საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

თეა შონია

ფლავონოლების გავლენის გამოკვლევა ღვინის საფუარებზე ალკოჰოლური დუღილის პროცესში

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარდგენილი დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

თბილისი

2014 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის

ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის

ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტში

ხელმძღვანელები: პროფ: თ. ბუაჩიძე

ტექნ. მეცნ. დოქტ. მ. ბეჟუაშვილი

რეცენზენტები: ----------

დაცვა შედგება 2014 წლის ''------'' ----------, ------- საათზე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა

და მეტალურგიის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის

სხდომაზე, კორპუსი--------, აუდიტორია----------

მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში,

ხოლო ავტორეფერატისა-ფაკულტეტის ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი----------

შინაარსი

თემის აქტუალობა: ყურძნის ფენოლური ნაერთების სპექტრი მდიდარი და მრავალფეროვანია.იგი წარმოდგენილია ფლავონოიდური (პროანტოციანიდინები-ოლოგომერული და პოლიმერული, ფლავანოლები, ფლავონოლები, ფლავონონები, ფლავონები, ანტოციანები) და არაფლავონოიდური (სტილბენოიდები, ფენოლმჟავები, ფენოლალდეჰიდები) ნაერთებით. ფენოლური ნაერთები აქტიურად მონაწილეობენ ჟანგვა-აღდგენით გარდაქმნებში და მნიშვნელოვანწილად განაპირობებენ ღვინის ხარისხს. ამავდროულად, ფენოლური ნაერთები ხასიათდებიან სხვადასხვა მიმართულებით გამოხატული ბიოლოგიური აქტივობებით, რაც თავის მხრივ განაპირობებს ღვინის სამკურნალო-კვებით ღირებულებას და ფუნქციონალურ დანიშნულებას. ფენოლური ნაერთებით მდიდარია ის ღვინოები, რომლებიც მზადდება დურდოს ალკოჰოლური დუღილით. მათ მიეკუთვნება კახური და იმერული ტიპის ღვინოები, წითელი ღვინოები. ალკოჰოლური დუღილის პროცესში ყურძნის მაგარი ნაწილებიდან ფენოლური ნაერთები ტრანსფორმირდებიან მოდუღარ არეში და შემდეგ ლოკალიზირდებიან ღვინომასალაში. ყურძნისეული ფენოლური ნაერთები, ალკოჰოლური დუღილის პროცესის შედეგად, ბუნებრივ ფორმებთან ერთად, ნაწილობრივ გარდაქმნილი სახით გროვდებიან ღვინომასალაში. ალკოჰოლური დუღილი აერთიანებს ერთის მხრივ საფუარების ზემოქმედებას ფენოლურ ნაერთებზე და მეორეს მხრივ, ფენოლური ნაერთების ბიოლოგიური აქტივობის გამოვლინებას საფუარების მოქმედების მიმართ. აღნიშნული ურთიერთდამოკიდებულება განაპირობებს მრავალრიცხოვან ბიოქიმიურ გარდაქმნებს, რომლებიც მნიშვნელოვანწილად მოქმედებს ღვინის ხარისხზე. აქედან გამომდინარე, ყურძნისეული ბიოლოგიურად აქტიური ფლავონოიდების და ღვინის საფუარების ურთიერთდამოკიდებულების გამოკვლევა ალკოჰოლურ

დუღილში, შემდგომში მათი და კახური და იმერული ტიპის ღვინომასალების ანტიოქსიდანტური აქტივობის ცვლილებების დასადგენად, კვლევის აქტუალურ მიმართულებას წარმოადგენს.

კვლევის მიზანი. კვლევის მიზანს წარმოდგენდა:

- კახური და იმერული ტიპის ღვინომასალებში ფლავონოლების დაგროვების დინამიკის დადგენა; რქაწითელის, ცოლიკოურის და ციცქას ჯიშის ყურძენში ფლავონოლების განსაზღვრა;
- ფლავონოიდების-კვერცეტინის, კვერციტრინის, დიჰიდროკვერცეტინის და რუთინის გავლენის შესწავლა ალკოჰოლურ დუღილში ღვინის საფუარებზე Sacch.vini-კახური 42, Sacch.vini-რქაწითელი 61, Sacch.chodati, Sacch.oviformisi, Sacch.vini-ცოლიკოური 13;
- ღვინის საფუარების გავლენის დადგენა ალკოჰოლურ დუღილში ბიოლოგიურად აქტიურ კვერცეტინზე, კვერციტრინზე, დიჰიდროკვერცეტინზე და რუთინზე, მათი გარდაქმნის ზოგადი სქემის დადგენა;
- ალკოჰოლური დუღილით გამოწვეული ცალკეული ფლავონოიდების ანტიოქსიდანტური აქტივობის ცვალებადობის დადგენა;
- ალკოჰოლურ დუღილში და ღვინომასალის ფორმირებისას კვერცეტინის და დიჰიდროკვერცეტინის ჟანგვა-აღდგენითი გარდაქმნების შესწავლა

მეცნიერული სიახლე: დადგენილია ბიოლოგიურად აქტიური კვერცეტინის, კვერციტრინის და რუთინის გავლენა ალკოჰოლურ დუღილში ღვინის საფუარების შტამებზე. შტამების ინაქტივაცია მჟღავნდება 15მგ/ლ კვერცეტინის, 20მგ/ლ კვერციტრინის და 5მგ/ლ რუთინის კონცენტრაციებით. ღვინის საფუარების აქტივობაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს რუთინი, რაც გამოხატება 18-19 დღე-ღამემდე დუღილის გახანგრძლივებით.

საფუარების გავლენით ალკოჰოლურ დუღილში გარდაიქმნებიან კვერცეტინი, კვერციტრინი და რუთინი. კვერცეტინი 10მგ/ლ-მდე კონცენტრაციით მოდუღარ არეში მთლიანად გარდაიქმნება არაფლავონოლური ჯგუფის ნივთიერებად. კონცენტრაციის გაზრდით იგი

ნაწილობრივ ბუნებრივი ფორმით რჩება. ფლავონოიდური გლიკოზიდები კვერციტრინი და რუთინი პირველ ეტაპზე იხლიჩებიან კვერცეტინის წარმოქმნით, რომელიც ზემოთაღნიშნულის ანალოგიურად გარდაიქმნება.

ფლავონონი-დიჰიდროკვერცეტინი ალკოჰოლურ დუღილში წარმოქმნის არაფლავონონური ჯგუფის 3 ნივთიერებას, რომელთაგან ერთ-ერთი კვერცეტინისაგან წარმოქმნილი ნივთიერების იდენტურია.

გამოვლინდა კვერცეტინის და დიჰიდროკვერცეტინის (ტაქსიფოლინის) ჟანგვა-აღდგენითი ურთიერთგარდაქმნები. დურდოს ალკოჰოლურ დუღილში კვერცეტინი აღდგება დიჰიდროკვერცეტინად, ხოლო ღვინომასალის ფორმირებისას დიჰიდროკვერცეტინი იჟანგება კვერცეტინად. კვერცეტინის აღდგენა დიჰიდროკვერცეტინად ინტენსიურდება მაღალი ტიტრული მჟავიანობის პირობებში.

დადგენილია ღვინის საფუარების შტამებით: Sacch.vini-კახური 42, Sacch.vini-რქაწითელი 61, Sacch.chodati, Sacch.oviformis, Sacch.vini-ცოლიკოური 13-ით განხორციელებული დურდოს ალკოჰოლური დუღილისას ფლავონოლების დაგროვების დინამიკა.

პრაქტიკული ღირებულება: მიღებულია დასკვნა, რომ ალკოჰოლურ დუღილში ყურძნისეული ფლავონოიდების გარდაქმნა მნიშვნელოვნად არ ცვლის მათ ანტიოქსიდანტურ აქტივობას. ეს კი, მიუთითებს კახური და იმერული ტიპის ღვინომასალის ფუნქციური დანიშნულების შენარჩუნებაზე.

კვლევითი სამუშაოს აპრობაცია: Бежуашвили М. Г., Шония Т. М., Буачидже Т. Ш. Пути превращения некоторых флавоноидов винограда при алкогольном брожении. Международный центр науки и образования. I Международная заочная научно-практическая конференция. Научная дискуссия: вопросы математики, физики, химии, биологии. Секция 6. Виология. 6.1. Биотехнология. Москва, 2013. с. 86-92.

ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა: სადისერტაციო ნაშრომი მოიცავს კომპიუტერზე ნაბეჭდ 108 გვერდს, ნაშრომის სტრუქტურა გულის-

ხმობს რეზიუმეს ქართულ და ინგლისურ ენაზე, ლიტერატურის მიმოხილვას, ექსპერიმენტული ნაწილის შედეგებს და მათ განსჯას, შედეგების მათემატიკურ დამუშავებას, დასკვნებს და გამოყენებული ლიტერატურის სიას. წარმოდგენილია 8 ცხრილი, 15 ნახაზი, 5 სქემა. ლიტერატურის ჩამონათვალში მითითებულია ქართული, უცხოური დასახელების ლიტერატურა, რაოდენობა 152.

1. შედეგები და მათი განსჯა

1.1. კვლევის ობიექტები და მეთოდები

კვლევის ობიექტებად გამოყენებული იქნა: რქაწითელისაგან დამზადებული კახური ტიპის და ცოლიკოურისაგან და ციცქასაგან დამზადებული იმერული ტიპის ღვინომასალები. კახური ტიპის ღვინომასალებს ვამზადებდით კახეთის რეგიონში (თელავის რაიონი) გავრცელებული რქაწითელის ჯიშის ყურძნიდან. ტექნიკური სიმწიფის პერიოდში რქაწითელის ჯიშის ყურძენს ვატარებდით საჭყლეტში. კლერტიან დურდოს ვათავსებდით მინის სადუღარ ჭურჭელში, ვამატებდით ღვინის საფუარს 2,5% რაოდენობით და ვატარებდით ალკოჰოლურ დუღილს. ახალ ღვინომასალას ჭაჭაზე ვაყოვნებდით 3 თვის განმავლობაში, შემდეგ ვხსნიდით ჭაჭიდან, ვათავსებდით 12-14^{0}C ტემპერატურაზე. ექსპერიმენტული კვლევების დაწყებამდე ღვინომასალას ვფილტრავდით და ვიყენებდით საანალიზოდ. იმერული ტიპის ღვინომასალებს ვამზადებდით იმერეთის რეგიონში (ზესტაფონის რაიონი) გავრცელებული ცოლიკოურისა და ციცქას ჯიშის ყურძნიდან. ტექნიკური სიმწიფის პერიოდში ცოლიკოურის და ციცქას ჯიშის ყურძენს ცალ-ცალკე ვატარებდით კლერტსაცლელში, შემდეგ ვჭყლეტდით, ვიღებდით თვითნადენ და I ნაქაჩ ფრაქციებს, ერთმანეთს შევურევდით და ვამატებდით უკლერტო ჭაჭას 5%

რაოდენობით. ალკოჰოლურ დუღილს ვატარებდით მინის ჭურჭელში, შემდეგ ვხსნიდით ჭაჭიდან და მშრალ ღვინომასალას გადავსებულ, დახურულ მდგომარეობაში ვაყოვნებდით 12-14^{0}C ტემპერატურაზე.

ალკოჰოლური დუღილის მოდელურ რეაქციებს ვატარებდით აღნიშნული ჯიშების გასტერილებულ წვენში. რქაწითელის, ცოლიკოურის და ციცქას ჯიშის ყურძენს ვიღებდით ტექნიკური სიმწიფის პერიოდში, ვაცლიდით კლერტს, ვჭყლეტდით და ვიღებდით თვითნადენ წვენს. წვენს დაწმენდის მიზნით ვაყოვნებდით დაბალ ტემპერატურაზე +3^{0}C-მდე ერთი დღე-ღამის განმავლობაში. შემდეგ ვიღებდით დეკანტაციით, ვფილტრავდით, ვასხამდით სპეციალურ მინის ბოთლებში, ვუკეთებდით ბიოლოგიურ საცობებს და ვასტერილებდით ავტოკალვში 1 ატმ. წნევაზე და 100^{0}C ტემპერატურაზე 45 წთ-ის განმავლობაში. გასტერილებულ ყურძნის წვენს ვიყენებდით მოდელური ალკოჰოლური დუღილისათვის. ღვინის საფუარებიდან გამოყენებული გვქონდა Saccharomyces-ის სახეობის წმინდა კულტურების შემდეგი შტამები: Saccharomyces vini-კახური 42; Sacch.Vini-რქაწითელი 61; Sacch.oviformis; Sacch.chodati და Sacch.vini- ცოლიკოური 13.

ფლავონოიდებიდან ექსპერიმენტში გამოვიყენეთ ინდივიდუალური სახით: კვერცეტინი, კვერციტრინი, დიჰიდროკვერცეტინი (ტაქსიფოლინი) და რუთინი.

ფლავონოლების ჯამურ რაოდენობას ვსაზღვრავდით სპექტროფოტომეტრული მეთოდით ლიმონმჟავა-ბორმჟავას რეაქტივის გამოყენებით. ფლავონოლების თვისებრივ ანალიზს ვატარებდით ქაღალდის ქრომატოგრაფიით სისტემაში-ნ-ბუთანოლი:ძმარმჟავა:წყალი (4:1:2). ქრომატოგრამებს გაშრობის შემდეგ ვამჟღავნებდით 5%-იანი $AlCl_3$-ის სპირტხსნარით. გამამჟღავნებლად ასევე ვიყენებდით ვანილინის რეაქტივს. თითოეული ფლავონოლის რაოდენობრივ განსაზღვრას ვატარებდით სპექტროფოტომეტრულად მათი პრეპარატული გამოყოფისა და შესაბამის გამხსნელში გახსნის შემდეგ. სპექტროფოტომეტრზე ოპტიკურ სიმკვრივეს ვზომავდით

შესაბამისი ტალღის სიგრძეზე: კვერცეტინი-370ნმ-ზე; დიჰიდრო-კვერცეტინი-325ნმ-ზე; კვერციტრინი-362ნმ-ზე; რუთინი-360 ნმ-ზე.

გარდაქმნის პროდუქტების იდენტიფიკაციას ვახდენდით ულტრა-იისფერი სხივების ფონზე ქრომატოგრაფიული ლაქების გასინჯვით, თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიის შედეგად გამოვლენილი ლაქების შეფერვით, RF-ით, ულტრაიისფერ უბანში შთანთქმის მაქსიმუმით, ნივთიერებაში შემავალი ფუნქციონალური ჯგუფების დამახასიათებელი შთანთქმის სპექტრებით.

თითოეული ფლავონოიდის და ღვინომასალების ანტირადიკალური აქტივობა დავადგინეთ ელექტრონული პარამაგნიტური რეზონანსული (ეპმრ) მეთოდით. ამ მეთოდით იზომება საცდელი ნიმუშების ანტი-ოქსიდანტური პოტენციალი-შებოჭოს ფრემის მარილის რადიკალი. განსაზღვრისას გამოიყენება ფრემის მარილის 1 mM ხსნარი.

ბიოლოგიურად აქტიური ფლავონოიდების და ღვინის საფუარების ურთიერთგავლენა ასახული იქნა მათემატიკურად დამუშავებული საინფორმაციული-ანალიტიკური სისტემის მოდელით. მისი გამოყენება ხელმისაწვდომია ღვინის ხარისხობრივი მაჩვენებლების დადგენით.

1.2. ჯამური ფლავონოლების დაგროვების დინამიკა კახური და იმერული ტიპის ღვინომასალებში

მაღალხარისხოვანი ღვინის დამზადებისას მთავარ ეტაპს წარმო-ადგენს ყურძნის ტკბილის ალკოჰოლური დუღილი, მიმდინარე მრავალ-მხრივი ბიოქიმიური გარდაქმნებით. ალკოჰოლური დუღილისას ყურადღე-ბას იქცევს ფენოლური ნაერთების გარდაქმნა, რომლებიც აქტიურად მონაწილეობენ ბიოქიმიურ პროცესებში და ლოკალიზირდებიან ღვინომასალაში, როგორც ნატურალური სახით, ისე გარდაქმნილი ფორმით.

თემის აქტუალობიდან გამომდინარე, პირველ რიგში მიზნად დავისახეთ დაგვედგინა კახური და იმერული ტიპის ღვინოების დამზადებისას დურდოს ალკოჰოლური დუღილის პროცესში ფლავონოლების ჯამური რაოდენობის დაგროვების დინამიკა. კახური ტიპის ღვინომასალები დავამზადეთ რქაწითელის ჯიშის ყურძნიდან ღვინის საფუარების Sacch.vini-კახური42, Sacch.vini-რქაწითელი61, Sacch.chodati და Sacch.-oviformis-ის შტამების გამოყენებით. ხოლო იმერული ტიპის ღვინო-მასალები დავამზადეთ ცოლიკოურის და ციცქას ჯიშის ყურძნისაგან, ღვინის საფუარების Sacch.vini-ცოლიკოური 13-ის გამოყენებით. როგორც კახური ტიპის, ასევე იმერული ტიპის ღვინომასალებს საანალიზოდ ვიყენებდით თვითდაწმენდილი და გაფილტრული სახით.

თვითდაწმენდილ ღვინომასალაში ფლავონოლები თვისებრივად გავსაზღვრეთ ქაღალდის ქრომატოგრაფიის მეთოდით, რომლის დროსაც გამოყენებული იქნა სისტემა-ნ-ბუთანოლი:ძმარმჟავა:წყალი (4:1:2). ქრო-მატოგრამას ვამჟღავნებდით 5%-იანი $AlCl_3$-ის სპირტხსნარით. ფლავონო-ლების თვისებრივი ანალიზის მიზნით ღვინომასალები დავამუშავეთ წინასწარ.

კერძოდ, ავიღეთ 500-500მლ საცდელი ღვინომასალები და დავა-კონცენტრირეთ როტაციულ გადამდენზე 45^0C ტემპერატურაზე წნევის ქვეშ, მშრალი ნაშთის მიღებამდე. შემდეგ მიღებული ნაშთი გავხსენით 50მლ 80%-იან ეთანოლში და ჩავატარეთ ქრომატოგრაფიული ანალიზი.

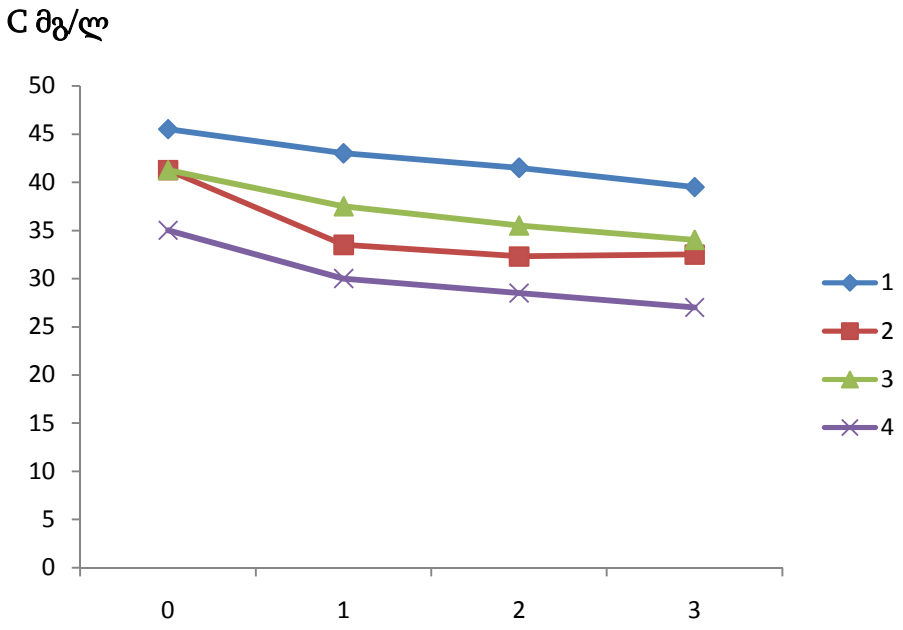
თვისებრივმა ანალიზმა ცხადყო საკვლევ ღვინომასალებში ფლავონო-ლების-კვერცეტინის, კვერციტრინის, კემპფეროლის, რუთინის არსებობა. უნდა აღინიშნოს, რომ რქაწითელისაგან დამზადებულ კახური ტიპის ღვინომასალაში ფლავონოიდების შესაბამისი ქრომატოგრაფიული ლაქები უფრო ინტენსიური შეფერილობისაა, ვიდრე იმერული ტიპის ღვინო-მასალებში. ეს კი, თავის მხრივ მათი განსხვავებული რაოდენობრივი შემცველობის მაჩვენებელია.

რაც შეეხება ფლავონოიდურ გლიკოზიდებს-კვერციტრინს და რუთინს, ისინი კვერცეტინთან და კემპფეროლთან შედარებით მნიშვნელოვნად ნაკლებია როგორც კახური, ისე იმერული ტიპის ღვინომასალებში. ასევე შედარებით ნაკლები ინტენსიური შეფერვის ლაქებით ფიქსირდება ფლავანონი დიჰიდროკვერცეტინიც-განსაკუთრებით იმერული ტიპის ღვინომასალებში.

თვისებრივი ანალიზის შემდეგ, დაგადგინეთ ჯამური ფლავონოლების ცვალებადობის დინამიკა კახური და იმერული ტიპის ღვინომასალებში.

რქაწითელის ჯიშის ყურძნიდან დურდოზე სხვადასხვა ღვინის საფუარებით ახლადდადუღებული კახური ტიპის ღვინომასალები განსხვავდებიან ფლავონოლების კონცენტრაციით-ღვინის საფუარების შტამებთან დამოკიდებულებით.

რქაწითელი 61-ის გამოყენებით კახური ტიპის ახალ ღვინომასალაში ჯამური ფლავონოლების მაღალი რაოდენობა გროვდება-45,5 მგ/დმ^3; Sacch.oviformis-ის და Sacch.vini-კახური 42 გამოყენებისას ფლავონოლების კონცენტრაცია შეადგენს თანაბარ რაოდენობას-41,25მგ/დმ^3; Sacch.chodat-ის გამოყენებით მიღებული ახლადდამზადებული კახური ტიპის ღვინომასალა განსხვავდება ფლავონოლების შედარებით დაბალი კონცენტრაციით-35,0 მგ/დმ^3 (იხ. ნახ.1).



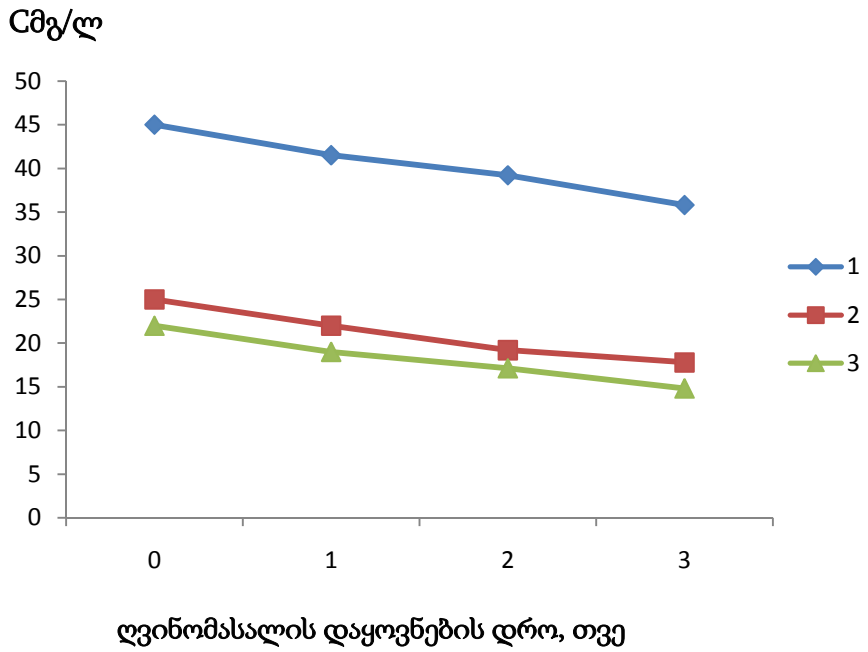
ღვინომასალების დაყოვნების დრო, თვე

ნახ. 1. ფლავონოლების ცვალებადობის დინამიკა კახური ტიპის ღვინომასალაში

1-რქაწითელი 61; 2-Sacch.Ovifomisi; 3-კახური 42; 4-Sacch.Chodati

ფლავონოლების ჯამური რაოდენობა ახლადდამზადებულ ღვინომასა-ლაში არ რჩება მუდმივად. ჭაჭაზე 3-თვიანი დაყოვნების შედეგად ფლავონოლების რაოდენობა მნიშვნელოვნად მცირდება. სავარაუდოდ, პოლიმერულ ნაერთებთან ერთად დალექვის ან დაჟანგვის გამო. იმერული ტიპის ღვინომასალა, რომელიც კახურთან შედარებით ფლავონოლების ნაკლები კონცენტრაციით ხასიათდება, ასევე ავლენს ანალოგიურ ტენდენციას 3 თვიანი დაყოვნების შედეგად და ღვინომასალაში ფლავონოლების ჯამი შეადგენს 14,0- 17,5-23,7 მგ/დმ^3 (იხ. ნახ. 2).

საკმაოდ მნიშვნელოვანი რაოდენობრივი განსხვავება დადგინდა კახური ტიპის და იმერული ტიპის ღვინომასალების ფლავონოლების თვალსაზრისით. ეს გამოწვეულია თვით ტექნოლოგიური პროცესების განსხვავებით-კახური ტიპის ღვინის დამზადებისას კლერტიანი დურდოს ალკოჰოლური დუღილით.



ნახ. 2. ფლავონოლების ჯამური კონცენტრაციის ცვალებადობა ღვინომასალების დაყოვნებისას

1-კახური ტიპის (Sacch.chodati) ღვინომასალა რქაწითელიდან, 2-იმერული ტიპის (Sacch.vini-ცოლიკოური13) ღვინომასალა ცოლიკოურიდან, 3-იმერული ტიპის (Sacch.vini-ცოლიკოური13) ღვინომასალა ციცქადან

ზემოთ აღნიშნული ფაქტის ნათელსაყოფად ჩავატარეთ მოდელური ალკოჰოლური დუღილი, კერძოდ ყურძნის წვენი დავადუღეთ მხოლოდ ყურძნის კანის და კლერტის თანაობით (ცალ-ცალკე). ამასთანავე, რქაწითელის, ცოლიკოურის და ციცქას ყურძნის კლერტში, კანსა და წიპწაში განვსაზღვრეთ ფლავონოლების ჯამური რაოდენობა.

ჩატარებული კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ საცდელი კახური და იმერული ტიპის ღვინომასალები განსხვავებული რაოდენობით შეიცავენ ფლავონოლებს. ფლავონოლების ჯამური რაოდენობა ღვინომასალაში გროვდება ყურძნის ჯიშზე და ღვინის საფუარის შტამზე დამოკიდებულებით. კერძოდ, რქაწითელის ყურძნის კლერტი, კანი და წიპწა ფლავონოლებს მეტი რაოდენობით შეიცავს, ვიდრე ცოლოკოურის და ციცქას ჯიშები (იხ. ცხრილი 1).

ექსპერიმენტში გამოყენებული Saccharomyces vini-კახური 42; Sacch.Vini-რქაწითელი 61; Sacch.chodati; Sacch.oviformisi; და Sacch.vini-ცოლიკოური 13 შტამებს შორის ფლავონოლების მეტი რაოდენობის 45,5მგ/ლ დაგროვებით გამოირჩევა Sacch.Vini-რქაწითელი 61. ფლავონოლების ჯამური რაოდენობა ღვინომასალაში ცვალებადია, ხოლო ალკოჰოლური დუღილის პროცესში მათი დაგროვების დინამიკა ასეთია- ინტენსიური დუღილის პერიოდში გროვდება მათი ძირითადი რაოდენობა, რომელიც პიკს აღწევს დუღილის მე-10 დღეს, შემდეგ მათი კონცენტრაცია უმნიშვნელოდ იზრდება. ფლავონოლებიდან დაფიქსირდა კვერცეტინი, კვერციტრინი, კემპფეროლი, რუთინი, ამასთანავე ფლავონონი-დიჰიდროკვერცეტინი (ტაქსიფოლინი).

ცხრილი 1. ფლავონოლების რაოდენობრივი შემცველობა (მგ/100გ) ყურძნის მაგარ ნაწილებში

№	ყურძნის ჯიში	ფლავონოლების ჯამური რაოდენობა
1	**რქაწითელი**	
	კლერტი	61,5
	კანი	46,0
	წიპწა	11,2
2	**ცოლიკოური**	
	კლერტი	25,0
	კანი	27,3
	წიპწა	10,0
3	**ციცქა**	
	კლერტი	28,2
	კანი	27,5
	წიპწა	11,8

1.3. ღვინის საფუარების გავლენა ყურძნის ზოგიერთი ფლავონოიდის გარდაქმნაზე ალკოჰოლური დუღილის პროცესში

კვლევის შემდგომ ეტაპს წარმოადგენდა ღვინის საფუარების და ყურძნის ზოგიერთი ფლავონოიდის ურთიერთგავლენის დადგენა ალკოჰოლური დუღილის პროცესში. ფლავონოლების მნიშვნელობიდან გამომდინარე, კახური და იმერული ტიპის ღვინომასალების მომზადებისას მიზნად დავისახეთ გამოგვეკვლია ყურძნის ზოგიერთი ფლავონოიდის გარდაქმნა ალკოჰოლური დუღილის პროცესში და დაგვედგინა ღვინო-მასალაში მათი დაგროვების გზები.

ალკოჰოლური დუღილის მოდელური ცდები ჩავატარეთ რქაწითელის ჯიშის ყურძნის ტკბილზე ღვინის საფუარების Sacch.vini-კახური 42, Sacch.vini-რქაწითელი 61, Sacch.oviformisi და Sacch.chodat-ის და ინდივიდუალური ფლავონოიდების გამოყენებით. გამოვიკვლიეთ მოდუ-ღარ არეში დამატებული ფლავონოიდების-კვერცეტინის, რუთინის, კვერციტრინის თვისებრივი ცვლილება. ალკოჰოლურ დუღილს ვატა-რებდით 23-24^{0}C ტემპერატურაზე რამდენიმე-ვარიანტად გამოსაკვლევი ნივთიერებების კონცენტრაციის გათვალისწინებით. დადუღებული არეებიდან ფლავონოიდები წინასწარ გამოვწვლილეთ ეთილაცეტატიანი ფრაქციების სახით და ქრომატოგრაფირება მოვახდინეთ ქაღალდის ქრომატოგრამაზე სისტემაში-ნ-ბუთანოლი:ძმარმჟავა:წყალი (4:1:2). ქრომატოგრამას ვამჟღავნებდით $AlCl_3$-ის ხსნარით და ვანილინის რეაქტი-ვით, რომელსაც ვამზადებდით გამჟღავნების წინ. ქრომატოგრამას გამჟღავნებამდე ვამოწმებდით ულტრაიისფერი სხივების ფონზე. მოდუღარი არეების მშრალად დადუღება მიმდინარეობს ძირითადად 12 დღე-ღამის განმავლობაში. გამონაკლისი არის Sacch.chodati-ს საფუარის

შტამით დადუღებული ვარიანტი, რომელიც დუღილს აგრძელებს 13 დღე-ღამის განმავლობაში.

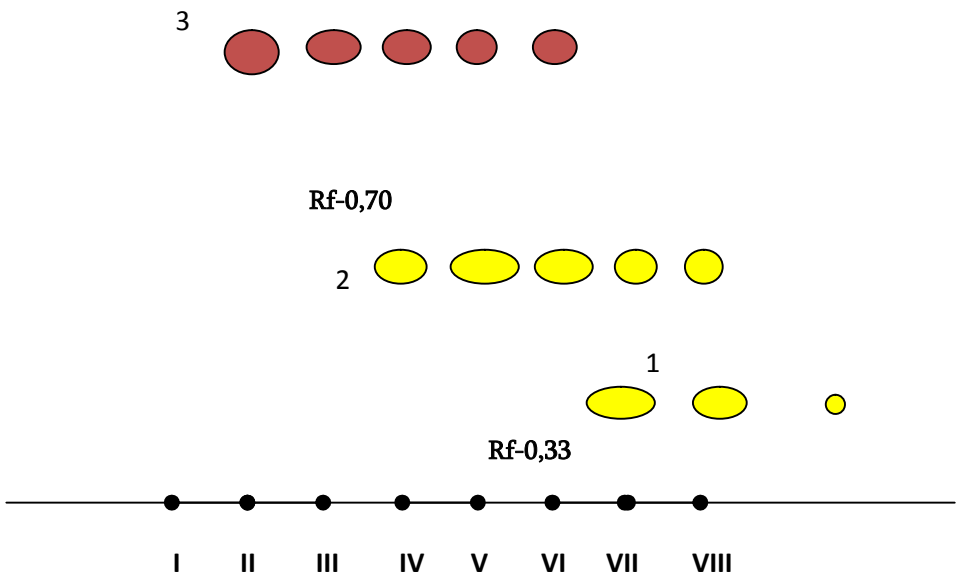
მოდუღარ ტკბილში შეტანილი ფლავონოიდები ერთმანეთთან შედარებით სხვადასხვაგვარად მოქმედებენ დუღილის დინამიკაზე. კერძოდ, Sacch.vini-კახური 42-ის შტამით დუღილის დინამიკა არ იცვლება 2,5მგ კვერცეტინის და კვერციტრინის დამატებით, ანუ აღნიშნული კონცენტრაცია გავლენას არ ახდენს საფუარის შტამის ცხოველქმედებაზე. საცდელი ფლავონოიდები აღმოჩნდა ერთმანეთისგან განსხვავებული ერთსა და იმავე საფუარის შტამის მიმართ, რაც გამოიხატება მათი განსხვავებული კონცენტრაციით შტამის ინაქტივაციაში. კერძოდ, დუღილი ჩერდება 3,75 მგ კვერცეტინის, 5,0 მგ კვერციტრინის და 1,25 მგ რუთინის დამატებით. მოდუღარი ტკბილის ყველა ვარიანტში ღვინის საფუარების აქტივობაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს რუთინი, სადაც დუღილი მიმდინარეობს 18-19 დღე-ღამის განმავლობაში.

ქაღალდის ქრომატოგრაფიის საფუძველზე მიღებული შედეგები ადასტურებს მოდუღარ არეში შეტანილი ფლავონოიდების და მათი გარდაქმნის პროდუქტების არსებობას (იხ. ნახ. 3).

ალკოჰოლური დუღილის პროცესში ფლავონოიდების გარდაქმნის ინტენსივობაზე არსებითად მოქმედებს მათი კონცენტრაცია, ე.ი. 2,5 მგ კვერცეტინი მთლიანად გარდაიქმნება, ხოლო 3,75 მგ კონცენტრაციისას მიმდინარეობს მათი ნაწილობრივი გარდაქმნა. ქრომატოგრამის ვანილინის რეაქტივით გამჟღავნებისას დაფიქსირებული იქნა კვერცეტინის გარდაქმნის პროდუქტი ლაქის სახით, შეფერილი ინტენსიური ვარდის-ფერით (RF-0.80). კვერციტრინი კონცენტრაციით 2,5 მგ მთლიანად გარდაიქმნება და ფიქსირდება კვერცეტინი და მისგან წარმოქმნილი ნივთიერებებიც. 3,75 მგ კვერციტრინის არსებობისას მათი ნატურალური ფორმა ასევე რჩება მადუღარ არეში. რაც შეეხება რუთინს, იგი გარდაიქმნება ნაწილობრივ და მისი ნებისმიერი კონცენტრაციისას წარმოიქმნება

კვერცეტინი (RF-0.70) და რუთინის უმეტესობა (RF-0.33) რჩება ბუნებრივი ფორმით.

კვერციტრინის, კვერცეტინის და რუთინის გარდაქმნა იწყება მხოლოდ 3 დღე-ღამის დუღილის შემდეგ და ძირითადად მიმდინარეობს 3-8 დღე-ღამის დუღილის განმავლობაში. გარდაქმნის ხანგრძლივობა დამოკიდებულია საწყისი ნივთიერებების რაოდენობაზე. კერძოდ, 2,5მგ კვერცეტინი მთლიანად გარდაიქმნება 2 დღიანი დუღილისას. ერთნაირი რაოდენობა კვერცეტინის და რუთინის (3,75 მგ) გარდაიქმნება სხვადასხვა-გვარად, მაგრამ ორივე შემთხვევაში ყველაზე დაბალი ეფექტურობით ხასიათდებიან ღვინის საფუარები Sacch.chodati.



ნახ. 3. დადუღებული ყურძნის ტკბილის (Sacch.vini– კახური 42) საკვლევი ნაერთების ქაღალდის ქრომატოგრამა.

სისტემა-ნ-ბუთანოლი:ძმარმჟავა:წყალი (4:1:2). გამამჟღავნებელი $AlCl_3$-ის სპირტხსნარი
1-რუთინი, 2-კვერცეტინი, 3-კვერცეტინის გარდაქმნის პროდუქტი

I საკონტროლო ვარიანტი;

II ყურძნის ტკბილი+1.25 მგ კვერცეტინი;

III ‘’----------‘’+2.5 მგ კვერცეტინი;

IV ‘’----------‘’+3.75 მგ კვერცეტინი;

V ‘’----------‘’+5 მგ კვერცეტინი;

VI ‘’----------‘’+1.25 მგ კვერცეტინი;

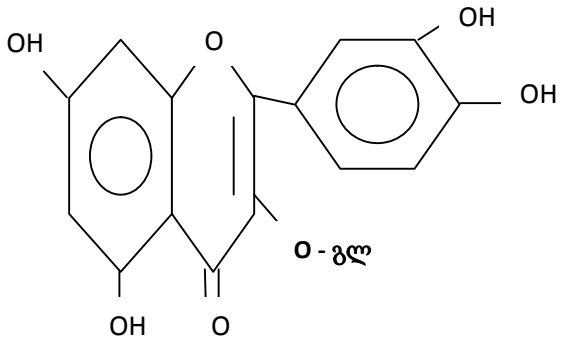
VII ‘’----------‘’+1.25 მგ რუთინი;

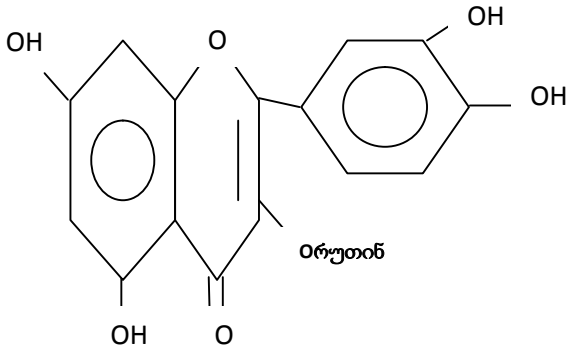
VIII ‘’----------‘’+2.5 მგ რუთინი

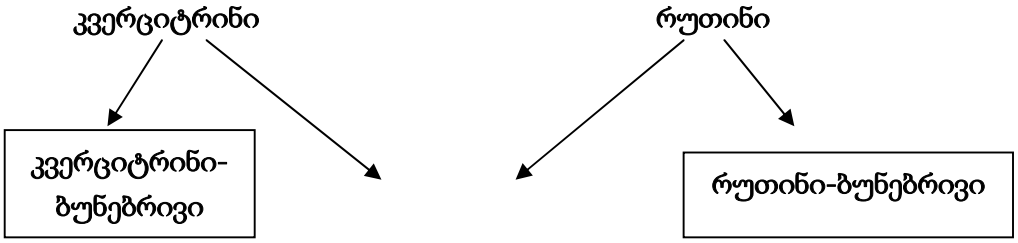
ფლავონოიდური გლუკოზიდი კვერციტრინი ნაწილობრივ იხლიჩება და წარმოქმნის აგლიკონ კვერცეტინს, ხოლო ნაწილი რჩება ბუნებრივი ფორმით, ასევე რუთინი კარგავს შაქროვან ნაწილს და გადადის კვერცეტინში, ხოლო ნაწილი რჩება ბუნებრივი ფორმით; რაც შეეხება კვერცეტინს, იგი ნაწილობრივ რჩება ბუნებრივი ფორმით, მაგრამ ნაწილი გარდაიქმნება ახალი ნივთიერებების წარმოქმნით, რომლებიც ასევე ფენოლური ხასიათისაა (იხ. სქემა 1)

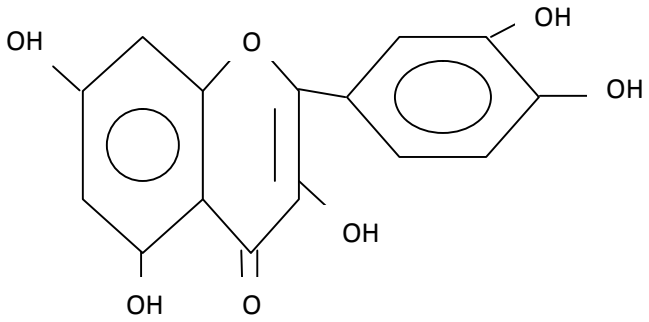
ჩატარებული ექსპერიმენტის შედეგად გამოვლენილი იქნა ფლავონოიდების-კვერციტრინის, კვერცეტინის და რუთინის გარდაქმნა ყურძნის ტკბილის ალკოჰოლური დუღილის პროცესში ღვინის საფუარების შტამებით. კვერციტრინის და რუთინის გახლეჩვით წარმოიქმნება კვერცეტინი, რომელიც ნაწილობრივ გარდაიქმნება ახალ ფენოლურ ნაერთად.

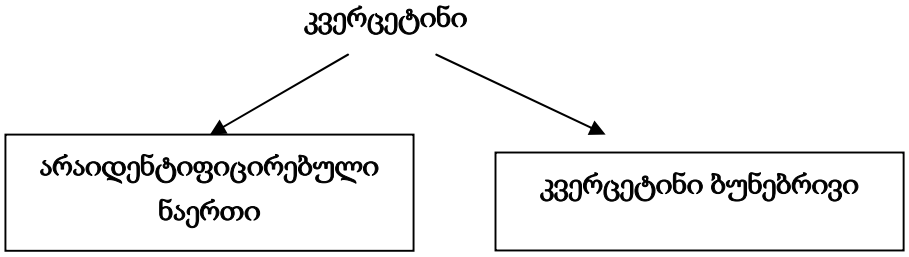
გარდაქმნის ამ პროცესების მიმდინარეობა დამოკიდებულია ფლავონოიდების კონცენტრაციაზე. ფლავონოლების გარდაქმნის თვალსაზრისით მნიშვნელოვნად დაბალი ეფექტურობა გააჩნიათ Sacch.chodat-ის სახეობის ღვინის საფუარებს. ფლავონოლების გარდაქმნის გამოვლენილი გზა მეცნიერულ დასაბუთებას იძლევა მათ დაგროვებაზე კახური და იმერული ტიპის ღვინომასალებში.











სქემა 1. ყურძნის ტკბილის ალკოჰოლური დუღილისას კვერცეტინის, კვერციტრინის და რუთინის გარდაქმნის გზები Saccharomyces-ის სახეობის ღვინის საფუარებით

1.4. ღვინის საფუარების გავლენა დიჰიდროკვერცეტინის გარდაქმნაზე ალკოჰოლური დუღილის პროცესში

ალკოჰოლური დუღილის პროცესში ყურძნის ფლავონოლების გარდაქმნების შესწავლისას ჩვენ მიზნად დავისახეთ გამოგვეკვლია დიჰიდროკვერცეტინის გარდაქმნა. ექსპერიმენტის მიმდინარეობისას გამოვიყენეთ ინდივიდუალური დიჰიდროკვერცეტინი. ალკოჰოლური დუღილი ღვინის საფუარების თანაობისას ჩავატარეთ რამდენიმე ვარიანტად:

I-საკონტროლო ვარიანტი: ყურძნის ტკბილი რქაწითელის ჯიშის ყურძნიდან 250 მლ + Sacch.vini-კახური 42;

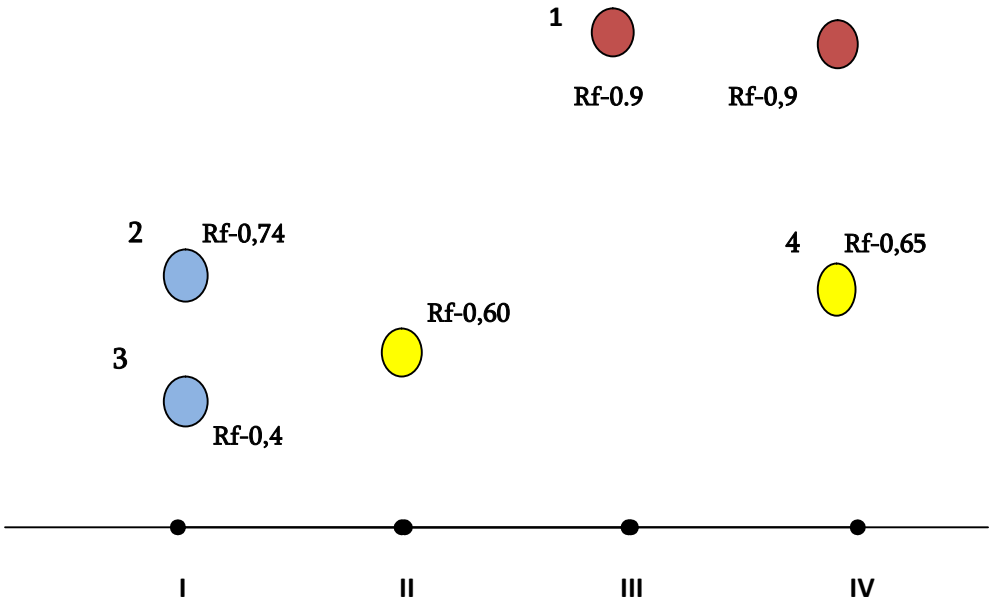
II-ყურძნის ტკბილი 250მლ + დიჰიდროკვერცეტინი 5მგ + Sacch.vini-კახური 42;

III-ყურძნის ტკბილი 250მლ + დიჰიდროკვერცეტინი 5მგ + Sacch.chodati;

IV-შედარებისთვის: ყურძნის ტკბილი 250მლ + კვერცეტინი 5მგ + Sacch.vini-კახური 42;

V-ყურძნის ტკბილი 250მლ+დიჰიდროკვერცეტინი 5მგ + Sacch.vini-ცოლიკოური 13.

ეთილაცეტატიანი ფრაქცია გავაანალიზეთ ქაღალდის ქრომატო-გრაფიის მეთოდით, ქრომატოგრამები გამჟღავნებამდე შევამოწმეთ ულტრაიისფერი სხივების ფონზე და შემდეგ გავამჟღავნეთ ვანილინის რეაქტივით (იხ. ნახ. 4).



ნახ. 4. საძიებელი ნაერთების ქაღალდის ქრომატოგრამა

სისტემა- ნ-ბუთანოლი:ძმარმჟავა:წყალი (4:1:2). გამამჟღავნებელი ვანილინის რეაქტივი I-დიჰიდროკვერცეტინის გარდაქმნის პროდუქტები ულტრაიისფერი სხივების ფონზე; II-ინდივიდუალური დიჰიდროკვერცეტინი; III-დიჰიდროკვერცეტინის გარდაქმნის პროდუქტი (1); IV -კვერცეტინი (4) და მისი გარდაქმნის პროდუქტი (1)

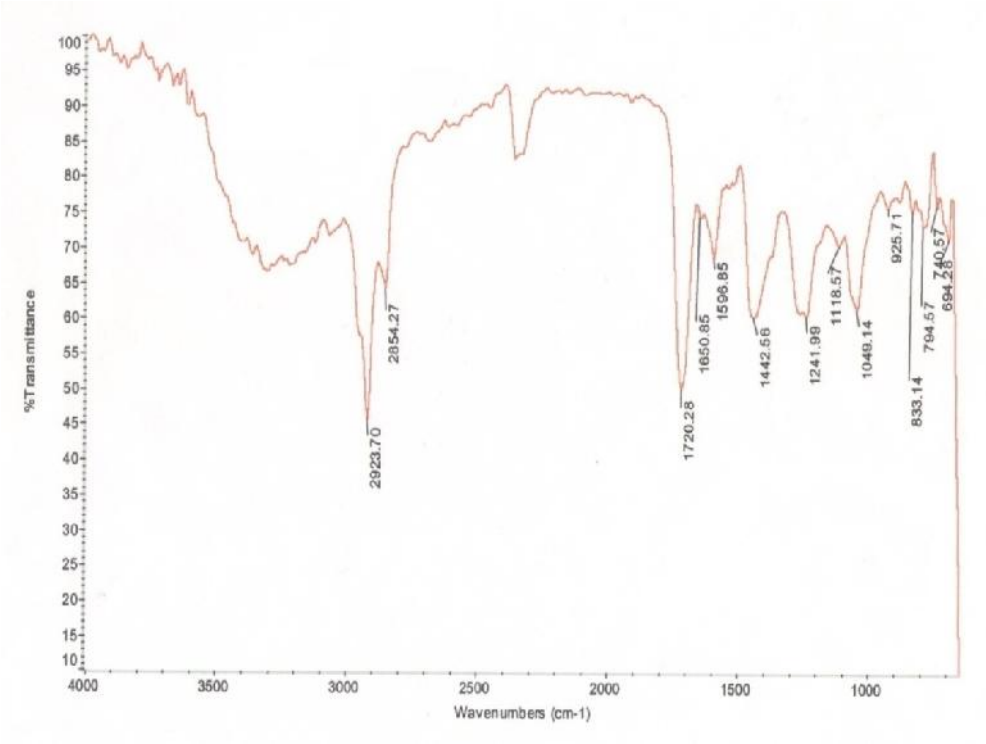
დიჰიდროკვერცეტინი ალკოჰოლური დუღილის პროცესში გარდა-იქმნება ღვინის საფუარების გავლენით. გარდაქმნის შედეგად წარმოიქმნება 3 ნივთიერება, რომლებიც სხვადასხვანაირად მჟღავნდება ვანილინის რეაქტივით და ულტრაიისფერი დასხივებით:

ნივთიერება-1 (RF-0.9), მჟღავნდება ვანილინის რეაქტივით და იძლევა ინტენსიურ ვარდისფერ ლაქას. ეს ნივთიერება წარმოიქმნება ასევე კვერცეტინის გარდაქმნისას. დიჰიდროკვერცეტინის და კვერცეტინის გარდაქმნის პროდუქტების იდენტურობა დასტურდება ულტრაიისფერი და ინფრაწითელი სპექტრების საფუძველზე (იხ. ნახ. 5, ნახ.6, ნახ. 7, ნახ.8).

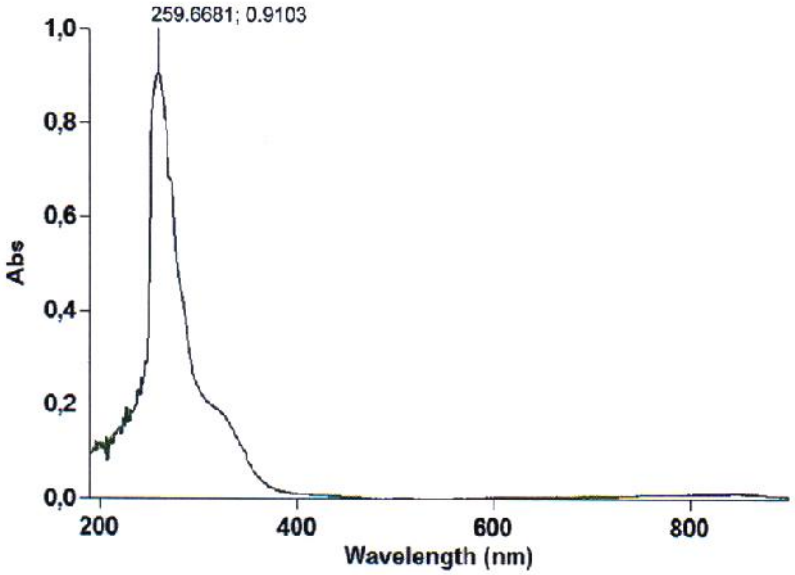
ნივთიერება-2 (RF-0,74) და ნივთიერება-3 (RF-0,4), ეს ლაქები არ იფერება ვანილინის რეაქტივით, მაგრამ ულტრაიისფერი სხივების ფონზე ლაქა ფიქსირდება ცისფერი შეფერილობით.

ე.ი. ალკოჰოლური დუღილისას დიჰიდროკვერცეტინიდან წარმოქმნილი ნივთიერებების შემადგენლობა ერთნაირია ყველა გამოყენებული ღვინის საფუარების შემთხვევაში.

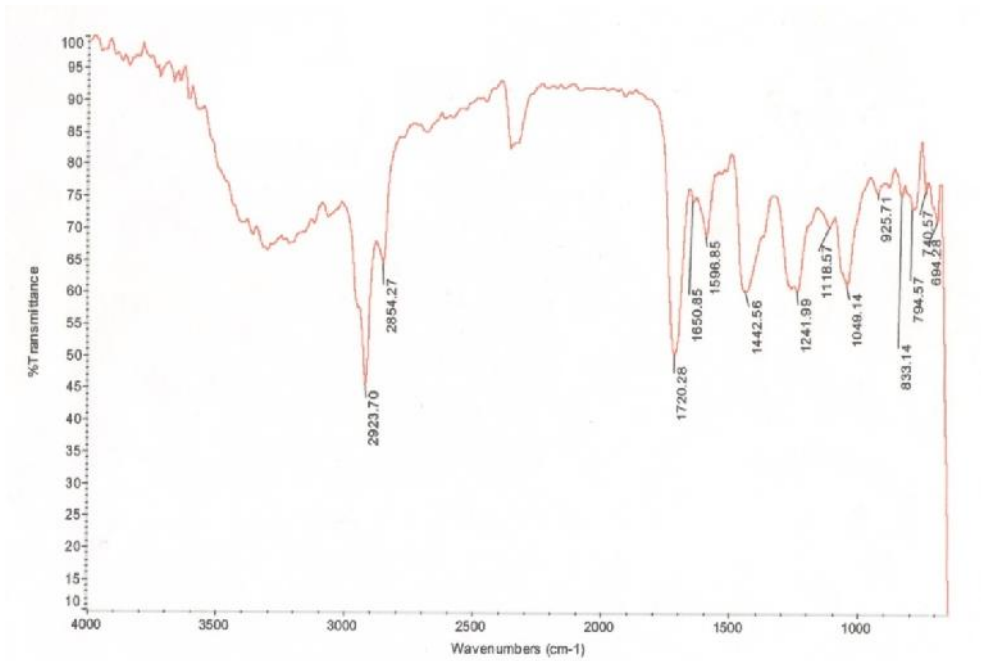
ჩატარებული ექსპერიმენტის შედეგად დადგინდა ღვინის საფუარების გავლენა ალკოჰოლური დუღილის პროცესში დიჰიდროკვერცეტინზე სხვადასხვა ნივთიერებების წარმოქმნით.



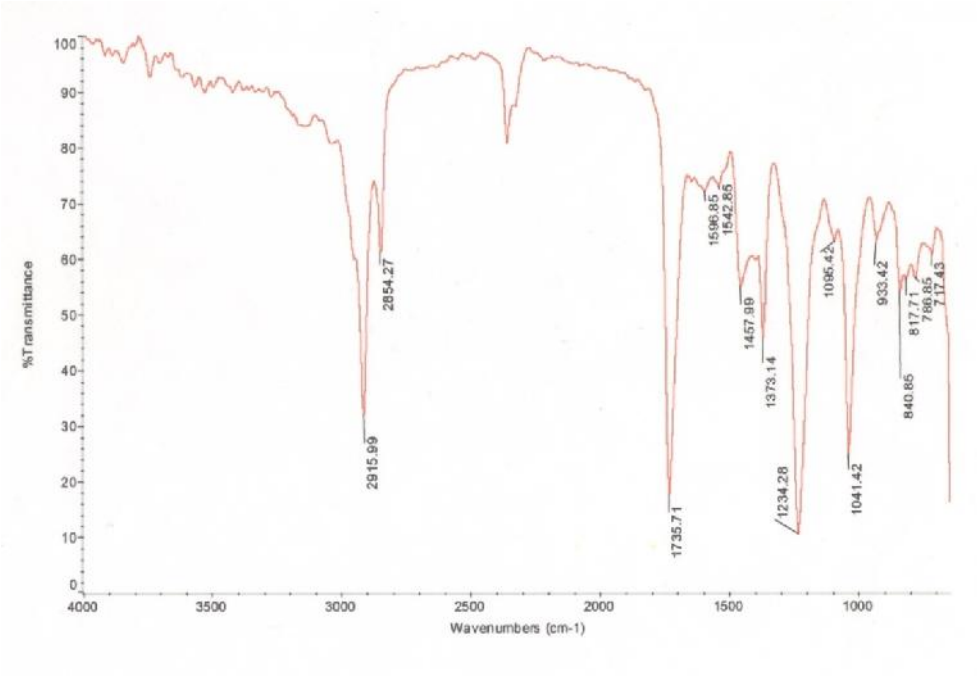
ნახ. 5. კვერცეტინისგან და დიჰიდროკვერეტინისგან წარმოქმნილი ნივთიერება-1-ის ინფრაწითელი სპექტრი



ნახ. 6. დიჰიდროკვერცეტინის გარდაქმნის პროდუქტის ულტრაიისფერი სპექტრი



ნახ. 7. დიჰიდროკვერცეტინის გარდაქმნის პროდუქტის ნივთიერება-2-ის ინფრაწითელი სპექტრი



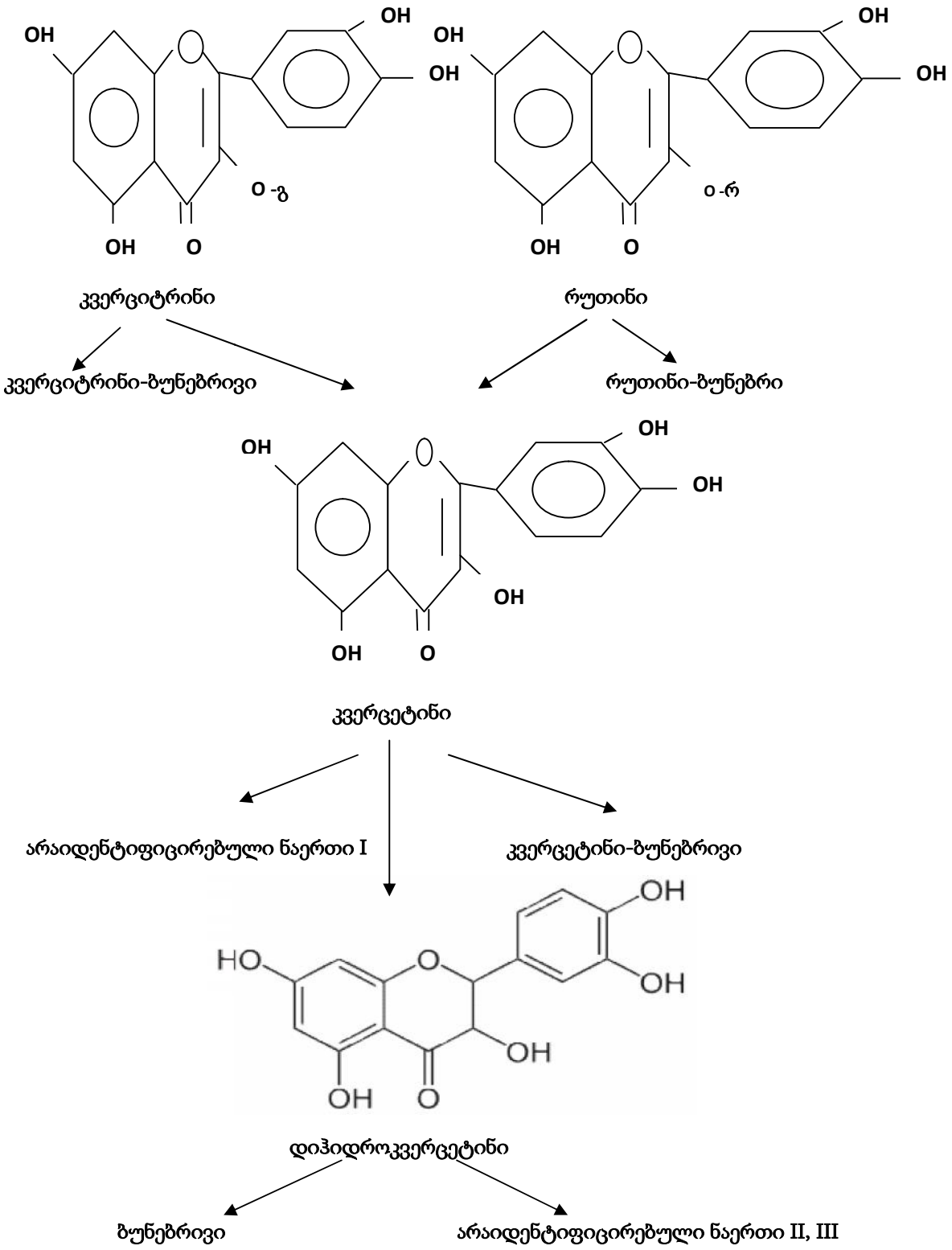
ნახ. 8. დიჰიდროკვერცეტინის გარდაქმნის პროდუქტის ნივთიერება-3-ის ინფრაწითელი სპექტრი

შემდგომ ეტაპზე ჩვენს მიერ გაგრძელდა ალკოჰოლური დუღილის პროცესში ზოგიერთი ფლავონოიდების გარდაქმნის გამოკვლევა. შევისწავ-ლეთ ცოლიკოურისა და ციცქას ყურძნის ტკბილის დუღილი ღვინის საფუარებით Sacch.vini-ცოლიკოური 13, ფლავონოიდების კვერცეტინის, კვერციტრინის, დიჰიდროკვერცეტინის და რუთინის თანაობისას.

კვლევის ობიექტებად გამოვიყენეთ ცოლიკოურისა და ციცქას ყურძნის ტკბილი ფლავონოიდების თანაობისას. დუღილი ჩავატარეთ ღვინის საფუარებით Sacch. vini-ცილიკოური 13. შედარებისთვის დუღილი ჩავატარეთ რქაწითელის ჯიშის ყურძნის ტკბილზე ღვინის სფუარებით Sacch. vini-კახური 42 და Sacch. vini-რქაწითელი 61. ფლავონოიდებიდან ჩვენ გამოვიყენეთ ინდივიდუალური ფლავონოიდები-კვერცეტინი, კვერციტრინი, რუთინი და დიჰიდროკვერცეტინი. ალკოჰოლური დუღილის მოდელური ცდები ჩავატარეთ 23-24^{0}C ტემპერატურაზე სხვადასხვა ვარიანტების სახით შეტანილი ფლავონოიდების გათვა-ლისწინებით (იხ. ცხრილი 2).

ცხრილი 2.ზოგიერთი ფლავონოიდის გარდაქმნა Saccharomyces-ის სახეობის სხვადასხვა ღვინის საფუარებით

№	ვარიანტები	გარდაუქმნელი ფლავონოიდი,მლ.
1.	ყურძნის ტკბილი (რქაწითელი 250მლ)+Sacch.vini-კახური42 (საკონტროლო)	----
2.	“-------“+10მგ კვერცეტინი	8,7
3.	“-------“+10მგ კვერციტრინი	8,2
4.	“-------“+10მგ რუთინი	9,4
5.	“-------“+10მგ დიჰიდროკვერცეტინი	8,4
6.	ყურძნის ტკბილი (რქაწითელი-250მლ)+Sacch.vini-რქაწითელი61 (საკონტროლო)	---
7.	“-------“+10მგ კვერცეტინი	8,9
8.	“-------“+10მგ კვერციტრინი	8,3
9.	“-------“+10მგ რუთინი	9,3
10.	“-------“+10მგ დიჰიდროკვერცეტინი	8,5
11.	ყურძნის ტკბილი (ცოლიკოური-250მლ)+Sacch.vini-ცოლიკოური13 (საკონტროლო)	---
12.	“-------“+10მგ კვერცეტინი	9,0
13.	“-------“+10მგ კვერციტრინი	8,6
14.	“-------“+10მგ რუთინი	9,7
15.	“-------“+10მგ დიჰიდროკვერცეტინი	8,8
16.	ყურძნის ტკბილი (ციცქა-250მლ)+ Sacch.vini-ცოლიკოური13 (საკონტროლო)	---
17.	-------“+10მგ კვერცეტინი	9,0
18.	“-------“+10მგ კვერციტრინი	8,6
19.	“-------“+10მგ რუთინი	9,6
20.	“-------“+10მგ დიჰიდროკვერცეტინი	8,9



სქემა 2. ყურძნის ზოგიერთი ფლავონოიდის გარდაქმნის გზები ალკოჰოლური დუღილის პროცესში

აღსანიშნავია, რომ ფლავონოიდების გარდაქმნის გზა (იხ.სქემა 2) ანალოგიურია და მიმდინარეობს იგივენაირად როგორც რქაწითელის ყურძნის ტკბილში, ისე ცოლიკოურის და ციცქას ყურძნის ტკბილში. კვერცეტინი და დიჰიდროკვერცეტინი გარდაიქმნებიან არაიდენტიფიცი-რებულ ნაერთად, რომლებიც ფიქსირდება კახური და იმერული ტიპის ღვინომასალებში.

ამრიგად, გამოვლინდა რომ ფლავონოიდები უფრო ინტენსიურად გარდაიქმნებიან ალკოჰოლური დუღილისას ღვინის საფუარებით Sacch. vini-კახური 42 და Sacch.vini-რქაწითელი 61, ვიდრე Sacch. vini-ცოლიკოური 13. ღვინომასალებში კახური (რქაწითელის ჯიშიდან) და იმერული (ცოლიკოურის და ციცქას ჯიშიდან) ფიქსირდება ნაერთი-კვერცეტინის გარდაქმნის პროდუქტი.

1.5. კახური და იმერული ტიპის ღვინოების ზოგიერთი ფლავონოიდის ცვალებადობა და ანტიოქსიდანტური აქტივობა

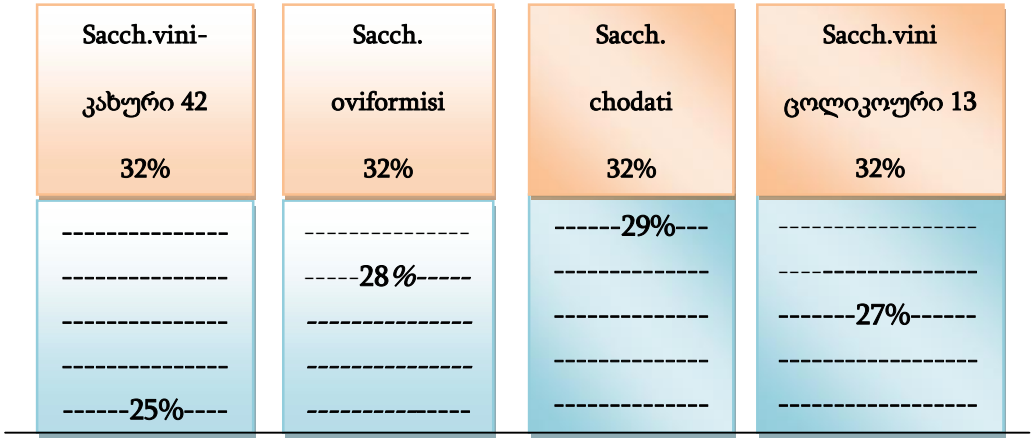
კვლევის ამ ეტაპზე ჩვენს მიზანს შეადგენდა ინდივიდუალური ფლავონოიდების-კვერცეტინის, კვერციტრინის, რუთინის და დიჰიდრო-კვერცეტინის ანტიოქსიდანტური აქტივობების შედარებითი დახასიათება, კვერცეტინის და დიჰიდროკვერცეტინის გარდაქმნის ახალი პროდუქტების, კახური და იმერული ტიპის ღვინოების ანტიოქსიდანტური აქტივობების ცვალებადობის დადგენა.

ცალკეული ფლავონოიდების ანტიოქსიდანტური (ანტირადიკალური) აქტივობის დასადგენად მოვამზადეთ თითოეული მათგანის თანაბარი კონცენტრაციის (20მგ/ლ) წყალ-სპირტიანი ხსნარები და განვსაზღვრეთ მათი ანტირადიკალური აქტივობა (იხ. ცხრილი 3).

ცხრილი 3. ზოგიერთი ფლავონოიდის ანტირადიკალური აქტივობა (%)

ანტირადიკალური აქტივობა	კვერცეტინი	კვერციტრინი	დიჰიდროკვერ-ცეტინი	რუთინი
	78	69	75	65

ამავდროულად, საინტერესო იყო, რამდენად იცვლებოდა ინდივიდუ-ალური ფლავონოიდის ანტიოქსიდანტური აქტივობა დუღილის შედეგად საფუარის შტამებზე დამოკიდებულებით. ამ მიზნით 5მგ/ლ კონცენტრაციით კვერცეტინი დავადუღეთ საექსპერიმენტო ღვინის საფუარებით და შევადარეთ ანტირადიკალური აქტივობა დადუღებამდე და დადუღების შემდეგ (იხ. ნახ. 9).



ნახ. 9. კვერცეტინის ანტიოქსიდანტური აქტივობის ცვლილება სხვადასხვა საფუარებით დადუღების შედეგად

ნაშრომის წინამდებარე შესაბამის ქვეთავში აღწერილია ღვინის საფუ-არების აქტივობები ფლავონოიდების გარდაქმნებთან დაკავშირებით. გამოვლინდა, რომ ყველაზე ნაკლებ ეფექტური ფლავონოიდებზე

ზეგავლენის თვალსაზრისით არის Sacch.chodati. ეს დამოკიდებულება აისახა სწორედ ანტიოქსიდანტური აქტივობის ცვალებადობაზე. კვერცეტინის ანტიოქსიდანტური აქტივობა ყველაზე მკვეთრად-7%-ით შემცირდა Sacch.vini-კახური 42 შტამით დადუღებისას, ხოლო Sacch.chodati-თ დადუღების შედეგად, როდესაც გარდაქმნა ნაკლებ ინტენსიურია, ანტიოქსიდანტური აქტივობაც ნაკლებად-3%-ით იცვლება.

ღვინომასალებში ფენოლური ნივთიერებების შემცირება (დაჟანგვის შედეგად) იწვევს შესაბამისად მათი ანტიოქსიდანტური აქტივობის შემცირებას. რაც შეეხება კვერცეტინს, დიჰიდროკვერცეტინს და მათგან წარმოქმნილი ახალი ნივთიერებების ანტიოქსიდანტურ აქტივობებს, ისინიც ერთმანეთისგან განსხვავებულია (იხ. ცხრილი 4).

ცხრილი 4. კახური და იმერული ტიპის ღვინოების ანტიოქსიდანტური აქტივობა

ნიმუშის დასახელება	**საერთო ფენოლური ნაერთები, გ/ლ**	**ანტიოქსიდანტური აქტივობა, %**
კახური ტიპის ღვინო - საწყისი	3,5	86,0
კახური ტიპის ღვინო - დაჟანგული	2,7	72,0
იმერული ტიპის ღვინო - საწყისი	0,9	35,0
იმერული ტიპის ღვინო - დაჟანგული	0,57	27,0
ნივთიერება - I	-----	41,6
ნივთიერება – II	-----	34,0
ნივთიერება - III	-----	16,0

ამრიგად, ჩატარებული კვლევის შედეგად გამოვლინდა საძიებელი ახალი ინდივიდუალური ნივთიერებების შესაბამისი ბუნება და მათი ანტიოქსიდანტური აქტივობები. ასევე, კახური და იმერული ტიპის ღვინოების ანტიოქსიდანტური აქტივობების დამოკიდებულება ფენოლურ ნაერთებზე.

1.6. ბიოლოგიურად აქტიური კვერცეტინისა და დიჰიდროკვერცეტინის (ტაქსიფოლინის) ჟანგვა-აღდგენითი გარდაქმნები ალკოჰოლური დუღილის და ღვინომასალების ფორმირების პროცესებში

გავაგრძელეთ რა, ფლავონოლების გარდაქმნის კვლევა, შემდგომ ეტაპზე შევისწავლეთ კვერცეტინის და დიჰიდროკვერცეტინის ურთიერთ-გარდაქმნები ალკოჰოლური დუღილის და კახური და იმერული ტიპის ღვინომასალების ფორმირების პროცესში.

კვლევის ობიექტებად გამოვიყენეთ რქაწითელის ჯიშის ყურძნიდან დამზადებული კახური ტიპის ღვინომასალები და ცოლიკოურის ჯიშის ყურძნიდან დამზადებული იმერული ტიპის ღვინომასალები. კვერცეტინის გარდაქმნის მოდელური ცდა ჩავატარეთ რქაწითელის და ცოლიკოურის ყურძნის წვანში ინდივიდუალური კვერცეტინის დამატებით შესაბამისად ღვინის საფუარების Sacch.vini-კახური 42 და Sacch.vini-ცოლიკოური 13-ის გამოყენებით. რქაწითელისაგან კახური ტიპის და ცოლიკოურისაგან იმერული ტიპის ღვინომასალების დამზადებისას დურდოს ალკოჰოლური დუღილის პროცესში კვერცეტინის და დიჰიდროკვერცეტინის დაგროვების დინამიკა ერთმანეთისაგან განსხვავებულია. როგორც რქაწითელის, ისე ცოლიკოურის ყურძნის წვენი კვერცეტინს შეიცავს შესაბამისად 0,35 მგ/ლ

და 0,23მგ/ლ რაოდენობით. მოდუღარ დურდოში კვერცეტინის ინტენსიური რაოდენობრივი ზრდა განპირობებულია ყურძნის მაგარი ნაწილებიდან გამოწვლილვით და ამავდროულად ჩვენს მიერ დადგენილი გარდაქმნების მიმდინარეობის შედეგად, კერძოდ, კვერციტრინის და რუთინის დაშლით. ინტენსიური დუღილის შედეგად კვერცეტინის კონცენტრაცია რქაწითელის მოდუღარ დურდოში აღწევს 7,7 მგ/ლ, ცოლიკოურის დურდოში 1,6 მგ/ლ და შემდგომ შეინიშნება მისი კლება. დიჰიდროკვერცეტინის დინამიკა 7-8-დღიანი დუღილის შემდეგ იცვლება მზარდი კონცენტრაციით.

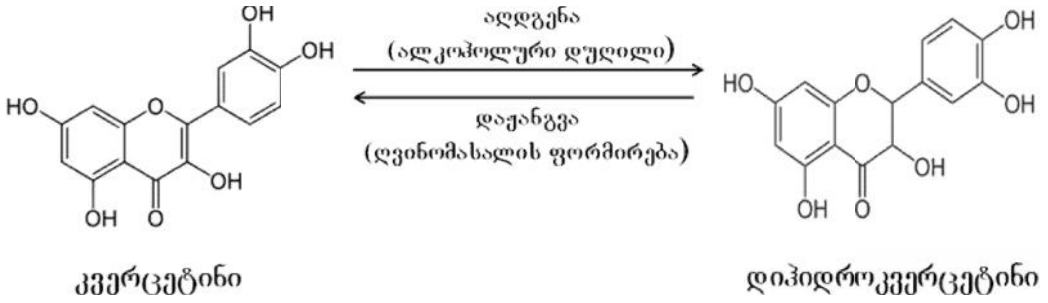
ვინაიდან, ცოლიკოურის ყურძნის წვენი რქაწითელისაგან განსხვავდებოდა შედარებით მაღალი ტიტრული მჟავიანობით (შესაბამისად 9,2 გ/ლ და 9,8 გ/ლ), მიზანშეწონილად მივიჩნიეთ ტიტრული მჟავიანობის ფაქტორის დადგენა დიჰიდროკვერცეტინის წარმოქმნაზე. ჩავატარეთ ალკოჰოლური დუღილის მოდელური ექსპერიმენტი რქაწითელის და ცოლიკოურის ყურძნის წვენში კვერცეტინის და დიჰიდროკვერცეტინის ერთდროული არსებობით, სადაც ტიტრული მჟავიანობის შემცველობა გავზარდეთ ღვინის მჟავის დამატებით. ალკოჰოლური დუღილი ჩავატარეთ ღვინის საფუარებით: Sacch.vini-კახური 42 და Sacch.vini-ცოლიკოური 13.

ტიტრული მჟავიანობის გაზრდით დიჰიდროკვერცეტინის კონცენტრაცია იმატებს და კვერცეტინის რაოდენობა მცირდება. ეს კანონზომიერება ერთნაირია როგორც რქაწითელის, ისე ცოლიკოურის მოდუღარ წვენში. ექსპერიმენტის შედეგი მიუთითებს ალკოჰოლურ დუღილში კვერცეტინის აღდგენით გარდაქმნაზე დიჰიდროკვერცეტინის წარმოქმნით, რომელიც ინტენსიურდება ტიტრული მჟავიანობის გაზრდით.

ექსპერიმენტის ზემოაღნიშნული შედეგების ასახსნელად, საყურადღებოა კვერცეტინის და დიჰიდროკვერცეტინის ჩვენს მიერ დადგენილი გარდაქმნები ალკოჰოლური დუღილის ინტენსიურ პერიოდში (2-7 დღე). ამით აიხსნება ის, რომ არ ფიქსირდება თანხვედრა კვერცეტინის შემცირებულ და დიჰიდროკვერცეტინის მომატებულ რაოდენობებს შორის. ანუ, კვერცეტინის შემცირებული რაოდენობა მთლიანად არ აღდგება

დიჰიდროკვერცეტინში, არამედ ნაწილი იხარჯება სხვა ნივთიერებების წარმოქმნაში. ასევე, დიჰდროკვერცეტინი თავის მხრივ ინტენსიურ დუღილში განიცდის გარდაქმნას და ამიტომ ახასიათებს მცირე რაოდენობით მატება.

კახური და იმერული ტიპის ღვინომასალების 1 წლიანი ფორმირების პერიოდში დიჰიდროკვერცეტინის კონცენტრაცია მცირდება და კვერცეტი-ნის კი მატულობს. მოდელური დადუღებული ვარიანტების გაანალიზებამ დაადასტურა დიჰიდროკვერცეტინის ჟანგვითი გარდაქმნა კვერცეტინად. ამ გარდაქმნის დინამიკა გვიჩვენებს, რომ ფორმირების 1-6 თვეში დიჰიდროკვერცეტინი ინტენსიურად იჟანგება შემდგომ პერიოდთან შედარებით (იხ. სქემა 3).



სქემა 3. დიჰიდროკვერცეტინის ჟანგვითი ტრანსფორმაცია კვერცეტინად

ამრიგად, ჩატარებული ექსპერიმენტის საფუძველზე გამოვლინდა კვერცეტინის და დიჰიდროკვერცეტინის (ტაქსიფოლინის) ჟანგვა-აღდგენითი ურთიერთგარდაქმნები. დურდოს ალკოჰოლურ დუღილში კვერცეტინი აღდგება დიჰიდროკვერცეტინად, ხოლო ღვინომასალების ფორმირებისას დიჰიდროკვერცეტინი იჟანგება კვერცეტინად. კვერცეტინის

აღდგენა დიჰიდროკვერცეტინად ინტენსიურდება მაღალი ტიტრული მჟავიანობის პირობებში.

გამოირკვა, რომ კვერცეტინი, კვერციტრინი, რუთინი და დიჰიდრო-კვერცეტინი ალკოჰოლური დუღილის პროცესში განიცდიან გარდაქმნებს, რომელიც დამოკიდებულია მათ კონცენტრაციაზე და ღვინის საფუარების შტამებზე. იმისათვის, რომ აღნიშნული კვლევები გახდეს ხელმისაწვდომი ღვინის ხარისხობრივი მაჩვენებლების დასადგენად, მიზანშეწონილად მივიჩნიეთ ალკოჰოლურ დუღილში ფლავონოლების გარდაქმნის მათემატიკური მოდელირება.

აღნიშნული კვლევის ამოცანისთვის შევადგინეთ მათემატიკური მოდელი და ავაგეთ საინფორმაციო-ანალიტიკური სისტემა, რომელმაც თავის მხრივ მოგვცა საშუალება უკვე ფორმალიზებული კვლევის ამოცანის ცოდნის ბაზაზე დაყრდნობით გადაგვეწყვიტა რამდენიმე ანალიტიკური საკითხი (მაგ: ღვინის დახარისხება სასურველი მონაცემების მიხედვით).

დასკვნა

1. დადგენილია ღვინის საფუარების შტამებით Sacch.vini-კახური 42, Sacch.vini-რქაწითელი 61, Sacch.chodati, Sacch.oviformis, Sacch.vini-ცოლიკოური-13-ით განხორციელებული დურდოს ალკოჰოლური დუღილისას ფლავონოლების დაგროვების დინამიკა. გამოვლენილია ყურძნის ჯიშების რქაწითელის, ცოლიკოურის, ციცქას და მათგან დამზადებული კახური და იმერული ტიპის ღვინომალების ფლავონოლების თვისებრივი და რაოდენობრივი შედგენილობა.
2. დადგენილია ბიოლოგიურად აქტიური კვერცეტინის, კვერციტრინის და რუთინის გავლენა ალკოჰოლურ დუღილში ღვინის საფუარების შტამებზე. აღნიშნული ფლავონოიდების გავლენა ერთმანეთისაგან განსხვავებულია ერთი და იგივე საფუარის შტამის ინაქტივაციის თვალსაზრისით. კერძოდ, Sacch.vini-კახური 42-ით ალკოჰოლურ დუღილის დინამიკა უცვლელია 10მგ/ლ-მდე კვერცეტინის და კვერციტრინის კონცენტრაციისას; შტამების ინაქტივაცია მჟღავნდება 15მგ/ლ კვერცეტინის, 20მგ/ლ კვერციტრინის და 5მგ/ლ რუთინის კონცენტრაციებით. მოდუღარი ტკბილის ყველა ვარიანტში ღვინის საფუარების აქტივობაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს რუთინი, რაც გამოიხატება 18-19 დღე-ღამემდე დუღილის გახანგრძლივებით.
3. ღვინის საფუარების გავლენა ბიოლოგიურად აქტიური კვერცეტინის, კვერციტრინის და რუთინის მიმართ დასტურდება ალკოჰოლურ დუღილში მათი გარდაქმნით. გარდაქმნა ძირითადად მიმდინარეობს დუღილის 3-8 დღე-ღამის ინტერვალში და დამოკიდებულია ნივთიერებების კონცენტრაციაზე. კერძოდ, 10მგ/ლ-მდე კვერცეტინი და კვერციტრინი მთლიანად გარდაიქმნება არაფლავონოლური ერთი და იგივე ნივთიერების წარმოქმნით. კონცენტრაციის გაზრდისას საწყისი ფლავონოიდები მოდუღარ არეში ნაწილობრივ რჩება ბუნებრივი ფორმით. ღვინის საფუარებიდან ნაკლები ეფექტურობით გამოირჩევა Sacch.chodati.

4. ფლავონონი-დიჰიდროკვერცეტინი ალკოჰოლურ დუღილში ღვინის საფუარების მოქმედებით წარმოქმნის არაფლავონონური ჯგუფის ახალ ნივთიერებებს, რომელთაგან ერთ-ერთი იდენტურია კვერცეტინისგან წარმოქმნილი ნივთიერებისა.
5. კახური და იმერული ტიპის ანტიოქსიდანტური (ანტირადიკალური) აქტივობა იცვლება მათი ფენოლური ნაერთების კონცენტრაციაზე დამოკიდებულებით. კახური ტიპის ღვინოში დაჟანგვით გამოწვეული ფენოლურ ნაერთთა კონცენტრაციის შემცირება 3,5გ/ლ-დან 2,7გ/ლ-მდე, განაპირობებს ანტიოქსიდანტური აქტივობის შემცირებას 86,0%-დან 72,0%-მდე. იმერული ტიპის ღვინოში კი 0,9გ/ლ-დან 0,57გ/ლ-მდე შემცირება იწვევს ანტიოქსიდანტური აქტივობის ცვლილებას 35,0%-დან 27,0%-მდე.
6. ფლავონოიდების თანაბარი კონცენტრაციის 20მგ/ლ წყალ-სპირტიანი ხსნარების ანტირადიკალური აქტივობა ერთმანეთისგან განსხვავებულია: კვერცეტინი-78%; კვერციტრინი-69%; დიჰიდროკვერცეტინი-75%; რუთინი-65%. კვერცეტინის (5მგ/ლ) ანტიოქსიდანტური აქტივობა ალკოჰოლური დუღილის შედეგად არამნიშვნელოვნად მცირდება. ამასთანავე, ეს შემცირება ღვინის საფუარების პირდაპირპროპორციულია. ანუ, კვერცეტინის გარდაქმნა ნაკლებ ეფექტურია Sacch.chodat-ით, რაც განაპირობებს საწყისი ანტიოქსიდანტური აქტივობის ნაკლებად ცვლილებას 32%-დან 29%-მდე; Sacch.vini-კახური 42-ის შემთხვევაში 32%-დან 25%-მდე; Sacch.vini-ცოლიკოური-13-ის შემთხვევაში კი 32%-დან 27%-მდე.
7. გამოვლინდა კვერცეტინის და დიჰიდროკვერცეტინის (ტაქსიფოლინის) ჟანგვა-აღდგენითი ურთიერთგარდაქმნები. დურდოს ალკოჰოლურ დუღილში კვერცეტინი აღდგება დიჰიდროკვერცეტინად, ხოლო ღვინომასალის ფორმირებისას დიჰიდროკვერცეტინი იჟანგება კვერცეტინად. კვერცეტინის აღდგენა დიჰიდროკვერცეტინად ინტენსიურდება მაღალი ტიტრული მჟავიანობის პირობებში.
8. ბიოლოგიურად აქტიური ფლავონოიდების და ღვინის საფუარების ურთიერთგავლენა ასახულია მათემატიკურად დამუშავებული საინფორ-

მაციო-ანალიტიკური სისტემის მოდელით. მისი გამოყენება ხელმისაწვდომია ღვინის ხარისხობრივი მაჩვენებლების დადგენით.

9. ღვინის საფუარებით განხორციელებული დურდოს ალკოჰოლური დუღილი მნიშვნელოვანი ეტაპია კახური და იმერული ტიპის ღვინომასალების ბიოლოგიურად აქტიური ფლავონოიდებით გასამდიდრებლად. დუღილში ვლინდება ფლავონოიდების და საფუარების ურთიერთგავლენა, რომლის შედეგები მნიშვნელოვნად არ ცვლის თვით ფლაოვონოიდების და ღვინომასალების ფუნქციურ დანიშნულებას.

დისერტაციის ირგვლივ გამოქვეყნებული შრომების ჩამონათვალი:

1. Shonia T. M., Bezhuashvili M. G., Buachidze T. Sh. Changes in flavonoids and antioxidant activity of Kakhetian and Imeretian type wines. GEORGIAN ENGINEERING NEWS, №3, 2012. pp. 104-107.
2. M. G. Bezhuashvili,* T. M. Shonia,** T. Sh. Buachidze**. Oxidative-reduction formation of biologically active quercetin and dihidroquercetin (taxifolin) during wine fermentation and wine formation. ANNALS OF AGRARIAN SCIENCE, vol.11, no.2, 2013. pp. 70-73.
3. შონია თ. მ., ბეჟუაშვილი მ. გ., ბუაჩიძე თ. შ. ყურძნის ზოგიერთი ფლავო-ნოლის გარდაქმნა ალკოჰოლურ დუღილში და მისი მათემატიკური მოდელირება. GEORGIAN ENGINEERING NEWS, №2, 2013. გვ. 134-139.

Abstract

The dissertation work is dedicated to one of the topical trends of research, the mutual influence of some grape plavonoids and strains of wine yeasts during the pomace fermentation. The relationship of some biologically active flavonoids with wine yeasts: Sacch.vini-Kakhuri 42, Sacch.vini-Rkatsiteli 61, Sacch.chodati, Sacch.oviformisi, Sacch.vini-Tsolikouri-13, in the process of alcoholic fermentation when making the wine of a Kakhetian type with Rkatsiteli and Imeretian wines with Tsitska and Tsolikouri is studied. The relevant results are gained, in particular, the dynamics of flavonoids accumulation during the pumice alcoholic fermentation caused by wine yeast strains: Sacch.vini-Kakhuri 42, Sacch.vini-Rkatsiteli 61, Sacch.chodati, Sacch.oviformisi, Sacch.vini-Tsolikouri-13 is established. The influence of biologically active quercetin, quercitrine and rutin on the strains of wine yeasts during the alcoholic fermentation is established. The influence of these flavonoids is different in respect of inactivation of the same yeast strain. In particular, the dynamics of alcoholic fermentation of Sacch.vini-Kakhuri 42 remains unchanged in case of quercetin and quercitrine concentration of up to 10 mg/l; strain inactivation takes the place in case of quercetin concentration of 15 mg/l, quercitrine concentration of 20 mg/l and rutin concentration of 5 mg/l. For all variants of fermenting must, rutin has a significant impact on the action of wine yeasts evidenced by the duration of fermentation lasting for 18 to 19 days.

Influence of the wine yeasts on the biologically active quercetin, quercitrine and rutin is proved by their transformation during the alcoholic fermentation. The transformation depends on the concentration of the materials, in particular, quercetin and quercitrine are partly transformed by forming the same non-flavonoid substance. Out of the wine yeasts, the least effective is Sacch.chodati.
Flavonon dihydroquercetin, under the influence of wine yeasts during the alcoholic fermentation, partly forms new substances, with one of them identical to the substance formed with quercetin.

The antioxidant activity of flavonoids slightly decreases due to alcoholic fermentation. In addition, such a decrease is directly proportional to the activity of wine yeasts. In particular, transformation of quercetin is less effective with Sacch.chodat resulting in a little change of the initial antioxidant activity from 32% to 29%; in case of Sacch.vini-Kakhuri 42, the change occurs from 32% to 25% and from 32% to 27% in case of Sacch.vini-Tsolikouri-13. The oxidation-reduction cross-transformations of quercetin and dihydroquercetin (taxifolin) are as follows: quercetin is reduced to dihydroquercetin during the pomace alcoholic fermentation, while dihydroquercetin oxides to quercetin during the bulk wine formation. Reduction of quercetin to dihydroquercetin gets more intense in terms of high titric acidity.

Interaction between the biologically active flavonoids and wine yeasts is shown through a mathematically developed information-analytical model. It can be used to identify the qualitative properties of wines.

The pomace alcoholic fermentation with wine yeasts is a significant phase in enriching the bulk wines of Kakhetian and Imeretian types with biologically active flavonoids. The interaction between the flavonoids and yeasts is seen in the process of fermentation with its results not significantly changing the functional designation of flavonoids or bulk wines.