცინასა და ვეტერინარიაში. იოჰიმბინი აძლიერებს სქესობრივ მოთხოვნილებას, რის გამოც გამოიყენება იმპონტენციის სამკურნალოდ. მას ახასიათებს ფსიკოტროპული თვისებებიც. მისი სრული სინთეზი განხორციელებულ იქნა ე. ტამელენის მიერ 1958 წელს. მცენარე “რაუვოლფია გველის” შემადგენლობაში შემავალი ალკალოიდებიდან ასევე აღსანიშნავია რეზერპინი და ვინბლასტინი. რეზერპინი აღმოჩენილ იქნა 1952

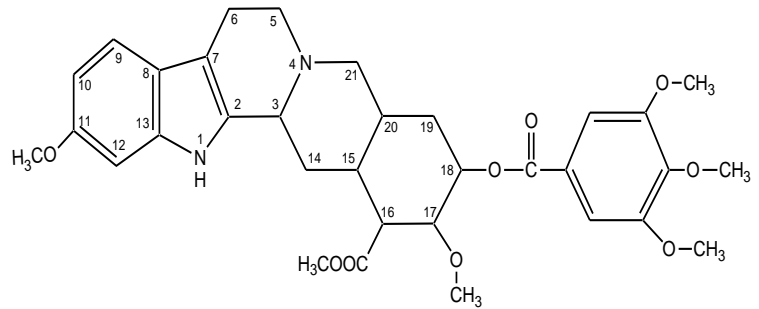
წელს ი. მიულერის მიერ. მისი აგებულება დადგენილ იქნა 1954 წელს, ხოლო სრული სინთეზი განხორციელებულ იქნა რ. ვუდვორდის მიერ 1956 წელს.

რეზერპინი გამოირჩევა დაბალი ტოქსიკურობით და დამამშვიდებელი მოქმედებით ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე. ეს ალკალოიდი ფართოდ გამოიყენება მედიცინაში ჰიპერტონიის დროს. იგი იხმარება როგორც წნევის დამწვევი და დამამშვიდებელი საშუალება სერპაზილის სახელწოდებით, მედიცინაში გამოიყენება ნევროზის სამკურნალოდ. რეზერპინის გარდა მედიცინაში ფართოდ გამოიყენება რაუნატინი, რომელიც შედის რაუნოლფიის ალკალოიდების ნარევიში. რეზერპინი მიეკუთვნება ფსიქოტროპულ ნივთიერებას, მას კარგად გამოხატული ნეიროლეფსიური ეფექტი აქვს.

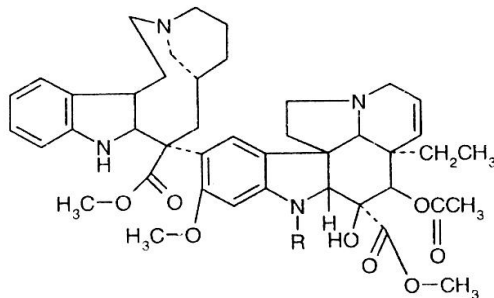
1958 წელს გველის სუროდან (*Vinca rosea*) გამოყოფილ იქნა ალკალოიდები ვინბლასტინი და ვინკრისტინი, რომელთაც ახასიათებს კიბოსსაწინააღმდეგო თვისებები. ამჟამად ეს ალკალოიდები ფართოდ გამოიყენება ქიმიოთერაპიაში სიმსივნის (კარცინომა, სარკომა, მელანომა, ლეიკოზი) სამკურნალოდ, მათ გააჩნიათ ვირუსსაწინააღმდეგო თვისებები, აფერხებენ დნმ-ის და რნმ-ს სინთეზს.



ოპიპინი



რეზერპინი

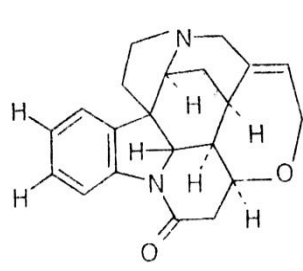


ვინბლასტინი R=CH₃

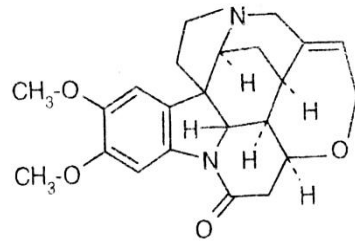
ვინკრისტინი R=CHO

სტრიქნინი და ბრუცინი. ინდოლის წარმოებულებს მიეკუთვნება სტრიქნინი და ბრუცინი. მათ გამოყოფენ მცენარე ქუჩულას თესლიდან (*strychnos nux-Vomica*), რომელიც ხარობს ფილიპინებზე და ინდონეზიაში. სტრიქნინი პირველად გამოყოფილ იქნა 1818 წელს პ. პელტიესა და ჟ. კავენტუსის მიერ. ადგილობრივი მცხოვრებლები მისი რძისებრი წვენიტ ამზადებდნენ შხამიან ისრებს.

სტრიქნინის აგებულება დადგენილ იქნა 1946 წელს რ. რობინსონის მიერ. მისი სინთეზი განხორციელდა რ. ვუდვორდის მიერ 1954 წელს. სტრიქნინი მაღალტოქსიკური შხამია. იგი უპირველეს ყოვლისა აზიანებს ზურგის ტვისს, შემდეგ ცენტრალურ ნერვულ სისტემას, მხედველობას, სმენას, იწვევს ყველა კუნთის კრუნჩხვებს და ბოლოს გაგუდვას. ბრუცინი ნაკლებად ტოქსიკურია, იწვევს ნერვული სისტემის ბლოკირებას და დამბლას.

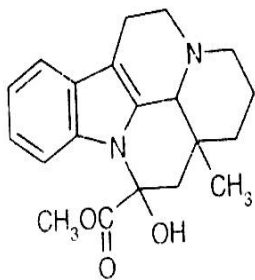


სტრიქნინი

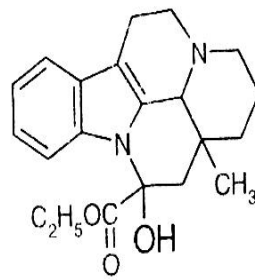


ბრუცინი

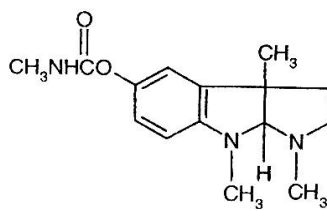
ეზერიინი. იგი ძლიერი შხამია, ზრდის სისხლის წნევას, გამოიყენება ოფთალმოლოგიაში თვალის შიგა წნევის დასაწევად. ეზერიინი შედის მცენარე *phusostigma enenosum*-ის ნაყოფში. ინდოლის წარმოებულთა ალკალოიდებიდან აღსანიშნავია ნოტროპილის კლასის ფსიქოსტიმულატორები კავინტონი ანუ ვინპოცეტინი და ვინკამინი. ისინი აუმჯობესებენ მესხიერებას და გონებრივი შრომის უნარს. ინდოლის ციკლის ალკალოიდებს მიეკუთვნება CC-1065, რომელიც გამოყოფილ იქნა *Streptomyces zebensis*-იდან. ეს ალკალოიდი მედიცინაში გამოიყენება როგორც სიმსივნის საწინააღმდეგო ძლიერი ანტიბიოტიკი. იგი 400-ჯერ უფრო მეტი აქტიურობით ხასიათდება, ვიდრე ამჟამად კლინიკაში წარმატებით გამოყენებული ანტიბიოტიკი ადრიამიცინი. მედიცინაში ამ ალკალოიდის გამოყენებას აფერხებს მისი მაღალი ტოქსიკურობა. ტოქსიკურობის შესამცირებლად მიღებულ იქნა CC-1065-ის სინთეზური ანალოგები.



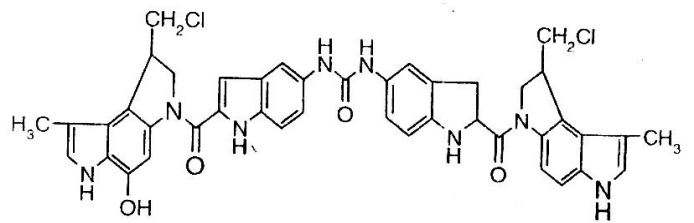
ვინკამინი



კავინტონი ანუ ვინპოცეტინი



ეზერიინი



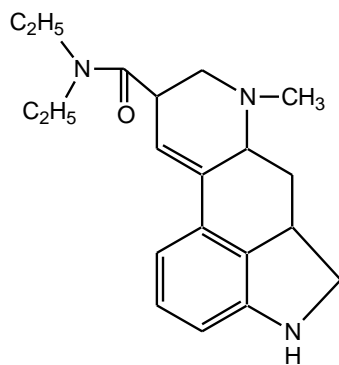
CC-1065-ის სინთეზური ანალოგი

ფსიქოტროპული ნივთიერებები. ინდოლის წარმოებულთა ალკალოიდებიდან დიდი მნიშვნელობა აქვს ნივთიერებებს, რომლებიც იწვევენ ფსიქიურ აშლილობას. მათ ფსიქოტროპულ ნივთიერებებს უწოდებენ. ფსიქოტროპული ეფექტის მქონე პრეპარატების გამოყენება სათავეს იღებს 1952 წლიდან, როდესაც აღწერილ იქნა ადამიანის ფსიქიკაზე რეზერპინის მოქმედების ეფექტი, რომელსაც დასაწყისში იყენებდნენ როგორც არტერიული სისხლის წნევის დამწვეს. შემდეგში აღმოჩნდა, რომ მას კარგად გამოხატული ნეიროლეფსიური ეფექტი გააჩნია.

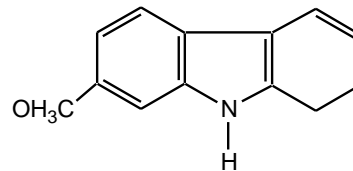
ფსიქოტროპული ნივთიერებებს, რეზერპინის და იოჰიმბინის გარდა, მიეკუთვნება მესკალინი, პსილოციბინი, პსილოცინი ასევე ლიზერგინის მუავა და მისი დიეთილამიდი LSD-25, ჰარმინი. ფსიქოტროპული ნივთიერებები იყოფა ორ ჯგუფად – სინთეზურად და ბუნებრივად. სინთეზური ფსიქოტროპული ნივთიერებებია: LSD-25, ჩანაცვლებული გლიკოლის მუავას ამინოეთერები და სხვ. ლიზერგინის მუავას დიეთილამიდი LSD-25 სინთეზურად მიიღო ჰოფმანმა. მან საკუთარ თავზე ჩაატარა ექსპერიმენტი და დაადგინა, რომ LSD-25 ძლიერი მხედველობითი ჰალუცინოგენია. მისი 0,01 მგ უკვე იწვევს მოწამვლას, რომელიც 24 საათი გრძელდება. დასაწყისში ახასიათებს ეიფორია, კარგი გუნება-განწყობილება, მხედველობითი ფერადი ჰალუცინაციები. იგი ასევე იწვევს “სხეულის სქემის” დარღვევას. ადამიანს ეჩვენება, რომ სხეულის ცალკეული ნაწილები ან გაზრდილია ან დაპატარავებული. მოწამლულ ადამიანს ეჩვენება, რომ დრო გადის ძალიან სწრაფად ან პირიქით – ძალიან ნელა. ადგილი აქვს პიროვნების გაუცხოებას, საგნების ფორმების და მათი ურთიერთგანლაგების დამახინჯებულ აღქმას.

LSD-25-ით გამოწვეული ფსიქოზიდან გამოსაყვანად იყენებენ ფენამინს, რეზერპინს, ნიკოტინის მუავას. ჰარმინი $C_{13}H_{12}ON_2$ შედის ველის ნამარხის (Peganum harmala) მცენარის შემადგენლობაში, საიდანაც იგი გამოყოფილ იქნა ი.ფრიცშეს მიერ 1847 წელს. ჰარმინის ლდ. T 257-258⁰-ია. ინდიელები ამ მცენარის ექსტრაქტს ღებულობდნენ ბრძოლის წინ აგრესიის გასაძლიერებლად, ამიტომ მას “აგრესიის შხამს” უწოდებენ. ჰარმინი წარმოადგენს ნერვული სისტემის ამგზნებს; დიდი დოზებით იწვევს ოპტიკურ-ვესტიბულარულ-სიმპტომებს (გარემომცველი საგნებისა და საკუთარი სხეულის რხევას), საბოლოოდ კი კრუნჩხვებს.

მესკალინს ახასიათებს LSD-25-ის ანალოგიური სიმპტომები, მაგრამ მისი ფსიქოტროპული დოზა გაცილებით დიდია.



LSD-25



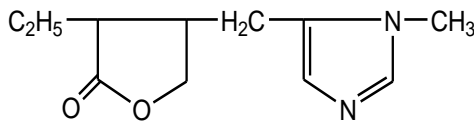
ჰარმინი

ინდური კანაფის პრეპარატები. ისინი მიეკუთვნებიან ინდოლის წარმოებულთა ალკალოიდებს. ინდური კანაფი (cannabis sativa indica) ერთწლიანი მცენარეა. აფრიკის აზიისა და ამერიკის მცხოვრებლები მას იყენებენ როგორც ნარკოტიკულ საშუალებას. ინდური კანაფის პრეპარატებია: ჰაშიში, ანაშა, მარიხუანა. მათ იყენებენ მოსაწყევად ან დასაღებად. ინდური კანაფი შეიცავს ფისოვან ნივთიერებას, რომელიც შედგება კანაბიდიოლის და ტეტრაჰიდროკანაბინოლისაგან. ისინი თავდაპირველად იწვე-

ვენ ოპტიკოვესტიბულარულ მოშლილობას – კველაფერი მოძრაობს, ირხევა, აზროვნება და მეტყველება აჩქარებულია. შემდგომში ეიფორია იცვლება შიშით, დაბნეულობით. ინდური კანაფის პრეპარატებიდან აღსანიშნავია ბუღბოკაპინი. იგი გამოყოფილ იქნა მცენარე tuberosa-ს ფესვებიდან. 0,1 გ ბუღბოკაპინი იწვევს ნეგატივიზმს (ექიმის ნებისმიერ მოთხოვნაზე წინააღმდეგობის გაწევა), 0,5 გ. კი – კრუნჩხვებს.

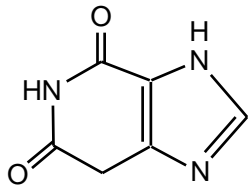
იმიდაზოლის წარმოებულთა ალკალოიდები. პილოკარპინი – $C_{11}H_{16}O_2N_2$ გამოყოფილ იქნა აფრიკაში გავრცელებული მცენარის Pilocarpus pennatifolius-ს ფოთლებიდან. პილოკარპინი იწვევს პერიფერიული ნერვული დაბოლოებების აგზნებას, რომელიც არეგულირებს ნერწყვის ჯირკვლების მოქმედებას და ოფლის გამოყოფას. იგი დაბლა სწევს თვალის შიგნითა წნევას და ავიწროებს გუგას. პილოკარპინი უმთავრესად იხმარება ოფთალმოლოგიურ პრაქტიკაში გლაუკომისა და სხვა თვალის დაავადების დროს.

პილოკარპინი ნემსისებრი კრისტალებია, წყალში, სპირტში და ეთერში ადვილად იხსნება. პილოკარპინი გაცხელებით მოქმედებს ტუტეებთან და გარდაიქმნება სტერეო-იზომერულ იზოპილოკარპინად. პილოკარპინის სინთეზი განხორციელებულ იქნა ნ. პრეობრაჟენსკის მიერ 1936 წელს.

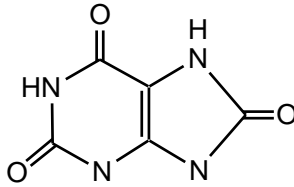


პილოკარპინი

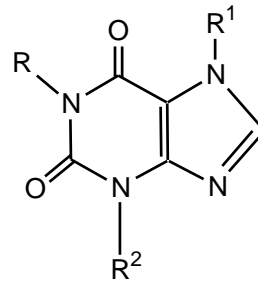
პურინის ჯგუფის შემცველი ალკალოიდები. კოფეინის ალკალოიდები. ამ ჯგუფში კოფეინის ალკალოიდებიდან შედის კოფეინი, თეობრომინი, თეოფილინი, შარდის მჟავა, ქსანტინი.



ქსანტინი



შარდის მჟავა

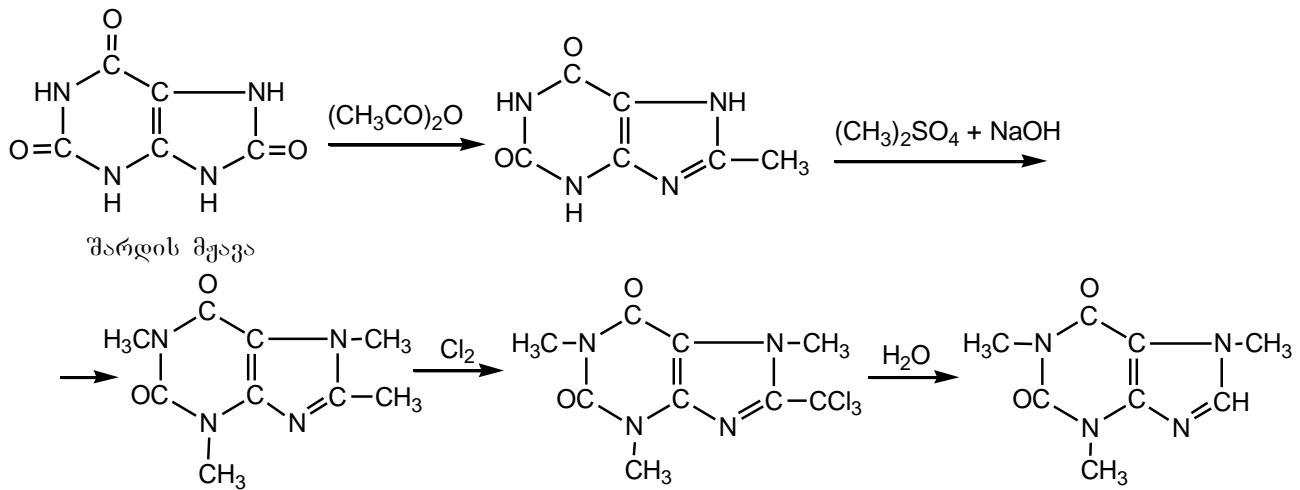


- კოფეინი $R=R^1=R^2=CH_3$
- თეობრომინი $R=H \quad R^1=R^2=CH_3$
- თეოფილინი $R=R^2=CH_3 \quad R^1=H$

კოფეინი დიდი რაოდენობით შედის ჩაის ფოთლებში (5%) და ყავის მარცვლებში (1,5%). იგი ქსანტინის (დიჰიდროქსიპურინი) წარმოებულთა და აგებულებით ახლოს დგას შარდის მჟავასთან. კოფეინი პირველად 1819 წელს იქნა გამოყოფილი გ. რუნგეს მიერ. კოფეინი წარმოადგენს ფსიქოსტიმულატორს. იგი იწვევს ცენტრალური ნერვული სისტემის აგზნებას, სისხლის წნევის გადიდებას და გულის მოქმედების სტიმულირებას, აქვს შარდმდენი მოქმედება. კოფეინი ფრთხილი გაცხელების დროს შეიძლება აქროლდეს. კარგად იხსნება ქლოროფორმში. კოფეინს ღებულობენ ჩაის წარმოების ნარჩენებიდან – ჩაის მტვერიდან.

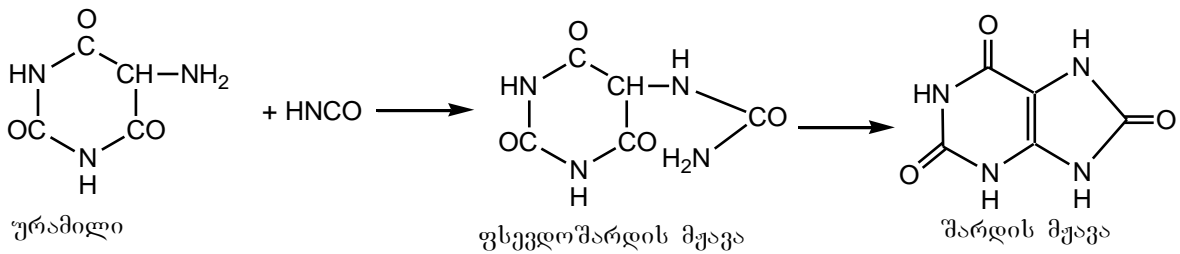
სამრეწველო მასშტაბით კოფეინს ღებულობენ შარდის მჟავასაგან. მისი გაცხელებით ძმარმჟავა ანჰიდრიდთან წარმოიქმნება 8-მეთილქსანტინი, რომლისგანაც დიმეთილსულფატი მეთილირების დროს ღებულობენ 1,3,7,8-ტეტრამეთილქსანტინს.

უკანასკნელის ფრთხილი ქლორირებით წარმოიქმნება სამქლორწარმოებული, რომელიც შესაპვნის შემდეგ გარდაიქმნება კოფეინად:



კოფეინის მიღება შეიძლება ასევე ქსანტინის მეთილირებით, ქსანტინი კი გუანინისაგან შეიძლება იქნას სინთეზირებული. ქსანტინის აგებულება დადგენილ იქნა მ. ტრაუბეს მიერ სინთეზით, რომელიც ხორციელდება შარდოვანისა და ციანამარმჟავას გამოყენებით. შარდის მჟავა ანუ 2,6,8-ტრიოქსიპურინი აღმოჩენილ იქნა კ. შეელეს მიერ 1776 წელს. ადამიანისა და ძუძუმწოვრების ნორმალური შარდი მხოლოდ მცირე რაოდენობით შეიცავს შარდის მჟავას. ნივთიერებათა ცვლის დარღვევის დროს კი მისი რაოდენობა შარდში შეიძლება გაიზარდოს. შარდის მჟავა ფრინველთა და ქვეწარმავალთა ექსკრემენტის მთავარი შემადგენელი ნაწილია.

ტექნიკურად შარდის მჟავას დებულობენ გუანოდან (ზღვის ფრინველთა სკინტლი, რომელიც დიდი რაოდენობით მოიპოვება სამხრეთ ამერიკის კუნძულებზე) გუანოს შარდის მჟავა შეიცავს 25%-მდე. შარდის მჟავა უფრო კრისტალური ფხვნილია, ძნელად იხსნება წყალში, არ იხსნება სპირტში და ეთერში, იგი ძალიან სუსტ მჟავას წარმოადგენს. შარდის მჟავას სინთეზი პირველად განხორციელდა ჩეხი ქიმიკოსის გორბახევსკის მიერ 1828 წელს. განსაკუთრებით აღსანიშნავია ე. ფიშერის სინთეზი, რომელმაც შარდის მჟავა მალონმჟავას, შარდოვანასა და ბარბიტურის მჟავასაგან მიიღო. უკანასკნელის ნიტროზირებით იგი ვიოლურის მჟავაში გადაყავთ, რომელსაც ურამილად ადადგენენ. ურამილზე ციანმჟავას მოქმედებით მიიღება ფსევდოშარდის მჟავა. 20%-იან მარილმჟავასთან მისი გაცხელებით მიმდინარეობს იმიდაზოლის ციკლის შეკვრა და წარმოიქმნება შარდის მჟავა:

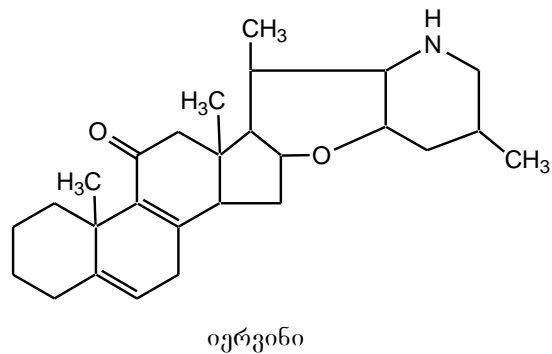
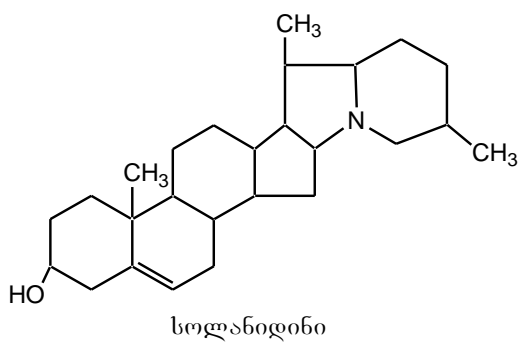


თეობრომინი უფრო, კრისტალური ნივთიერებაა, შედის კაკოს მარცვლების შედგენილობაში, იგი კარგი შარდმდენია, ადვილად იხსნება მწვავე ტუტეებში და იძლევა ნატრიუმის მარილს, რომლის ექვიმოლექუალური ნარევი ნატრიუმის სალიცილატთან მედიცინაში იხმარება როგორც შარდმდენი დიურეტიკის სახელწოდებით. თეოფილინი წარმოადგენს 1,3-დიმეთილქსანტინს. იგი გამოიყენება როგორც ბრონქოლიტური და შარდმდენი საშუალება.

სტეროიდული ალკალოიდები. სტეროიდულ ალკალოიდებს მიეკუთვნება ძაღლყურძენასებრთა ოჯახის მცენარეებიდან გამოყოფილი ალკალოიდები. როგორცაა სოლანინი, სოლანიდინი, სოლასონინი, სოლასონიდინი.

სოლანინი – $C_{45}H_{73}O_{15}N$ მდგრადია ტუტეების მიმართ; განზავებულ მუაგებთან გაცხელებისას იხლინება აზოტოვან აგლუკონად – სოლანიდინად და სამ მოლეკულა ნახშირწყლად (D-გლუკოზა, D-გალაქტოზა, D-რამნოზა). სოლანიის შეიცავს აგრეთვე კარტოფილი.

სტეროიდულ ალკალოიდებს მიეკუთვნება ასევე შხამა სოკოს ალკალოიდები. შხამა სოკო შეიცავს ინდივიდუალურ ალკალოიდს ვერატრინს, რომელიც სინამდვილეში რამდენიმე ალკალოიდის ამორფულ ნარევეს წარმოადგენს. ამჟამად შხამას შვიდი კრისტალური ალკალოიდია შესწავლილი. მათგან აღსანიშნავია იერვინი და იზოიერვინი. შხამას ალკალოიდები მტვრის სახით ცხვირის ინტენსიურ ცემინებას იწვევს. ვერატრინი იხმარება ვეტერინარულ პრაქტიკაში.



პესტიციდები

ქიმიური მეცნიერების განვითარების თანამედროვე ეტაპზე სოფლის მეურნეობის წარმოებაში და მის სხვადასხვა დარგებში სულ უფრო ფართოდ გამოიყენება ბუნებრივი და სინთეზურ-ხელოვნური ორგანული პრეპარატები. მეცნიერულ-ტექნიკურმა რევოლუციამ კაცობრიობას სოციალური პროგრესის არნახული შესაძლებლობანი გადაუშალა, მაგრამ ამავე დროს საკმაოდ სერიოზული პრობლემებიც შეუქმნა. გარემოზე ანთროპოგენურმა გავლენამ ბოლო დროს ისეთ მასშტაბებს მიაღწია, რომ სიცოცხლე საბედისწერო კატასტროფების წინაშე დადგა. დაავადებათა 80%-ზე მეტი (პათოლოგიური მშობიარობა, ავთვისებიანი სიმსივნეები, ფსიქიკური დარღვევები და ა.შ.) ეკოლოგიური მდგომარეობის გაუარესების შედეგია.

კაცობრიობის მთელი ისტორია ბუნებრივ რესურსთა – მიწების, წყლების, ტყეების, სასარგებლო წიაღისეულთა სტიქიური, მტაცებლური გამოყენებაა, რაც უკვალოდ არ ქრება. ბოლო 30-40 წლის მანძილზე გადაშენდა ცხოველთა და მცენარეთა მრავალი სახეობა. პესტიციდები ქიმიური ან ბიოლოგიური პრეპარატებია, რომლებიც გამოიყენება მცენარეთა დაავადებებისა და მავნებლების, სარეველა მცენარეების, შენახული სოფლის მეურნეობის პროდუქტებისა და საყოფაცხოვრებო მავნებლების, ცხოველთა პარაზიტების წინააღმდეგ, მცენარეთა ზრდის რეგულირებისათვის, მცენარეთა ფოთლების მოსაცილებლად და მცენარეების შესახმობად მოსავლის აღების წინ.

ჰაერში, წყალსა და საკვებში არსებულ ქიმიურ ნივთიერებებს შორის ყველაზე მავნე პესტიციდებია. პესტიციდი ლათინურად – მავნე; – ვკვლავ) მავნებელთა მკვლელს ნიშნავს. ბოლო წლებში ფართოდ იყენებენ პროპესტიციდებს, რომლებსაც არ ახასიათებს პესტიციდური თვისებები, მაგრამ მავნე მწერების ან სხვა მავნე ორგანიზმებში მოხვედრისას გარდაიქმნებიან პესტიციდებად. დანიშნულების მიხედვით პესტიციდები იყოფა შემდეგ ძირითად ჯგუფებად: აკარაციდები – ტკიპებთან საბრძოლველად; ალგიციდები – წყალმცენარეების და წყლის სხვა მცენარეების გასანადგურებლად; ანტისეპტიკები – ლითონური და არალითონური მასალებისა და ნაკეთობების მიკროორგანიზმებისაგან დასაცავად. არბორიციდები – არასასურველი ხემცენარეებისა და ბუჩქების გასანადგურებლად. აფიციდები – ბუგრებთან საბრძოლველად; ჰერბიციდები – სარეველა მცენარეებთან საბრძოლველად; ზოოციდები – მღრღნელებთან საბრძოლველად; ინსექტიციდები – მავნე მწერებთან საბრძოლველად; ლიმაციდები ან მოლუსკოციდები – მოლუსკებთან საბრძოლველად; ნემატოციდები – მრგვალ ჭიებთან საბრძოლველად; ფუნგიციდები – ავადმყოფებთან და ფიტოპათოგენურ სოკოებთან საბრძოლველად;

პესტიციდების მნიშვნელოვანი ჯგუფია მცენარეთა ზრდის სტიმულატორები; ისინი ამაღლებენ მცენარის მსხმოიარობას, აჩქარებენ ნაყოფის დამწიფებას, ხელს უწყობენ ვეგეტაციური გამრავლებისას მცენარის სწრაფ დაფესვიანებას, იცავენ მცენარეს ყინვისა და გვალვისაგან.

პესტიციდებს იყენებენ სოფლის მეურნეობაში. პესტიციდები დიდ ეკონომიკურ ეფექტს იძლევა სოფლის მეურნეობაში, მაგრამ სიკეთესთან ერთად იგი აბინძურებს გარემოს. ბუნების დაცვის ინტერესებიდან გამომდინარე, პესტიციდები უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ მოთხოვნებს:

1. უნდა იყოს ძლიერ ტოქსიკური მავნებლის მიმართ, მაგრამ ნაკლებად ტოქსიკური ადამიანის მიმართ. პესტიციდი უვნებელი უნდა იყოს შინაური ცხოველებისა და ოთახის დეკორატიული მცენარეების მიმართ.
2. უნდა იყოს ნაკლებად მდგრადი (6 თვემდე) და ბუნებაში უნდა იშლებოდეს არატოქსიკურ ნივთიერებად.
3. განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს პრეპარატის მუტაგენურ და კანცეროგენულ თვისებებს.

ტოქსიკურობის და გარემოში მათი ცირკულაციის გათვალისწინებით არსებობენ ტოქსიკო-ჰიგიენური პესტიციდები. ცოცხალი ორგანიზმების ნაწლავებში მოხვედრის მიხედვით გამოიყოფა კატეგორიები: ძლიერმოქმედი შხამიანი ნივთიერებები, მაღალტოქსიკური შხამიანი ნივთიერებები, საშუალოდ ტოქსიკური შხამიანი ნივთიერებები, მცირედ ტოქსიკური შხამიანი ნივთიერებები;

პესტიციდების არასწორმა გამოყენებამ შეიძლება არასასურველი შედეგები გამოიწვიოს. მათ უნარი აქვთ გამოიწვიონ არა მარტო მწერების, მდინარეების და სხვადასხვა მიკრობების, არამედ თბილსისხლიანი ცხოველების დაღუპვაც. ისინი საშიშია ცოცხალი ბუნებისა და ადამიანებისათვის. პესტიციდიდან უფრო ხშირად გამოიყენება ქლორორგანული, ვერცხლისწყალორგანული და ფოსფორორგანული პესტიციდები. პესტიციდების უდიდესი ნაწილი ატმოსფეროში ხვდება მათი გამოყენების პროცესში. პესტიციდების შერჩევისას აუცილებელია გათვალისწინებულ იქნას მათი დაშლის სიჩქარე ნიადაგში, ასევე მათი გავლენა ნიადაგში არსებულ ორგანიზმებზე. ნიადაგში პესტიციდების არსებობის ხანგრძლივობა (პერისტენტობა) დამოკიდებულია თვით პესტიციდის ქიმიურ სტრუქტურაზე, ფიზიკურ თვისებებზე, განსაკუთრებით წყალში ხსნადობასა და აქროლადობაზე, ნიადაგის ადსორბციულ თვისებებზე, ტემპერატურაზე, ტენიანობაზე, პესტიციდის გამოყენების შემდეგ ნალექების რაოდენობაზე.

ცხრილი 15

ნიადაგში პესტიციდების ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები მგ/კგ	
1. ტექნიკური ჰექსაქლორანი	0,5
2. ქლოროფოსი	2
3. კარბოფოსი	1
4. ლინდონი	0,5
5. პოლიქლორკამფენი	0,5
6. პოლიქლორინენი	0,5
7. პრომეტრინი	0,5
8. ქლორალითი	0,05
9. კარბარილი	0, 05

პესტიციდების გამოყენების აუცილებელი პირობაა მისი დაშლა მოსავლის აღების წინ. ნიადაგში შესატანი პრეპარატის პერისტენტობა არ უნდა აღემატებოდეს ერთ სავეგეტაციო პერიოდს ჰერბიციდებისათვის და ორ სავეგეტაციო პერიოდს ნიადაგის მავნებლებისათვის, ამასთან პრეპარატი არ უნდა შთაინთქმებოდეს მცენარის მიერ და არ უნდა გროვდებოდეს ნაყოფებში ან სხვა ნაწილებში, რომლებსაც ადამიანები ან შინაური ცხოველები იყენებენ საკვებად. ეკონომიკურად განვითარებულ ქვეყნებში პესტიციდების გამოყენებას მკაცრ მოთხოვნებს უყენებენ. პესტიციდების შერჩევისას ძალზე მნიშვნელოვანია სწორად განისაზღვროს ადამიანის ორგანიზმში მათი შეღწევის გზები. მაღალი ტოქსიკურობის ნივთიერებებს უნარი აქვთ ადამიანის სასუნთქ სისტემასა და კანში შეღწევის, ამიტომ სასიკვდილო დოზის განსაზღვრისას აუცილებელია დადგინდეს პრეპარატის ტოქსიკურობა არა მარტო კუჭ-ნაწლავში, არამედ მისი ორთქლის კანზე მოხვედრისას სასუნთქ გზებში ინჰალაციის დროს.

ინსექტიციდები. ინსექტიციდი ეწოდება ნივთიერებას, რომელიც კლავს მავნე მწერებს. წერის ორგანიზმში შეღწევის მიხედვით ინსექტიციდები იყოფა 3 ჯგუფად: კონტაქტური, სისტემატური და ნაწლავური.

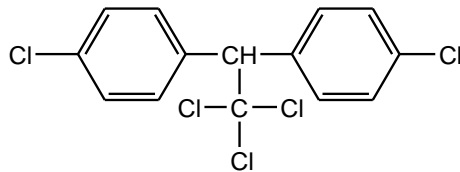
1. კონტაქტური ინსექტიციდი მწერის ორგანიზმში ხვდება პრეპარატებთან უშუალო კონტაქტის გზით.

2. სისტემატური ინსექტიციდები შტაინტქმებიან ფოთლების ან ფესვების მიერ და შესამავნ იმ მწერებს, რომლებიც იკვებებიან მცენარეთა წვენით.

3. ნაწლაგური ინსექტიციდები მწერის ორგანიზმში პირის ღრუდან ხვდებიან.

მეტად ეფექტური გამოდგენ სისტემატური ინსექტიციდები, ვინაიდან მათი გამოყენება შეიძლება არა მარტო მცენარეებზე შესხურებით, არამედ თესლთან ერთად ნიადაგში შეტანით. ისინი სწრაფად და მთლიანად შეიწოვებიან მცენარეების მიერ და ვრცელდებიან მცენარის მთელ ორგანიზმში, რის გამოც მათი წვენი შესამიანდება მწუწნავი მავნებლებისათვის. ლორორგანული პესტიციდებიდან განსაკუთრებით ცნობილია დიქლორდიფენილტრიქლორმეთილმეთანი (დღტ), დიქლორდიფენილდიქლორეთანი (დღდ), ჰექსაქლორანი, ქლოროფოსი, ჰეპტაქლორი ნარყ . ისინი მდგრადია გარემოს სხვადასხვა ფაქტორის ზამოქმედებისადმი. მაგ: დღტ 115-120° -ზე გაცხელებისას ძლებს 15 სთ-ის განმავლობაში, იშლება 170-200°-ზე, ნიადაგში ინახება 10-15 წელი. ქლორორგანული პესტიციდები კარგად იხსნება ცხიმებში, ამიტომ ისინი გროვდება ფრინველების, თევზების, ძუძუმწოვრების ცხიმების და ადამიანების ცხიმოვან ქსოვილებში. ისინი ადამიანის ორგანიზმში საკვებთან ერთად ხვდება. ლორორგანული პესტიციდებით დაბინძურებული საკვების მიღებისას ქლორორგანული ნაერთები ადამიანის ორგანიზმში დიდი ხნის განმავლობაში რჩება. ისინი შეიძლება დამღუპველი აღმოჩნდეს ჩვილი ასაკის ბავშვებისათვის; ამიტომ არ უნდა მოხდნენ მეძუძური დედების საკვებში. ისინი ადამიანის ორგანიზმში შეჭრისას იწვევენ ორსულობის პათოლოგიას, თანდაყოლილ ანატომიურ და ფიზიოლოგიურ დეფექტებს, ბავშვის ფიზიკური განვითარების შეფერხებას, სასქესო ფუნქციის მოშლას, ფსიქიურ დეპრესიებს, მესხიერების დაქვეითებას, კანცეროგენული ეფექტების სტიმულირებას.

სინთეზური პესტიციდების ერა დღტ-თი (მისი სრული სახელწოდებაა 4,4'-დიქლორ-დიფენილ-ტრი-ქლორმეთილმეთანი) დაიწყო.

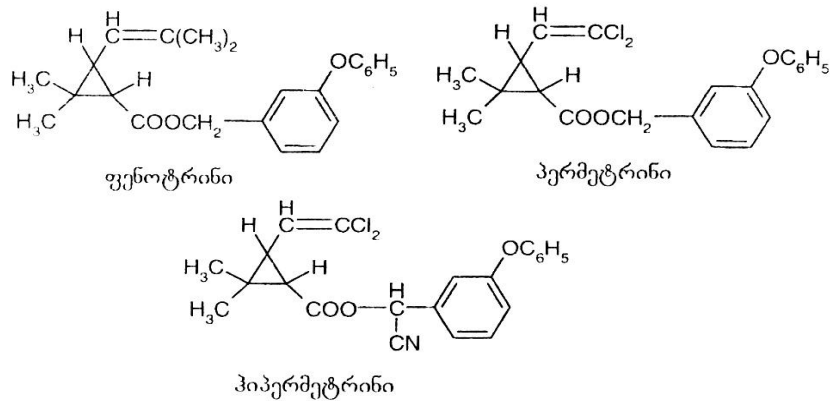


დღტ კონტაქტური ინსექტიციდია. ან დიდი როლი შეასრულა მეორე მსოფლიო ომის პერიოდში მუცლის ტიფის ეპიდემიის და მალარიის ლიკვიდაციის საქმეში. ეფექტური აღმოჩნდა იგი ბუზი ცეცეს მიმართაც. კანასკნელ ღრომდე მალარიასთან ბრძოლის ერთ-ერთ ძირითად მეთოდად ითვლებოდა კოლოების მოსპობა დღტ-თი. ფიციალური აკრძალვის მიუხედავად ამ შესამქიმიკატის გამოყენება წყალსატევების დამუშავებისას დღესაც გრძელდება. შამწუხაროდ, იგი ძალზე მდგრადი ნაერთი აღმოჩნდა. მიტომ, ბუნებრივ პირობებში დეგრადაციას არ განიცდის. თანდათანობით მოხდა მისი დატოვება ნიადაგში, მცენარეებში, ცხოველებში, ადამიანის ორგანიზმში. დტ-ს ინსექტიციდური თვისებების აღმოჩენისათვის შვეიცარიელ ქიმიკოსს მიუღერს 1948 წელს მიანიჭეს ნობელის პრემია. 20 წლის შემდეგ კი იმავე შვეიცარიაში კანონით აკრძალეს დღტ-ს გამოყენება. ჟერ კიდევ 1949 წელს ამერიკის აგროქიმიის ჟურნალმა გამოაქვეყნა აშშ-ის კვების მრეწველობის ინსპექციის ცნობა დღტ-ს შემცველი რძის პროდუქტების გაყიდვის აკრძალვის შესახებ. დტ-ს კონცენტრაცია ცხოველებისა და ადამიანის ორგანიზმში ორ-სამჯერ აღემატება დასაშვებ ნორმას იმ ქვეყნებშიც კი, სადაც მისი გამოყენება აკრძალულია. ნტარქტიდის ზედაპირზე თოვლთან ერთად დალექილია ათასობით ტონა ეს პრეპარატი. ოველ წელს თითოეულ კვადრატულ კილომეტრზე წვიმას ჩამოაქვს 30 გრამი დღტ. არადოქსია, მაგრამ ფაქტია, რომ დღტ-სა და სხვა მსგავსი პრეპარატებისაგან ყველაზე ნაკლებად დაზარალდა ის მწერები, რომელთა წინააღმდეგაც მათ ხმარობდნენ. ამოირკვა, რომ შესამქიმიკატების გამოყენებით მავნებელ მწერთა რაოდენობა არ მცირდება, პირიქით

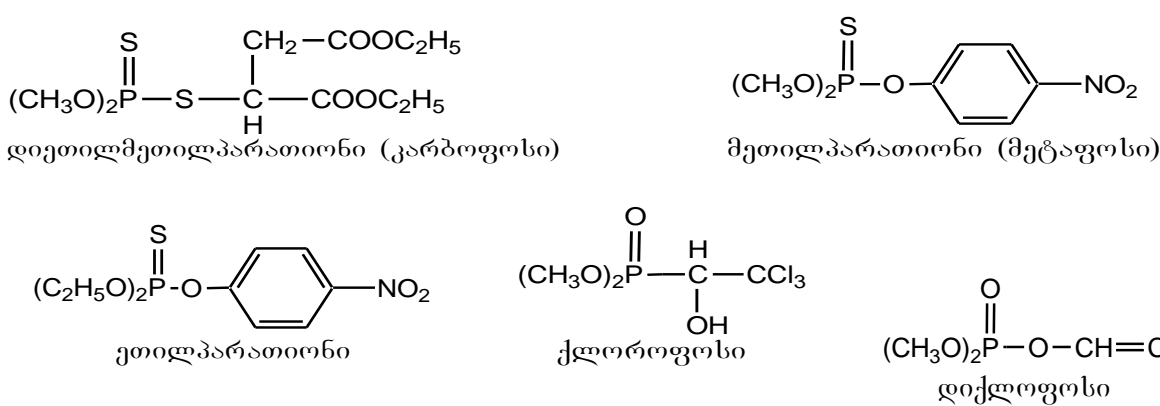
იზრდება კიდევ, რადგან “ქიმიური ომი” ანადგურებს მათ ბუნებრივ მტრებს – სასარგებლო მწერებსა და ჩიტებს. ათასობით მცენარის ტილისა და მუხლუხოს ჭამის შემდეგ ისინი უნებურად აგროვებენ შხამს სასიკვდილო რაოდენობით. ამით არ დასრულებულა პესტიციდების “საზეიმო სვლა”. ძროხები, რომლებიც შხამქიმიკატებით დამუშავებული ბალახით იკვებებოდნენ, პესტიციდებს აგროვებდნენ.

ს შხამი წვიმითა და თოვლის წყლით ტბებსა და მდინარეებში ჩაირეცხებოდა, ხვდებოდა მტკნარწყლიანი და ზღვის თევზების ორგანიზმებში და საბოლოოდ ადამიანს სუფრაზე უბრუნდებოდა. ესტიციდების გამოყენების ზრდასთან ერთად იმატა გონება სუსტ ბავშვთა რაოდენობამ. თუ ადრე მრავალი დაავადების მიზეზად ნარყ ღს თვლიდნენ, შემდეგში გამოირკვა, რომ მათი უმრავლესობა (სისხლის და სხვა მძიმე სნეულებანი) ინტენსიური ქიმიზაციის შედეგი ყოფილა. მიტომ, ამჟამად დღტ-ს წარმოება და გამოყენება აკრძალულია. უნებრივი ინსექტიციდებიდან განსაკუთრებით ეფექტურია პირეტრინები, რომლებსაც ზოგიერთი სახეობის გვირილიდან ღებულობენ.

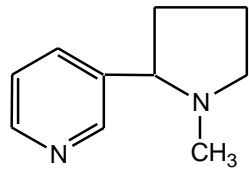
ირეტრინები ერთადერთი ინსექტიციდებია, რომლებსაც სხეებისაგან განსხვავებით მიხვევის ნარყ არ ახასიათებს. ისინი თბილსისხლიანებისათვის ტოქსიკური არ არის. უნებრივი პირეტრინები ნაკლებად მდგრადი ნაერთებია და მალე კარგავენ აქტიურობას. ირეტრინების მდგრადობის გაზრდის მიზნით მიღებულ იქნა სინთეზური პრეპარატები: ფენოტრინი, პერმეტრინი და ჰიპერმეტრინი.



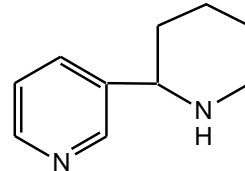
ინსექტიციდებიდან აღსანიშნავია ფოსფორმჟავას, თიო- და დითიოფოსფორმჟავას ნაწარმები, როგორცაა მელათიონი ანუ კარბოფოსი, თიოფოსი, მეტაფოსი, როგერი. ისინი გამოიყენება ბამბის ტკიპას, მარცვლოვანი კულტურებისა და ხეხილის მავნებლების წინააღმდეგ ასაბრძოლველად.



ფოსფორორგანული ინსექტიციდები ძლიერ ტოქსიკურია (LD₅₀ მერყეობს 20-1000 მკ/კგ), მაგრამ ნაკლებად სტაბილური ნაერთებია და ბუნებაში ადვილად განიცდიან ღეგრადაციას. უნებრივი ინსექტიციდებიდან ცნობილია ნიკოტინი და ანაბაზინი.

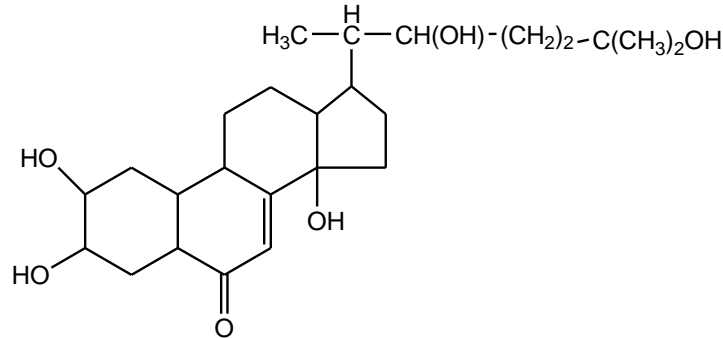


ნიკოტინი



ანაბაზინი

ისინი ეფექტური ინსექტიციდებია, მაგრამ მწერების გარდა, უარყოფითად მოქმედებენ თბილსისხლიანებზეც. მ მხრივ უპირატესობა აქვს ბუნებრივ ინსექტიციდს-ეკლიბონს, იგი მწერების მიმართ ძლიერ ტოქსიკურია, მაგრამ თბილსისხლიანებზე სრულებით არ მოქმედებს.



ეკლიბონი

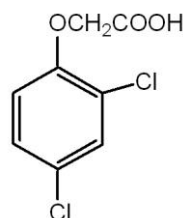
ჰერბიციდები. ჰერბიციდები ეწოდება ნივთიერებებს, რომლებიც მცირე კონცენტრაციებში წარმოადგენენ მცენარეთა ზრდის სტიმულატორებს, დიდ კონცენტრაციებში ახშობენ ან აბრკოლებენ მათ ზრდა-განვითარებას. ზოგიერთ მათგანს საკმაოდ ფართო სპეციფიკურობა ახასიათებს. ეს ნაერთები ახშობენ გარკვეული სარეველა მცენარეების ზრდას და ამავე დროს არ ვნებენ ძირითად კულტურებს (herba-ბალახი, caeder-მოკვლა). მნიშვნელოვან ჰერბიციდებს მიეკუთვნება ვერცხლისწყალორგანული პესტიციდები; ისინი ტოქსიკური ნივთიერებებია, დაუშვებელია მისი მოხვედრა საკვებ პროდუქტებში. მას მიეკუთვნება გრანოზანი, მერკურანი, აგრონალი, ფალიზინი და სხვ. გრანოზანი მდგრადია ხანგრძლივი დროის განმავლობაში. გამოიყენება ძირითადად მარცვლოვნების თესლის შესაწამლად; მერკურბენზოლი გამოიყენება მარცვლოვანი კულტურების შესაწამლად. მერკურჰექსანი გამოიყენება მარცვლეულის, ხილის და ბოსტნეულის კულტურების დასაცავად სოკოვანი და ბაქტერიული დაავადებებისგან. ამ ბოლო დროს დაიწყო ვერცხლისწყალორგანული ნაერთების შეცვლა ნაკლებად ტოქსიკური ნივთიერებებით. მოქმედების ხასიათის მიხედვით ჰერბიციდები ძირითადად ორ ჯგუფად იყოფა:

1. ერთიანი მოქმედების, რომელიც მოქმედებს ყველა სახის მცენარეზე;

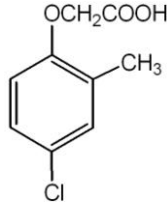
2. სელექტიური (შერჩევითი), რომლებიც მოქმედებს ცალკეულ მცენარეთა სახეობებზე.

მცენარეზე მოქმედების ხასიათის მიხედვით ყოველი ჯგუფი იყოფა ქვეჯგუფებად:

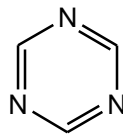
1. კონტაქტური მოქმედების, 2. სისტემური მოქმედების და 3. მცენარეთა ფესვთა სისტემისა და გაღვივებულ თესლზე მოქმედი ჰერბიციდი.



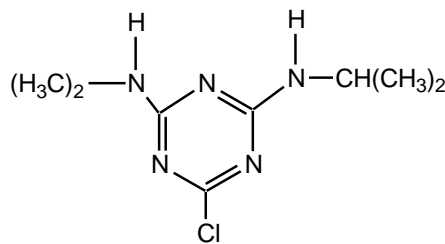
ყველაზე ფართოდ გამოყენებული ჰერბიციდია: 2,4-დიქლორფენოქსიმარმუა ანუ 2,4 D. ის უსუნო კრისტალური ნივთიერებაა, ცუდად იხსნება ორგანულ გამხსნელებში და წყალში, 20°C-ზე იხსნება 540 მგ/ლ. შენახვისას მტკიცეა როგორც მშრალ მდგომარეობაში, ისე ხსნარებშიაც. გამოიყენება აგრეთვე მარილების სახით, რომლებიც წყალში უკეთ იხსნებიან. 2-მეთილ-4-ქლორფენოქსიმარმუა ანუ 2M-4X-მეთოქსინი. ის უფერო, უსუნო, კრისტალური ნივთიერებაა, წყალში ცუდად იხსნება, ხსნადია სპირტში და ეთერში.



ეფექტური ჰერბიციდის საფუძველს წარმოადგენს ჰეტეროციკლური ნაერთი 1,3,5-ტრიაზინი.



მისი ნაწარმია 2-ქლორ-4,6-ბის (დიეთილამინი) 1,3,5-ტრიაზინი, რომელსაც სიმაზინი ეწოდება. ის თბილსისხლიანების მიმართ ნაკლებად ტოქსიკურია (LD₅₀=500 მგ/კგ). არ აზიანებს ბაღჩეულს (სტაფილო, კომბოსტო, პამიდორი, კიტრი), სარეველების წინააღმდეგ კი ძალიან ეფექტურია. სიმაზინის ანალოგიურია პროპაზინი.

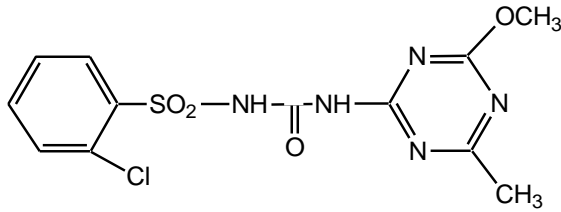


პროპაზინი

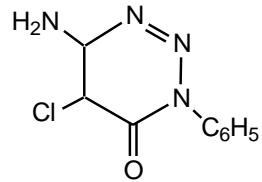
ისინი თეთრი, კრისტალური ნივთიერებებია, წყალში ცუდად ხსნადი, ნაკლებ ტოქსიკური შერჩევითი პრეპარატებია. მათი შერჩევითი მოქმედება დაკავშირებულია სხვადასხვა მცენარეში მათი გარდაქმნის სისწრაფის განსხვავებასთან, მაგალითად, სიმაზინის დახმარებით სიმინდის ფოთლები სწრაფად იშლება.

80-იან წლებში სინთეზირებულ იქნა ძალიან ეფექტური ჰერბიციდი-გლინი, რომელიც თბილსისხლიანებისათვის ტოქსიკური არ არის. 15 გრ გლინი 1 ჰექტარზე საკმარისია სარეველების მოსაპოვებლად. აღსანიშნავია ჰერბიციდი ფენაზონი, რომელიც ჭარხლის შესაწამლად გამოიყენება.

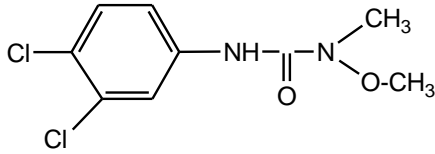
აქტიურ ჰერბიციდებს წარმოადგენს შარდოვანის სამხანაცვლებული ნაწარმები: ლინურონი, რომელიც გამოიყენება მუხუდოს, სიმინდის და კარტოფილის კულტურებისათვის ჰექტარზე 1-3 კგ-ის ოდენობით. ასევე გამოიყენება ქლორსულფურონი, რომელიც დიდი აქტიურობით გამოირჩევა, ჰექტარზე საკმარისია მისი 4-8გ.



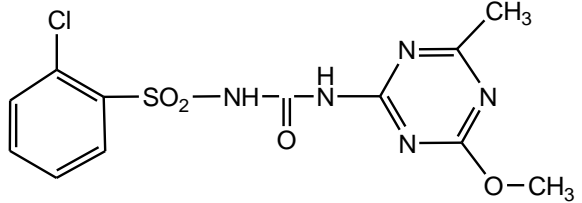
გლიფინი



ფენაზონი

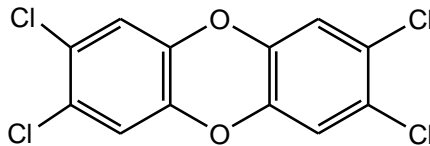


ლინურონი



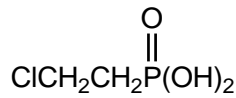
ქლორსულფურონი

მნიშვნელოვან ჰერბიციდს წარმოადგენდა 2,4,5-ტრიქლორფენოქსიმარმუაჟა ანუ 2,4,5-T. მისი სამრეწველო სინთეზის პროცესში ადგილი ჰქონდა ძლიერ ტოქსიკური ნივთიერების-დიოქსინის სინთეზს.

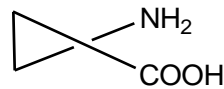


დიოქსინი

დიოქსინი ძალზე მცირე კონცენტრაციით იწვევს კანის დაავადებას, იმუნური და სისხლწარმოქმნელი სისტემის რღვევას, ღვიძლისა და თირკმელების დაზიანებას და კიბოს; ორსულობის ანომალიას და ტერატოგენურ ეფექტს – მახინჯი ბავშვების დაბადებას. 1961-1972 წლებში ვიეტნამის ომის დროს 2,4,5-T-ის სინთეზი გამოყენება უკვე აღარ წარმოებს. არსებობს ზრდის სტიმულატორების ტიპის ისეთი ჰერბიციდები, რომლებიც ეთილენის პროდუცენტებს წარმოადგენენ. ასეთებია გასტელი (I) და 1-ამინოციკლოპროპანკარბონმუაჟა (II).

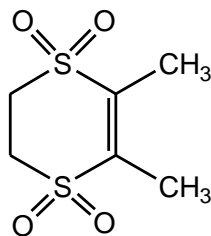


I



II

ეთილენის წარმოქმნას მცენარეში არეგულირებს დიმეთიპინი.



ფუნგიციდები. ფუნგიციდები სოკოვან დაავადებათა წინააღმდეგ ბრძოლის ქიმიური საშუალებებია. (Fungi-სოკო, Caederc-მოკვლა). ფუნგიციდები იყოფა ორ ჯგუფად: კონტაქტური და სისტემური. კონტაქტური მოქმედების ფუნგიციდი მცენარის ზედაპირზე რჩება და პროფილაქტიკური მოქმედებისაა. იგი ხშირად ვერ კურნავს მცენარეს ინფექციისაგან. კონტაქტური ფუნგიციდია კოლოიდური გოგირდი, სპილენძის მავთულები. სისტემური მოქმედების ფუნგიციდი მცენარის ქლოროფილში

აღწევს და ცირკულირებს მის ძარღვთა სისტემაში. მცირე კონცენტრაციით ისინი მცენარის ზრდა-განვითარებაზე არ მოქმედებენ და სპობენ სოკოებს. სოფლის მეურნეობაში ამ მიზნებისათვის ფართოდ იყენებენ ორგანულ ფუნგიციდებს. განვიხილოთ ზოგიერთი:

ბრესტანი (ტრიფენილკალააცეტატი), თეთრი ფერის მყარი პროდუქტია, გამოიყენება კარტოფილის ან შაქრის ჭარხლის სოკოვან დაავადებათა საწინააღმდეგოდ.

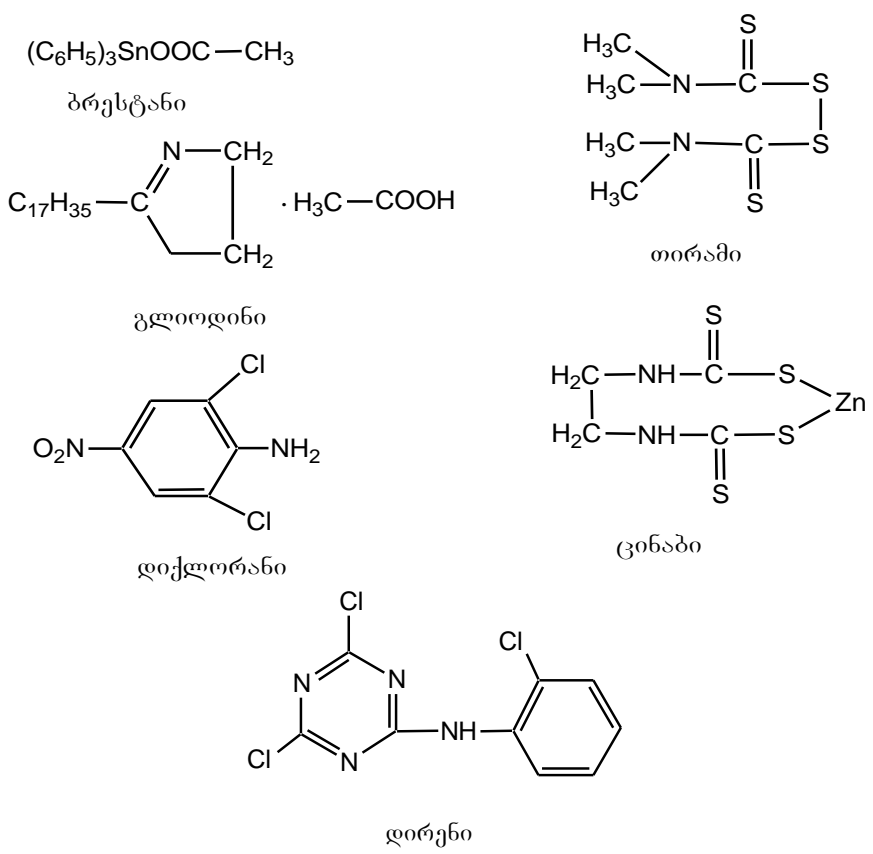
გლიოდინი (2-ჰეპტადეცილგლიოქსილიდინაცეტატი), ის ცვილისებრი პროდუქტია, ლდ. T 94°C, გამოიყენება ვაშლის, მსხლის და ალუბლის დაავადებათა გამომწვევი სოკოების წინააღმდეგ.

დიქლორანი (2,6-დიქლორ-4-ნიტროანილინი), მყარი პროდუქტია, ლდ. T 195°C, გამოიყენება სხვადასხვა კულტურულ მცენარეთა სამკურნალოდ სკლეროტინით და ბოტრიტისით დაავადებისას.

დირენი [2,4-დიქლორ-6(2-ქლორანილინი)-2,3,5-ტრიაზინი], მყარი კრისტალებია, ლდ. T 160°C, გამოიყენება კენკროვანთა, ბაღის კულტურების, კარტოფილის და ხილ-ბოსტნეულის ნაყოფის სოკოვან დაავადებათა საწინააღმდეგოდ.

თირამი წარმოადგენს დიმეთილ-დითიოკარბამინმჟავას თუთიის მარილს. თეთრი ფხვნილია, (ლდ. T 246°C), გამოიყენება ნუშის, კაკლის, კურკოვანი ხილის და ბოსტნეულის ფოთლების მავნებლების საწინააღმდეგოდ.

ცინაბი წარმოადგენს ეთილენ-ბის-დითიოკარბამინმჟავას თუთიის მარილს. ღია ფერის ფხვნილია, გამოიყენება როგორც ციტრუსოვანთა აკაროციდი.



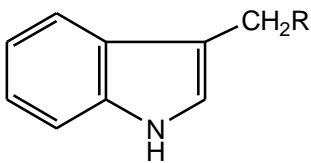
ფუნგიციდებიდან აღსანიშნავია კაპტანი, რომელიც ფართოდ სპექტრის ფუნგიციდია და გამოიყენება ვაშლის, მსხლის, ატმის, ალუბლის, ციტრუსების, ბოსტნეულის, დეკორატიული მცენარეების შესაწამლად (1,3-5 კგ/ჰა).

მცენარეთა ზრდის სტიმულატორები

მცენარეთა ზრდის სტიმულატორები ეწოდება ისეთ ნივთიერებას, რომელიც თესლისა და მცენარის ზრდას უწყობს ხელს. ბუნებრივი მცენარეული ბიორეგულატორებიდან განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ფიტოჰორმონებს. არჩევენ ხუთ ფიტოჰორმონს: 1. აუქსინები, 2. გიბერილინები, 3. ციტოკინინები, 4. აბსციზის მჟავა და 5. ეთილენი. აქედან – აუქსინები, გიბერილინები და ციტოკინინები წარმოადგენენ მცენარეთა ზრდის სტიმულატორებს, ხოლო აბსციზის მჟავა და ეთილენი მცენარეთა ზრდის ინჰიბიტორებს.

ფიტოჰორმონები წარმოიქმნებიან ყლორტებში, ფესვების დაბოლოებებში, გაღივებულ მარცვალში, შემდეგ ნაწილდებიან მცენარის სხვა ორგანოებში და იწვევენ ფიზიოლოგიური პროცესების ინტენსიფიკაციას.

აუქსინები (ლათინურად ausco-ვეხმარები) ეწოდება ბუნებრივი ზრდის სტიმულატორებს, რომლებიც აღმოჩენილია სიმინდში, პარკოსნებში. აუქსინები ზრდის ინტენსიფიკაციას ასორციელებენ უჯრედის გაჭიმვის შედეგად. აუქსინები 1880 წელს შესწავლილ იქნა მამა-შვილი დარვინების მიერ. აუქსინის წარმოქმნა ხდება ფესვისა და ღეროს კენწეროში, განსაკუთრებით ფოთლებში, ყვავილებში და ნაყოფში. აუქსინებიდან აღსანიშნავია ჰეტეროაუქსინი ინდოლილმარმჟავა. მისი აგებულება დადგენილ იქნა ფ. კიოგლის მიერ. იგი წარმოიქმნება ამინმჟავა ტრიფტოფანიდან, მონაწილეობს უჯრედის გაყოფის პროცესში (მიტოზი). დღეისათვის სხვადასხვა მცენარეებიდან გამოყოფილ იქნა ინდოლილმარმჟავას ნაწარმები: ამიდები, ნიტრილები, სპირტები.

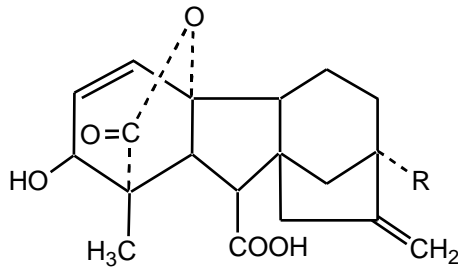


სადაც, R –	COOH	3-ინდოლილმარმჟავა
	CONH ₂	ამიდ-3-ინდოლილმარმჟავა
	C≡N	ნიტრილ 3-ინდოლილმარმჟავა
	COCOOH	3-ინდოლილპიროფურძენმჟავა
	OH	3-ინდოლილმეთანოლი
	CH ₂ OH	3-ინდოლილეთანოლი
	CH ₂ COOH	3-ინდოლილპროპიონმჟავა
	CH ₂ CH ₂ COOH	3-ინდოლილერბომჟავა

აუქსინები და მისი სინთეზური ანალოგები ფართოდ გამოიყენება მემცენარეობაში ხეების გადანერგვის, კალმით გამრავლების დროს.

გიბერილინები. გიბერილინები პირველად აღმოჩენილ იქნა სოკოში იაპონელი მეცნიერის ე. კუროსავას მიერ 1926 წელს, ის შედის ასევე უმწიფარი ლობოს თესლში. ისინი წარმოადგენენ ღეროს ზრდის სტიმულატორებს. იწვევენ ღეროს გაწელვას უჯრედის გაწელვის შედეგად. დღეისათვის 90-მდე გიბერილინი არის აღმოჩენილი. I-ად გამოყოფილი და დახასიათებული იქნა გიბერილინი A₃ 1954 წელს. ეს პრეპარატი ასტიმულირებს მცენარეთა ზრდას და განვითარებას. 1-300 მგ/ლ კონდენსაციის წყალხსნარს ასხურებენ მცენარის ზრდის წერტილზე. ასეთი დამუშავების დამახასიათებელი რეაქციაა ღეროს გაგრძელება, ვეგეტატიური ზრდის გაძლიერება, მცენარის ჯუჯა ფორმების გადალახვა. გიბერილინები ასევე ასტიმულირებენ ყვავილობას, ადიდებენ ჩანასახების რიცხვს. გიბერილინები წარმოადგენენ დიტერპენოიდული ბუნების ტეტრაციკლურ მონო-, დი- და ტრიკარბონმჟავებს. ისინი კრისტალური ნივთიერებებია, რომლებიც განსხვავდებიან ლღობის ტამპერატურით,

მშრალ მდგომარეობაში მდგრადია, ადვილად იშლება წყალში, განსაკუთრებით ტუტეების თანამყოფობაში. მჟავე და ნეიტრალურ არეში უფრო მდგრადებია. გიბერილინიდან აღსანიშნავია: გიბერილინი A₃ და გიბერილინი A₇.

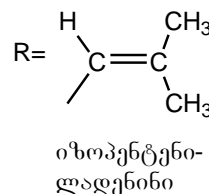
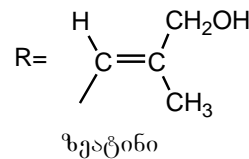
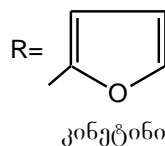


გიბერელინი A₃ R=OH

გიბერელინი A₇ R=H

ციტოკინინები. ისინი ასტიმულირებენ უჯრედის გაყოფას, ამ პროცესს ციტოკინოზი ეწოდება. პირველი მცენარეული ციტოკინინი – ზეატინი გამოყოფილ იქნა სიმინდიდან დ. ლეტამის მიერ 1964 წელს. ციტოკინინებში პურინის ციკლის არსებობა არ არის არსებითი ციტოკინინური აქტივობისათვის, რადგან ცნობილია ისეთი ნივთიერებები, რომლებიც პურინის ციკლს არც შეიცავენ, მაგრამ, უფრო მეტ აქტიურობას ამჟღავნებენ. ციტოკინინებიდან აღსანიშნავია კინეტინი ანუ 6-(2-ფურფუროლმეთილამინო)-პურინი. ციტოკინინები მცენარეებში ძირითადად ახორციელებენ: 1. უჯრედული დაყოფის სტიმულაციას, 2. დაბერების პროცესის შენელებას.

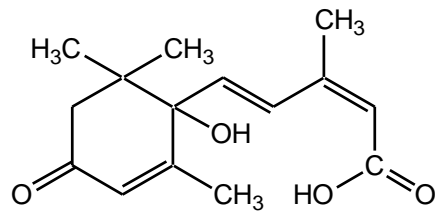
დ. ფოკსის და ო. კულაევის გამოკვლევები ცხადყოფს, რომ ციტოკინინების ბიოლოგიური მოქმედების მექანიზმი დაკავშირებულია ცილის, დნმ-ს და რნმ-ს ბიოსინთეზის გაძლიერებასთან, ასევე გავლენას ახდენს ბიოლოგიური მემბრანის ფუნქციონირებაზე. უმნიშვნელოვანესი ციტოკინინებია: კინეტინი, ზეატინი, იზოპენტენილადენინი.



ზოგიერთი ციტოკინინი ფუნქციონირებს ცხოველის უჯრედშიც, სადაც ისინი: 1) თრომბოციტების აგრეგაციას უშლიან ხელს, 2) აფერხებენ ზოგიერთი სიმსივნის უჯრედის ზრდას.

აბსციზის მჟავა. აბსციზის მჟავა წარმოადგენს მცენარეების მაღალეფექტურ ენდოგენურ ინჰიბიტორს. პირველად ის გამოყოფილ იქნა 1963 წელს ბამბის

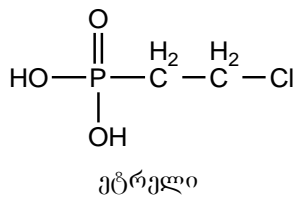
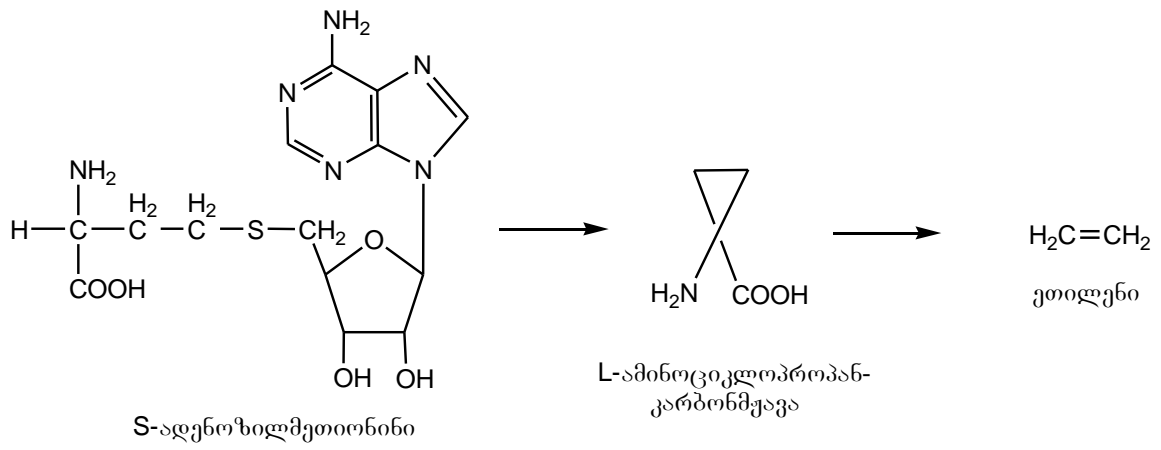
ახალგაზრდა ნაყოფიდან ფ. ედიკოტის მიერ. ორი წლის შემდეგ მათვე დაადგინეს მჟავას სესკვიტერპენოიდული აგებულება. მცენარეებიდან ასევე გამოყოფილ იქნა მისი მსგავსი ნაერთები, რომელთა შორის აღსანიშნავია ქსანტოქსინი. შემდგომში მიღებულ იქნა აბსციზის მჟავას სინთეზური ანალოგები.



აბსციზის მჟავა

აბსციზის მჟავას მცენარე გადაჰყავს მოსვენებულ მდგომარეობაში. ის ზრდის ნაყოფის რაოდენობას (მსხალში ნაყოფის რაოდენობა 10-ჯერ იზრდება), იგი იწვევს ფოთოლცვენას, ნაყოფის ჩამოგდებას, ამუხრუჭებს მცენარის ზრდას (გიბერელინის ანტაგონისტია).

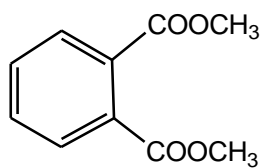
ეთილენი. ეთილენი წარმოიქმნება ხილში S-ადენოზილმეთიონინიდან. ამ პროცესს თან ახლავს შუალედური პროდუქტების წარმოქმნა, ჯერ ხდება L-ამინოციკლოპროპან-1-კარბონმჟავას წარმოქმნა და შემდეგ მიიღება ეთილენი. ის ფიტოჰორმონია, აჩქარებს ნაყოფის დამწიფებას, ფოთოლცვენას, აფერხებს ფესვებისა და ყლორტების ზრდას. პრაქტიკაში ეთილენს იყენებენ ნაყოფის დამწიფების დასაჩქარებლად და მათი შექრიანობის გასაზრდელად. პრაქტიკაში ასევე ხშირად გამოიყენება სინთეზური პრეპარატი ეტრელი, რომელიც მცენარეულ ორგანიზმში იშლება ეთილენის გამოყოფით. ეტრელი გამოიყენება როგორც სტიმულატორი ლერწმის შექრის დასამწიფებლად, ანანასის აყვავილებისათვის. მას იყენებენ აეროზოლის სახით.



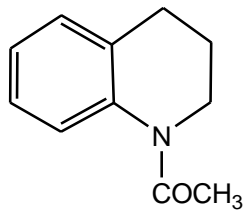
ეტრელი

ფიტოჰორმონები გარკვეულ გავლენას ახდენენ მცენარის სქესის ჩამოყალიბებაში. აუქსინები და ეთილენი ხელს უწყობს მდედრობითი ყვავილის წარმოქმნას, ხოლო გიბერელინები მამრობითისას.

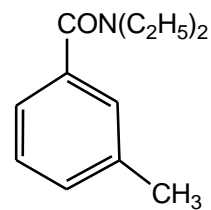
რეპელენტები. რეპელენტის სუნი ცხოველებს აფრთხობს. მათი მოქმედება მხოლოდ რამდენიმე საათი გრძელდება. რეპელენტებია: N-აცეტილტეტრაჰიდროქინოლინი (კლუზოლი), დიმეთილფტალატი, მეტა-დიეთილტოლუამიდი.



დიმეთილფტალატი



კლუზოლი



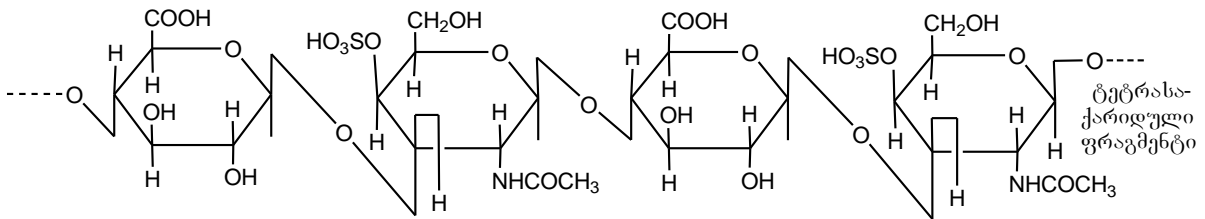
მეტა-დიეთილტოლუამიდი

შერეული ბიოპოლიმერები

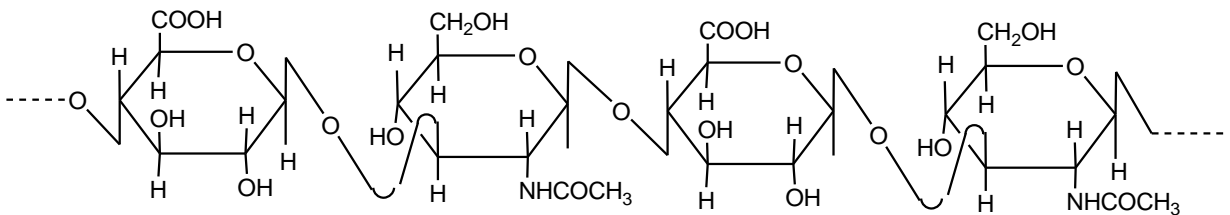
შერეულ ბიოპოლიმერებს მიეკუთვნება ჰეტეროპოლისაქარიდები და გლიკოპროტეინები. ჰეტეროპოლისაქარიდებში შედის: შემაერთებული ქსოვილის პოლისაქარიდები, პროტეოგლიკანები, პეპტიდოგლიკანები, ბაქტერიის უჯრედული კედლის პოლისაქარიდები.

შემაერთებული ქსოვილის პოლისაქარიდები. განსაკუთრებულ ინტერესს იწვევს პროტეოგლიკანები, რომლებიც აშენებულია ცილების (5%) და პოლისაქარიდებისაგან (85%). მათგან კარგად არის შესწავლილი ქონდროიტინსულფატები, ჰიალურონმუჟა და ჰეპარინი. ყველა აღნიშნული პოლისაქარიდი აგებულია დისაქარიდული ფრაგმენტებისაგან, რომელთა შედგენილობაში შედის ურონმუჟა და N-აცეტილჰექსოზამინი. ზოგიერთი მათგანი შეიცავს ასევე გოგირდმუჟას ნაშთს (ცხრილი 16). შემაერთებული ქსოვილის პოლისაქარიდებს ზოგჯერ უწოდებენ მუკოპოლისაქარიდებს (წარმოდგება ლათ. სიტყვიდან mucus – ლორწო), ისინი შეიცავენ კარბოქსილის ჯგუფს და სულფოჯგუფს.

ქონდროინსულფატებში N-აცეტილირებული ქონდროზინის დისაქარიდული ფრაგმენტები ერთმანეთთან შეერთებულია β-1,4-გლიკოზიდური ბმებით. ქონდროზინის შემადგენლობაში შედის β-1,3-გლიკოზიდური ბმით ერთმანეთთან დაკავშირებული D-გლუკონმუჟა და D-გალაქტოზამინი. ამ უკანასკნელის მე-4 ან მე-6 ნახშირბადატომთან მდებარე ჰიდროქსილის ჯგუფი ეთერიფიცირებულია გოგირდმუჟით. ამის მიხედვით არჩევენ ქონდროიტინ-4-სულფატს ან ქონდროიტინ-6-სულფატს. ქონდროიტინსულფატების მოლეკულური მასა მერყეობს 10000-60000 ფარგლებში.



ქონდროიტინ-4-სულფატი



ჰიალურონმუჟა

მუკოპოლისაქარიდების სტრუქტურული ერთეულები

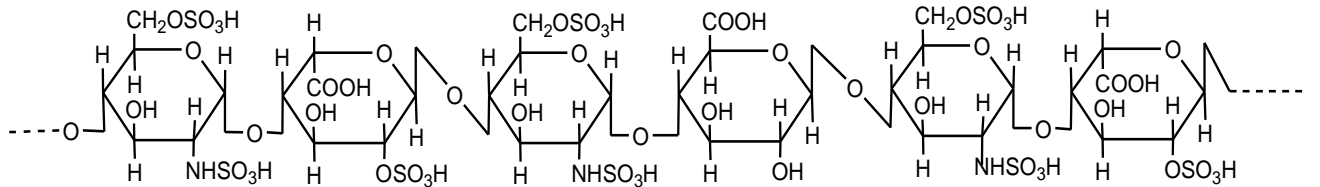
მუკოპოლისაქარიდი	სტრუქტურული ერთეულები
ჰიალურონის მჟავა ქონდროიტინ გოგირდის მჟავა ჰეპარინი ქიტინი	β-გლუკურონის მჟავა, N-აცეტილ-β-გლუკოზამინი β-გლუკურონის მჟავა, N-აცეტილგალაქტოზამინი, გოგირდმჟავა α-გლუკურონის მჟავა, α-გლუკოზამინი, გოგირდმჟავა N-აცეტილ-D-გლუკოზამინი

ქონდროიტინსულფატის ჯაჭვის ბოლოში ტეტრასაქარიდული ფერმენტია მოთავსებული. იგი შედგება თანმიმდევრულად განლაგებული D-გლუკურონმჟავის, ორი D-გალაქტოზისა და D-ქსილოზის ნაშთებისაგან, რომელიც 0-გლიკოზიდური ბმით უკავშირდება ამინმჟავა სერინით დაბოლოებულ პოლიპეპტიდის მოლეკულას და წარმოიქმნება შერეული ბიოპოლიმერი-პროტეოგლიკანი. ქონდროიტინსულფატები თავისუფალი სახით არ გვხვდება. ის დიდი რაოდენობითაა ხრტილში. ცილებთან დაკავშირებით მიიღება ქონდრომუკოიდები. ჰიალურონის მჟავა ჭარბადაა თვალის მინის სხეულში, სინოვიალურ სითხეში, ავთვისებიან სიმსივნეებში და ბაქტერიების კაპსულებში. ჰიალურონის მჟავას მოლეკულური მასა 2 და 7 მილიონის ფარგლებში მერყეობს.

ჰიალურონის მჟავას β-1,4-გლიკოზიდური ბმებით ერთმანეთთან დაკავშირებული დისაქარიდული ფრაგმენტები შედგება D-გლუკურონმჟავისა და N-აცეტილ-D-გლუკოზამინის ნაშთებისაგან, რომლებიც თავის მხრივ, ერთმანეთთან დაკავშირებულია β-1,3-გლიკოზიდური ბმებით. ამ ჰეტეროპოლისაქარიდის ხსნარი დიდი სიბლანტით გამოირჩევა, რაც უზრუნველყოფს შემაერთებელი ქსოვილის ბარიერულ ფუნქციას. შემაერთებელ ქსოვილში ჰიალურონის მჟავა არაუჯრედული ნივთიერების ძირითადი კომპონენტია. ეს უელატინის მაგვარი ნივთიერება ქსოვილებში ავსებს უჯრედშორის სივრცეს.

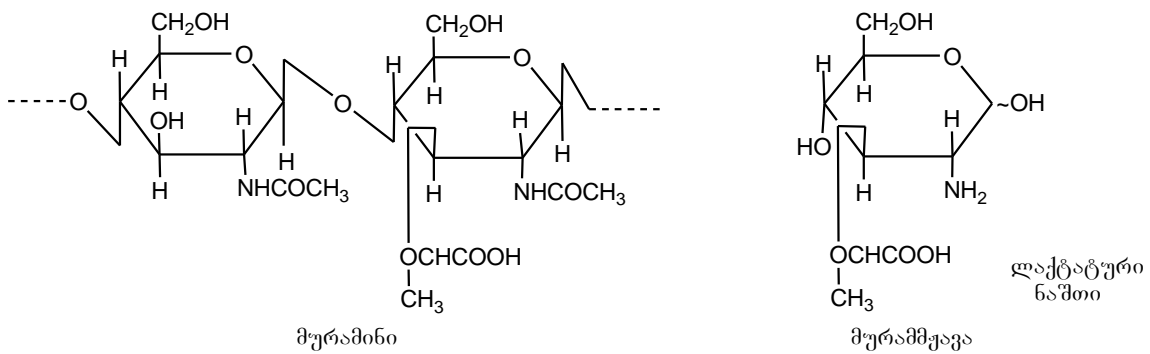
ჰეპარინის დისაქარიდული ფრაგმენტი შეიცავს D-გლუკოზამინისა და D-გლუკურონმჟავის ან L-იდურონმჟავის ნაშთებს. რაოდენობრივი თვალსაზრისით ჭარბობს L-იდურონმჟავა. დისაქარიდული ფრაგმენტის შიგნით მყარდება α-1,4-გლიკოზიდური ბმა, ხოლო დისაქარიდულ ფრაგმენტებს შორის კი α-1,4-(როცა ფრაგმენტი მთავრდება L-იდურონის მჟავის ნაშთით) ან β-1,4-(როცა ფრაგმენტი მთავრდება D-გლუკურონმჟავის ნაშთით) ბმები. გლუკოზინამინების ნაშთების დიდი უმრავლესობა სულფატირებულია, ხოლო მცირე ნაწილი კი აცეტილირებული. გარდა ამისა, სულფოჯგუფები გვხვდება L-იდურონმჟავის მე-2 ნახშირბად ატომთან და გლუკოზამინების მე-6 ნახშირბადატომთან, ხოლო D-გლუკურონმჟავის ნაშთები კი არ არის სულფატირებული. ჰეპარინის მოლეკულური მასა 16000-20000 ფარგლებში მერყეობს. ჰეპარინი ხელს უშლის სისხლის შედედებას. პოლისაქარიდის უცვლელი სახით გამოყოფა შესაძლებელია მჟავას ზემოქმედებით ან ცილის ფერმენტული დაშლით.

ჰეპარინი პროტეინებთან ნაერთის სახით გვხვდება გულში, კუნთებში, ღვიძლში და ძუძუმწოვართა სხვა ქსოვილებში. იგი ახანგრძლივებს სისხლის შედედებისათვის საჭირო დროს და მედიცინაში გამოიყენება ანტიკოაგულანტად.



ჰეპარინი

ბაქტერიის უჯრედული კედლის პოლისაქარიდი. მას მიეკუთვნება მურამინი. მურამინის (ლათ. murus-კედელი) არაგანშტოებული ჯაჭვი თანმიმდევრობით განლაგებული N-აცეტილგლუკოზამინისა და N-აცეტილმურამმუჟავის ნაშთებისაგან შედგება. თავის მხრივ მურამმუჟავა წარმოადგენს D-გლუკოზამინს, რომელიც მე-3 ნახშირბადის ატომთან ეთერიფიცირებულია რძემუჟავით. უჯრედული კედელი მურამინის შეიცავს ნახშირწყლოვან-ცილოვანი კომპლექსის მურეინის შემადგენლობაში.

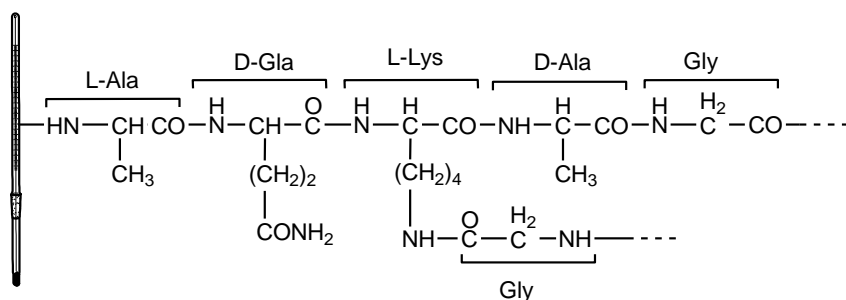


ფერმენტ ლიზოციმს შეუძლია გახლიხოს მურამინის პოლისაქარიდული ჯაჭვი, რაც საფუძვლად უდევს მის ანტიბაქტერიულ მოქმედებას.

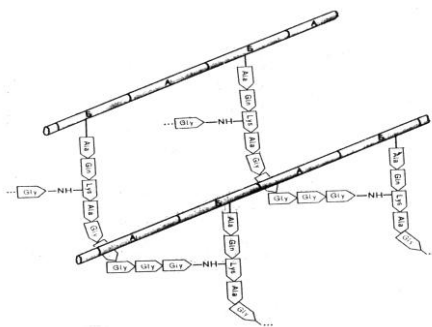
პეპტიდოგლიკანები. პეპტიდოგლიკანებიდან აღსანიშნავია მურეინი. ის ბაქტერიათა ნახშირწყალ-ცილოვანი კომპლექსია და წარმოადგენს ბაქტერიის უჯრედული კედლის სამშენებლო მასალას. მის შემადგენლობაში შედის მურამინი.

მურეინი მიეკუთვნება პეპტიდოგლიკანებს, ვინაიდან შეიცავს ძალიან მოკლე პეპტიდურ ჯაჭვს, სადაც თითოეული ლაქტანური ნაშთის კარბოქსილური ჯგუფი დაკავშირებულია ამიდური ჯგუფით L-ალანინის ტეტრაპეპტიდური ჯაჭვის NH₂-ჯგუფთან (სურ.19). თითოეული ტეტრაპეპტიდი დაკავშირებულია სხვა მურამინის ჯაჭვის ერთ ტეტრაპეპტიდურ ჯაჭვთან. ბმა ხორციელდება პეპტიდური “ხიდის” საშუალებით, რომელიც შედგება 5 გლიცინის ბირთვისაგან. ეს ხიდი აკავშირებს ერთი პოლისაქარიდული ჯაჭვის L-ლიზინის ტეტრაპეპტიდულ ნაშთს, მეორე პოლისაქარიდული ჯაჭვის D-ალანინის ტეტრაპეპტიდის ბოლო ნაშთთან (სურ.20), რის შედეგად წარმოიქმნება ბადისებრი სტრუქტურა, რომელსაც არა აქვს წყვეტილები. ამ მკაცრ ჩონჩხს, რომლითაც შემოფარგლულია ბაქტერიალური უჯრედი, ეწოდება მურეინის ტომარა.

სურ. 19

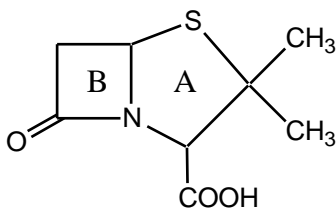


მურეინის ტეტრაპეპტიდური ჯაჭვის აგებულება



მურეინის ბადისებრი სტრუქტურა

ფერმენტ ლიზოციმს აქვს უნარი გახლიჩოს მურამინის პოლისაქარიდული ჯაჭვი, რაც საფუძვლად უდევს მის ანტიბაქტერიულ მოქმედებას. მურეინის პოლისაქარიდული ჯაჭვის გლიკოზიდური ბმების ჰიდროლიტური განტოტვა წარმოადგენს ბაქტერიალური უჯრედის კედლის დანგრევის მიზეზს, რაც შეადგენს ლიზოციმის ანტიბაქტერიალური მოქმედების ქიმიურ საფუძველს. ანტიბაქტერიალური მოქმედებით ხასითდება ასევე პენიცილინი.



პენიცილანმჟავა

პენიცილინები ამუხრუჭებენ ბოლო საფეხურზე ბაქტერიული უჯრედული კედლის პეპტიდგლიკანურ სტრუქტურას. ფრაგმენტის ასეთი ბლოკირება იწვევს უჯრედული ბაქტერიალური კედლის აგების პროცესის დარღვევას, რაც იწვევს ბაქტერიების სიკვდილს.

გლიკოპროტეინები

გლიკოპროტეინები ცილის მოლეკულასთან კოვალენტური ბმით დაკავშირებულ ოლისაქარიდის ნაშთს შეიცავს. ისინი ფართოდ არიან გავრცელებული ბუნებაში. გლიკოპროტეინებს მიეკუთვნება: დიფტერიის საწინააღმდეგო შრატის მნიშვნელოვანი კომპონენტები (იმუნოგლობულინები, ტრანსფერინები), სისხლის ჯგუფური ნივთიერებები, რომლებიც განსაზღვრავენ ადამიანებში და ცხოველებში კუთვნილ ჯგუფურ სისხლს, ვირუსების ანტიგენები (გრიპი, ენცეფალიტი), ზოგიერთი ჰორმონები, ლექტინები, ფერმენტები.

გლიკოპროტეინებს მიეკუთვნება სისხლის ჯგუფური შემცველობის განმსაზღვრელი ნივთიერებები, რომელიც გასათვალისწინებელია სისხლის გადასხმის დროს. ამ ნივთიერებების სტრუქტურულ საფუძველს შეადგენს პოლიპიპტიდური ჯაჭვი, რომელთანაც მიერთებულია 55 ოლიგოსაქარიდული ჯაჭვი საშუალოდ 21-23 ამინომჟავური ნაშთისაგან შემდგარი. ნახშირწყლოვანი და პეპტიდური ნაწილი ერთმანეთთან დაკავშირებული არიან გლიკოზიდური ბმებით, რომელშიც მონაწილეობს სერინის და ტრეონინის ჰიდროქსილური ჯგუფის ნაშთები.

ოლიგოსაქარიდული ჯაჭვი ხასიათდება არაადრევილ ბოლოებში განსაზღვრული თანამიმდევროებით განლაგებული 3-5 მონოსაქარიდული ბირთვის არსებობით და სწორედ ეს კიდურები, რომელსაც ეწოდება დეტერმინანტები, განსაზღვრავენ სისხლის ჯგუფურ სპეციფიურობას.

სისხლის ჯგუფის სამი სისტემა არსებობს: A, B, 0. დეტერმინანტული მონოსაქარიდების A-სისტემას ემსახურება N-აცეტილგალაქტოზამინი, B-სისტემას D-გალაქტოზა, სისტემა O(H)-ს ემსახურება L-ფუკოზა. დეტერმინანტების შეცვლით იცვლება სისხლის ჯგუფი. მაგალიათ, 70-იან წლებში *in vitro*-ს ექსპერიმენტში ნაჩვენები იყო, რომ ერთორციტების დამუშავების შედეგად B-დეტერმინანტით, ფერმენტ გალაქტოზიდაზას მოწყდა გალაქტოზას ნაშთი და B-დეტერმინანტი გარდაიქმნა O(H) – დეტერმინანტად, რის შემდეგ III ჯგუფის სისხლიდან (ერთორციტები) მიღებულ იქნა I-ლი ჯგუფის სისხლი. ანტიგენური დეტერმინანტები შედის არა მარტო გლიკოპროტეინების, არამედ გლიკოლიპიდების შემადგენლობაში, რაც ადასტურებს იმას, რომ ორგანიზმის დამცველი ფუნქციის როლს ასრულებენ ნახშირწყლები.

გლიკოპროტეინებს მიეკუთვნება მუცინები. ისინი გამომუშავდებიან ორგანიზმის სხვადასხვა ქსოვილების მიერ და წარმოქმნიან ბლანტ ხსნარებს. ამის მაგალითს წარმოადგენს ცრემლები, ნაწლავეების და ბრონქების ჯირკვლები. მუცინები ასრულებენ მზეთავის როლს, ამასთანავე იცავენ ქსოვილს დაზიანებისაგან.

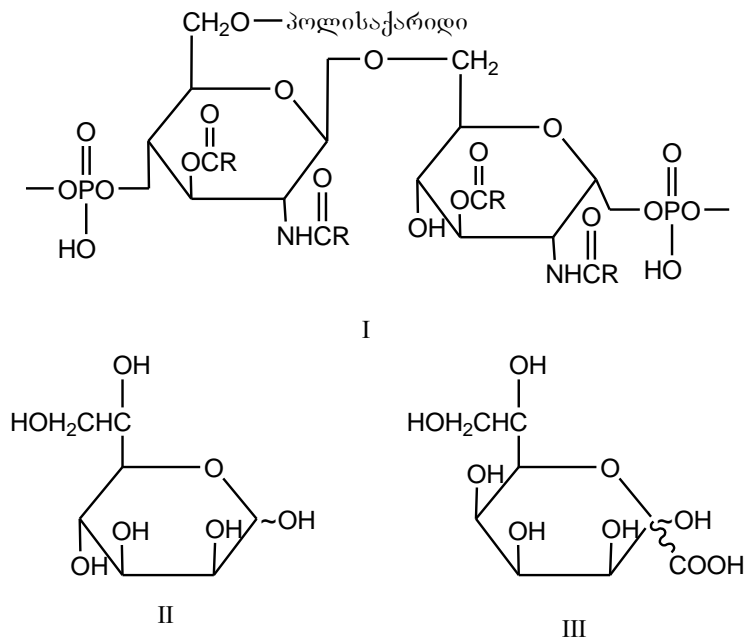
მუცინების აგებულება შესწავლილ იქნა ა. გოტშალკოს მიერ. მან გლიკოპროტეინების ნახშირწყლოვანი სტრუქტურა განიხილა ცხვირის ყბისქვეშა ჯირკვლის მუცინის მაგალითზე. ყბისქვეშა ჯირკვლის მუცინებისათვის დამახასიათებელია O-გლიკოზიდური ჯაჭვის დიდი რიცხვი, რომელიც შეიცავს გალაქტოზას ნაშთს, N-აცეტილგალაქტოზამინს, N-აცეტილნეირამინის მჟავას და ფუკოზას.

ლიპოპოლისაქარიდები

ლიპოპოლისაქარიდები შერეული ბიოპოლიმერებია, რომლებიც შეიცავენ პოლისაქარიდულ ნაწილთან კოვალენტური ბმით დაკავშირებულ ლიპიდურ ნაშთს.

ლიპოპოლისაქარიდები დამახასიათებელია მიკროორგანიზმებისათვის. განსაკუთრებით კარგად არის შესწავლილი გრამუარყოფითი ბაქტერიების, კერძოდ ენტერობაქტერიების (შედის ნაწლავებში) ლიპოპოლისაქარიდები. გრამუარყოფითი ბაქტერიების ლიპოპოლისაქარიდების ბიოსინთეზი მიმდინარეობს ციტოპლაზმურ მემბრანაზე. საწყის საფეხურზე ხდება ლიპიდის წარმოქმნა და 3-ჰიდროქსილაკანის მუავას ამინჯგუფის აცილირება, რის შედეგადაც ხდება 3-დეზოქსი-D-მანო-ოქტულოზანის მუავას ნაშთის და არაჰიდროქსილირებული ცხიმოვანი მუავების გადატანა.

ლიპოპოლისაქარიდების მოლეკულაში გამოიყოფა 3 სხვადასხვა სტრუქტურული უბანი: ლიპიდი A (I), ოლიგოსაქარიდული ნაწილის ცენტრი და სპეციფიური პოლისაქარიდი. ლიპიდი A ლიპოპოლისაქარიდის კონსერვატორული ნაწილია, მის ძირითად ნაწილს შეადგენს დისაქარიდი, რომელიც აგებულია D-გლუკოზამინის ორი β-1,6 ბმით დაკავშირებული ნაშთისაგან და 1,4' მდგომარეობაში მყოფი ფოსფატური ჯგუფისაგან (I). ორივე ამინ-ჯგუფი და ჰიდროქსილური ჯგუფების ნაწილი აცილირებულია უმაღლესი ცხიმოვანი მუავებით (C₂₆-მდე). ოლიგოსაქარიდული ნაწილის წარმომქმნელი მონოსაქარიდები არის ორი სახის: შინაგანი, რომელიც შედგება უმაღლესი შაქრების 2-დან 6-მდე ნაშთის (L-გლიცერო-D-მანო-ჰეპტოზა II და 3-დეზოქსი-D-მანო-ოქტულოზინის მუავა (III) და გარეგანი, რომელშიც შედის ჰექსოზის ნაშთები, რომელთაც დაკავშირებულია სპეციფიკური პოლისაქარიდები. როგორც წესი, ის წარმოადგენს რეგულარულ ჰომო - ან ჰეტეროპოლიმერს, რომლებიც აგებულია განმეორებადი ოლიგოსაქარიდული (რომელიც შეიცავს 2-დან 6-მდე მონოსაქარიდულ ნაშთს) ან მონოსაქარიდული ბირთვებისაგან.



ლიპოპოლისაქარიდი

ლიპოპოლისაქარიდები ასრულებენ მთავარ როლს ბაქტერიების ცხოვრებაში. ისინი მონაწილეობენ ტრანსპორტში, რომელიც ხორციელდება მემბრანის გზით. ლიპიდი A, რომელიც მდებარეობს პროტეინებთან მჭიდრო ასოციაციაში, განაპირობებს შინაგანი მემბრანების სტაბილურობას და მთლიანობის შენარჩუნებას.

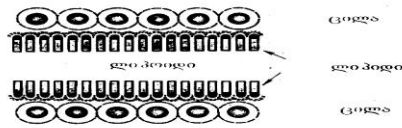
ბიოლოგიური მემბრანის მოლეკულური ორგანიზაცია

უჯრედის ცოცხალი შიგთავსი პროტოპლაზმა გარემოსაგან გამოყოფილია პლაზმური მემბრანით. უჯრედის შიგთავსის მაღალი მოწესრიგებულობა მიიღწევა მისი მოცულობის კომპარტმენტალიზაციის მეშვეობით ანუ მისი დაყოფით განსხვავებული ქიმიური შედგენილობის განყოფილებებად. კომპარტმენტალიზაცია ნივთიერებების და პროცესების დაყოფას იწვევს უჯრედში. კომპარტმენტალიზაციაში დიდი როლი ენიჭება ბიოლოგიურ მემბრანებს. უჯრედული მემბრანები მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ. ისინი გამოყოფენ უჯრედის შიგთავსს გარემოსგან, არეგულირებენ ნივთიერებათა ცვლას უჯრედსა და გარემოს შორის და ყოფენ უჯრედებს კომპარტამენტებად, რომლებიც განკუთვნილია ამა თუ იმ პროცესებისათვის.

გასული საუკუნიდან ცნობილია, რომ უჯრედული მემბრანები იქცევიან ისე, როგორც ნახევრად განვლადი მემბრანები, რომლებსაც შეუძლიათ გაატარონ მხოლოდ წყალი და სხვა მცირე მოლეკულები. უჯრედულ მემბრანებს ახასიათებს შერჩევითი განვლადობა; მათში ნელა დიფუნდირებს გლუკოზა, ამინმჟავები, ცხიმოვანი მჟავები, გლიცერინი და იონები, მაგრამ ორგანული გამსხნელები (სპირტი, ქლოროფორმი, ეთერი) უფრო სწრაფად აღწევენ მემბრანაში. ეს მოწმობს იმას, რომ მემბრანები შეიცავენ ლიპიდებს. ლიპიდები მემბრანებში ფოსფოლიპიდებით, გლიკოლიპიდებით და სტეროლებით არიან წარმოდგენილი.

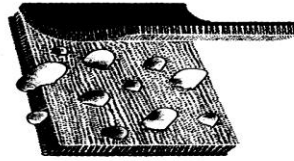
1935 წელს დევსოვმა და დანიელმა გამოთქვეს მოსაზრება, რომ უჯრედულ მემბრანებში ორ ცილოვან შრეს შორის ორმაგი ლიპიდოვანი ბიშრე არის მოქცეული (სურ.14). ელექტრონული მიკროსკოპის გამოყენებით შესაძლებელი გახდა მემბრანის აგებულების გაცნობა. ამასთან ნაჩვენები იქნა, რომ, როგორც მცენარეული ისე ცხოველური უჯრედების პლაზმურ მემბრანას აქვს სამშრიანი (ტრილამინარული) სტრუქტურა. მემბრანის სისქე 7,5 ნმ-ია. განსაკუთრებით ნაყოფიერი აღმოჩნდა მემბრანული სტრუქტურების შესწავლაში გაყინვის მეთოდის შემოღება (სურ. 21). ამ მეთოდის ღირსება ის არის, რომ მყისიერი გაყინვის გამო მემბრანები ცოცხლად არიან შენარჩუნებული და მასში ნაწილაკების, განსაკუთრებით ცილების არსებობა ვლინდება. ცილები ჩაძირულია ლიპიდოვან ბიშრეში, ზოგჯერ კი მთლიანად გადიან მემბრანაში. 1972 წელს სინჯერმა და ნიკოლსონმა წარმოადგინეს მემბრანის თხევადმოზაიკური მოდელი, რომლის თანახმად ლიპიდოვან თხევად ბიშრეში მოცურავე ცილოვანი მოლეკულები წარმოქმნიან თითქოსდა თავისებურ მოზაიკას. ამ მოდელში ლიპიდოვანი ბიშრე განიხილება როგორც ელემენტარული მემბრანა, მაგრამ იგი წარმოდგენილია როგორც დინამიური სტრუქტურა. ცილები ცურავენ ლიპიდურ “ზღვაში” როგორც კუნძულები, ზოგჯერ თავისუფლად, ზოგჯერ მიმაგრებით. მათ იკავებს ციტოპლაზმაში შეღწეული მიკროფილამენტები. ლიპიდებსაც შეუძლიათ გადანაცვლება, თავიანთი მდებარეობის შეცვლით. (სურ. 22). ვარაუდობენ, რომ ცილოვან მოლეკულებში ან მეზობელ ცილოვან მოლეკულებს შორის არის ჰიდროფილური არსები ანუ ფორები. ეს ფორები მსჭვალავენ მემბრანას და ამ ფორებით მემბრანაში შეუძლიათ შესვლა პოლარულ მოლეკულებს, რომლებსაც მემბრანის ლიპიდური კომპონენტები არ ატარებს.

სურ. 21.



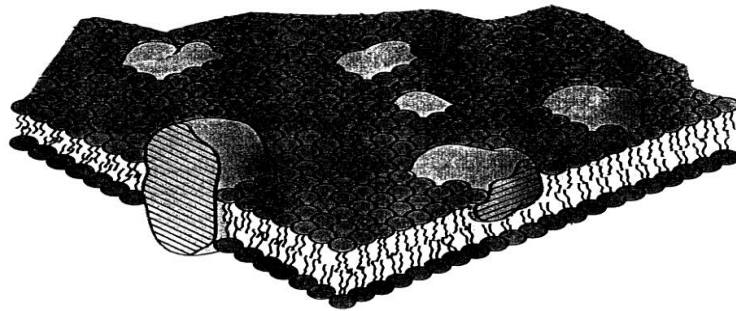
დანელ დევისონის მოდელი

სურ. 22.



გაეინევის მეთოდი

რ 23.



სინჯერ-ნიკოლსონის თხევადმოზაიკური მოდელი

მემბრანებში არის ფერმენტული ცილები – სპეციფიკური რეცეპტორები, ელექტრონების გადამტანები, ენერჯის გარდამქმნელები, რომლებიც მონაწილეობენ ფოტოსინთეზსა და სუნთქვაში. გარდა ამისა მემბრანებში არის გლიკოპროტეინები. მათ თავისუფალ ზედაპირზე აქვთ გლიკოზიდური ჯგუფები – განტოცილი ოლისაქარიდული ჯაჭვები, რომლებიც “ანტენებს” მოგვაგონებენ. ეს “ანტენები” შედგებიან რამდენიმე მონოსაქარიდული ნაშთისაგან. აქვთ მრავალფეროვანი კონფორმაცია.

ლიპიდები მემბრანებში წარმოდგენილია ფოსფოლიპიდებით, გლიკოლიპიდებით და სტეროლებით. მემბრანული ლიპიდების შედგენილობა ცვალებადია და ეს გავლენას ახდენს მის თხევად მდგომარეობაზე და განვლადობაზე. მემბრანული ლიპიდები თავისი კონსისტენციით ზეითუნის ზეთს მოგვაგონებენ. უჯერ ლიპიდებს ნახშირწყლოვანი კუდებში აქვთ ე.წ. “ტეხილები”. ისინი უშლიან მოლეკულებს მკვირვ განლაგებას და მემბრანები უფრო ფაშარი, თხევადი ხდებიან. მის თხევად მდგომარეობას გარკვეულ წილად არეგულირებს ლიპიდი ქოლესტეროლი. მემბრანის აქტივობა დამოკიდებულია მემბრანის თხევად მდგომარეობაზე. ასევე ამაზე დამოკიდებული ცალკეული მემბრანების ერთმანეთთან შერწყმის სიადვილე, მემბრანებთან დაკავშირებული ფერმენტების აქტივობა, ცილების ტრანსპორტი. მგვარად, უჯრედული მემბრანა შეიძლება ასე დავახასიათოთ.

1. სხვადასხვა სახის მემბრანა განსხვავდება სისქით, მაგრამ ძირიდან მისი სისქე 5-10ნმ.
2. მემბრანები ლიპოპროტეინული სტრუქტურებია (ლიპიდი+ცილა). ზოგიერთ ლიპიდურ და ცილოვან მოლეკულებთან გარეთა ზედაპირზე შეერთებულია ნახშირწყლოვანი კომპონენტები (გლიკოზიდური ჯგუფები).
3. ლიპიდები სპონტანურად წარმოქმნიან ბიშრეს. ეს აიხსნება იმით, რომ მათ მოლეკულას აქვს პოლარული თავები და არაპოლარული კუდები.
4. მემბრანული ცილები ასრულებენ სხვადასხვა ფუნქციას.
5. გლიკოზიდური ჯგუფები დაკავშირებულია გამოცნობის მექანიზმთან.

6. მემბრანის ორი მხარე შეიძლება განსხვავდებოდეს ერთმანეთისაგან შედგენილობით და თვისებებით.
7. მემბრანული ლიპიდები და ცილები სწრაფად დიფუნდირებენ მემბრანის სიბრტყეში.

ტრანსპორტი მემბრანის გზით. ბიოლოგიური მემბრანის ძირითადი ფუნქცია არის სხვადასხვა ნივთიერებების და იონების შერჩევითი ტრანსპორტი. სწორედ მრავალრიცხოვანი ტრანსპორტული მემბრანული კომპლექსის ფუნქციონირება, მკაცრად კოორდინირებული გარემოსა და დროში, აქცევს უჯრედს – სავსებით სრულყოფილი დინამური სისტემის ცოცხალი მატერიის ელემენტარულ რგოლად.

მემბრანაში ნივთიერებების ტრანსპორტი უზრუნველყოფს უჯრედის შიგთავსის ნეიტრალურ რეაქციას. იგი აწვდის უჯრედს საკვებ ნივთიერებებს, როგორც ენერჯის წყაროს და “ნედლეულს” უჯრედული კომპონენტების წარმოსაქმნელად. მასზეა დამოკიდებული უჯრედიდან ტოქსიკური ცვლის პროდუქტების გამოყოფა, სხვადასხვა სასარგებლო ნივთიერებების სეკრეცია, ნერვული და კუნთოვანი აქტივობისათვის საჭირო იონური გრადიენტების შექმნა.

არსებობს უჯრედში ნივთიერებების შეღწევის ოთხი ძირითადი მექანიზმი – დიფუზია, ოსმოსი, ფილტრაცია, აქტიური და პასიური ტრანსპორტი, ეკზო და ენდოციტოზი. სამი პირველი პროცესი პასიურია, ე.ი. არ მოითხოვს სპეციალური ენერჯის ხარჯვას, ორი ბოლო კი აქტიური პროცესია – ისინი დაკავშირებული არიან ენერჯის ხარჯვასთან. აქტიური ტრანსპორტი – ეს არის ენერჯის მოხმარებასთან შეუღლებული მოლეკულების ან იონების გადატანა მემბრანაში კონცენტრაციის გრადიენტის საპირისპიროდ. ენერჯია საჭიროა იმისათვის, რომ ნივთიერებამ იმოძრაოს თავისი ბუნებრივი დიფუზიის საწინააღმდეგო მიმართულებით. ეს მოძრაობა ჩვეულებრივ ერთმიმართულებიანია, მაშინ როცა დიფუზია შექცევადი ხასიათისაა. უფრო ზუსტად იონების აქტიური ტრანსპორტი ეს არის მათი გადანაცვლება ელექტროქიმიური გრადიენტის საპირისპიროდ. პასიური ტრანსპორტი განისაზღვრება გადატანი აგენტის განსხვავებული კონცენტრაციით მემბრანის ურთიერთსაწინააღმდეგო მხარეს ან ველის მიმართულებით. ორივე შემთხვევაში, უნდა არსებობდეს მოცემული ნივთიერების ან იონის სელექტური გადატანის მექანიზმი, ვინაიდან თავად ლიპიდური მემბრანა ასეთი სახით აგენტებისათვის შეუღწევადია. უჯრედებში პლაზმური მემბრანის ორ ზედაპირს შორის შენარჩუნებულია პოტენციალთა სხვაობა ანუ ელექტრული მუხტი. ამავე დროს ყველა შესწავლილ უჯრედში უჯრედის შიდა შიგთავსი უარყოფითად არის დამუხტული გარემომცველი გარემოს მიმართ. ამიტომ კათიონები ჩვეულებრივ ისწრაფვიან უჯრედისაკენ, ხოლო ანიონები კი უჯრედიდან განიზიდებიან. ამასთან მათი შეფარდებითი კონცენტრაციები უჯრედის შიგნით და მის გარეთ გარკვეულ როლს ასრულებს ანუ იონების დიფუნდირების მიმართულება დამოკიდებულია კონცენტრაციაზე. უჯრედგარეთა და უჯრედშიდა სითხეებში იონებიდან ჭარბობს Na^+ , K^+ და Cl^- იონები. ნატრიუმი აქტიურად გამოიქაჩება უჯრედიდან, ხოლო კალიუმი აქტიურად იტუმბება უჯრედში.

დადგენილია, რომ უმრავლესობა უჯრედების პლაზმურ მემბრანაში მოქმედებს ნატრიუმის ტუმბო, რომელიც აქტიურად ქაჩავს ნატრიუმის უჯრედიდან. კალიუმის ტუმბო აქტიურად შთანთქავს კალიუმის იონებს გარემოდან და გადააქვს იგი უჯრედში. ასეთ გაერთიანებულ ტუმბოს უწოდებენ ნატრი-კალიუმის ტუმბოს.

Na^+ და K^+ -ის ტუმბო შესწავლილია ცხოველურ უჯრედებში, იგი მოძრაობაში მოდის ატფ-ით. მის მნიშვნელობაზე მეტყველებს ის ფაქტი, რომ მოსვენებულ მდგომარეობაში ცხოველური უჯრედის მიერ მოხმარებული ატფ-ის მესამედზე მეტი იხარჯება Na და K -ის ამოქაჩვაზე. ეს აუცილებელია უჯრედის მოცულობის (ოსმორეგულაცია), ნერვულ და კუნთოვან უჯრედებში ელექტრონული აქტივობის შესანარჩუნებლად და შაქრების, ამინმჟავების ტრანსპორტირებისათვის. K -ის მაღალი კონცენტრაციები საჭიროა ცილის სინთეზისათვის, გლიკოლიზისა და ფოტოსინთეზისათვის.

ტუმბო ეს არის განსაკუთრებული ცილა, რომელიც ისეა ლოკალიზებული მემბრანაში, რომ მთელ მის სისქეს აღწევს. მემბრანის შიდა მხრიდან მასთან მიდის ნატრიუმი და ატფ, ხოლო გარეთა მხრიდან – კალიუმი. მემბრანაში ნატრიუმისა და კალიუმის გადატანა ხორციელდება ამ ცილის კონფორმაციული ცვლილებების შედეგად. ცილა მოქმედებს როგორც ფერმენტი ატფ-აზა, რომელიც აკატალიზებს ატფ-ის ჰიდროლიზს ენერჯის გამონთავისუფლებით, რასაც მოძრაობაში მოჰყავს ტუმბო. ენდო- და ეგზოციტოზი ეს ორი აქტიური პროცესია, რომელთა საშუალებით ტრანსპორტირდება სხვადასხვა მასალა მემბრანის გავლით უჯრედის შიგნით (ენდოციტოზი) ან უჯრედიდან გარეთ (ეგზოციტოზი).

ეგზოციტოზი არის ენდოციტოზის საპირისპირო პროცესი. ამ გზით სხვადასხვა მასალა გამოდის უჯრედიდან: საჭმლის მომწელებელი ვაკუოლიდან იდევნება დარჩენილი მოუნელებელი მკვრივი ნაწილაკები, ხოლო ჯირკვლოვანი უჯრედებიდან გამოიყოფა მათი თხევადი სეკრეტი.

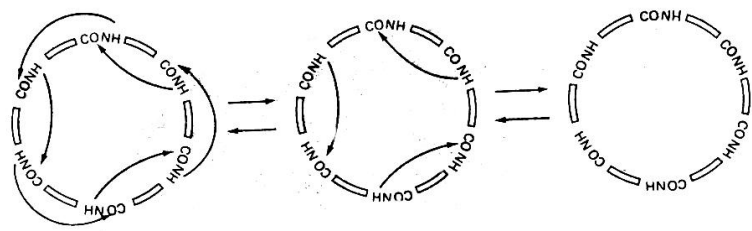
იონოფორები. ნივთიერებების და იონების გადატანა ბიოლოგიური მემბრანის გავლით ხდება ორი გზით: ე.წ. გადამტანების ან არხების საშუალებით. გადამტანების ქვეშ იგულისხმება სპეციფიკური მოლეკულა ან მათი ჯგუფი, რომელიც უკავშირდება ტრანსპორტირებულ აგენტს მემბრანის ერთ მხარეს და კომპლექსის სახით გადააქვს ის ჰიდროფობული ზონის გავლით.

ბიოლოგიური მემბრანის გავლით იონთა ტრანსპორტი გადამტანების მექანიზმით აღმოჩენილ იქნა ბ. პრესმანის მიერ 1964 წელს. ამ გადამტანების როლში მან გამოიყენა ზოგიერთი ანტიბიოტიკი, რომელსაც იონოფორები უწოდა. მემბრანული იონოფორების კლასიკური წარმომადგენელია ანტიბიოტიკი – ვალინომიცინი.

ვალინომიცინი გამოყოფილ იქნა გ. ბროკმანის მიერ 1955 წელს. მისი აგებულება საბოლოოდ დადგენილ იქნა მ. შემიაკინის და მისი თანამშრომლების მიერ 1963 წელს.

ვალინომიცინის მოლეკულა აგებულია სამი იდენტური ფრაგმენტისაგან. თითოეულ მათგანში შედის D-ვალინის, L-რემქავის, L-ვალინის და D-ჰიდროქსი-ზოვალერიანის მუავას ნაშთი. ვალინომიცინს შეუძლია გაზარდოს ლიპიდური ბიშრეს გამტარობა ტუტე მეტალების იონებისათვის. ვალინომიცინი არაპოლარულ გამსხნელებში წარმოქმნის მდგრად K^+ , Rb^+ , Cs კომპლექსებს, მაგრამ ძალიან სუსტად ურთიერთქმედებს Na^+ იონებთან.

ვალინომიცინის კონფორმაცია არაპოლარულ გარემოში მოგვაგონებს სამაჯურს, რომელიც სტაბილიზირებულია ექვსი შიგამოლეკულური წყალბადური ბმებით, უფრო პოლარულ გარემოში ყალიბდება სამი წყალბადური ბმის ფორმა, ხოლო წყალხსნარებში ღია ფორმა.

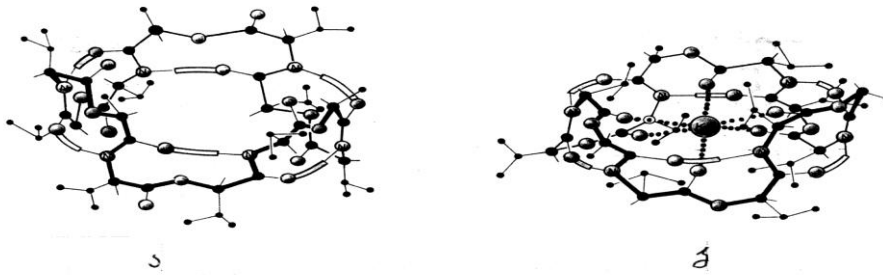


ვალინომიცინის შიგამოლეკულური წყალბადური ბმების სისტემა
 ა) არაპოლარულ გარემოში
 ბ) პოლარულ გარემოში
 გ) წყალში

ვალინომიცინის კონფორმაციაში, რომელიც დადგენილია ბმრ და ი.წ. სპექტროსკოპიით და დადასტურებულია შემდეგ რენტგენოსტრუქტურული ანალიზით, ამიდური კარბონილი მონაწილეობს “სამაჯურის” სტაბილიზაციაში, ხოლო რთულეთერული კარბონილი თავისუფალია (სურ 24^ა). ვალინომიცინის კომპლექსი K^+ -

თან ნებისმიერ გარემოში ინარჩუნებს “სამაჯურის” კონფორმაციას, ამასთან, მეტალის იონი მოთავსებულია მოლეკულის ღრუში და უკავშირდება ექვს რთულ-ეთერულ კარბონილს:

სურ. 24.



ა) ვალინომიცინის კონფორმაცია

ბ) ვალინომიცინის K^+ კომპლექსი

ვალინომიცინის კომპლექსში K^+ იონი აღმოჩნდება კარგად დამალული ანტიბიოტიკის შიგნით, რომელიც საკმაოდ ჰიდროფობულია და უზრუნველყოფს წინააღმდეგობის გარეშე იონის გადაადგილებას ლიპიდური მემბრანის გავლით. ვალინომიცინის იონოფორების ფუნქციონირების პრინციპი უნივერსალური აღმოჩნდა არა მარტო მემბრანული გადამტანებისათვის, არამედ კატალიზატორებისათვისაც, რისთვისაც ეს პრინციპი ფართოდ გამოიყენება დღეს ქიმიკაში და ტექნიკაში, ამიტომ გასაკვირი არ არის, რომ სკულპტურული კომპოზიცია, რომელზეც გამოსახულია მოხდენილი სტრუქტურა ვალინომიცინის კალიუმის კომპლექსის, ალამაზებს ქ. მოსკოვში მ. შემიაკინის სახელობის ბიორგანული ქიმიის ინსტიტუტის შენობას. ვალინომიცინი ფლობს მაღალ ბიოლოგიურ აქტივობას, როგორც ანტიმიკრობული აგენტი.

მემბრანული ტრანსპორტული სისტემა. უჯრედში ძირითად როლს ასრულებს აქტიური ტრანსპორტის მემბრანული სისტემა, რომელსაც ეწოდება ტრანსპორტული ადენოზინტრიფოსფატი. მოქმედების მიხედვით ტრანსპორტული ატფ იყოფა 2 ჯგუფად: H^+ -ატფ-ზა, რომელიც მემბრანასთან დაკავშირებულია ატფ-სინთეზით, და კათიონ-ტრანსპორტული ატფ-ზა, მაგალითად Na^+ , K^+ ატფ-ზა, Ca^{2+} ატფ-ზა და ა.შ.

H^+ ატფ-ზა ანუ შებრუნებული პროტონ-ტრანსლოცირებული ატფ-ზა აჩქარებს დაუხანგული და ფოტოსინთეტიკური ფოსფორილების საბოლოო ეტაპს მიტოქონდრებში, ქლოროპლასტებსა და ბაქტერიებში. პროტონების შებრუნებული ტრანსპორტი, რომელიც ხორციელდება H^+ ატფ-ის საშუალებით, უზრუნველყოფს ატფ-ის სინთეზს ადფ-დან და არაორგანული ფოსფატიდან. ამიტომ ამ ფერმენტს ზოგჯერ უწოდებენ ატფ-სინთეტაზას.

Na^+ , K^+ – აქტივირებული ატფ-ზა აღმოჩენილია ყველა ცხოველურ უჯრედში. განსაკუთრებით დიდია მისი შემცველობა ორგანოებში, სადაც ხორციელდება მარილთა ინტენსიური ცვლა.

ნატრიუმის და კალიუმის იონების კონცენტრაციის გრადიენტი არეგულირებს უჯრედის მთელ მოცულობას, უზრუნველყოფს ნერვული და კუნთოვანი უჯრედების ელექტრულ აღზნებადობას და წარმოადგენს მოძრავ ძალას შაქრების, ამინმჟავების ტრანსპორტირებისათვის უჯრედში. კათიონების ტრანსმემბრანული გრადიენტის კონცენტრაცია წარმოადგენს პლაზმატური მემბრანის Na^+ , K^+ აქტივირებული ატფ-ზას ფუნქციონირების საფუძველს. ეს უჯრედის ენერჯის წარმოებარისთვისაც საჭიროა 40%-მდე წარმოებული ატფ.

აცეტილქოლინური რეცეპტორი. მემბრანულ ცილებს შორის განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს რეცეპტორულ სისტემას, რომელიც პასუხისმგებელია აღზნებულ უჯრედებზე ინფორმაციის გადატანაზე. აღზნებულ (ნერვულ, კუნთოვან ან ჯირკვლოვან) უჯრედებზე ინფორმაციის გადაცემა ხდება სპეციალიზირებული სინაპსის საშუალებით. ნერვული უჯრედის დაბოლოებიდან გამოიყოფა

ნეირომედიატორი, რომელიც მოქმედებს სხვა უჯრედის პოსტსინაპტიკური მემბრანის რეცეპტორებთან. მსგავსი რეცეპტორის კლასიკურ მაგალითს წარმოადგენს აცეტილქოლინური რეცეპტორი (ქოლინრეცეპტორი).

ქოლინრეცეპტორები იყოფა ორ ჯგუფად: ნიკოტინური და მუსკარინული. აცეტილქოლინის დაკავშირებას მუსკარინის რეცეპტორებთან თან სდევს ციკლური ნუკლეოტიდების კონცენტრაციის გაზრდა. ხოლო ნიკოტინურ რეცეპტორთან ურთიერთქმედებას მიყვავართ იონური არხების გახსნამდე და პოსტსინაპტიკური მემბრანის იონური შეღწევადობის შესაბამის ცვლილებამდე. ნატრიუმის იონების სწრაფი სვლით ხდება უჯრედული მემბრანის დეპოლარიზაცია, რაც საბოლოოდ იწვევს კუნთის უჯრედის აღზნებას. შესაბამისად, ნიკოტინური აცეტილქოლინური რეცეპტორის ბიოლოგიური ფუნქცია მთავრდება პოსტსინაპტიკური მემბრანის იონური შეღწევადობის ცვლილებით. ამის შემდეგ აცეტილქოლინი ჰიდროლიზდება აცეტილქოლინესთერაზას საშუალებით ქოლინამდე და რეცეპტორი გადადის საწყის მდგომარეობაში. აცეტილქოლინური რეცეპტორი ლოკალიზებულია სინაპტიკური კონტრაქტების ზონაში ძალიან მაღალი სიმკვრივით, რაც ხელს უწყობს აცეტილქოლინის მოლეკულებს რეცეპტორთან ურთიერთქმედებაში, რათა თავიდან იქნეს აცილებული აცეტილქოლინესთერაზას ჰიდროლიზი.

ნიკოტინური ტიპის აცეტილქოლინის რეცეპტორის წყაროს წარმოადგენს ელექტრული ორგანოები (ელექტროპლასმი) თევზის (სკაროსი), რომელშიც 1 კგ. ქსოვილზე მოდის დაახლოებით 100 მგ. რეცეპტორი, მაშინ როდესაც ძუძუმწოვრების კუნთის ჩონჩხის ქოლინრეცეპტორი 600-ჯერ მცირეა. პირველად აცეტილქოლინური რეცეპტორი გამოყოფილ იქნა 70-იან წლებში პოლიპეპტიდური ნეიროტოქსინების დახმარებით გველის შხამიდან.

ნატრიუმის არხი. ნერვული იმპულსების გატარებისას ნერვული ბოჭკოს მემბრანული პოტენციალის ცვლილება ხორციელდება მემბრანაში Na-ის იონების შეღწევადობის გაძლიერებით. ეს პროცესი ხორციელდება ნატრიუმის არხის საშუალებით, რომელიც მართავს მემბრანულ პოტენციალს. ნერვული იმპულსის გატარებისას ხდება ზოგიერთი ნერვის მემბრანული პოტენციალის დაქვეითება, რაც საკმარისია ნატრიუმის არხის ცილოვანი კომპონენტების კონფორმაციის შესაცვლელად და ღია მდგომარეობაში მის გადასასვლელად. ნატრიუმის იონები შედიან ბოჭკოში და იწვევენ მემბრანის დეპოლარიზაციას, რომელიც ააქტიურებს გვერდით არსებულ არხებს. ნატრიუმის არხის სისტემის გამოკვლევა ძირითადად განხორციელდა ელექტროფიზიოლოგიური მეთოდით და ასევე ნეიროტოქსინების დახმარებით. ბუნებრივი ნეიროტოქსინები სელექციურად მოქმედებენ არხის ცალკეულ კომპონენტებზე.

ნატრიუმის არხის, როგორც ნეიროტოქსინების რეცეპტორების მოლეკულური ორგანიზაციის შესწავლაში დიდი როლი შეასრულეს მეცნიერმა ვ. კატერალამ (აშშ), და მ. დაზდუნსკიმ (საფრანგეთი). არსებობს ნეიროტოქსინების 4 ჯგუფი, რომლებიც სხვადასხვანაირად მოქმედებენ ნატრიუმის არხზე.

1. ტეტრადოტოქსინი და საკსიტოქსინი, რომლებიც სელექტიურად აფერხებენ ნატრიუმის იონების ტრანსმემბრანულ ნაკადს.
2. ბატრახოტოქსინი, აკონიტინი და ვერატრიდინი – მოქმედებენ ნატრიუმის არხის აქტივაციაზე და ასევე მოქმედებენ კომპონენტებთან, რომლებიც ახორციელებენ Na^+ იონების ტრანსპორტს.
3. მორიელის პოლიპეპტიდური ტოქსინები, რომლებიც ანელებენ ინაქტივაციას.
4. ამერიკული მორიელის შხამიდან ზოგიერთი ნეიროტოქსინები, რომლებიც ააქტიურებენ ნატრიუმის არხის პროცესს.

ლიტერატურა

1. Овчинников Ю.А., Бочков А.Ф., Дмитриев Е.А., Усов А.И. Биоорганическая химия. Москва. „Просвещение„. 1987.
2. Кочетков И.К. и др. Химия углеводов. Москва. Издательство „химия„.1967.
3. Овчинников Ю.А. Биология и медицина. Москва. Наука. 1985.
4. Овчинников Ю.А. Основы биохимии. Т.1. Москва. 1981.
5. Гахокидзе Р.А. Успехи химии, 1981, 49, 420.
6. Жданов Ю.А., Корольченко Г.А., Дорофеев Г.И., Гатько Г.Г. ЖОХ, 1969, 69, 1128.
7. ა. გახოკიძე, ბ. ივანოვი. ორგანული ქიმია, საქ. სასოფლო-სამეურნეო ინსტიტუტის გამომცემლობა, 1961.
8. ა. გახოკიძე, ბ. ივანოვი. ორგანული და ბიოლოგიური ქიმია, თბ. „განათლება“,1973.
9. რ. გახოკიძე, ნ. სიღამონიძე, ლ. ტაბატაძე, რ. ვარდიაშვილი. ზოგიერთი ჩაუნაცვლებელი შაქრების D-ქსილოზის, L-არაბინოზის და L-რამნოზის მქავეური იზომერიზაციის შესწავლა, საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის „მოამბე“, 2000, №3, ტ. 161.
10. ნ. სიღამონიძე. ლიპიდების ქიმია, თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 1999.
11. რ. გახოკიძე. „გზა სსსსს“, თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 1992.
12. გ. გოგიტიძე, მ. ქიქავა. და სხვ. სამედიცინო ბიოლოგიის საფუძვლები, თბილისი, 1997.
13. Березовский В.М. Химия Витаминов. Москва. 1973.
14. Тонгур В.С. Биологически активные вещества. Издательство Знание. Москва. 1960 .
15. Ингольд К. Теоритические основы органической химии. Издательство Мир. Москва. 1973.
16. ს. ადამია, დ. წაქაძე, რ. კუბლაშვილი. ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებათა ქიმია, თბილისი 2000.
17. ნ. ალექსიძე. ზოგადი ბიოქიმიის საფუძვლები, თბილისი 1994.
18. Бочков А.Ф., Афанасьев В.А., Заиков Г.Е. Образование и расщепление гликозидных связей. Издательство Наука. Москва. 1978.
19. Орехов А.П. Химия алкалоидов. М. 1955.
20. Шакиров Р. И др. Химия природных соединений. №1-6, 1996.
21. Терней А. Современная органическая химия. В двух томах. Перевод с английского. Издательство „Мир„ Москва 1981.
22. Овчинников Ю. А., Шамин А. Н. Строение и функции белков. Москва. 1983.
23. ლალი ტაბატაძე. საკვებ პროდუქტთა ეკოლოგია, ლექციების კურსი (სახელმძღვანელო), თბილისი 2009.
24. ლალი ტაბატაძე. ნახშირწყლების წარმოებულების სინთეზი და კვლევა, მონოგრაფია, თბილისი 2006.
25. Tabatadze L.V., Gakhokidze R. A., Sidamonidze N.N., Pirveli N.O. SYNTHESIS OF CERTAIN S-CONTAINING DISACCHARIDE DERIVATIVES. Chemistry of Natural Compounds. Available online www.springerlink.com. Vol. 41, №5; 2005; P.592-593;
26. Tabatadze L.V., Gakhokidze R. A., Sidamonidze N.N., Lomtadze Z.Sh. SYNTHESIS AND ANTIMIKROBIAL ACTIVITY OF SULFUR-CONTAINING GLYCOSIDES. Pharmaceutical Chemistry Journal.. <http://www.springerlink.com>; v 41, №8, 2007,P. 407-408.
27. Табатадзе Л. В., Гахокидзе Р.А., Сидамонидзе Н.Н. Синтез и противомикробная активность бромсодержащих дисахаридов. GEORGIAN ENGINEERING NEWS. 2006, №1.
28. ლ. ტაბატაძე, რ. გახოკიძე, ნ. სიღამონიძე. შაქრების წარმოებულების სინთეზი, საქართველოს ქიმიური ჟურნალი, 2008, ტ.8, №2.
29. რ. გახოკიძე, ნ. სიღამონიძე, რ. ვარდიაშვილი, ს. მამულია, ლ. ტაბატაძე. ლაბორატორიული პრაქტიკუმი ნახშირწყლების ქიმიაში, თსუ-ს გამომცემლობა, 2006.

შ ი ნ ა ა რ ს ი

შ ე ს ა ვ ა ლ ი	3
ნახშირწყლები	6
მარტივი ნახშირწყლები	7
მონოსაქარიდები	7
მონოსაქარიდების სინთეზი	21
მონოსაქარიდების ქიმიური თვისებები	24
მონოსაქარიდების დაუნგვა	27
ჰიდროქსილის ჯგუფისათვის დამახასიათებელი რეაქციები.....	30
მონოზების კონდენსაცია ალდეჰიდებთან და კეტონებთან. შაქრების ციკლური აცეტალები და კეტალები.....	33
ჰიდროქსილის ჯგუფის და მისი წარმოებულების ჩანაცვლებისა და ელიმინირების რეაქციები.....	35
მონოსაქარიდების გარდაქმნები მჟავების და ფუძეების მოქმედებით.....	38
ლობრი დე ბრუინ – ალბერდ ვან – ეკენშტაინის გადაჯგუფება.....	39
მონოსაქარიდების რეტროალდოლური გახლეჩა.....	40
საქარინული გადაჯგუფება.....	41
გახოკიდის გადაჯგუფება.....	44
დუდილის რეაქციები მონოზებში.....	48
ალდოზების თვისებითი რეაქციები.....	52
კეტოზების თვისებითი რეაქციები	53
მონოზების ცალკეული წარმომადგენლები.....	53
დეზოქსიშაქრები	56
გლიკოზიდები.....	59
გლიკოზიდების გამოყენება მედიცინაში.....	61
მონოსაქარიდების ანჰიდრიდები	65
ამინშაქრები	65
ურონის მჟავები	66
უჯერი მონოსაქარიდები.....	69
რთული ნახშირწყლები	70
ოლიგოსაქარიდები	70
ოლიგოსაქარიდების სინთეზი.....	76
პოლისაქარიდები (პოლიოზები).....	78
ჰომოპოლისაქარიდები	78
ჰეტეროპოლისაქარიდები	85
ნახშირწყლების მეტაბოლიზმი.....	88
ფოტოსინთეზი	89
ქემოსინთეზი	94
ნახშირწყლების შიგაუჯრედული ცვლა	95
გლიკოგენის სინთეზი.....	97
გლიკოგენის დაშლა.....	98
ნახშირწყლების ანაერობული გარდაქმნა (გლიკოლიზი).....	99
ნახშირწყლების აერობული გარდაქმნა.....	106
გლუკონეოგენეზი.....	111

ამინმჟავები, პეპტიდები, ცილები	112
ამინმჟავები.....	112
ამინმჟავების სინთეზი	116
ამინმჟავების ქიმიური თვისებები	117
პეპტიდები.....	123
ცილები	125
ცილების სტრუქტურა.....	126
ცილის ბიოსინთეზი	130
ცილების გარდაქმნა ორგანიზმში.....	139
ცილების და პეპტიდების ბიოლოგიური როლი.....	140
იმუნური პასუხის მედიატორები – ინტერფერონები.....	140
ქსოვილური შემთავსებლობის ანტიგენები.....	142
სისხლის შედედებისა და ფიბრინოლიზის სისტემის ცილები.....	142
ცილოვანი ჰორმონები.....	144
შინაგანი სეკრეციის ჯირკვლები.....	144
ნეიროპეპტიდები და პეპტიდური ჰორმონები	147
პეპტიდური ანტიბიოტიკები	155
შაქრის შემცველი პეპტიდები	159
სტრუქტურული ცილები.....	160
კატალიზურად აქტიური ცილები-ფერმენტები	162
ფერმენტების კლასიფიკაცია.....	165
წარმოდგენა ბიოკატალიზის შესახებ.....	169
ფერმენტების მოქმედების მექანიზმი	176
ფერმენტების მნიშვნელობა	182
ნუკლეინის მჟავები და ნუკლეოტიდები	186
კოფერმენტები.....	193
ნუკლეოტიდების ბიოლოგიური როლი.....	199
დნმ-ის სტრუქტურა.....	200
რიბონუკლეინის მჟავა, მისი ფუნქციები	206
გენეტიკური კოდი.....	208
წარმოდგენა გენური ინჟინერიის შესახებ	209
ლიპიდები.....	210
გლიცერინშემცველი ლიპიდები. ნეიტრალური ლიპიდები.....	212
ფოსფოლიპიდები.....	215
ლიპიდები, რომლებიც გლიცერინს არ შეიცავენ.....	217
ლიპიდური მიცელები.....	219
ლიპიდების ქიმიური თვისებები	222
ლიპიდების ქიმიური სინთეზი	225
ტერაპენები.....	227
დაბალმოლეკულური ბიორეგულატორები	230
სტეროიდები	230
ქოლესტერინის ბიოსინთეზი.....	237

ფერომონები.....	240
იუვენილური და ანტიიუვენილური ჰორმონები.....	246
პროსტაგლანდინები და პროსტაციკლინები.....	247
ვიტამინები, მათი მნიშვნელობა.....	250
ვიტამინები როგორც კოფერმენტები.....	250
ცხიმში ხსნადი ვიტამინები.....	252
წყალში ხსნადი ვიტამინები.....	260
ანტიბიოტიკები.....	278
ალკალოიდები.....	290
კავშირი ალკალოიდების ფიზიოლოგიურ თვისებებსა და მოლეკულების სტრუქტურას შორის.....	291
ალკალოიდების კლასიფიკაცია.....	293
არაკონდენსირებული ექვსწევრიანი აზოტოვანი ციკლის შემცველი ალკალოიდები.....	299
პიპერიდინის ორი კონდენსირებული ციკლის შემცველი ალკალოიდები.....	303
პესტიციდები.....	318
მცენარეთა ზრდის სტიმულატორები ანუ აუქსინები.....	326
შერეული ბიოპოლიმერები.....	330
გლიკოპროტეინები.....	334
ლიპოპოლისაქარიდები.....	335
ბიოლოგიური მემბრანის მოლეკულური ორგანიზაცია.....	336
ლიტერატურა.....	342
შინაარსი.....	343



გამომცემლობა „უნივერსალი“

თბილისი, 0179, ი. ჭავჭავაძის გამზ. 19, : 22 36 09, 8(99) 17 22 30
E-mail: universal@internet.ge