

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

მეორე საფაკულტეტო სამეცნიერო კონფერენცია ზუსტ და
საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში

ლუდის სიმღვრივეზე პოლიფენოლების გავლენა

დოქტორანტი:ნათია მზარეულიშვილი

ხელმძღვანელი: პროფესორი, მარინა რუხაძე

თბილისი

2014

ანოტაცია

ნაშრომის მოხსენებით ბარათში თემაზე: „ლუდის სიმღვრივეზე პოლიფენოლების გავლენა“, წარმოდგენილია- ლუდის წარმოებაში ერთ-ერთი პრობლემატური საკითხის განხილვა, თუ რას წარმოადგენს იგი, ამ პრობლემის აღმოფხვრის მეთოდები და მოკლე დასკვნა.

მოხსენებითი ბარათი მოიცავს 24 გვერდს, რომელიც შედგება: სარჩევისაგან; ანოტაციისაგან; მოკლე შესავლისაგან; ლუდის წარმოშობის ისტორიისაგან, ძირითადი ტექსტისაგან, რომელიც დაყოფილია თავებად და ქვეთავებად; მოკლე დასკვნისაგან; გამოყენებული ლიტერატურის ჩამონათვალისაგან.

მოხსენებითი ბარათი არ შეიცავს დამოუკიდებელი ექსპერიმენტული კვლევის შედეგებს, ტექსტში მოცემული კვლევის შედეგები კი მოყვანილია ნაშრომის შესაქმნელად გამოყენებული დამხმარე ლიტერატურიდან.

სარჩევი:

ანოტაცია-----	1
შესავალი-----	4
1.ლიტერატურის მიმოხილვა-----	5-6გვ.
1.1.ლუდის წარმოშობა და განვითარება-----	5-6გვ.
1.2. .ლუდის ტექნოლოგია-----	7-9გვ.
1.3.ლუდის სასარგებლო თვისებები-----	10გვ
2.კვლევის მიზანი და ამოცანები-----	11გვ.
2.1.ლუდის გამჭვირვალობა და მდგრადობა-----	11გვ.
2.2.პოლიფენოლები და ფენოლური მჟავები-----	12-15გვ.
2.3.პოლიფენოლის მნიშვნელობა ლუდში-----	16გვ.
2.4.ლუდში პოლიფენოლის განსაზღვრის მეთოდი-----	17გვ.
3.მიღებული სამეცნიერო შედეგები-----	18-20გვ.
3.1 .სიმღვრივის წარმოქმნის მექანიზმები-----	18-20გვ.
4. დასკვნები-----	21გვ.
5.გამოყენებული ლიტერატურა-----	22გვ

შესავალი

ლუდი არის მაღალკალორიული, დადებითი თვისებების მქონე, მცირე რაოდენობით ალკოჰოლის შემცველი გამაგრილებელი სასმელი, რომელსაც აქვს სვიისათვის დამახასიათებელი არომატი და სასიამოვნო მწარე გემო. იმის გამო, რომ ლუდი გაჯერებულია ნახშირორჟანგით და შეიცავს მცირე რაოდენობით ეთილის სპირტს ის არა მხოლოდ კლავს წყურვილს, არამედ ამაღლებს ადამიანის ორგანიზმის ტონუსს. ლუდი წარმოადგენს რა საკვებისათვის კარგ ემულგატორს, ხელს უწყობს ნივთიერებათა სწორად ცვლას და საკვების შეთვისების უნარს ამაღლებს, თანაც ლუდის ექსტრაქტი ძალიან ადვილად და ბოლომდე შეითვისება ორგანიზმის მიერ. ლუდი შეიცავს ისეთი ვიტამინების გარკვეულ რაოდენობას, როგორებიცაა: B₁-თიამინი, B₂-რიბოფლავინი, B₆-პირიდოქსინი და უფრო დიდი რაოდენობით PP-ნიაცინი. ლუდი ამაღლებს მადას . 1 ლიტრი ლუდის კალორიულობაა 1675-3350 კჯ (400-800კკალ). ყოველი ეს თვისება ლუდს დადებითად ახასიათებს, რის გამოც როგორც გამაგრილებელ სასმელზე, მასზე მოთხოვნა საკმაოდ დიდია.

ლუდის ხარისხის შეფასება ხდება 100 ბალიანი სისტემით. ლუდს, რომელიც მიიღებს 96-100 ბალს, მიეკუთვნება ფრიადი შეფასება; 90-95 ბალს, კარგი შეფასება; 85-89 დამაკმაყოფილებელი; 85 ბალზე ნაკლებს, ცუდი ხარისხის ლუდი.

ლუდი უნდა იყოს გამახალისებელი , გამჭვირვალე, ჰქონდეს სასიამოვნო გემო და არომატი, კარგად გაჯერებული ნახშირორჟანგით, შესაბამისი ფერი და ქაფი.

მზა ლუდი შეიცავს 90%-მდე წყალს, 0,3-0,4% გაზობრივ ნახშირმჟავას , 1,5-7% სპირტს და 3-10% ექსტრაქტს.

1.ლიტერატურის მიმოხილვა

1.1.ლუდის წარმოშობა და განვითარება

ლუდის ტექნოლოგია ძალიან ძველია. მეცნიერების მიერ დადგენილია , რომ ჩვ.წ.აღ.-მდე 7000 წლის წინ მესოპოტამიაში, იმ დროისათვის ეკონომიკურად და პოლიტიკურად ძლიერ სახელმწიფოში, ბაბილონში ხდებოდა ლუდის ხარშვა. ბაბილონში ცნობილი იყო ლუდის 16 სახეობა და მათ დასამზადებლად იყენებდნენ ქერის ალაოს და ხორბალს. ბაბილონში ლუდის ხარშვა უმაღლეს დონეზე იყო აყვანილი, ბაბილონის მეფე ხამურაბმა, სპეციალური კანონებიც კი შემოიღო ლუდის ხარშვის წესებთან დაკავშირებით. ძველ ბაბილონს, როგორც მაღალგანვითარებული კულტურის მქონე ქვეყანას, მჭიდრო კავშირი ჰქონდა მეზობელ ქვეყნებთან, რის გამოც ლუდის ხარშვის წესები ფართოდ გავრცელდა ძველ ეგვიპტეში, სპარსეთში, საბერძნეთში და სხვა ქვეყნებში.

ეგვიპტელები ჩვ.წ.აღ.-მდე 3000 წლის წინ ფლობდნენ ქერისაგან ლუდის მიღების საიდუმლოს. ცნობილი ლუდსახარშები იყო პელუზიაში, მდინარე ნილოსის დელტაში. შემონახულია ეგვიპტური პაპირუსი, რომელშიც ნახსენებია სასმელი გაგი. გაგი და ზედი იყო ორი სახეობის ლუდი, რომელსაც ეგვიპტეში მოიხმარდნენ. ეგვიპტელები ლუდს ღმერთების სასმელს უწოდებდნენ.

ეგვიპტიდან ლუდის დამზადების წესები ჩრდილო-აფრიკულ ქვეყნებში გავრცელდა, ასევე გავრცელდა სამხრეთისაკენ - ეთიოპიაში. ეთიოპიელები დღესაც კი ხარშავენ ლუდს ძველბაბილონური მეთოდით.

ბერძნები ლუდს ზიტონს უწოდებდნენ. ისინი ლუდს მოიხსენიებდნენ, როგორც მეფეთა სასმელს, ხოლო ღვინოს ღმერთების სასმელს. საბერძნეთიდან ლუდის დამზადების ტექნოლოგია გავრცელდა ევროპის ქვეყნებში: რომში, ძველ ესპანეთში და სხვა. ჩვ.წ.აღ.-მდე I საუკუნეში ლუდის მომზადების წესები ესპანეთიდან გადავიდა გალიაში (ახლანდელი საფრანგეთი), სადაც ხალხში სწრაფად გავრცელდა. XIII საუკუნეში ფლანდრიაში (მისი ტერიტორია სხვადასხვა ნაწილების სახით შედის

ახლანდელ ბელგიაში, საფრანგეთში და ჰოლანდიაში) დაიწყეს ლუდის დმზადება ალაოსთან აუდოჯებელი მარცვლეული კულტურების შერევით.

ჩრდილო-ევროპული ტომები, კელტები და ვიკინგები, ლუდს ომის დროს წყლის მაგივრად სვავდნენ.

ამგვარად ძველ ბაბილონში აღმოცენებული ლუდის ხარშვის მეთოდი გავრცელდა: ძველ ეგვიპტეში, სპარსეთში, საბერძნეთში, რომში, ესპანეთში, საფრანგეთში და სხვა ევროპულ ქვეყნებში, ასევე კავკასიაშიც. საქართველოს მთიან რეგიონებში დღესაც იხარშება ლუდი ძველი ტრადიციებით. ამასთან, ლუდი ჯერ კიდევ ძველ დროში მზადდებოდა ალაოსგან, მაგრამ სვიის გარეშე.

XIV საუკუნეში ხარისხიანი, სასიამოვნო გემოს მქონე ლუდის მისაღებად, დაიწყეს სვიის გამოყენება. (მანამდე იყენებდნენ სხვადასხვა სუნელების ნარევს, რომელსაც ეწოდებოდა გრუტი).

1.2. ლუდის ტექნოლოგია

ლუდი წარმოადგენს გამაგრილებელ სასმელს, შეიცავს მცირე რაოდენობით ალკოჰოლს და დამზადებულია მცენარეული ნედლეულისაგან, ძირითადად ქერის ალასა და სვიისაგან, სპეციალური რასის ლუდის საფუვრების გამოყენებით (*Saccharomyces Cerevisiae*). სხვა სახეობის მარცვლეული ნედლეული შეიძლება დაემატოს აულოჯებელი მასალების სახით და როგორც შაქრის შემცველი პროდუქტი.

ლუდის ასორტიმენტის მიხედვით აულოჯებელი მასალების სახით გამოიყენება: ქერი, ცხიმგაცლილი სიმინდის ფქვილი, ბრინჯის ნაღორდი, ბრინჯის ნახარში, შაქარი, გლუკოზა და სხვა. აულოჯებელი მასალების რაოდენობა შეიძლება აღებულ იქნას 50%-მდე შესაღესი მარცვლეული პროდუქტების რაოდენობიდან.

გარეგნული სახით ლუდი ერთმანეთისაგან განსხვავდება მხოლოდ ფერით. ამ თვისების მიხედვით არჩევენ ღია და მუქი ფერის ლუდებს.

ღია ფერის ლუდი მზადდება ღია ფერის ალასაგან, ხოლო მუქი ფერის ლუდის წარმოებისათვის გამოიყენება მუქი, კარამელური ან მოხალული ალაო.

ლუდის წარმოება რთული და ხანგრძლივი პროცესია. ის შედგება შემდეგი ძირითადი სტადიებისაგან: ქერისაგან ალას წარმოება, ალას და აულოჯებელი მესალებისაგან ლუდის ტკბილის მიღება, ლუდის ტკბილის სვიასთან ხარშვა, ლუდის ტკბილის სპირტული დუდილი ლუდის საფუვრების გამოყენებით, ლუდის დაყოვნება (მომწიფება), ფილტრაცია და ჩამოსხმა.

თავის მხრივ ალას წარმოება ითვლის რამდენიმე ოპერაციას: ქერის გაწმენდა და დახარისხება, გარეცხვა და დეზინფექცია, დაღობვა 42-45% სინესტემდე, ალოჯება 6-8 დღე-ღამის განმავლობაში, ალას გაშრობა 2-3,5% სინესტის შემცველობამდე, ღივების მოცილება სპეციალური ღივამცლელი მანქანით და გაპრიალება.

ლუდის ტკბილის მიღება ალას, აულოჯებელი მასალების და სვიის გამოყენებით რამდენიმე ეტაპად მიმდინარეობს. მშრალ ალას ატარებენ მტვერგამცლელ და მექანიკური მინარევების მომცილებელ მანქანაზე და მაგნიტურ

სეპარატორზე, ლითონური მინარევების მოსაცილებლად. ამის შემდეგ გასუფთავებული ალაო აიწონება და იფქვება წისქვილში ისე, რომ მიღებული მასა შედგებოდეს ნაღორღისაგან და ფქვილისაგან. დაფქულ ალაოში აულოჯებელი მასალები ძირითადად ემატება ფქვილის სახით. დაღორღილ ალაოსა და აულოჯებელ მასალებს შეურევენ 4-5 ჯერად წყალს, ტემპერატურით 52-55°C-ის შემდეგაცხდებადაყოვნება 10-15წთ. (ცილოვანი პაუზა). ალაოს ფერმენტული პრეპარატების მოქმედებით 62-72°C-ზე ხდება შელესილი მასის აშაქრება. აშაქრებულ შელესილ მასას ფილტრავენ სპეციალურ საფილტრში (ფილტრჩანში) და მიიღებენ ლუდის ტკბილს. ტკბილის ნარჩენებს შელესილი მასიდან გამორეცხავენ ცხელი წყლით (76°C) და ნარეცხს დაუმატებენ გაფილტრულ ტკბილს. მიღებულ ტკბილს ადუღებენ სვიასთან 1,5 საათის განმავლობაში, ამ დროს ტკბილში იხსნება სვიის ფისები, რომლებიც ტკბილს აძლევენ სვიასათვის დამახასიათებელ სიმწარესა და არომატს, გარდა ამისა ისინი ხასიათდებიან ანტისეპტიკური თვისებებით და გარკვეულ წილად წარმოადგენენ ლუდის ბუნებრივ კონსერვანტებს. სვიაში შემავალი ცილები კი იერთებენ ინაქტივირებულ ფერმენტებს და ტკბილში სხვა აქრილ ცილებს, წარმოქმნიან მსხვილ დისპერსიულ ნაწილაკებს და ტკბილის დაყოვნებისას ადვილად გამოილექებიან ტკბილიდან. ცხელი ტკბილიდან სვიის მოცილება ხდება სვიის დამჭერში, შემდეგ ტკბილს აცივებენ 60°C-მდე და აყოვნებენ კოაგულირებული ცილების დალექვის მიზნით, რის შემდეგაც სწრაფად აცივებენ 5°C-ზე და გადატუმბავენ ცილინდრულ-კონუსურ ტანკებში (ცკტ), სპირტული დუღილისათვის.

ლუდის ტკბილის სპირტული დუღილი მიმდინარეობს დაბალ ტემპერატურაზე (10-12°C), სპეციალური საფუვრების გამოყენებით (შტამი-Sacch.Carlsbergensis). დუღილის დროს შეიძლება მოხდეს ტკბილში ტემპერატურის მატება, ამ დროს მიმართავენ ხელოვნურ გაგრილებას. დუღილის დროს ხდება ძირითადი შაქრების დაშლა და შესაბამისად წარმოიქმნება ეთილის სპირტი და ნახშირორჟანგი. დუღილის რეაქცია მიმდინარეობს გეი-ლუსაკის განტოლების მიხედვით:

$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2 + Q$, დუღილის დროს საფუვრების სიცოცხლისუნარიანობის გამო გამოიყოფა დიდი რაოდენობით სითბო (Q). დუღილი მიდინარეობს 6-7 დღის განმავლობაში, (მუქი ლუდისათვის 9-10 დღე), თუმცა ეს ვადები არ არის მუდმივი და შეიძლება იცვლებოდეს ტექნოლოგიური რეჟიმიდან გამომდინარე. დადუღებული ლუდი ჯერ კიდევ არ არის სრულყოფილი, იგი საკმაოდ ამღვრეულია, შეიცავს მცირე რაოდენობით ნახშირორჟანგს და აქვს თავისებური გემო და არომატი, დამახასიათებელი ახალგაზრდა ლუდისთვის.

საბოლოო გაწმენდისა და დამთავრებული თაიგულისა და გემოს მიღების მიზნით ახალგაზრდა ლუდს აყოვნებენ ჰერმეტიკულ ჭურჭელში ე.წ. ცკტ-ში. ლუდის დაყოვნების ვადა დამოკიდებულია ლუდის ასორტიმენტზე (შეიძლება მერყეობდეს 21-დან 50დღემდე). დაყოვნებული და მომწიფებული ლუდი მიეწოდება ფილტრაციაზე და შემდგომ ამისა ჩამოსხმაზე. ჩამოსხმის წინ ლუდს ზოგჯერ ხელოვნურად აჯერებენ ნახშირორჟანგით კარბონიზატორში. ლუდის ჩამოსხმა წარმოებს: ბოთლებში, კასრებში, ასევე ალუმინის ქილებში და სხვა სახის ტარაში.

ლუდის შენახვისათვის საჭიროა შენახვის გარკვეული პირობები, ამიტომ მას ინახავენ $12^{\circ}C$ ტემპერატურაზე. ამ პირობებში შენახვის ვადაა 7-8 დღე-ღამე. ზოგიერთ შემთხვევაში ბოთლებში ჩამოსხმულ ლუდს უკეთებენ პასტერიზაციას, თანდათან აცხელებენ $70^{\circ}C$ -მდე, შემდეგ კი ნელ-ნელა აცივებენ. ამით შენახვის ვადა იზრდება 3-6 თვემდე.

1.3.ლუდის სასარგებლო თვისებები.

ლუდის დაავადებებთან ბრძოლის ასოციაციამ ლუდი სასარგებლო ალკოჰოლური სასმელების სიაში შეიყვანა. ამერიკელ მეცნიერთა დასკვნით, ლუდი გულის დაავადებების რისკს ამცირებს. ზოგადად, ალკოჰოლური სასმელები ე.წ. კარგი ქოლესტერინის დონეს ამაღლებს, რაც ამცირებს ინფარქტისა და ინსულტის რისკს. ლუდის მიღების დასაშვები დოზა ქალებისთვის დღეში 300მლ, მამაკაცებისთვის კი 600 მლ-ია, თუმცა ეს იმას სულაც არ ნიშნავს,რომ ლუდი ყოველდღე უნდა სვათ. ლუდი ორგანიზმზე სხვა ალკოჰოლური სასმელებისგან განსხვავებულად ზემოქმედებს. ცნობილია, რომ 25 დან 42 წლამდე ქალბატონების უმრავლესობა სისხლის წნევის მომატებას ალკოჰოლური სასმელების მიღებასთან აკავშირებს ლუდის მიღებისას კი წნევა პრაქტიკულად არ იმატებს. ლუდი ხელს უშლის თირკმელებში კენჭების წარმოქმნას და ამაგრებს ძვლის ქსოვილს.ლუდის მომხმარებელი მამაკაცები თირკმელებში კენჭის წარმოქმნის მინიმალური რისკის ქვეშ არიან, რაც ლუდში წყლის მაღალი შემცველობითა და შარდვის ეფექტით არის განპირობებული. ლუდი ძვლებიდან კალციუმს ძალიან ნელა ჩამორეცხავს, რის შედეგადაც კენჭების წარმოქმნის ალბათობა მცირეა. ლუდი შეიცავს გაცილებით მეტ სასარგებლო ვიტამინებს, მინერალებს, კალციუმს და სხვადასხვა სახის ანტიოქსიდანტებს, ვიდრე ღვინო.

2. კვლევის მიზანი და ამოცანები

2.1. ლუდის გამჭვირვალობა და მდგრადობა

ისევე, როგორც სხვა სასმელებს, ლუდსაც გააჩნია თავისი მდგრადობა. სასმელების მდგრადობა ეწოდება მათ უნარს დროის გარკვეულ პერიოდში არ შეიცვალონ გარეგანი სახე, გამჭვირვალობა, ფერი, არომატი, გემო და ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლები.

ბოთლებში ჩამოსხმულმა ლუდმა განსაზღვრული დროის განმავლობაში უნდა შეინარჩუნოს თავისი პირვანდელი თვისებები. ყველა სორტის ლუდი, გარდა პორტერისა და ხავერდოვანისა, უნდა იყოს გამჭვირვალე. გამჭვირვალობა და მდგრადობა დამოკიდებულია ერთმანეთზე. ლუდის მდგრადობა განისაზღვრება დღეთა რაოდენობით, რომელთა განმავლობაში იგი ინარჩუნებს გემოს და არ იმღვრევა. მდგრადობის განსაზღვრული დროის შემდეგ ლუდი იმღვრევა და წარმოიქმნება ნალექი.

ლუდის ამღვრევა შეიძლება მოხდეს უეცრად, მდგრადობის ვადის გასვლამდე. ძირითადად განასხვავებენ ორი სახის სიმღვრივეს: ბიოლოგიური და კოლოიდური სიმღვრივე.

2.2. პოლიფენოლები და ფენოლური მჟავები

როგორც ბოლო გამოკვლევებმა გვიჩვენა, ლუდის პოლიფენოლები ძირითად როლს ასრულებენ კოლოიდური სიმღვრივის წარმოქმნაში.

პოლიფენოლები ქიმიურად უფრო რეაქციის უნარიანები არიან, პოლიპეპტიდებისა და პოლისაქარიდებისაგან განსხვავებით, რომლებიც შედიან ლუდის მშრალი ნივთიერებების შემადგენლობაში. ისინი მელანოიდინებთან და სხვა რედუქტორებთან ერთად გავლენას ახდენენ ლუდის რედოქს-პოტენციალსა და ფერზე. პოლიფენოლების პოლიმერიზაციის პროცესი დამტკიცებული არ არის, მაგრამ სრულიად ცხადია, ლუდის პოლიფენოლები შენახვის დროს განიცდიან, დამჟანგავ პოლიმერიზაციას, რომლებიც მჟავებით კატალიზირდება. მჟავებით კატალიზირებული პოლიმერიზაცია წარმოიქმნება ლუდის ხანგრძლივი შენახვისას, როდესაც ბოთლის ყელში მოგროვილი ჰაერის უმრავლესობა დახარჯულია.

პოლიფენოლების საერთო რაოდენობის შეფარდებას დაბალპოლიმერიზებული პოლიფენოლების რაოდენობასთან მათი პოლიმერიზაციის ხარისხი ეწოდება. პოლიმერიზაციის ხარისხის მიხედვით შეიძლება დავახასიათოთ, ლუდის სიმღვრივისადმი მიდრეკილება. ლუდის წარმოების პროცესში სხვადასხვა ადსორბციული პროცესების შედეგად მასში პოლიფენოლების კონცენტრაცია მცირდება, ხოლო პოლიმერიზაციის ხარისხი კი იზრდება. ეს აიხსნება ალაოში არსებული ჯაჭვური პოლიმერიზაციის ნელ-ნელა მიმდინარეობით, ლუდში არსებული პოლიფენოლებისა და მათი ნაწილობრივი დალექვით წარმოების პროცესის სხვადასხვა სტადიაზე. პოლიფენოლების პოლიმერიზაციის ხარისხი გარკვეულ წილად დამოკიდებულია ლუდის აერაციაზე მისი ფილტრაციისა და ჩამოსხმის დროს. ამიტომ მისი მნიშვნელობა, განსაზღვრული ჩამოსხმულ ლუდში არ უნდა ემთხვეოდეს საწყის მნიშვნელობას.

მაკ ფარლანმა, ბენგოგმა და მათმა კოლეგებმა ექსპერიმენტულად დაამტკიცეს პოლიფენოლების მონაწილეობა სიმღვრივეში. მონომერული პოლიფენოლები ლექში

არსებობენ, მაგრამ მოსაზრება იმის შესახებ, რომ მათ აქვთ უნარი წარმოქმნან სიმღვრივე ყოველთვის იწვევს ეჭვს.

მაკ გინესმა დაამტკიცა, რომ პოლიფენოლების დიმერები იწვევენ სიმღვრივეს. პოლიფენოლების ცალკეული კომპონენტების მნიშვნელობა, კოლოიდური სიმღვრივის წარმოქმნისას, ხშირად ხდება დავის საგანი, რადგან არ არსებობს საიმედო მეთოდი ამის დასამტკიცებლად.

აქამდე ცოტა რამ არის ცნობილი ლუდის მრავალრიცხოვანი და მნიშვნელოვანი ფენოლური კომპონენტების ქიმიური შემადგენლობის შესახებ, რომლებსაც მიეკუთვნებიან პოლიმერიზებული პოლიფენოლები. ეს ნივთიერებები შეადგენენ ლუდის შემადგენლობაში შესული ფენოლების 80-90%-ს და თითქმის ამდენივეა პოლიფენოლების მიერ გამოწვეულ სიმღვრივეში.

კოლოიდური სიმღვრივის პოლიფენოლური ფრაქცია პირველ რიგში შეიცავს ანტოციანოგენებს, რომლებიც ლიგნინის წარმოებულა, პოლიფენოლების დიმერებს და მარტივი ფენოლების რთულ ეთერებს. სიმღვრივის ისეთი პოლიფენოლები, როგორიცაა კატეხინები და ანტოციანოგენები, ლუდში ალაოდან და სვიიდან ხვდება, ხოლო ფლავანოლები კი - მხოლოდ სვიიდან. სიმღვრივის ეს შემადგენელი ნაწილები მრავალრიცხოვანია და შეუძლიათ იყვნენ მეტ-ნაკლებად პოლიმერიზებულ მდგომარეობაში, ხანდახან სხვადასხვა შაქრებთან შეკავშირებული.

ბადაგში არსებული ანტოციანოგენების 75% ლუდში არ გადადის. ისინი ილექებიან ბადაგის გაციებისას აქტიური პროტეინების კომპლექსის ზემოქმედებით, ქიმიური და ფერმენტული დამჟანგავი პოლიმერიზაციის შედეგად, ასევე ბადაგის სვიასთან ერთად ხარშვის პროცესში ცილებთან რეაქციის დროს.

ქერის ხარისხი და მისი მოყვანის ადგილმდებარეობა დომინირებულ გავლენას ახდენს პოლიფენოლების შემადგენლობაზე და მათ შორის ტანოიდების შემადგენლობაზეც ბადაგში. მოცემულ მომენტში ტანოიდები - ეს პოლიფენოლური ნივთიერებებია მოლეკულური მასით 600-დან 3000-მდე. სამი სხვადასხვა ხარისხის ქერის შედარებისას, რომლებიც სხვადასხვა ცილებს შეცავენ - 10,1; 10,8 და 13,9%

შემჩნეულია, რომ პოლიფენოლების შემადგენლობა მცირდება ქერში ცილების რაოდენობის მატებისას (შესაბამისად 122, 102 და 86 მგ/100გ მშრალ ნივთიერებაზე). ასალოჯებელი ქერის სინესტეზე დამოკიდებულია ცილის ხსნადობის ხარისხი, ასევე პოლიფენოლების შემადგენლობის ზრდა ბადაგსა და ლუდში. ალოჯების ხანგრძლივობა ასევე ზრდის ლუდში ტანოიდების შემადგენლობას.

შედარებითი ანალიზი, რომელიც ჩატარდა ქერში არსებულ ფენოლურ ნივთიერებებს და მისგან მიღებულ ბადაგს, აჩვენა, რომ კატეხინების დიმერები ბადაგის ხარშვისას უცვლელი რჩება, მაშინ როდესაც მონომერები მცირდება (40-70%), რაც აიხსნება ამ შენარეთების დაჟანგვით პოლიფენოლოქსიდაზის ზემოქმედებით.

ფლავანოიდების საერთო შემადგენლობა მცირდება ლუდის მიღების ტექნოლოგიური პროცესის სტადიების მიხედვით 51,1-დან 25მგ/დმ³-მდე. თანაც, თუ სვია შერეულია ტკბილის სტადიაზე 26,2-18,6%-მდე, მაშინ შემდგომსტადიებზე მათი შემადგენლობა მნიშვნელოვნად იცვლება და მზა პროდუქტში 14,1მგ/დმ³-მდე აღწევს. შენახვისას ლუდის კოლოიდური სტაბილურობა განისაზღვრება მარტივი ფლავანოიდების შემცველობით და ჟანგბადის მიწოდებით შენახვის დროს, რადგან ორ და სამმაგი ფლავანოლები ადვილად იჟანგებიან.

ლუდის დაძველების დროს სიმღვრივეში იზრდება ყველა მონომერული ფენოლის შემადგენლობა. სიმღვრივის ლექში აღმოჩენილია შემდეგი მჟავები: გალის, პროტოკატეხის, ნ-ოქსიბენზოის, ვანილინის, ქლოროგენის, კოფეინის, ნ-კუმარინის მჟავა, კვერცეტინი და კემპფეროლი.

მზა ლუდში ცილებისა და პოლიფენოლების წონასწორობაზე დადებითად მოქმედებს: ბადაგის სვიასთან ხარშვისას ცილების დიდი რაოდენობით გამოყოფა, ინტენსიური მომწიფება, დაბალ ტემპერატურაზე ხანგრძლივი გამძლეობა, ლუდის ფილტრაციის დროს ჟანგბადის მოხვედრის თავიდან აცილება და ლუდში არსებული რედუცირებული ნივთიერებების არსებობა.

პოლიფენოლების მონომერები (კატეხინისა და ლეიკოანტოციანის) არ იძლევიან ცილებთან მყარ შენაერთებს, რადგან მათ შორის არსებული წყალბადური კავშირი არამყარია, ხოლო დაჟანგული ფორმები (პოლიმერიზებული) წარმოიქმნება დონორ-აქცეპტორული კავშირის შედეგად, რომელიც დამყარებულია ქინონების კარბონილებსა და ცილების თავისუფალ ამინოჯგუფებს შორის კავშირის წარმოქმნით.

კატეხინები არსებობენ დამჟანგავების, კონდენსირებული კომპლექსების სახით. მათი კონდენსაციის გავლენით იზრდება მათი უნარი ცილებთან რეაქციაში შესვლისა, კერძოდ წყალბადური კავშირების წარმოქმნისას (მოლეკულათშორისი და შიდამოლეკულური). ისინი ასევე ურთიერთქმედებენ მძიმე ლითონების იონებთან.

2.3. პოლიფენოლის მნიშვნელობა ლუდში

პოლიფენოლი ეს არის ფერმენტი რომელიც შედის ყველა ცოცხალ ორგანიზმში პოლიფენოლებს აქვთ რთული პოლიმერული შემადგენლობა. მის შემადგენლობაში შედის ტანინი, ფლავონოლი, კატეხინი და ანტიციანოგენი.

პოლიფენოლები ეს არის ნატურალური ანტიოქსიდანტები, რომლებიც საშუალებას აძლევს ლუდს დიდხანს შეინარჩუნოს ჯანსაღი თვისებები.

პოლიფენოლების არსებობა ლუდის ხარშვის პროცესში ძალიან მნიშვნელოვანია, რადგან იგი ასრულებს შემდეგ მნიშვნელოვან პროცესებს როგორიცაა:

- დალექოს ცილების კომპლექსური ნივთიერებები.

- დაამყარებს ქიმიურ ბმა რკინის მარილებთან.

პოლიფენოლები გავლენას ახდენენ ლუდის სიმღვრივეზე, გემოზე, ფერზე.

ლუდის შემადგენლობაში შემავალი სვიის პოლიფენოლების შემცველობა არის 2%-5%-მდე.

პოლიფენოლების შემადგენლობაში რაოდენობრივად და ყველაზე მნიშვნელოვნად გვევლინება ანტიციანოგენი. რომელიც დაახლოებით შეადგენს 80% სვიის პოლიფენოლში.

ალაოს ანტიციანოგენებს აქვს იგივე სტრუქტურა რაც სვიის ანტიციანოგენებს.

ბადაგის შემადგენლობაში ალაოს ანტიციანოგენი 80% ხვდება, ხოლო სვიიდან 20%.

სვიის პოლიფენოლები განსხვავდება ალაოს პოლიფენოლებისაგან. ალაოს პოლიფენოლებისათვის დამახასიათებელია უფრო მეტი ქიმიური აქტიურობა.

პოლიფენოლებს ახასიათებთ ანტადამჟანგველი მოქმედება და სწორად ეს ახდენს დადებით გავლენას გემოს ხარისხზე.

სვიის პოლიფენოლებთან კავშირშია ასევე კსანტოგუმელი და იზოკსანტოგუმელი. ამ ნაერთებს მიეწერებათ როგორც დაჟანგვის საწინაგმდეგო თვისებები ასევე ანტიკანცეროგენური მოქმედება.

კლასიკური არომატული ალაო როგორც წესი შეიცავს ნაკლებ პოლიფენოლებს ვიდრე სვია. რაოდენობრივად პოლიფენოლების შემცველობა დამოკიდებულია ალაოს ხარისხზე, მოსავლის მოყვანის პერიოდზე (კლიმატურ პირობებზე).

2.4.ლუდში პოლიფენოლის განსაზღვრის მეთოდი

პოლიფენოლების განსაზღვრისათვის გამოიყენება ფოტომეტრული მეთოდი, რომელიც დაფუძნებულია შეფერილი რეაგენტის ურთერთქმედებაზე პოლიფენოლების ნივთიერებებთან.

ხსნარები და რეაგენტები:

CMC/EDTA-N₂ (კარბოქსილმეთილცელულოზა)

10გ დაბალი სიბლანტის მქონე კარბოქსილმეთილცელულოზა და 2გ. EDTA-N₂ ხსნიან 900მლ გამოხდილ წყალში და ურევენ. გადააქვთ 1ლ-იან კოლბაში და ავსებენ ჭდემდე საჭიროების შემთხვევაში ხსნარს აცენტრიფუგირებენ.

ამონიუმი Fe (III) –ის ციტრატი 3.5%:

3.5გრ ამონიუმი Fe (III) –ის ციტრატს ხსნიან 100მლ გამოხდილ წყალში. ხსნარი უნდა იყოს სუფთა , გამჭირვალე და არ უნდა ჰქონდეს ნალექი. (ხსნარის გამოყენება შესაძლებელია 1 კვირის გან-ში).

კონცენტრირებული NH₃ 25% და წყალი 1:2 თანაფარდობით (5მლ NH₃:10მლ გამოხდილი წყალი) .

ანალიზის მსვლელობა:

აცხელებენ ხსნარს 20°C, ამორებენ CO₂ ნჯღრევით. გაუფილტრავ ან მღვრიე ლუდს აცენტრიფუგირებენ 10 წუთის გან-ში, 3000ბრ/წთ. არ იფილტრება. ათავსებენ 2მზომ კოლბაში (პირითადი და საკონტროლო ნიმუში) 10მლ ლუდის ნიმუშს ამატებენ 8მლ CMC/EDTA ურევენ და აფარებენ თავსახურს. ამატებენ საკონტროლო ნიმუშს 0.5მლ ამონიუმი Fe (III) –ის ციტრატის ხსნარს. თითოეულ ნიმუშს უმატებენ 0.5 მლ NH₃-ის ხსნარს და კარგად ურევენ . ავსებენ ჭდემდე (25მლ) გამოხდილი წყლით და ურევენ. 10 წთ-ის შემდეგ ზომავენ საკონტროლო ნიმუშის შთანთქმას, თავისუფალ ხსნართან მიმართებაში (სპეციალური პროგრამით).

3. მიღებული სამეცნიერო შედეგები

3.1. სიმღვრივის წარმოქმნის მექანიზმები

მზა ლუდის კოლოიდური სიმღვრივის შემადგენლობისათვის დამახასიათებელია არა ცალკეული ნივთიერებების, არამედ მათი კომპლექსების არსებობა. ეს კომპლექსები სიმღვრივეში წარმოიქმნება ორი გზით:

1. ურთიერთსაწინააღმდეგოდ დამუხტული ნაწილაკების (პოლიფენოლები, ცილები, პოლისაქარიდები, ლითონის იონები) ელექტროსტატიკური ურთიერთქმედების შედეგად;

2. ლუდში შემავალი ამინების, კარბოქსილური, კარბონილური და სხვა ნივთიერებათა ჯგუფების წყალბადური კავშირების საშუალებით.

სიმღვრივის წარმოქმნას ხელს უწყობს მუხტის არსებობა და ლუდში არსებული ცილების, პოლიფენოლების, პოლისაქარიდების მაღალი მოლეკულური მასა. განსაკუთრებით მაღალმოლეკულური კონდენსირებული ფენოლური შენაერთები ადვილად ურთიერთქმედებენ ცილებთან და წარმოქმნიან ძნელად ხსნად შენაერთებს, რომლებიც შემდეგ ნალექში ხვდებიან.

ლუდში კოლოიდების მდგრადობას უპირველესად განსაზღვრავს პოლიფენოლებისა და ცილების მოლეკულათა მუხტის სიდიდე, ასევე ლუდისა და ტკბილის pH. pH-ის დაბალი მაჩვენებლის დროს პოლიფენოლების მუხტი მცირდება, რაც მკვეთრად ამცირებს რეაქციის უნარიანობას. პოლიფენოლების დისოციაციის დროს წარმოქმნილ ფენოლათიონს აქვს უარყოფითი მუხტი, ხოლო ცილების უმრავლესობა დადებით მუხტს ატარებს, რაც მათში შემავალ ამინომჟავათა ფუნქციონალური ჯგუფების მიერ არის განპირობებული. ამიტომ ცილებისა და პოლიფენოლების კომპლექსების წარმოქმნა ხორციელდება პირველ რიგში ელექტროსტატიკური ურთიერთქმედების ძალის შედეგად, რომელიც მყარდება ფენოლათიონსა და NH_3 -ს შორის.

ლითონის იონები კოლოიდური სიმღვრივის წარმოქმნას შემდეგნაირად უწყობენ ხელს, ისინი უერთდებიან ცილა-პოლიფენოლურ კომპლექსების პოლიფენოლურ

კომპონენტებს და ამით წარმოქმნიან ძნელად ხსნად ლითონო-პოლიფენოლო-ცილოვან კომპლექსებს. მათი დალექვის შემდეგ ლითონების იონებს შეუძლიათ ნაწილობრივ გამოეყონ ხსნარს და კვლავ შევიდნენ ურთიერთქმედებაში კომპლექსებთან და ა.შ.

წყალბადური კავშირების, როგორც მოლეკულათაშორისი, ასევე შიდამოლეკულური, წარმოქმნის უნარი ლუდის ყველა კოლოიდებს შორის უფრო მეტად ახასიათებს პოლიფენოლურ შენაერთებს. ამ დროს წყალბადური კავშირები, როგორც წესი წარმოიქმნიან ცილებში არსებული პეპტიდური კავშირის მქონე ჟანგბადსა და პოლიფენოლებში არსებული ჰიდროქსილური კავშირის წყალბადს შორის. ამგვარი ურთიერთქმედების შედეგად კოლოიდებს შორისკავშირი მყარდება და გარკვეულ პირობებში ხდება მათი კოაგულაცია. ზოგიერთ შემთხვევაში ლუდის კოლოიდებს შორის შეიძლება დამყარდეს უფრო მყარი კოლოიდური კავშირები, განსაკუთრებით ლუდში ჟანგბადის არსებობის შემთხვევაში.

პოლიფენოლების მონომერებს (კატეხინი და ლეიკოანტოციანი) აქვთ მოლეკულური მასა 500 და არ იძლევიან ცილოვან შენაერთებს, რადგან მონომერული პოლიფენოლების წყალბადური კავშირის ენერგია არაა საკმარისი, რომ შეიკავონ მოლეკულები ცილებთან კომპლექსში. პოლიფენოლების ჟანგვითი კონდენსაციის მიხედვით მონომერები წარმოქმნიან დიმერებს, ოლიგომერებს და პოლიმერებს, პარალელურად ძლიერდება მათი უნარი წარმოქმნან კომპლექსები ცილებთან. პოლიფენოლების შემდგომი პოლიმერიზაცია იწვევს ფლობაფენებისა და მელანინების ძალიან მსხვილი მოლეკულების წარმოქმნას, რომლებიც გახსნილ მდგომარეობაში ხდებიან არამდგრადები და ნალექში ილექებიან. პოლიფენოლების პოლიმერიზაციის პროცესი შეიძლება ასევე წარიმართოს ჰაერის მიწოდების გარეშეც ჟანგბადური კატალიზის მექანიზმით ორ ეტაპად:

1. ჟანგვითი პოლიმერიზაცია (დიკს-ალდერის რეაქცია):

კატეხინი $\longrightarrow$ დეჰიდროკატეხინი;

ლეიკოანტოციანი $\longrightarrow$ დეჰიდროლეიკოანტოციანი;

ლეიკოანტოციანი → ქინონი.

2. თანაპოლიმერიზაცია:

ლეიკოანტოციანი + კატეხინი ~~დამერი ქინონი + დიმერი~~ + ტეტრაფლავინი.
დაჟანგვა

აქედან გამომდინარე, ძირითადი როლი ლუდში ცილოვან-პოლიფენოლური კომპლექსების წარმოქმნაზე ეკუთვნის ლეიკოანტოციანების კონდენსაციის პროდუქტებს. პოლიფენოლების მონომერებისა და ცილების კომპლექსი შექცევადია, რადგან წარმოქმნილია საკმაოდ სუსტი წყალბადური კავშირის მეშვეობით, ხოლო ქინონები აკავშირებენ ცილებს შეუქცევად კომპლექსებში დონორ-ქაცეპტორული კავშირის წყალობით. ამიტომ პოლიფენოლების მონომერები შედიან უპირატესად ცივი სიმღვრივის შემადგენლობაში, ხოლო კონდენსირებული პოლიფენოლები, მუდმივი - შეუქცევადი სიმღვრივის შემადგენლობაში.

ცივ სიმღვრივეში ცილოვანი კომპონენტები უმეტესად შედგებიან დენატურირებული მაღალმოლეკულური პოლიპეპტიდებისა და ცილოვან-პოლიფენოლური კომპლექსებისაგან, რომლებიც წარმოქმნილია წყალბადური კავშირების შეზღუდული რაოდენობით. ამ კავშირების რიცხვის გაზრდით და ასევე კოვალენტური კავშირების წარმოქმნით, რომლებიც დამახასიათებელია პოლიფენოლებთან ურთიერთქმედებისას, სიმღვრივე ხდება შეუქცევადი. ცივ სიმღვრივეში არსებობს პეპტიდები, რომლებიც წარმოქმნილია ძირითადად სპირტხსნადი ცილებისაგან. ამიტომ პირველ შემთხვევაში გაცხელების პროცესი შლის წარმოქმნილ კომპლექსებს და სიმღვრივე ქრება (ცივი სიმღვრივე), ხოლო მეორე შემთხვევაში ეს არ ხდება.

აქედან გამომდინარე, ცივსა და მუდმივ სიმღვრივეს შორის შემადგენლობის მიხედვით არ არის განსხვავება. ცივი სიმღვრივე წარმოადგენს მუდმივი სიმღვრივის სუბსტანციის ნაწილს.

დასკვნა

როგორც განხილული თავებიდან ჩანს ლუდის სიმღვრივე ერთერთ მნიშვნელოვან პრობლემას წარმოადგენს ლუდის წარმოებაში. მისი წარმოქმნა ხდება შემდეგი ფაქტორების გავლენით: მაღალი ტემპერატურა, ლუდის დამჟავება, მძიმე ლითონების იონები, ლუდის შენჯღრევა და სინათლე. ამ ფაქტორების ზეგავლენით ლუდის კოლოიდურ ნივთიერებებს შორის, როგორებიცაა პოლიფენოლები, პოლიპეპტიდები, პოლისაქარიდები და მძიმე ლითონთა იონები მყარდება კავშირები ელექტროსტატიკური ძალის მოქმედების შედეგად, ან წყალბადური და კიდევ უფრო მყარი კოვალენტური კავშირების შედეგად.

პოლიმერიზაციის ხარისხის მიხედვით შეიძლება დავახასიათოთ, ლუდის სიმღვრივისადმი მიდრეკილება. პოლიფენოლების ზღვრული არსებობა გავლენას ახდენს ლუდის სიმღვრივეზე, ფერზე და გემოზე. პოლიფენოლების რაოდენობრივი არსებობა დამოკიდებულია გამოყენებული პროდუქციის ხარისხზე.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. პ. ჩაგელიშვილი – ლუდის და უალკოჰოლო სასმელების ტექნოლოგია. 1974.
2. В. Кунце – Технология солода и пива. 2003.
3. П.И. Мальцев – Технология бродильных производств. 1980.
4. Под руководством А.П. Копакчи и О.Бендовой коллектив авторов: СССР: И.Г.Лернер, Д.Б.Лифшиц, А.И. Жукова, В.С. Исаева, В.М. Абарышев. ЧССР: М. Нентвихова, А. Долежалова, В. Вртелова, М. Калер, Г. Басаржова, М. Ванчура, Я. Воборски, О. Бендова. – Достижения в технологии солода и пива. 1980.

