

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

გიორგი მაისურაძე

ეგზოგენური ფერმენტული პრეპარატებისა და
სხვა დანამატების გამოყენება ბაცი ფერის ლუდის
ტექნოლოგიურ პროცესში

სადოქტორო პროგრამა – ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერია
შიფრი – 0410

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

თბილისი

2016 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტში და ს/ს „საქართველოს ლუდის კომპანიაში“.

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: ასოც. პროფესორი მედეა ძეკონსკაია

რეცენზენტები: _____

დაცვა შედგება _____ წლის „_____“ _____, _____ საათზე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის _____
_____ ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს სხდომაზე, კორპუსი _____, აუდიტორია _____ მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 69.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში, ხოლო ავტორეფერატის – ფაკულტეტის ვებ-გვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი _____

სამუშაოს ზოგადი დახასიათება

ლუდი ძველთაგანვე ცნობილი მცირე ალკოჰოლური სასმელია. ლუდის მისაღებად გამოიყენება ოთხი ძირითადი ნედლეული: ქერის ალაო, სვია, წყალი და საფუვრები. ლუდის მოთხოვნილებასთან ერთად დისპროპორცია აღნიშნულ მასალებსა და ლუდს შორის უფრო და უფრო შესამჩნევი გახდა, ძირითადად ეს გამოიკვეთა ქერის ალაოს მიმართ.

ალაო წარმოადგენს ძვირადღირებულ ნედლეულს, ამიტომ როგორც ფერმენტაციის გზით ფერმენტების მიღება კომერციულად შესაძლებელი გახდა გასული საუკუნის 60-იანი წლებიდან, ლუდისა და ფერმენტების მწარმოებლებმა დაიწყეს ერთობლივი ფიქრი, თუ როგორ შეეცვალათ ალაო აულოჯებელი ნედლეულით ეგზოგენური ფერმენტების გამოყენებით.

მაშინ უკვე ჩვეულებრივ პრაქტიკაში იყენებდნენ 10–15% აულოჯებელ ნედლეულს, რომელთა გარდაქმნა ხდებოდა ალაოს ფერმენტების ხარჯზე, მაგრამ ახლა გაჩნდა იდეა, სულ უფრო მეტი რაოდენობის აულოჯებელი ნედლეულით, მაგ. ქერის, ბრინჯის, სიმინდის, სორგოს და სხვა ნედლეულთან ერთად ეგზოგენური ფერმენტების დამატებით. ამის გამოყენება საშუალებას იძლევა მივიღოთ, როგორც ეკონომიკური, ისე ტექნიკური უპირატესობები:

- ლუდის ხარშვის პროცესის სრულყოფილი მართვა
- პროცესის დაჩქარება, რომელსაც მივყავართ წარმადობის ზრდისაკენ
- სხვადასხვა ტიპის ლუდის წარმოების შესაძლებლობა
- უფრო იაფი და არატრადიციული ნედლეულის გამოყენება

მრავალ ქვეყანაში ლუდის წარმოებისათვის იყენებენ აულოჯებელ ნედლეულს – მარცვლეულს. თუ ამ მარცვლეულში სახამებლის კლეისტერიზაციის მაღალი ტემპერატურაა, მაშინ ის უნდა იყოს კლეისტერიზირებული და გათხევადებული ცალკე მთავარი შესალესი მასისგან აშაქრების წინ.

კლასიკურ მეთოდს წარმოადგენს აულოჯებელი მარცვლეული პროდუქტების გათხევადებისთვის 10–15% ალას დამატებით. ალას რ – ამილაზა არ არის თერმოსტაბილური კლეისტერიზაციის ტემპერატურის ზემოთ აულოჯებელ ნედლეულისთვის, ამიტომ საიმედო და უხიფათო გზაა მაღალი თერმოსტაბილური რ – ამილაზის გამოყენებით შელესვის პროცესის წარმართვა.

ზემოთ აღნიშნულიდან შეიძლება დავასკვნათ, რომ ლუდის წარმოებაში გამოყენებული ქერის ალას ნაწილობრივი (40–70%) შეცვლა უფრო იაფი დამატებითი ნედლეულით და თერმოსტაბილური ეგზოგენური ფერმენტების გამოყენებით, დასმული პრობლემის გადაწყვეტის ერთ–ერთი გზაა, მეტად აქტუალურია და დასაბუთებულია მისი არსი.

წარმოდგენილ ნაშრომში შემოთავაზებული მეცნიერული კვლევების მიზანია: შემუშავდეს ახალი, ეკონომიკურად გამართლებული, მკირადღირებული მასალების შემცვლელი სრულყოფილი რესურსდამზოგი ტექნოლოგია ეგზოგენური ფერმენტების და აულოჯებელი მასალების დამატებით.

აღნიშნული მიზნის განხორციელება ტექნოლოგიური თვალსაზრისით გვესახება შემდეგნაირად: ქერის ალას გარკვეული რაოდენობის შეცვლა დამატებითი აულოჯებელი ნედლეულით, კერძოდ ბრინჯით, სიმინდის ფანტელით და ქერით, ეგზოგენური ფერმენტების გამოყენების გზით.

კვლევის ძირითადი ამოცანებია:

- ლუდის წარმოებაში გამოყენებული მასალების გამოკვლევა, მათი ტექნოლოგიური და ფიზიკო–ქიმიური თვისებების შესწავლა და არსებული პრობლემების გამოკვლევა.
- ლუდის წარმოების ახლანდელი მდგომარეობა და რაციონალური ტექნოლოგიური სქემების გამოკვლევა და დამუშავება.
- ქერის ალას და დამატებითი აულოჯებელი მასალების დადერდის ოპტიმალური ხარისხის დადგენა და მათი გავლენა ლუდის ტექნოლოგიური პარამეტრების ხარისხზე.

- ტექნოლოგიურ პროცესში გამოყენებული ფერმენტების ფიზიკო-ქიმიური და ტექნოლოგიური თვისებების შესწავლა.
- ალასო შელესვის პროცესის შესწავლა დამატებითი აულოჯებელი მასალების და ფერმენტების გამოყენებისას.
- ბადაგის დუდილის დროს ძირითადი პარამეტრების ცვლილების შესწავლა და გამოკვლევა.
- ლუდის დავარგების პროცესში მიმდინარე პროცესები და ნივთიერებების ცვლილების, კერძოდ ვიცინალური დიკეტონებისა და დიაცეტილის შესწავლა და კვლევა.
- ბადაგის და ლუდის გაფილტვრისას მიმდინარე პროცესების განხილვა და კვლევა.

კვლევის მეთოდები: დასმული პრობლემის გადაწყვეტის ძირითადი მეთოდი მდგომარეობს ლუდის წამროებაში გამოყენებული ტექნოლოგიური პროცესების გაანალიზებაში და ცალკეული მონაცემების გაუმჯობესებაში მეცნიერული და ექსპერიმენტალური კვლევების შედეგების გათვალისწინებით.

ჩატარებულ კვლევებში გამოყენებული იყო ფიზიკო-ქიმიური ანალიზის თანამედროვე მეთოდები. ლუდის მოხარშვისთვის საჭირო მასალების კომპონენტების, ბადაგისა და მზა ლუდის ანალიზი ტარდებოდა, როგორც კლასიკური ქიმიური მეთოდებით, ასევე თანამედროვე მაღალი სიზუსტის მქონე ხელსაწყოების საშუალებით. ლუდის მოხარშვისთვის გამოყენებული იყო ინფუზიური და დეკოქციური მეთოდები. კვლევები ჩატარებულ იქნა ლაბორატორიული, პილოტირებული და სამრეწველო მასშტაბით.

დასმული პრობლემების გადაწყვეტის **მეცნიერული სიახლე** მდგომარეობს იმაში, რომ შემოთავაზებულია ქერის ალასო შეცვლა უფრო იაფი აულოჯებელი მასალებით, ეგზოგენური ახალი ფერმენტების გამოყენებით, კერძოდ ამილაქსით და დიაზიმით. მათი თეორიული და პრაქტიკული გამოყენების შესწავლა და გამოკვლევა ლუდის შელესვისა და აულოჯებელი მასალების გათხევადების პროცესში.

სამუშაოს პრაქტიკული მნიშვნელობა: შემოთავაზებული ტექნოლოგიის მნიშვნელობა მდგომარეობს იმაში, რომ ლუდის წარმოებაში გამოყენებული ქერის ალას შემცვლელი აულოჯებელი მასალები და ეგზოგენური ფერმენტების გამოყენება, საშუალებას მოგვცემს შევამციროთ ძვირადღირებული მასალების შემცველობა ლუდის წარმოების ტექნოლოგიურ პროცესში და შევიმუშაოთ რესურსდამზოგი ტექნოლოგია, მიღებული პროდუქცია გავხადოთ კონკურენტუნარიანი.

სამუშაოს აპრობაცია: სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი დებულებები მოხსენდა და განხილული იქნა: საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკულ კონფერენციაზე „ფუნქციონალური დანიშნულების პროდუქტების ინოვაციური ტექნოლოგიები“. ქუთაისი, 2015, გვ. 370–373.

პუბლიკაციები: სადისერტაციო სამუშაოს ძირითადი დებულებები და შედეგები გამოქვეყნებულია 4 სამეცნიერო ნაშრომში.

სამუშაოს მოცულობა: სადისერტაციო ნაშრომი შედგება შემდეგი ნაწილებისგან: შესავალი, ხუთი თავი და დასკვნა. შეიცავს რეზიუმეს, შინაარსს, 32 ნახაზს, 23 ცხრილს, 12 სურათს, ციტირებული ლიტერატურის ნუსხას 61 წყაროს დასახელებით. დისერტაცია წარმოდგენილია თაბახის 139 ფურცელზე.

თავი 1. ალას დაქუცმაცების ხარისხის გამოკვლევა

ლუდის ხარშვის ტექნოლოგია ხასიათდება დიდი რაოდენობით სხვადასხვა, ერთმანეთის მომდევნოდ მიმდინარე ტექნოლოგიური პროცესებით, რომლებიც შეიძლება გავაერთიანოთ შემდეგ სტადიებად: ლუდის ბადაგის მომზადება, ლუდის ბადაგის დუღილი, დადუღება და დაყოვნება, ფილტრაცია და მზა ლუდის ჩამოსხმა.

ალაოში არსებულმა ფერმენტებმა რომ შეძლონ ზემოქმედება ალას ნივთიერებებზე და გახლიჩონ ისინი, ალაო უნდა დაქუცმაცდეს.

დაქუცმაცება ეს დაფქვის მექანიკური პროცესია, რომლის დროსაც შენაჩუნებულია გარსი მისი შემდგომი გამოყენების მიზნით ფილტრაციის დროს. დაქუცმაცება შეიძლება იყოს: ა) მშრალი დაქუცმაცება; ბ) სველი დაქუცმაცება; გ) ჩაქუჩით დაქუცმაცება.

პრაქტიკული გამოცდილებისა და კვლევების შედეგად დადგენილია, რომ ალაოს დაფქვის ხარისხი მოქმედებს: ა) შელესვის პროცესზე; ბ) აშაქრების დროზე; გ) შელესილი მასის ფილტრაციაზე; დ) ექსტრაქტის გამოსავალზე; ე) დადუღების ხარისხზე; ვ) ლუდის გაფილტვრის უნარზე (S-გლუკანის შემცველობა); ზ) ლუდის ფერზე, გემოსა და საერთო ხარისხზე.

ჩვენი სამუშაოს კვლევების მიზანს წარმოადგენს დავადგინოთ ალაოს და აულოჯებელი (დამატებით) მასალების დაფქვის ხარისხის (ფრაქცია, სიმსხო) ოპტიმალური ზომა, რომელიც გამოიწვევს ლუდის ტექნოლოგიური პარამეტრების დადებით ცვლილებებს, კლასიკურ ლუდთან მიმართებაში.

კვლევები დაფქვის ხარისხის შესასწავლად ჩატარებული იქნა ს/ს „საქართველოს ლუდის კომპანიაში“. კვლევების შედეგები მოცმულია პირველ ცხრილში. ალაოს დაქუცმაცება მოხდა სველი დაქუცმაცების დანადგარზე.

როგორც კვლევებმა გვიჩვენა, დაფქვის ოპტიმალურ ხარისხს წარმოადგენს 0,45მმ–0,48მმ ფრაქციის ალაო. კვლევების მაჩვენებლებისა და ცხრილის მონაცემების მიხედვით ალაოს დაფქვის ხარისხის გაანალიზების შედეგი შემდეგია (ცხრილი 1). 0,25მმ ფრაქციის ალაოს ტექნოლოგიური მონაცემები, მკვეთრად განსხვავდება 0,35; 0,45; 0,48; 0,50; 0,55მმ ფრაქციების შედეგებისგან, კერძოდ: 0,25მმ–ისათვის აშაქრების ხარისხი 20,0 წთ–დან 40,0 წთ–მდე იცვლება და ყველაზე კარგი მაჩვენებელი აღინიშნა 0,45–0,48მმ ფრაქციის დროს 25,0 წთ. სიმღვრივეც თავის მაჩვენებლით საუკეთესო შედეგს იძლევა 0,4–0,48მმ ფრაქციისას თითქმის ერთნაირია 12,4 EBC ერთეული და 13,5 EBC ერთეული შესაბამისად. რაც შეეხება ფილტრაციის

დროს, აქაც საუკეთესო მაჩვენებელი აღინიშნება 0,45–0,48მმ ფრაქციისას შესაბამისად 127,0 წთ და 126 წთ. შემდგომში ეს მაჩვენებლები უარესდება 132,0 წთ–დან 145,0 წთ–მდე. სიმკვრივის მაჩვენებელი პირველი ბადაგის და ცივი ბადაგის შემთხვევაში საუკეთესო შედეგიანობით გამოირჩევა 0,45–0,48მმ ფრაქციის შემთხვევაში, რაც შეეხება სახარშის გამოსავლიანობას, მისი მაჩვენებელი იცვლება 72,2%–დან საუკეთესო მაჩვენებელია 0,45–0,48მმ ფრაქციის შემთხვევაში 75,9% და 76,2% შესაბამისად 0,48მმ–ის შემდეგ მისი გამოსავალი უარესდება, რაც ბუნებრივია. დადუღების ხარისხის გამოკვლევისას საუკეთესო მაჩვენებლით ამ მხრივ 0,45მმ–ის ფრაქციის ალას შემთხვევაში მიიღწევა 83,14%. შემდგომში მაჩვენებელი უარესდება 70,3% 0,55მმ–ის დროს. რაც შეეხება ფერს, ოპტიმალური შედეგი მიიღწევა 0,45–0,48მმ–ის შემთხვევაში 5,5 EBC ერთეული.

ცხრილი 1. ალას დაფქვის ხარისხის გავლენა ლუდის ტექნოლოგიურ პარამეტრებზე

ალას ფრაქცია, მმ	აშაქრების ხარისხი, წთ	სიმღვრივე, EBC ერთ.	ფილტრაციის დრო, წთ	სიმკვრივე, გრ/სმ ³		სახარშის გამოსავლიანობა, %	დადუღების ხარისხი, %	ფერი, EBC ერთ.
				პირველი ბადაგის	ცივი ბადაგის			
0,25	20,0	38,0	160,0	16,5	12,2	72,2	74,2	6,2
0,35	20,0	24,5	141,0	16,7	12,4	74,0	77,92	5,52
0,45	25,0	12,4	127,0	17,0	12,6	75,9	83,14	5,5
0,48	25,0	13,5	126,0	16,9	12,6	76,2	81,7	5,5
0,50	28,0	18,3	132,0	16,9	12,5	74,2	80,12	5,5
0,55	40,0	29,2	145,0	16,6	12,2	70,3	74,1	5,48

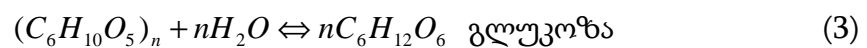
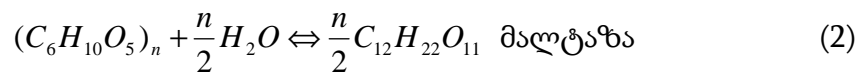
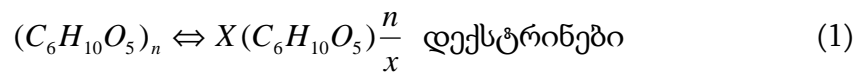
ამრიგად, ჩატარებული კვლევების შედეგებმა გვიჩვენა, რომ ოპტიმალური დაფქვის ხარისხის ალაოა (ფრაქცია) 0,45–0,48მმ–ის შემთხვევაში, ხოლო აულოჯებელი მასალების 0,3–0,5მმ, რომლის გამოყენებითაც მიიღება ლუდის ტექნოლოგიური პარამეტრების საუკეთესო მაჩვენებელი. დადგენილ იქნა ალას დაფქვის ხარისხის (ფრაქციულობის) ოპტიმალური სიმსხო და მისი გავლენის ზემოქმედება, ბადაგის აშაქრების ხარისხზე, ექსტრაქტიულობაზე, ბადაგის გაფილტვრის სიჩქარესა და

ხარისხზე, სიმღვრივეზე, დადულების ხარისხზე, ნახარშის გამოსავლიანობაზე და ფერზე.

თავი 2. შელესვის პროცესის გამოკვლევა

2.1 შელესვისას მიმდინარე გარდაქმნები

შელესვის დროს მიმდინარეობს მთელი რიგი გარდაქმნები. ამილაზის მოქმედებით სახამებელი გარდაიქმნება მალტაზად და დექსტრინებად, მჟავების მოქმედებით კი გლუკოზად.



შელესვის პროცესში ამილაზის მოქმედებით მიმდინარეობს პირველი ორი რეაქცია. ბუნებრივი სახამებელი ამილოლიტურად იშლება ძალიან ნელა. აშაქრების დასაჩქარებლად საჭიროა მისი კლეისტერიზაცია და ხსნად ფორმაში გადაყვანა.

- **გლუკანის გახლეჩვა.** ქერის მარცვლის უჯრედების კედლები შედგება ცილოვანი ნივთიერებების ცელულოზისა და ჰემიცილოზის მტკიცე წნულისაგან, რომელიც გამსჭვალულია s-გლუკანის ჯაჭვებით. მაღალმოლეკულური s-გლუკანი გარკვეულ პირობებში მიდრეკილია გელის წარმოქმნისადმი ანუ ლუდის სიბლანტის მომატებისკენ, ე.ი. ფილტრაციის გამძნელებისკენ.

ზემოთ ნათქვამიდან ცნობილია, რომ ალაოს გაღივების პროცესში s-გლუკანი უმეტეს შემთხვევაში იხლიჩება, ამისათვის საჭიროა:

ა) მცირე რაოდენობით s-გლუკანის შემცველი ქერის ჯიშების გადამუშავება;

ბ) ალაო, ენდო-s-გლუკანაზის მაღალი შემცველობით (მინიმუმ 120 ერთეული ენდო-s-გლუკანაზა/კგ ალაოზე);

გ) მარცვლის შემცველობის კარგი ხსნადობა (80%-ზე მეტი ფხვიერი მარცვლები).

S –გლუკანის მოლეკულები არ იტოტებიან და არიან წაგრძელებული. ამ მოლეკულების უმრავლესობა ერთმანეთთან დაკავშირებულია წყალბადური ხიდაკებით ანუ არიან ასოცირებული. მათ უწოდებენ ბიქრომატულ მიცელებს.

კლეისტერიზაციის დროს სახამებლის მარცვლების სტრუქტურა იშლება და ნაწილობრივ დაკავშირებული ბიქრომატული მიცელები თავისუფლდება. ენდო-S –გლუკანაზას შეუძლია გაწყვიტოს ბიქრომატული მიცელები S –გლუკანად, ამასთან, ოპტიმალური ტემპერატურა ენდო-S –გლუკანაზისთვის არის 45–50°C. ამ ტემპერატურაზე გაგრძელებული პაუზის თანახმად, კარგად ხსნადი ალაოსა და ენდო-S –გლუკანაზის მაღალი აქტივობის გამო, S –გლუკანის დიდი ნაწილი გადადის ხსნად ფორმაში, რის გამოც გელის წარმოქმნის საშიშროება მცირდება.

როგორც კი ტემპერატურა იზრდება თერმომგრძობიარე ენდო-S –გლუკანაზა ინაქტიურდება და წყვეტს თავის მოქმედებას. აქ მოქმედებს (70°C ტემპერატურამდე) თერმოსტაბილური S –გლუკან-სოლუბილაზა, რომელიც ათავისუფლებს მაღალმოლეკულურ S –გლუკანს ცილისგან, მაგრამ არ ხლიჩავს. რამდენადაც ენდო-S –გლუკანაზა ამ ტემპერატურაზე უკვე ინაქტივირებულია, გასათვალისწინებელია, რომ ცუდად ხსნადი ფერმენტებით ღარიბი ალაო შეიცავს მაღალმოლეკულურ S –გლუკანს, თუმცა არ შეიძლება მისი გაიგივება S –გლუკანის გელთან.

პრობლემა ჩნდება, მხოლოდ მას შემდეგ, რაც ნაწილობრივ იწყებს დაშლას წყალბადური ხიდაკები ასოციანტების შიგნით 70–80°C ტემპერატურაზე ზევით ანუ ბადაგის დუდილისას.

სახამებლის გახლეჩვა. ლუდის მნიშვნელოვან შემადგენელს წარმოადგენს სპირტი, რომელიც მიიღება შაქრების დუდილის შედეგად. ამიტომ წინასწარ აუცილებელია სახამებლის გახლეჩა მალტაზამდე,

მასთან ერთად მიიღება შუალედური პროდუქტები – დექსტრინები. სახამებლის გახლეჩა სამ ერთმანეთში გარდამავალ საფეხურად მიდის:

- კლეისტერიზაცია
- გათხევადება
- აშაქრება

კლეისტერიზაციის ქვეშ იგულისხმება სახამებლის გაჯირჯება თბილ წყალში, მარცვლების გარსის გახლეჩვით. განთავისუფლებული სახამებლის მოლეკულები ბლანტ ხსნარში უკეთ განიცდიან ამილაზის ზემოქმედებას. კლეისტერიზაციის ტემპერატურა დამოკიდებულია სახამებლის სტრუქტურაზე, თვისებებსა და მარცვლის სიდიდეზე. კლეისტერიზაციის ტემპერატურა მარცვლეულის მიხედვით განსხვავებულია.

ალაოსა და ქერის სახამებელი ამილაზის მოქმედებით კლეისტერიზდება $60^{\circ}C$ -ზე.

ბრინჯის სახამებელი კლეისტერიზდება $80-85^{\circ}C$ -ზე.

გათხევადების ქვეშ გულისხმობენ r -ამილაზით კლეისტერიზებული სახამებლის სიბლანტის შემცირებას.

სახამებლის გრძელი ჯაჭვები, რომლებიც შედგება გლუკოზის ნარჩენებისაგან, r -ამილაზის ზემოქმედებით, ძალიან ადვილად წყდებიან პატარა ჯაჭვებად.

აშაქრება ნიშნავს, ამილაზის ზემოქმედებით, გათხევადებული სახამებლის სრულ გახლეჩვას მალტოზად და დექსტრინებად. r -ამილაზა ხლეჩავს სახამებლის გრძელ ჯაჭვებს უფრო მოკლე დექსტრინებად. ის მოქმედებს ოპტიმალურად $72-75^{\circ}C$ -ზე და სწრაფად იშლება $80^{\circ}C$ -ზე, pH -ის ოპტიმალური მაჩვენებელია $pH = 5,6-5,8$.

s -ამილაზა აშორებს მალტოზას ჯაჭვის არარედუცირებული ბოლოებიდან. ამასთან წარმოიქმნება ასევე გლუკოზა და მალტოტრიოზა. ის ოპტიმალურად მოქმედებს $60-65^{\circ}C$ -ზე და ძალიან მგრნობიარეა უფრო

მაღალი ტემპერატურების მიმართ. უკვე $70^{\circ}C$ -ზე სწრაფად ინაქტიურდება. pH -ის ოპტიმალური მნიშვნელობაა 5,4-5,5.

შელესვისას მალტოზის მაქსიმალური შემცველობა და დადულების ყველაზე მაღალი ხარისხი მიიღწევა $62-63^{\circ}C$, მალტოზით მდიდარი ბადაგის დადულება უფრო სწრაფად მიდის.

ტემპერატურის გავლენა შელესვის პროცესზე ძალიან დიდია, ამიტომ პაუზები შელესვის დროს ყოველთვის დაცულია ამილაზისთვის ოპტიმალურ ტემპერატურაზე.

მალტოზური პაუზა $62-65^{\circ}C$ (ოპტიმალური ტემპერატურა S -ამილაზისთვის).

აშაქრების პაუზა $72-75^{\circ}C$ (ოპტიმალური ტემპერატურა r -ამილაზისთვის).

სახამებლის გახლეჩვის კონტროლი ტარდება იოდის $0,02N$ ხსნარით.

ცილოვანი ნივთიერებების გახლეჩვა. ცილოვანი ნივთიერებების ფერმენტული გახლეჩვა განიხილება დიფერენცირებულად, რადგან:

$45-50^{\circ}C$ უფრო მეტად წარმოიქმნება გახლეჩვის დაბალმოლეკულური პროდუქტები, განსაკუთრებით პეპტიდები და ამინომჟავები.

$60-70^{\circ}C$ უფრო წარმოიქმნება გახლეჩვის მაღალმოლეკულური პროდუქტები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ქაფწარმოქმნას.

ცხიმების გარდაქმნა. შელესვისას ალაოში არსებული ლიპიდების ნაწილი ფერმენტების (ლიპაზები) მეშვეობით იხლიჩება გლიცერინად და ცხიმოვან მჟავად. ფერმენტულ გახლეჩვასთან ერთად მიმდინარეობს ქიმიურად აქტიური უჯერი ცხიმოვანი მჟავების ჟანგვითი გახლეჩაც. ისინი ლიპოქსინაზისა და ჟანგბადის წყალობით გარდაიქმნება შუალედურ პროდუქტებად, რომლებიც მოგვიანებით კარბონილების სახით უარყოფითად მოქმედებენ ლუდის გემოს მდგრადობაზე.

თუნდაც უმნიშვნელო რაოდენობით უჯერი ცხიმოვანი მჟავების მოხვედრა ლუდში, საშიშროებას წარმოადგენს ლუდის გემოს შენარჩუნებისთვის, რადგან უჯერი ცხიმოვანი მჟავები ყოველთვისაა

დაქუცმაცებულ ალაოში, მათი დაჟანგვის საწინააღმდეგოდ არის ერთადერთი გზა - ჟანგბადის მთლიანად მოცილება.

შელესვისას იხსნებიან სხვა ლიპიდებიც, კერძოდ ნაჯერი ცხიმოვანი მჟავები, რომლებიც სახამებლის მარცვლის ცხიმების მნიშვნელოვან რაოდენობას შეადგენენ. ცხიმოვანი მჟავები წარმოიქმნება დუდილის დროსაც. დადულებისას საფუვრები გამოყოფენ ბევრ ცხიმოვან მჟავას საშუალო სიგრძის ჯაჭვით. მათ შეიძლება უარყოფითად იმოქმედონ ქაფწარმოქმნაზე.

გახლეჩვისა და გახსნის სხვა პროცესები. ნაწილი გაუხსნელი ორგანული ფოსფატებისა იხსნება ფოსფატაზას დახმარებით. ფოსფატები აუცილებელია სპირტული დუდილისთვის. ნაწილი ფოსფატებისა მონაწილეობს წყალში არსებულ მარილებთან რეაქციაში, წარმოქმნიან რა წყლის სიხისტეს და მნიშვნელოვნად ზემოქმედებენ pH -ის ცვლილებასა და ბადაგის, როგორც ბუფერის მოქმედებაზე.

შელესვის გახანგრძლივებისა და ტემპერატურის მომატებისას ქერის მარცვლის გარსიდან და ენდოსპერმიდან გამოიყოფა მთრიმლავი ნივთიერებები და ანტიციანოგენები. ისინი მოქმედებენ ლუდის სიმღვრიეზე და უარყოფითად მოქმედებენ გემოზე.

ცილის სინთეზზე, საფუარის უჯრედის გამრავლებასა და დუდილზე დიდ ფიზიოლოგიურ გავლენას ახდენს თუთია. მისი უკმარისობა იწვევს საფუარის გამრავლებას, დუდილის შენელებასა და დიაცეტილის არასრულ აღდგენას.

2.2. შელესვის პროცესის მექანიზმი

შელესვის დაწყება შეიძლება ნებისმიერ ტემპერატურაზე. ეს დამოკიდებულია იმ ფერმენტის ოპტიმალურ ტემპერატურაზე, რომლის ამოქმედებაც უნდათ თავიდან.

თანამედროვე წარმოებაში შელესვის საწყის ტემპერატურად, სულ უფრო ხშირად არჩევენ $60-64^{\circ}C$. ამ ტემპერატურაზე S-ამილაზას შეუძლია ოპტიმალურად გახლიჩოს კლეისტერიზებული და გათხევადებული სახამებელი, ცილის გახლეჩვისას წარმოქმნას უფრო მაღალმოლეკულური ნაერთები, რომლებიც უზრუნველყოფენ უკეთეს ქაფმდგრადობას.

თუ შელესვის საწყისი ტემპერატურაა $60-64^{\circ}C$, მაშინ იგულისხმება, რომ ალაო უნდა იყოს ერთგვაროვანი და ერთგვაროვნობის მაჩვენებელი უნდა იყოს 70% ან უმჯობესია 75%.

თუ კარგად გახსნილი ალაოს შელესვა დაიწყება $60-64^{\circ}C$, შეიძლება მიღწეული იქნას მთელი რიგი უპირატესობები, განსაკუთრებით შესაღესი ტანკის შემყავებასთან ($pH = 5,2$) კომბინაციაში:

- $60-64^{\circ}C$ -ზე შელესვის დაწყება, ინფუზიური მეთოდით შელესვის დროს ამცირებს 120წთ-მდე, დრო შეიძლება შემცირდეს 80-90წთ-მდე;

- ცილების გახლეჩვა უფრო მოკლე დროში მიმდინარეობს. წარმოიქმნება უფრო მეტად გახლეჩვის მაღალმოლეკულური პროდუქტები;

- წარმოიქმნება უკეთესი ქაფი;

ცილების გახლეჩვის შემოკლების გამო თავისუფალი a-ამინური აზოტის შემცველობა ბადაგში მცირდება;

- უმჯობესდება გემო.

შელესვის მეთოდები. შელესვის პროცესი ნიშნავს, რომ შემლესი ტანკის ტემპერატურას წევენ ამა თუ იმ ფერმენტის მოქმედების დაწყების ოპტიმალურ ტემპერატურამდე და შემდეგ აყოვნებენ.

დაყოვნება ხდება ფერმენტის ოპტიმალურ ტემპერატურაზე:

$50-52^{\circ}C$ ცილოვანი დაყოვნება და დაყოვნება S-გლუკანის გასახლეჩად.

$63-67^{\circ}C$ მალტოზური დაყოვნება.

$78^{\circ}C$ ამაქრების დაყოვნება.

შელესვის დამთავრების ტემპერატურა.

ტემპერატურის მომატების მიხედვით არჩევენ შელესვის ორ მეთოდს:

ა) ინფუზიური

ბ) დეკოქციური

დეკოქციური მეთოდი. მასას დანაწილებით აცხელებენ 70°C -მდე შემდეგ ნაწილს ადუღებენ და გადააქვთ შესაღეს როფში მთელი მასის ტემპერატურის ასაწევად.

ინფუზიური მეთოდით შელესვის დროს მასას არ ადუღებენ, მთელ ნარევს აცხელებენ 70°C -მდე დაყოვნებებით და აშაქრების შემდეგ გადააქვთ საფილტრაციო როფში. ამ წესით ხარშვის დროს ღერღილი არ გადაიხარშება და ფერმენტები არ ისპობა, რის გამოც ამილაზის მოქმედება გრძელდება, როგორც შელესვის ისე ფილტრაციის დროს.

შელესვის არჩეული მეთოდი გავლენას ახდენს ლუდის ხარისხზე.

ორხარშვიანი მეთოდი. კლასიკური ორხარშვიანი მეთოდი იწყება შელესვით 50°C . ტემპერატურაზე მთელი შესაღესი ტანკისთვის მცირე ტემპერატურული პაუზის შემდეგ, აიღება სქელი მასა და თანმიმდევრული აუცილებელი მცირე ტემპერატურული დაყოვნებების შემდეგ ცხელდება ადუღებამდე. დუღს 15-20წთ. მისი შერევით მთელი შემლესი ტანკის ტემპერატურა იზრდება 64°C -მდე და ყოვანდება მალტოზის წარმოქმნამდე. მცირე ხნის შემდეგ მეორედ იღებენ სქელ მასას და ადუღებენ. მეორე გამოხარშვა უფრო ნაკლები დროის განმავლობაში მიდის, ვიდრე პირველი და მისი მეშვეობით მთლიანი შემლესი ტანკი ცხელდება 75°C -მდე და გადაიქაჩება მფილტრავ აპარატში. ორხარშვიანი მეთოდი გრძელდება 3-3,5სთ.

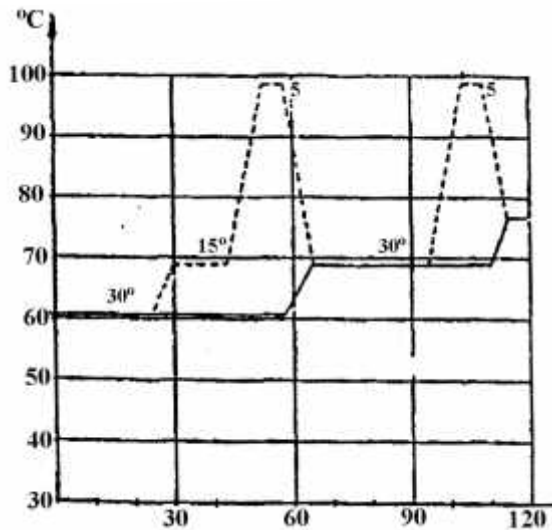
50°C ტემპერატურაზე მიმდინარეობს ცილისა და α -გლუკანის ძალიან ღრმა გახლეჩვა, რაც აუარესებს გემოსა და ქაფწარმოქმნას. მიიღება ერთგვარი „ცარიელი“ ლუდი. ლუდის გემოს გამოსწორება ნაწილობრივ შეიძლება მუქი ალაოს დამატებით.

ამის გამოსასწორებლად შეიძლება შელესვა დაიწყოს 50°C ტემპერატურაზე და შესაღესი ტანკი გაცხელდეს 62°C -მდე და/ან

დამატებით დაესხას ცხელი წყალი, რომ შესაძლებელი გახდეს ცილოვანი პაუზის ხანგრძლივობის კონტროლირება.

ორხარშვიანი მეთოდის განსაკუთრებული სახეა შელესვის დაჩქარებული მეთოდი ორი მოკლე გამოხარშვით (ნახ. 1).

შელესვის საწყისი ტემპერატურაა $62^{\circ}C$. შელესვის მთელი პროცესი გრძელდება 2 სთ. ის შეიძლება მიმდინარეობდეს მხოლოდ ერთი ხარშვით. ამ მეთოდის გამოყენებისას საჭიროა კარგად და თანაბრად გახსნილი ალაო.



ნახ. 1. შელესვის დაჩქარებული მეთოდი ორი მოკლე ხარშვით

შელესვის დაწყების ტემპერატურა $62^{\circ}C$ ცილების გახლეჩვის ოპტიმალურ ტემპერატურაზე მაღალია. მიუხედავად ამისა, მოცემულ ტემპერატურაზე მაინც მიდის მათი ინტენსიური გახლეჩვა და შეიძლება ველოდოთ კარგ ქაფწარმოქმნას. თუმცა S-გლუკანის გახლეჩა არ ხდება და სწორედ ამიტომ ამ მეთოდისთვის საჭიროა კარგად გახსნილი ალაო.

ერთხარშვიანი მეთოდი. ერთხარშვიანი მეთოდი პრინციპში იგივე ინფუზიური მეთოდია. ტემპერატურის მომატება $65^{\circ}C$ და $75^{\circ}C$ ხდება შერჩევის გზით დუღილითა და გამოხარშულის უკან გადაქაჩვით.

ერთხარშვიანი მეთოდის სქემა შემდეგია: შელესვა იწყება $35^{\circ}C$ -ზე, ნელა ცხელდება $50^{\circ}C$ -მდე. დაყოვნება $50^{\circ}C$ -მდე და მთელი შესალესი ტანკის გაცხელება $64^{\circ}C$ -მდე, შემდგომი გრძელი პაუზით ნახარშის მოცილება და

დუღილი 15-30 წთ. ამას მოყვება ნახარშის დამატება შემლესი ტანკის ნარჩენთან ტემპერატურის გაზრდით $75^{\circ}C$ -მდე და აშაქრება.

სამხარშვიანი მეთოდი. სამხარშვიანი მეთოდის დროს ტემპერატურის მატება ხდება შელესვის ძირითად ტემპერატურებს შორის. ამ ძირითად ტემპერატურებს მიეკუთვნება:

$35^{\circ}C$ - შელესვის საწყისი ტემპერატურა

$50-52^{\circ}C$ - ცილოვანი დაყოვნება

$63-67^{\circ}C$ - მალტოზური დაყოვნება

$75^{\circ}C$ - აშაქრების დაყოვნება

პროცესი გრძელდება 5-6სთ. ამ მეთოდს იყენებენ ძალიან იშვიათად, მხოლოდ სპეციალური ხარისხის მუქი ლუდის მოსამზადებლად.

თავი 3. შელესვა სხვადასხვა დანამატებით

3.1. ფერმენტების თვისებების გამოკვლევა

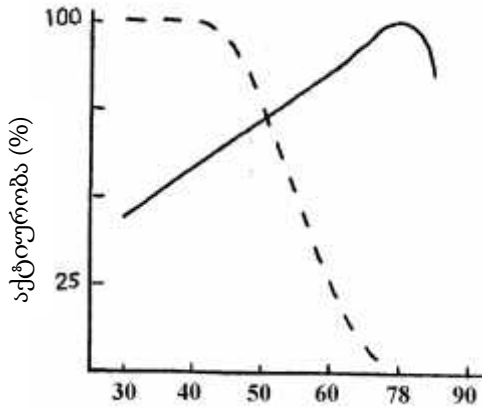
ფერმენტები ბუნებრივი კატალიზატორებია. ისინი მიიღება მცენარეული, ცხოველური ან მიკრობიოლოგიური წყაროებიდან. ალას მცენარეული წარმოშობისაა.

ფერმენტები გამოიყენება მათი კატალიზატორული ბუნების ან მათი აქტიურობის გამო. ფერმენტების აქტიურობა დამოკიდებულია შემდეგ ფაქტორებზე:

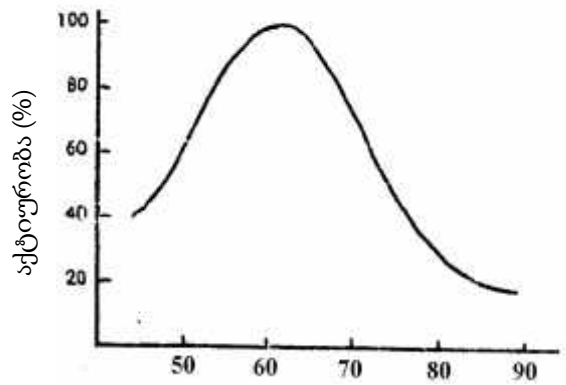
- ფერმენტის კონცენტრაცია
- სუბსტრატის კონცენტრაცია (რეაქციის კომპონენტები)
- ტემპერატურა
- pH
- ინჰიბიტორების არსებობა

ტემპერატურა. ქიმიური რეაქციის სიჩქარე იზრდება ტემპერატურის მატებასთან ერთად. იგივე ხდება ფერმენტული რეაქციის დროს, თუ ფერმენტული რეაქციის სიჩქარეს ან აქტივობას გავზომავთ ტემპერატურის მუდმივი მატებისას შევამჩნევთ, რომ გარკვეულ ტემპერატურაზე აქტივობა

იწყებს კლებას იმის ნაცვლად, რომ გაიზარდოს (ნახ. 2, 3). აქტივობის კლების მიზეზია ფერმენტის ცილის თბური დენატურაცია, თუ ტემპერატურა ისევ გაიზრდება, ფერმენტის ცილა მთლიანად დენატურიზდება (დაიშლება). ეს პროცესი შეუქცევადია, ამიტომ ფერმენტების ან პროცესის მიმდინარეობის არჩევისას აუცილებელია ამ ურთიერთდამოკიდებულების განსაზღვრა.



ტემპერატურა (°)

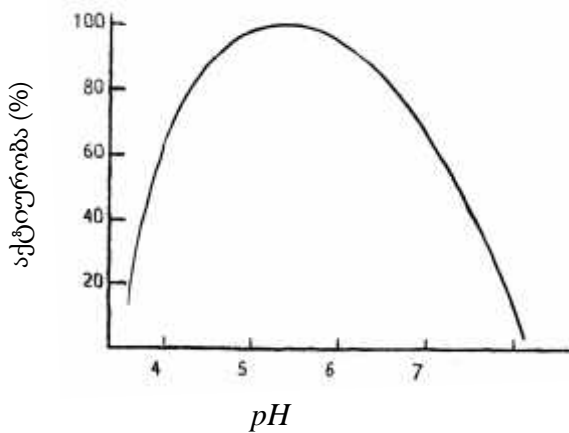


ტემპერატურა (°)

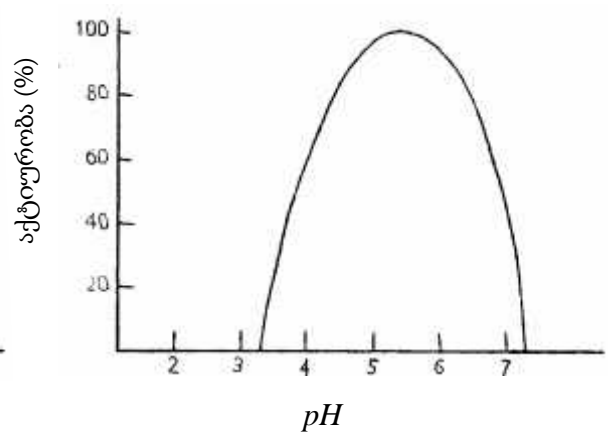
ნახ. 2. ტემპერატურის გავლენა ბაქტერიულ ამილაზაზე და ალას ამილაზაზე
 -- ალას ამილაზა
 — ბაქტერიული ამილაზა

ნახ. 3. ტემპერატურის გავლენა ამილაქსის აქტიურობაზე

pH. ტემპერატურის მსგავსად არსებობს *pH* გარკვეული დიაპაზონი, სადაც ფერმენტები ყველაზე უკეთ მუშაობენ (ნახ. 4, 5). ოპტიმალური მნიშვნელობა *pH* –ის არის 5.4.



ნახ. 4. *pH* –ის გავლენა ამილაქსის აქტიურობაზე



ნახ. 5. *pH* –ის გავლენა დიაზიმის აქტიურობაზე

უნდა აღინიშნოს, რომ მართალია, ფერმენტებს აქვს როგორც ტემპერატურის, ასევე pH –ის ოპტიმალური მნიშვნელობები, სადაც ისინი ავლენენ თავის აქტიურობას, მაგრამ ფერმენტებს შეუძლიათ იმუშაონ ოპტიმალურზე უფრო დაბალ პირობებში (რეაქციის დრო, გამოყენებული დოზები).

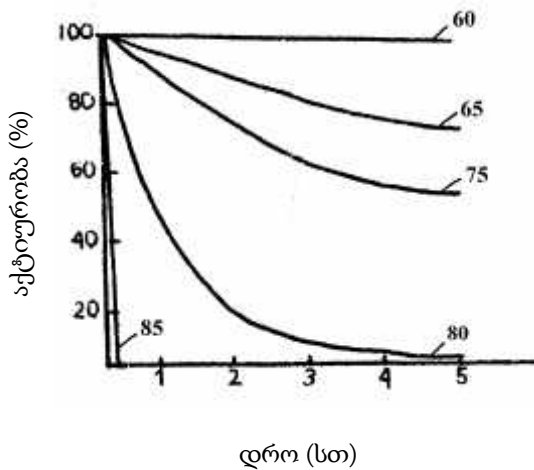
სტაბილურობა. ფერმენტების სტაბილურობა განისაზღვრება, როგორც მისი უნარი შეინარჩუნოს აქტიურობა, რეაქციის გარკვეულ პირობებში. ფერმენტების სტაბილურობა დიდი თუ მცირე დოზით იმაზევეა დამოკიდებული, როგორც მათი აქტივობა (ნახ. 6, 7). უნდა აღინიშნოს, რომ სუბსტრატი ჩვეულებრივ სტაბილიზირებას უწევს ფერმენტს, ასევე გარკვეული იონები ფერმენტის სტაბილიზებაზე ზემოქმედებენ. ამის კარგი მაგალითია კალციუმის იონების სტაბილიზირებადი მოქმედება ბაქტერიალურ ამილაზაზე.

ფერმენტები გამოიყენება შედარებით მცირე ოდენობით, ჩვეულებრივ 0,5–დან 10კგ-მდე 500ტ ხარშვაზე, უკეთესი განაწილებისთვის შემლეს ქვაბში ან სადულარში რეკომენდირებულია ფერმენტების გარკვეული დოზა გაიხსნას 10–20ლ ცივ წყალში (წყლის ტემპერატურა $20 - 25^{\circ}C$). გახსნილი ფერმენტი მაშინვე უნდა იქნეს გამოყენებული. ხსნარი არ შეიძლება შევინახოთ 1–2 სთ–ზე მეტ ხანს.

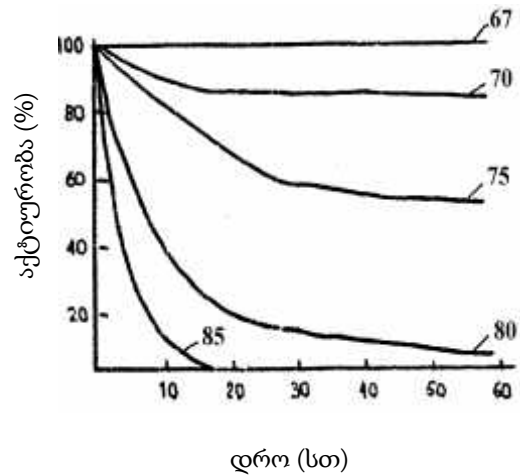
როგორც უკვე ავლნიშნეთ, აულოჯებელი ნედლეული, როგორც ალტერნატიული წყარო, ფართოდ გამოიყენება პრაქტიკაში.

თუ გამოიყენება დანამატები, რომლებსაც უშუალოდ შეუძლია ადუღება, ისეთი როგორც შაქარი ან გლუკოზურ–მალტოზური სიროფები, ისინი ემატება ბადაგის დუღილისას.

სახამებელშემცველი დანამატები უნდა დამუშავდეს ისე, რომ სახამებელი იყოს კლეისტერიზებული. კლეისტერიზაციის პროცესი აუცილებელია გასათხევადებლად, რომ შევამციროთ სიბლანტე და სახამებელი გავხადოთ ხელმისაწვდომი ალაოს ჰიდროლიზებული ფერმენტების მოქმედებისათვის.



ნახ. 6. ტემპერატურის გავლენა ამილაქსის სტაბილურობაზე



ნახ. 7. დიაზიმის სტაბილურობა სხვადასხვა ტემპერატურაზე

თუ სახამებელი არ არის საკმარისად ჰიდროლიზირებული შელესვის დროს, მაშინ წარმოიქმნება საშიშროება, რომ მოხდეს სახამებლის რეგრესია გაცივებისას და სახამებლის გახლეჩვა არ მოხდება, რაც შემდგომში იმოქმედებს ბადაგის და შემდეგში ლუდის გაფილტვრაზე.

აულოჯებელი მასალები, რომელთა სახამებელს აქვს დაბალი კლეისტერიზაციის ტემპერატურა (ქერი და ხორბალი) შეიძლება შეილესოს ალაოსთან ერთად, სადაც მიიღწევა საკმაოდ მაღალი ტემპერატურა ქერისა და ხორბლის კლეისტერიზაციისთვის.

თუმცა სხვა აულოჯებელი დანამატებისას, ისეთები, როგორიცაა სიმინდი, ბრინჯი ან სორგო, რომელთა სახამებელს აქვს კლეისტერიზაციის მაღალი ტემპერატურა, აუცილებელია ცალკე გათხევადება 85°C-ზე ზევით ჩვეულებრივ იყენებენ 100°C.

3.2. შელესვა ბრინჯის დამატებით

კვლევების ჩასატარებლად გამოვიყენეთ შემდეგი ნედლეული:

ალაო. უმაღლესი ხარისხის გერმანული ალაო (ექსტრაქტულობა 81,85%; ცილების შემცველობა 10,5-11,3%).

სვია. Hallertau Hallertauer Magnum, 15% Alpha

საფუარი. 34/70 *Saccharomyces cereris* ლაგერის ტიპის საფუარი.

ფერმენტები. ამილაქსი, დიაზიმი.

წყალი. დარბილებული წყალი, რომელიც აკმაყოფილებს ლუდსახარშის კრიტერიუმებს.

ბრინჯი. I ხარისხის დაღერდილი ბრინჯი.

კვლევები ჩავატარეთ ოთხ ვარიანტად: **I ვარიანტი** – კლასიკური ლუდი. **II ვარიანტი** – კლასიკური ლუდი ფერმენტების დამატებით. **III ვარიანტი** – ბრინჯიანი ლუდი. **IV ვარიანტი** – ბრინჯიანი ლუდი ფერმენტების დამატებით. ანალიზის შედეგები მოცემულია მე-3 ცხრილში.

მე-3 ცხრილში მოცემული შედეგებიდან ჩანს, რომ კლასიკური ლუდის მაჩვენებლებთან შედარებით კლასიკურ ფერმენტებით მიღებულ ლუდს ალკოჰოლის შემცველობა გაეზარდა 6,95-დან 7,05-მდე. ამის ანალოგიურად გაიზარდა სიმკვრივის მაჩვენებლებიც 1,01145-დან 1,0743-მდე. ბრინჯიან ფერმენტებიანი ლუდის ალკოჰოლის შემცველობამ დაიკლო და გახდა 5,01, მაშინ, როცა ბრინჯიან ლუდში ის შეადგენდა 7,4. ასევე დაიკლო სიმკვრივემ. კლასიკურ ლუდთან შედარებით საწყისი, მოჩვენებითი და რეალური ექსტრაქტების მნიშვნელობები, კლასიკურ ფერმენტებიან ლუდში ეცემა შესაბამისად 16,11-დან 15,61-მდე; 3,39-დან 2,64-მდე; 5,83-დან 5,12-მდე. ანალოგიური სურათია ბრინჯიან და ბრინჯიან ფერმენტებიან ლუდში. დადუღების ხარისხი კლასიკურ ფერმენტებიან ლუდში უფრო მაღალია 83,11%, ვიდრე კლასიკურში 78,93%. რაც დაკავშირებულია დადუღების ხანგრძლივობაზე. ასევე გაიზარდა დადუღების ხარისხი ბრინჯიან ფერმენტებიანი ლუდის 77,93% ბრინჯიანთან შედარებით 75,76%. დიაცეტილის სპირტის შემცველობა კლასიკურ და ბრინჯიან ლუდში შედარებით მაღალია, ვიდრე ფერმენტებიან კლასიკურსა და ფერმენტებიან ბრინჯიან ლუდში.

მე-2 ცხრილიდან, ჩანს რომ კლასიკური მხოლოდ ქერის ალაოსგან ნაწარმოებ ლუდში სპირტული დუდილის პროცესი გაცილებით ნელა მიმდინარეობს, ვიდრე დიაზიმისა და ამილაქსის თანაობისას.

ფერმენტული პრეპარატებით გაცილებით ჩქარდება დექსტრინების დაშლა გლუკოზამდე, რომლისგანაც სპირტული დუდილის პროცესში წარმოიქმნება ეთილის სპირტი და ნახშირორჟანგი. ფერმენტებიან კლასიკურ ლუდში დადულების ხარისხი შეადგენს 83.11 % და ფერმენტების გარეშე 78.93 %-ს. ბრინჯის დანამატის ლუდში დადულების ხარისხი შეადგენს მხოლოდ 75.76 %, ხოლო ბრინჯის დანამატიან და ფერმენტული პრეპარატებით ნაწარმოებ ლუდში დადულების ხარისხი შეადგენს უფრო მაღალ მაჩვენებელს 77.93 %. დიაცეტილის სპირტის რაოდენობა კლასიკურ ლუდში შეადგენს 0.5184 მგ/ლ და ფერმენტებიანში 0.12-მგ/ლ-ს. ბრინჯის

ცხრილი 2. ლაბორატორიული კვლევის შედეგები

მაჩვენებლები	ვარიანტი			
	I	II	III	IV
	კლასიკური ლუდი	კლასიკური ლუდი ფერმენტებით	ბრინჯიანი ლუდი	ბრინჯიანი ლუდი ფერმენტებით
სიმკვრივე, გ/სმ ³	1.01145	1.0743	1.1496	1.00396
ალკოჰოლი, გრად.	6.95	7.05	7.4	5.01
საწყისი ექსტრაქტი, %	16.11	15.61	17.00	12.98
მოჩვენებითი ექსტრაქტი, %	3.39	2.64	4.28	3.64
რეალური ექსტრაქტი, %	5.83	5.12	6.85	5.44
დადულების ხარისხი, %	78.93	83.11	75.76	77.93
pH	4.46	3.78	4.43	3.27
პოლიფენოლები	114	105	115	116
სიმწარე, EBC ერთ.	15.4	11.01	12.8	10.69
დიაცეტილის სპირტი, მგ/ლ	0.5184	0.12	0.4509	0.33
ფერი, EBC ერთ.	9.5	9.97	8.5	9.02

დანამატიან ლუდში დიაცეტილის სპირტის რაოდენობა შეადგენს 0.4509მგ/ლ-ს და ბრინჯის დანამატიან და ფერმენტული პრეპარატებით კი დიაცეტილის სპირტის კონცენტრაცია უფრო ნაკლებია და შეადგენს – 0.33 მლგ/ლ. ამ შტამის საფუვრის სპეციფიურობაა, რომ ის არის

დაბალდადუღებადი საფუარი და ლუდში ტოვებს საკმაოდ დიდი რაოდენობით ნარჩენ ექსტრაქტულ ნივთიერებებს 2.5 %-ის ოდენობით და დიაცეტილის მცირე კონცენტრაცია 0.12 მგ/ლ მეტყველებს, რომ ფერმენტებიან ლუდში მთავარი დუღილის პროცესი დასასრულს უახლოვდება, მაშინ როცა ფერმენტების გარეშე კლასიკურ ლუდში ჯერ კიდევ მიმდინარეობს ლუდის მთავარი დუღილი. ცნობილია, რომ დიაცეტილის სპირტის კონცენტრაცია საგრძნობლად იკლებს ლუდის დადუღება-მომწიფების დროს. საერთაშორისო ISO სტანდარტებით დიაცეტილის სპირტის დასაშვები კონცენტრაცია მზა გასაყიდ ლუდში არ უნდა აღემატებოდეს 0.1 მგ/ლ. დიაცეტილის სპირტის დიდი 0.1მგ/ლ-ზე მაღალი კონცენტრაცია საკვებ პროდუქტში – ლუდში მომწამვლელად მოქმედებს ადამიანის ორგანიზმზე. გარდა ამისა, დიაცეტილის სპირტის 0.1მგ/ლ –ზე მაღალი კონცენტრაცია ლუდს ანიჭებს არასასიამოვნო კიტრის არომატსა და საგრძნობლად აუარესებს ლუდის გემოვნების მაჩვენებლებს. თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ რუსეთში ქვეყნის სტანდარტებით დასაშვებია ლუდში 0.2მგ/ლ კონცენტრაციის დიაცეტილის სპირტის არსებობა. სიმწარის მაჩვენებელიც იკლებს ფერმენტებით ნაწარმოებ ლუდებში. r და s-მწარე მჟავები ლუდის ტექნოლოგიურ პროცესში ეტაპობრივად ილექებიან, ილექებიან ლუდის ხარშვის დროს, ლუდის ტკბილის გამოლექვისას, ლუდის მთავარი დუღილისა და დადუღების დროს, ლუდის გაკრიალებისას. ამ მჟავების კონცენტრაციის შემცირებაც ასევე მეტყველებს ფერმენტული პრეპარატების მიერ ლუდის სპირტული დუღილის აჩქარების პროცესზე. სპირტული დუღილის აჩქარებასა და რეგულაციაზე მეტყველებს ასევე ეთილის სპირტის მომატებული კონცენტრაცია ფერმენტებით ნაწარმოებ ლუდებში. ამილოლიზური ფერმენტების ამილაზისა და გლუკოზიდაზის მოქმედებით კლასიკურ ლუდში სპირტული დუღილი აჩქარებულია 4.18 %-ით დადუღების ხარისხის მაჩვენებლით, ბრინჯის ფერმენტებიან ლუდში 2.34 %ით. ფერმენტებიან კლასიკურ ლუდში სპირტული დუღილის აჩქარება და

რეგულაცია მოხდა 0.399მგ/ლ დიაცეტილის სპირტის რაოდენობით და ბრინჯიან ფერმენტებიან ლუდში 0.121 მგ/ლ დიაცეტილის სპირტით. ჩვენ შემთხვევაში ამილოლიზური ფერმენტების მიერ სპირტული დუდილის მარეგულირებელი მოქმედება უფრო კარგათ აისახა კლასიკურ ლუდში, ვიდრე ლუდში ბრინჯის დანამატით.

ამრიგად ჩატარებული კვლევების ანალიზმა გვიჩვენა, რომ კლასიკურ ლუდთან შედარებით, ფერმენტების დამატებით მიღებული ლუდი თავისი მაჩვენებლებით არ ჩამოუვარდება მის თვისებებს და აღემატება ზოგიერთი მაჩვენებლით.

3.3. ქერის შემცველი ლუდის მოხარშვა

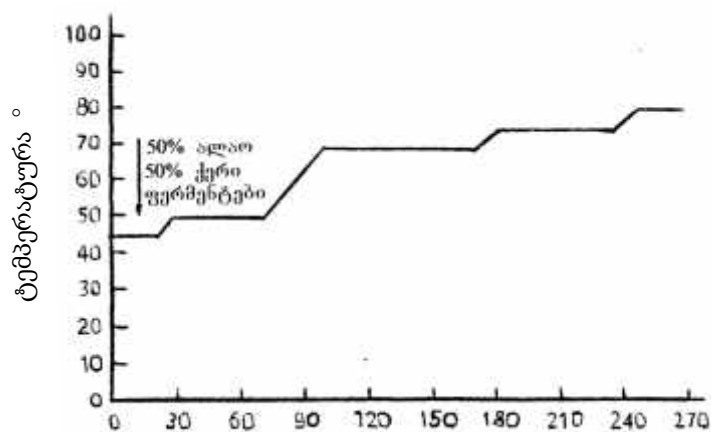
ქერით და ეგზოგენური ფერმენტებით ლუდის ხარშვისას იქმნება შემდეგი უპირატესობები:

- ფერმენტების დოზირება შეიძლება იყოს დაზუსტებული შესაღეს ქვაბში საჭირო აქტივობისთვის.
- შეკვეთების მიმართ ნაკლები დამოკიდებულება ალალს ფასსა და ხარისხზე.
- უფრო დაბალი სიბლანტის მიღება, რაც საშუალებას იძლევა ზადაგის და შემდგომ ლუდის ფილტრაციის გაადვილებას.
- დანაკარგების შემცირების შესაძლებლობას.

მე-3 ცხრილში მოცემულია ალალს 50%-ით შეცვლის შელესვის პროცესის ტექნიკური მახასიათებლები, ხოლო მე-8 ნახაზზე ალალს შელესვის გრაფიკი.

მე-3 ცხრილიდან ჩანს, როგორც კვლევებმა გვიჩვენა აშაქრების დრო კლასიკურთან შედარებით ხანგრძლივობის მიხედვით არ განსხვავდება და არის 10–15 წთ–ის ფარგლებში.

I ვარიანტში ზადაგის გაფილტვრის სიჩქარე თითქმის იდენტურია კლასიკურთან შედარებით, ხოლო II ვარიანტში გააჩნია უფრო დიდი სიჩქარე, ვიდრე კლასიკურს.



დრო, წთ

ნახ. 8. შელესვის გრაფიკი

ცხრილი 3. შელესვის პროცესის ტექნიკური მახასიათებლები

მახასიათებლები	კლასიკური	ვარიანტი	
		I	II
1. <i>pH</i> შელესვისას	5,50	5,4	5,42
2. აშაქრების დრო, წთ	10–15	10–15	10–15
3. ბადაგის ფილტრაციის დრო, წთ	209	170	195
4. ფილტრაციის სიჩქარე ლ/მ ² /წთ	13,3	15,7	13,9
5. გამოსავალი, %	68,8	72,3	75,3

ექსტრაქტის გამოსავალი ორივე ვარიანტში უფრო დიდია, ვიდრე კლასიკურში (ცხრილი 3).

როგორც კვლევებმა გვიჩვენა, ბადაგში კლასიკურშიც და I და II ვარიანტში ექსტრაქტულობა თითქმის ერთნაირია. *pH* –ის მნიშვნელობა გაზრდილია ორივე ვარიანტში კლასიკურთან შედარებით. სიბლანტეებიც თითქმის ერთნაირია ბეტა გლუკანის შემცველობა შედარებით ნაკლებია ორივე ვარიანტში, ვიდრე კლასიკურში. გახსნილი აზოტის რაოდენობაც ორივე ვარიანტში უფრო დიდი რაოდენობითაა, ვიდრე კლასიკურ ვარიანტში (ცხრილი 4).

ცხრილი 4. ბადაგის ხარისხის ფიზიკო-ქიმიური მაჩვენებლები

მახასიათებლები	კლასიკური	ვარანტი	
		I	II
1. ექსტრაქტულობა, %	9,35	9,18	9,15
2. pH	5,25	5,35	5,40
3. ფერი, EBC ერთეული	17	17	17
4. სიბლანტე, მპა.წმ	1,72	1,69	1,65
5. ბეტა გლუკანი, მგ/ლ	587	170	335
6. გახსნილი აზოტი, მგ.ლ	826	956	938
7. ალფა ამინური აზოტი, მგ/ლ	139	149	142
8. Zn ⁺ , მგ/ლ	0,22	0,21	0,23

მე-5 ცხრილში მოცემულია ლუდის ანალიზი.

ცხრილი 5. ლუდის ანალიზი

მახასიათებლები	კლასიკური	ვარანტი	
		I	II
1. საწყისი ბადაგის ექსტრაქტულობა, % მას	9,30	9,14	9,08
2. მოჩვენებითი ექსტრაქტი, % მას	2,21	2,11	1,95
3. ალკოჰოლი, % მას	2,91	2,89	2,95
4. დადუღების მოჩვენებითი ხარისხი %	76,4	77,3	79,1
5. დუღილის ხარისხის საწყისი და საბოლოო სხვაობა	6,2	0,4	0,4
6. pH	4,4	4,5	4,5
7. ფერი, EBC ერთეული	14	13	13
8. სიბლანტე, მპა.წმ	1,65	1,61	1,61
9. ბეტა გლუკანი, მგ/ლ	210	62	159
10. ქაფის სტაბილურობა, როსის და კლარკის	130	136	136
11. ვიცინალური დიკეტონები, მგ/ლ	0,10	0,09	0,09
12. ეთერები, მგ/ლ	22,4	22,1	20,3
13. უმაღლესი სპირტები, მგ/ლ	75	79	78

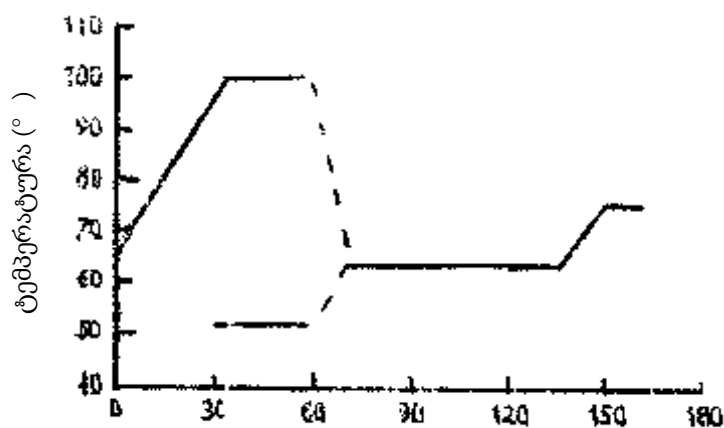
როგორც ჩატარებულმა კვლევებმა გვიჩვენა (ცხრილი 5), ქერის დამატებით 50% და ეგზოფერმენტების გამოყენების შემთხვევაში კლასიკურ ლუდთან მიმართებაში, მიღებული ლუდი თითქმის ყველა პარამეტრით შეესაბამება თავისი მონაცემებით და ზოგიერთი მაჩვენებლით აღემატება კიდევ, რაც საშუალებას იძლევა წარმატებით იქნას გამოყენებული ლუდის მიღების პროცესში ქერი და ეგზოფერმენტები, კერძოდ, ამილაქსი და დიაზიმი, რომლებიც სრულფასოვნად ცვლიან r ამილაზას.

3.4. სიმინდის ფანტელის, ქერის და ალაოს შელესვა

მე-6 ცხრილში მოცემულია სიმინდის ფანტელის, ქერის და ალაოს შელესვა, ხოლო შელესვის გრაფიკი მე-9 ნახაზზე

ცხრილი 6. სიმინდის ფანტელის, ქერის და ალაოს შელესვა

მასალები	შემცველობა, %	კგ	ექსტრაქტულობა, %
1. ალაო	40	526	76
2. ქერი	30	441	68
3. სიმინდის ფანტელი	30	365	82
4. დიაზიმი	–	0,15	–
5. ამილაქსი	–	0,25	–



დრო (წთ)

ნახ. 9. სიმინდის ფანტელის შელესვის გრაფიკი

სიმინდის ფანტელი თხევადდება ცალკე, სტაბილიზებული Ca^{2+} იონების საერთო შემცველობა არის დაახლოებით 100მგ/ლ, წყალთან შეფარდებით 4:1 დაქუცმაცებულ ალაოს და ქერის შელესვას ვახდენთ $52^{\circ}C$ ტემპერატურაზე. 30 წუთის შემდეგ ნახარშში ემატება ქერის და ალაოს შელესილი მასა, რომ ტემპერატურამ აიწიოს $63-66^{\circ}C$ -მდე.

60 წუთის შემდეგ გაერთიანებული შელესილი მასა ცხელდება $76-78^{\circ}C$ -მდე. ხდება მისი დაყოვნება მოცემულ ტემპერატურაზე, ვიდრე არ მოხდება აშაქრება, ხოლო შემდეგ ვახდენთ ბადაგის გამოცალკევებას.

მე-7 ცხრილში მოცემულია ალაოს, ქერით და სიმინდის ფანტელით შელესვის პროცესის ტექნიკური მახასიათებლები.

ცხრილი 7. შელესვის პროცესის ტექნიკური მახასიათებლები

მახასიათებლები	კლასიკური	ვარიანტი	
		I	II
1. pH შელესვისას	5,45	5,45	5,45
2. აშაქრების დრო, წთ	10–15	10–15	10–15
3. ბადაგის ფილტრაციის დრო, წთ	210	180	200
4. ფილტრაციის სიჩქარე, ლ/მ ² /წთ	13,5	14,7	13,2
5. გამოსაალი, %	69,5	71,3	73,5

კვლევები ჩატარებულ იქნა ორ ვარიანტად. I ვარიანტი ამილაქსის დამატებით, ხოლო მეორე ვარიანტი დიაზიმის დამატებით.

მე-7 ცხრილიდან ჩანს, როგორც კვლევებმა გვიჩვენა აშაქრების დრო კლასიკურთან შეფარდებით ხანგრძლივობით არ განსხვავდება და pH სიდიდეც ერთნაირია.

I – ვარიანტში ბადაგის ფილტრაციის სიჩქარე თითქმის ერთნაირია, ხოლო II – ვარიანტში გააჩნია უფრო დიდი სიჩქარე, ვიდრე კლასიკურს, ექსტრაქტის გამოსავალი უფრო დიდია ორივე ვარიანტში, ვიდრე კლასიკურში.

მე-8 ცხრილში მოცემულია ბადაგის ხარისხის ფიზიკო-ქიმიური მაჩვენებლები.

ცხრილი 8. ბადაგის ხარისხის მაჩვენებლები

მახასიათებლები	კლასიკური	ვარიანტი	
		I	II
1. ექსტრაქტულობა, %	9,25	9,20	9,18
2. pH	5,25	5,30	5,35
3. ფერი, EBC ერთეული	17	17	17
4. სიბლანტე, მპა, წმ	1,75	1,70	1,67
5. ბეტა გლუკანი, მგ/ლ	585	175	337
6. გახსნილი აზოტნი, მგ/ლ	825	955	936
7. ალფა ამინური აზოტი, მგ/ლ	138	146	141
8. Zn ⁺ , მგ/ლ	0,23	0,22	0,24

როგორც კვლევებმა გვჩვენა, ბადაგში კლასიკურშიც და I და II ვარიანტში ექსტრაქტულობა თითქმის ერთნაირია, pH –ის მნიშვნელობა გაზრდილია ორივე ვარიანტში კლასიკურთან შედარებით. სიბლანტეებიც თითქმის ერთნაირია, როგორც კლასიკურში, ასევე ორივე ვარიანტში. S გლუკანის შემცველობა შედარებით ნაკლებია კლასიკურთან შედარებით ორივე ვარიანტში. გახსნილი აზოტის რაოდენობაც ორივე ვარიანტში უფრო დიდი რაოდენობითაა, ვდრე კლასიკურში (ცხრილი 8).

მე-9 ცხრილში მოცემულია ლუდის ანალიზი.

ცხრილი 9. ლუდის ანალიზი

მახასიათებლები	კლასიკური	ვარიანტი	
		I	II
1. საწყისი ბადაგის ექსტრაქტულობა, % მას.	9,35	9,20	9,15
2. მოჩვენებითი ექსტრაქტი, % მას.	2,19	2,14	1,90
3. ალკოჰოლი, % მას.	2,94	2,89	2,96
4. დადულების მოჩვენებითი ხარისხი, %	77,6	77,4	78,2
5. დადულების ხარისხის საწყისი და საბოლოო სხვაობა	5,9	0,5	0,5
6. pH	4,4	4,5	4,5
7. ფერი, EBC ერთეული	14	13	13
8. სიბლანტე, მპა, წმ	1,63	1,62	1,62
9. ბეტა გლუკანი, მგ/ლ	211	65	152
10. ქაფის სტაბილურობა, როსის და კლარკის	131	137	136
11. ვიცინალური დიკეტონები, მგ/ლ	0,10	0,09	0,09
12. ეთერები, მგ/ლ	22,5	22,1	21,1
13. უმაღლესი სპირტები, მგ/ლ	76	79	78

როგორც კვლევებმა გვიჩვენა, ქერის 30% და სიმინდის 30% გამოყენების და ეგზოგენური ფერმენტების გამოყენების შემთხვევაში კლასიკურ ლუდთან მიმართებაში, მიღებული ბაცი ფერის ლუდი თავისი პარამეტრებით თითქმის შეესაბამება მის პარამეტრებს და ზოგიერთი მახემენლებით აღემატება კიდევ. (ცხრილი 9). აღნიშნულიდან შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ეგზოფერმენტები, კერძოდ ამილაქსი და დიაზიმი ქერის 30% და სიმინდის 30%–ის დამატებით მიღებული ლუდის მონაცემები

საშუალებას იძლევა, რომ წარმატებით იქნას გამოყენებული და ქერის ალალ შეცვლილი აღნიშნული მასალებით. აგრეთვე ამილაქსი და დიაზიმი, რომლებიც სრულფასოვნად ცვლიან r ამილაზას.

დასკვნა

1. განხილულია და წარმოდგენილია ლუდის წარმოებისთვის საჭირო ნედლეულის დახასიათება, მათი ხარისხის და შედგენილობის შეფასების მეთოდები. წარმოდგენილია თითოეული ძირითადი ნედლეულის ცალ-ცალკე დახასიათება და მათი შემცველი ნივთიერებების სასარგებლო და ძირითადი თვისებები.
2. შესწავლილია ალალს დაღერღვის ხარისხის გავლენა ლუდის ტექნოლოგიურ პარამეტრებზე, რომელთა სიმსხო მერყეობს 0,45–0,48მმ-ის ფარგლებში, ხოლო აულოჯებელი დამატებითი ნედლეულის სიმსხო ტოლია 0,3–0,5მმ-ის.
3. შესწავლილია დამატებითი, აულოჯებელი მარცვლეულის ბრინჯის, ქერის და სიმინდის ფანტელის გათხევადების პირობები, გათხევადების პროცესზე მოქმედი ამილოზოლოური ფერმენტების გავლენა.
4. ამილოლიზური ფერმენტების ამილაქსისა და დიაზიმის მოქმედების შედეგად 5%-ით გაიზარდა მთავარი დუდილის რეაქციის სიჩქარე კლასიკურ ეგზოფერმენტებთან ნედლ ლუდში, კლასიკურ ლუდთან შედარებით.
5. ამილოლიზური ეგზოგენური ფერმენტების მოქმედებით გაიზარდა ნედლი ლუდის დადუღების მაჩვენებელი ბრინჯიან ლუდში 2,3%-ით, ბრინჯის დანამატით წარმოებულ ლუდთან შედარებით.
6. ამილაქსითა და დიაზიმით ნაწარმოებ კლასიკურ და ბრინჯის დანამატით ნაწარმოებ ლუდში შემცირდა დიაცეტილის სპირტის კონცენტრაცია. კლასიკურ ლუდში 5-ჯერ და ბრინჯიან ლუდში 1,5-ჯერ.

7. განხილულია შელესვის პროცესში მიმდინარე მოვლენები, კერძოდ, ფერმენტების აქტივობის უბნები, განხილულია: სახამებლის S – გლუკანის, ცილოვანი ნივთიერებების, ცხიმების გარდაქმნის და გახლეჩვის პროცესი, ფილტრაციისა და ჩამოსხმის პროცესები.
8. გათვლილია აულოჯებელი დამატებითი ნედლეულის გამოყენებით მიღებული ეკონომიკური ეფექტი, რომლის პროცენტული შემცველობის მიხედვით ეფექტი შეადგენს დაახლოებით 22–72 ევროს/ტონა ნედლეულზე, რაც საშუალებას გვაძლევს შევიმუშაოთ რესურსდამზოგი ლუდის ხარშვის ტექნოლოგია.

დისერტაციის ძირითადი შედეგები გამოქვეყნებულია შემდეგ შრომებში

1. მ. ძეკონსკაია, გ. მაისურაძე. ბაცი ფერის ლუდის წარმოებისას შელესვის პროცესის განხილვა და გამოკვლევა. საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია. „ფუნქციონალური დანიშნულების პროდუქტების წარმოების ინოვაციური ტექნოლოგიები“. ქუთაისი, 2015, გვ. 370–373.
2. მ. ძეკონსკაია, გ. მაისურაძე. ალას დაღერღვის ხარისხის გავლენა ლუდის ტექნოლოგიურ პარამეტრებზე. საქართველოს ქიმიური ჟურნალი, თბილისი, 2015, ტ. 15, №2, გვ. 115–117.
3. მ. ძეკონსკაია, გ. მაისურაძე. ფერმენტების თვისებების შესწავლა და მათი გამოყენება ქერის შემცველი ბაცი ფერის ლუდის ტექნოლოგიურ პროცესში. საქართველოს კერამიკოსთა საზოგადოების ჟურნალი „კერამიკა“, თბილისი, 2016, ტ. 18.2 (36), გვ. 10–15.
4. მ. ძეკონსკაია, გ. მაისურაძე. დიაცეტილის ცვლილების შესწავლა ბაცი ფერის ლუდის მომწიფებისას. საქართველოს ქიმიური ჟურნალი, თბილისი, 2016, ტ.1, №1, გვ. 5–8.

Abstract

The present thesis is devoted to beverage manufacturing technological process improvement of small-barley – malt alcoholic drinks, particularly intensification of beer production technology and resource-saving processes.

As well known, the basic raw materials needed for the beer production are: malt, hop, water and yeast. This production quality largely depends on the quality of raw materials. The preparation and processing of raw materials base on the knowledge of raw material properties. This paper discusses the quality of raw materials, their properties. Their improvement ways are represented. The quality of each raw material and criteria of properties are given, classical methods and modern technological processes for beer production are discussed. Additional materials, particularly quality and technological properties of unused materials are represented.

The paper describes effect of barley disintegration level on technological parameters of received beer. Properties of exogenous enzymes are discussed, possibilities of liquefaction of unused materials using barley and exogenous enzymes are given.

The studies indicated in paper are devoted to possibilities of using exogenous enzymes as classical as well as beer received with unused materials. Particularly possibilities of using unused barley, corn and rice with exogenous enzymes.

Mentioned studies allow to develop and improve technological processes for beer production. Improve beer quality and develop raw material saving technological processes using various unused raw materials and exogenous enzymes.