

ფუნქციური ვაშლის წვენის ფორმულირება პრობიოტიკური ბაქტერიებით წარმოების ტექნოლოგიური რეჟიმის შესაბამისად

ეთერი ტყემელიაძე¹, ნინო გაგელიძე¹, თინათინ სადუნიშვილი¹ ლანა თოლორდავა¹
ხათუნა ვარსიმაშვილი¹ ლელა თინიკაშვილი¹

¹საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტი, სერგი დურმიშიძის ბიოქიმიისა და ბიოტექნოლოგიის ინსტიტუტი

კახა ბენდუქიძის საუნივერსიტეტო კამპუსი, დავით აღმაშენებლის ხეივანი 240, 0159 თბილისი, საქართველო

* e.tkesheliadze@agruni.edu.ge

აბსტრაქტი

მიკროორგანიზმები წარმოადგენენ ჩვენი ცხოვრების განუყოფელ ნაწილს. მცენარეული სუბსტრატებიდან გამოყოფილი პრობიოტიკური მიკროორგანიზმების ბუნებრივი მიკროფლორის განსაზღვრული ოდენობით ხილის წვენებში „დაბრუნება“ მათ ანიჭებს რძის პროდუქტების ალტერნატიულ წყაროდ გამოყენების საშუალებას. ასეთი ფუნქციური სასურსათო პროდუქტების ერთ-ერთ მნიშვნელოვან სამიზნე ჯგუფად ლაქტოზის მოუნელებლობის მქონე ადამიანები გვევლინებიან.

მრავალფეროვანი მიკრობული სამყაროდან არარძის პრობიოტიკური სასმელის შექმნის მიზნით გამოყენებულ იქნა რძემჟავა ბაქტერიები. ექსპერიმენტი ჩატარდა წინასწარ შერჩეული სამი შტამის კონსორციუმის გამოყენებით (*Lactiplantibacillus plantarum* 52, *Lactiplantibacillus plantarum* 74, *Lactiplantibacillus plantarum* 76).

პრობიოტიკური ბაქტერიების ინოკულატი წვენს დაემატა პასტერიზაციის შემდეგ, 55 °C-მდე გაგრილებულ კონდიციაში, სტერილურ ჭურჭელში ჩამოსხმის დროს. აღნიშნული პირობები მიესადაგებოდა ერთ-ერთი ხილის გადამამუშავებელ საწარმოს ტექნოლოგიურ რეჟიმს. ფერმენტაცია მიმდინარეობდა 96 სთ 37 °C-ზე თერმოსტატში. ფერმენტაციის შემდეგ ნიმუშები მოთავსებულ იქნა მაცივარში, 4 °C-ზე შენახვის ვადის

დასადგენად. პრობიოტიკური შტამებით გამდიდრებული წვენი ასევე შეფასდა ფერის, გემოსა და არომატის მიხედვით, რისთვისაც გამოყენებულ იქნება ცხრაბალიანი ჰედონური შკალა.

ტექნოლოგიური რეჟიმის დაცვით ჩატარებულმა ექპერიმენტმა აჩვენა, რომ პრობიოტიკებით გამდიდრებულ ვაშლის წვენში რძემჟავა ბაქტერიების სიცოცხლისუნარიანობა, შედარებით მაღალი ტემპერატურის გავლენით, 9.0 ± 0.1 lg კოლონიის წარმომქმნელი ერთეული მლ-დან (კწე/მლ), შემცირდა 8.2 ± 0.2 lg კწე/მლ-მდე, ხოლო მაცივარში შენახვიდან მე-10 კვირას დაეცა 7.7 ± 0.2 lg კწე/მლ-მდე, რის შემდეგაც ჰქონდა კლებითი ტენდენცია. გამომდინარე იქიდან, რომ გასტროენტეროლოგიის მსოფლიო ორგანიზაციის მიერ განსაზღვრულია ის რაოდენობა (10^7 კწე/მლ), რომელიც უნდა შენარჩუნდეს სურსათში ფერმენტაციისა და სამაცივრე პირობებში შენახვის შემდეგ, საწარმოო პირობებში მიღებული წვენის შენახვის ვადად განისაზღვრა 10 კვირა. მიღებულ სასმელს ჰქონდა ვაშლის წვენისთვის დამახასიათებელი ფერი, ვაშლის ფაფას მსგავსი არომატი, გამოირჩეოდა ოდნავ მომჟავო გემოთი, თუმცა იყო სასიამოვნო დასალევი.

საკვანძო სიტყვები: რძემჟავა ბაქტერია, სიცოცხლისუნარიანობა, ფერმენტაცია, ვაშლის წვენი

შესავალი

დედამიწის მოსახლეობა ამჟამად შეფასებულია 8 მილიარდამდე, მაგრამ ვარაუდობენ, რომ ის გაიზრდება 8,3 მილიარდამდე 2030 წელს და 9,8 მილიარდამდე 2050 წელს (Amer et al., 2024). ხილისა და ბოსტნეულის წვენებმა ხელი შეუწყო მსოფლიო სასმელების ინდუსტრიის ეკონომიკურ ზრდას მათი უნიკალური კვებითი ღირებულების გამო, რამაც შეიძლება შეამციროს გარკვეული ქრონიკული დაავადებების რისკი (Niu et al., 2024). ფერმენტირებულ სურსათს გადამწყვეტი როლი აქვს კაცობრიობის შენარჩუნებაში რთულ პერიოდში, აუცილებელი საკვები ნივთიერებების მიწოდებით და ჯანმრთელობის მხარდაჭერით მისი უნიკალური

კონსერვანტებისა და პრობიოტიკური თვისებებით (Rachwał et al., 2024). ხილის წვენების ფერმენტაცია რძემჟავა ბაქტერიებით (LAB) აღიარებული მეთოდია მათი შენახვის ვადის გასაზრდელად. ასეთი ტიპის სასმელები შეიძლება ჩაითვალოს ჯანსაღ ფუნქციურ სურსათადაც, რადგან, ერთი მხრივ შეიცავენ სუბსტრატებს - პრებიოტიკებს, რომლებიც გამოიყენება პროდუქტის მოსამზადებლად, მეორეს მხრივ, სპეციფიკური კულტურის მქონე ან შტამების ნარევეს, რომლებიც გამოიყენება ფერმენტაციის წარმართვისთვის (Lugo-Zarate et al., 2024; Dahiya et al., 2022).

LAB გადამწყვეტ როლს თამაშობს მდგრადი სურსათის წარმოებაში, რომელიც მოიცავს გარემოსდაცვით, ეკონომიკურ და სოციალურ ასპექტებს. სურსათის ფერმენტაციის გზით, LAB ეფექტურად აძლიერებს ასევე სურსათის უვნებლობას და ზრდის კვებით ღირებულებებს, ამავდროულად აღმოფხვრის ან კონკურენციას უწევს სურსათისმიერ პათოგენებს, რითაც ხელს უშლის სურსათით მოწამვლას (Rachwał et al., 2024). გარდა ამისა, პრობიოტიკური ხილის სასმელები წარმოადგენს ლაქტოზის აუტანლობისა და მკაცრი ვეგეტარიანელებისთვის რძის პროდუქტების ალტერნატიულ გზას (Cosme et al., 2022).

პრობიოტიკური ხილის წვენების შემუშავებაში ძირითადად იყენებენ *Lactobacillus* გვარის შტამებს, რადგან მცენარეული სუბსტრატები მათი გამოყოფის ძირითადი წყაროა (Castillo-Escandón et al., 2019). ამ შტამების დადებითი ეფექტები ვლინდება ნუტრიციოლოგიური მაჩვენებლების, ანტიოქსიდანტური აქტივობის, ფენოლური და ჯამური ანთოციანების შემცველობის გაზრდაში. ისინი ხელს უწყობენ ხილის წვენების შენახვის ვადის გახანგრძლივებას და მათი სენსორული თვისებების გაუმჯობესებას (Plessas et al., 2021).

პრობიოტიკების ინოვულაცია და შემუშავებული ფერმენტაციის პროცესის სტრატეგიები ხელს უწყობს შაქრის დაბალი შემცველობის მქონე სასმელების წარმოებას და მიკრობული შტამების ადაპტაციას ხილის წვენებთან, როგორც სუბსტრატთან, რაც განაპირობებს მათი სიცოცხლისუნარიანობის გაზრდას.

სასურველ ტექნოლოგიურ მახასიათებლებს შორის, მნიშვნელოვანია, რომ რძემჟავა ბაქტერიების სტარტერულმა კულტურებმა განახორციელონ სხვადასხვა ნახშირწყლის დუღილი, დაბალი pH-ის მნიშვნელობისა და სხვადასხვა ტემპერატურის პირობებშიც კი მოახდინოს წვენი შემჟავება (Rodríguez et al., 2021).

პრობიოტიკების „გადარჩენადობაზე“ მსჯელობისას გასათვალისწინებელია ორი ასპექტი. პირველი მათგანი შეეხება შერჩეული შტამების ტოლერანტობას კუჭ-ნაწლავის ტრაქტში არსებული ფაქტორების მიმართ, თუ რამდენად ვლინდება პრობიოტიკური თვისებები მსხვილ ნაწლავში (Mathipa-Mdakane & Thantsha, 2022) და მეორე - ინარჩუნებენ თუ არა ისინი სიცოცხლისუნარიანობას სურსათის წარმოების პროცესში (Palanivelu et al., 2022). აღსანიშნავია, რომ ხილისა და ბოსტნეულის ავტოქტონური ბევრი პრობიოტიკური *Lactobacillus*-ის შტამი უფრო მდგრადია ისეთი ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლის მიმართ, როგორცაა დაბალი pH, რომელიც მიკროორგანიზმის გამრავლების ერთ-ერთ ყველაზე შემზღვეველ ფაქტორად გვევლინება (Castillo-Escandón et al., 2019).

მეთოდები

ვაშლის წვენის მომზადება და ბაქტერიული ინოკულუმის შეტანა

დაბალ ტემპერატურაზე (-80 °C) შენახული ბაქტერიული შტამები გასაცოცხლებლად გადატანილ იქნა MRS ბულიონში 37 °C -ზე თერმოსტატში 48 სთ-ის განმავლობაში. საპილოტე ცდა განხორციელდა ერთ-ერთი კომპანიის მიერ წარმოებულ და ჩამოსხმულ ვაშლის წვენში. ექსპერიმენტი ჩატარდა ჩვენ მიერ შემუშავებული ბაქტერიული კონსორციუმის გამოყენებით, რომელიც შეიცავდა ვაშლის ნიმუშებიდან გამოყოფილ პრობიოტიკური თვისებების მქონე სამ აბორიგენულ შტამს (*Lactiplantibacillus plantarum* 52, *Lactiplantibacillus plantarum* 74, *Lactiplantibacillus plantarum* 76) (Tkesheliadze et al., 2023). შტამების დადასტურება მოხდა გერმანიაში,

მაგდებურგის საუნივერსიტეტო კლინიკაში, MALDI-TOF მასური სპექტრომეტრით და 16S rDNA სექვენირებით.

გადასათესი მასალის მოსამზადებლად კონსორციუმის შემადგენელი თითოეული შტამის გაზრდა მოხდა MRS ბულიონში 24 სთ-ის განმავლობაში. სამივე შტამის თანაბარი რაოდენობა, 5% საბოლოო კონცენტრაციით შეტანილ იქნა 250 მლ ვაშლის წვენიში. საწარმოში წვენის ტექნოლოგიური სქემა, ჩვენს მიერ, მცირედ მოდიფიცირდა. კერძოდ, პასტერიზებული წვენი გაგრილდა 55 °C-მდე, დაემატა პრობიოტიკების ინოკულანტი და საფერმენტაციოდ დაყოვნდა 37 °C 96 სთ თერმოსტატში. წინა ექსპერიმენტზე დაყრდნობით (Tkesheliadze et al., 2023), ფერმენტაციისთვის შეირჩა ხანმოკლე პერიოდი (96 სთ) 37 °C-ზე. ფერმენტაციის შემდეგ ნიმუშები მოთავსებულ იქნა მაცივარში, 4 °C-ზე შენახვის ვადის დასადგენად.

სიცოცხლისუნარიანი უჯრედების რაოდენობის განსაზღვრა

სიცოცხლისუნარიანი უჯრედების განსაზღვრა ხდებოდა ფერმენტაციის სხვადასხვა დროს და სამაცივრე პირობებში შენახვის პერიოდში. ნიმუშის სერიული განზავების მეთოდით (პეპტონიანი წყლის გამოყენებით) მიღებული 10^5 , 10^6 და 10^7 განზავებების 0.1 მლ ალიქვოტები ითესებოდა MRS აგარის სამ პარალელურ ფინჯანზე. 37 °C-ზე 48-72 საათის განმავლობაში ინკუბაციის შემდეგ ხდებოდა კწე/მლ განსაზღვრა (Hashemi et al., 2017, ISO/TS 19036, 2006). შედეგები გამოხატულ იქნა lg კწე/მლ.

ფერმენტირებული ვაშლის წვენის სენსორული ანალიზი

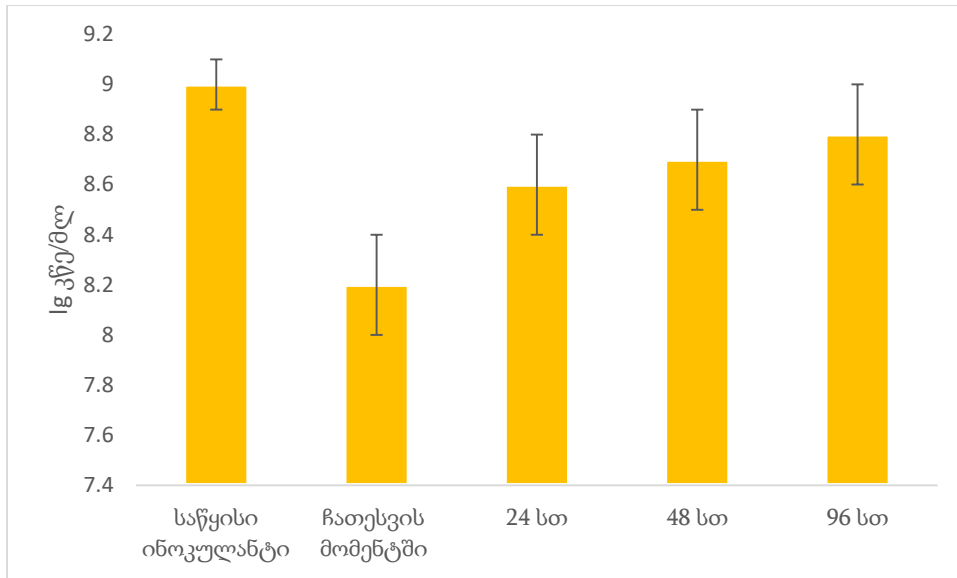
30 მლ ფერმენტირებული წვენი მოთავსებულ იქნა უსუნო, ერთჯერად ჭიქებში ოთახის ტემპერატურაზე. შეფასებაში მონაწილე თითოეულმა პირმა დააკმაყოფილა ყველა საკვალიფიკაციო მოთხოვნა, მათ შორის: არ ჰქონდათ კვებითი ალერგია, სვამდნენ წვენს კვირაში მინიმუმ 2-დან 3-ჯერ და მზად იყვნენ დაეგემოვნებინათ პრობიოტიკური ვაშლის წვენი. მათ შეაფასეს სხვადასხვა შტამით (ცალკეულად და კონსორციუმის სახით) ფერმენტირებული ვაშლის წვენის ნიმუშები ფერის, გემოსა და

არომატის მიხედვით. თითოეული მახასიათებლის მოწონების დონის აღსანიშნად გამოყენებული იყო ცხრაბალიანი ჰედონური შკალა, რომელიც მერყეობდა არ მომწონს უკიდურესად მოწონებამდე (1 - უკიდურესად არ მომწონს, 2 - ძალიან არ მომწონს, 3 - საშუალოდ არ მომწონს, 4 - ოდნავ არ მომწონს, 5 - არც არ მომწონს და არც მომწონს, 6 - ოდნავ მომწონს, 7 - საშუალოდ მომწონს, 8 - ძალიან მომწონს, 9 - უკიდურესად მომწონს) (Anderson et al., 2014).

შედეგები და განსჯა

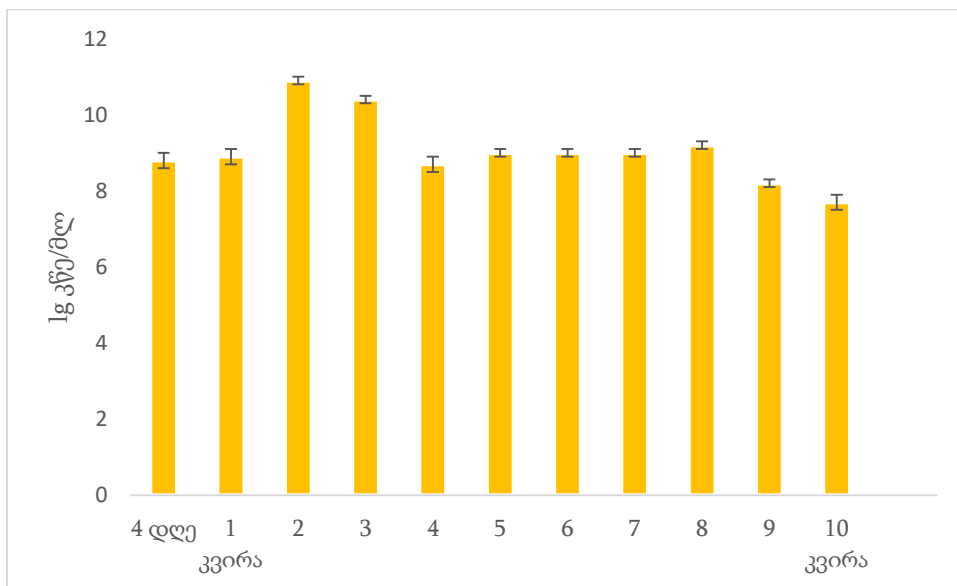
ქართულ ბაზარზე დღეისათვის არ იწარმოება ფერმენტირებული პრობიოტიკური სასმელები. ერთ-ერთი ხილის გადამამუშავებელი საწარმოს დამფუძნებელთან შეთანხმებით, საპილოტე ცდა, ვაშლის წვენი პრობიოტიკებით გამდიდრება, განხორციელდა მის საწარმოში.

კომერციული წარმოების დროს, პრობიოტიკური კულტურა ემატება ხილის წვენებს პასტერიზაციის ან სტერილიზაციის შემდეგ, რადგან მიკროორგანიზმი მგრძობიარეა მაღალი ტემპერატურის მიმართ. Chr. Hansen-ის კომპანიამ 2005 წელს ჩამოაყალიბა მოქნილი ფორმულირების სისტემა, რომლის მიხედვითაც პრობიოტიკები უშუალოდ მზა პროდუქტს ემატება. ტექნოლოგია იყენებს ტეტრა პაკის ასეპტიკური დოზირების აპარატს, რომელიც ბაქტერიების დამატების საშუალებას იძლევა მხოლოდ შეფუთვამდე (Dominique et al., 2005). ჩვენს შემთხვევაშიც, საწარმოში მიმდინარე ტექნოლოგიური პროცესის დროს 55 °C ტემპერატურამდე გაგრილებულ წვენში მოხდა რძემჟავა ბაქტერიების კონსორციუმის ინოკულაცია, ბოთლზე თავსახურის მორგებამდე. ვაშლის წვენში პრობიოტიკების 9.0 ± 0.1 lg კწე/მლ ოდენობით ინოკულირების შემდეგ, ჩათესვის მომენტში კონსორციუმის რაოდენობა შეადგენდა 8.2 ± 0.2 lg კწე/მლ-ს, რაც 96 საათიანი ფერმენტაციის ბოლოს გაიზარდა 8.8 ± 0.2 lg კწე/მლ-მდე (სურათი 1).

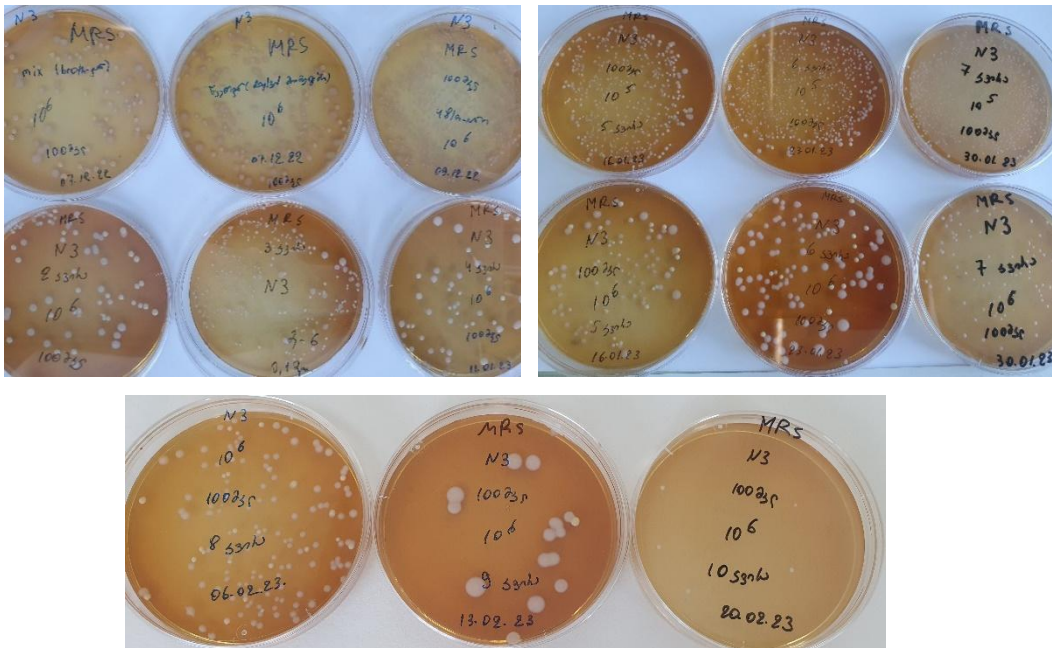


სურ. 1. ბაქტერიული კონსორციუმის ცვლილება ფერმენტაციის პროცესში

თერმოსტატში 37 °C-ზე 96 საათიანი ფერმენტაციის შემდეგ, ვაშლის წვენის ნიმუში მოთავსდა სამაცივრე პირობებში 4 °C-ზე. შედეგები მოცემულია სურათი 2, 3-ზე.



სურ. 2. ბაქტერიული კონსორციუმის რაოდენობრივი ცვლილება დინამიკაში სამაცივრე პირობებში შენახვის დროს



სურ. 3. ბაქტერიული კონსორციუმის ცვლილება ფერმენტაციისას და სამაცივრე პირობებში

გასტროენტეროლოგიის მსოფლიო ორგანიზაციის მიერ განსაზღვრულია ის რაოდენობა (10^7 კწე/მლ), რომელიც უნდა შენარჩუნდეს სურსათში ფერმენტაციისა და სამაცივრე პირობებში შენახვის შემდეგ (World Gastroenterology Organization, 2017). ბაქტერიული კონსორციუმის სიცოცხლისუნარიანი უჯრედების რაოდენობამ 8.8 ± 0.2 lg კწე/მლ-დან სამაცივრე პირობებში, 14 დღიანი შენახვის შემდეგ მიაღწია მაქსიმალურს, 10.9 ± 0.1 lg კწე/მლ-ს, ხოლო მე-10 კვირას - 7.7 ± 0.2 lg კწე/მლ-ს. სხვა მეცნიერების შედეგებს თუ შევადარებთ, 8 °C-ზე შენახულ ტროპიკულ მანგოს წვენში *Lactobacillus plantarum* LP299v და *Lactobacillus rhamnosus* GG 28 დღის განმავლობაში შეინარჩუნა სიცოცხლისუნარიანობა და შეადგენდა 7.74 log კწე/მლ და 7.96 კწე/მლ-ს, ხოლო *Lactobacillus acidophilus* La-5-ის სიცოცხლისუნარიანობის შემცირება დაფიქსირდა შენახვიდან 21 დღის შემდეგ, 3.81 log კწე/მლ-მდე (Furtado et al., 2019). Concepcion et al. (2024)-ის კვლევამ კი აჩვენა, რომ წვენში *Lactobacillus acidophilus* -მა შეინარჩუნა სიცოცხლისუნარიანი უჯრედების რაოდენობა - 10^6 კწე/მლ-მდე დუღილიდან 24 საათის და მაცივარში შენახვიდან 21 დღის განმავლობაში. მაშინ როცა ფორთოხლის წვენში *Pediococcus acidilactici*-ის ოდენობა გაიზარდა 7.2-დან 8.5 log კწე/მლ-მდე შენახვიდან 35 დღის შემდეგ (Vieira et al., 2020). Modi et al. (2024) -ის

შედეგებმა აჩვენა, რომ დუღილის ბოლოს სიცოცხლისუნარიანი უჯრედების რაოდენობა 9.38 lg კწე/მლ-ზე მეტს, ხოლო 4 °C-ზე 90 დღის განმავლობაში შენახვის შემდეგ 7.43 lg კწე/მლ-ს შეადგენდა.

ჩვენი შედეგების მსგავსად, Lugo-Zarate et al., (2024)-ის მიერ ფერმენტაციისთვის გამოიყენა კონსორციუმი, ორ ვარიანტად: BJWH/C1, რომელიც მოიცავდა *Levilactobacillus brevis*, *Lactiplantibacillus plantarum* და *Pediococcus acidilactici* და კონსორციუმი 2: BJWH/C2 შემადგენლობით *Lacticaseibacillus casei* და *Lacticaseibacillus rhamnosus*. ფერმენტირებული ნიმუშების 4 °C-ზე შენახვისას, რძემჟავა ბაქტერიების რაოდენობები იცვლებოდა, მიუხედავად ამისა BJWH/C1 მუდმივად აჩვენებდა უფრო მაღალ LAB რაოდენობას, საშუალოდ 11.29 lg კწე/მლ 3, 7, 14 და 28 დღეებში. აღსანიშნავია, რომ BJWH/C2 აჩვენებდა LAB რაოდენობის ზრდას მე-14 დღეს, რასაც მოჰყვა მნიშვნელოვანი შემცირება 28-ე დღისთვის (Lugo-Zarate et al., 2024).

წინამდებარე კვლევამ კი აჩვენა, რომ შესაძლებელია სიცოცხლისუნარიანობის შენარჩუნება 7.7±0.2 lg კწე/მლ ოდენობით 10 კვირის განმავლობაში (70 დღე), რაც ვაშლის წვენებს აქცევს პრობიოტიკების კარგ მატრიცად. ბაქტერიული კონსორციუმის მაღალი გადარჩენადობა შეიძლება განპირობებული იყოს იმ ფაქტით, რომ ავტოქტონური შტამები ვაშლის წვენში არსებულ გარემოსთან ადაპტირებულნი არიან.

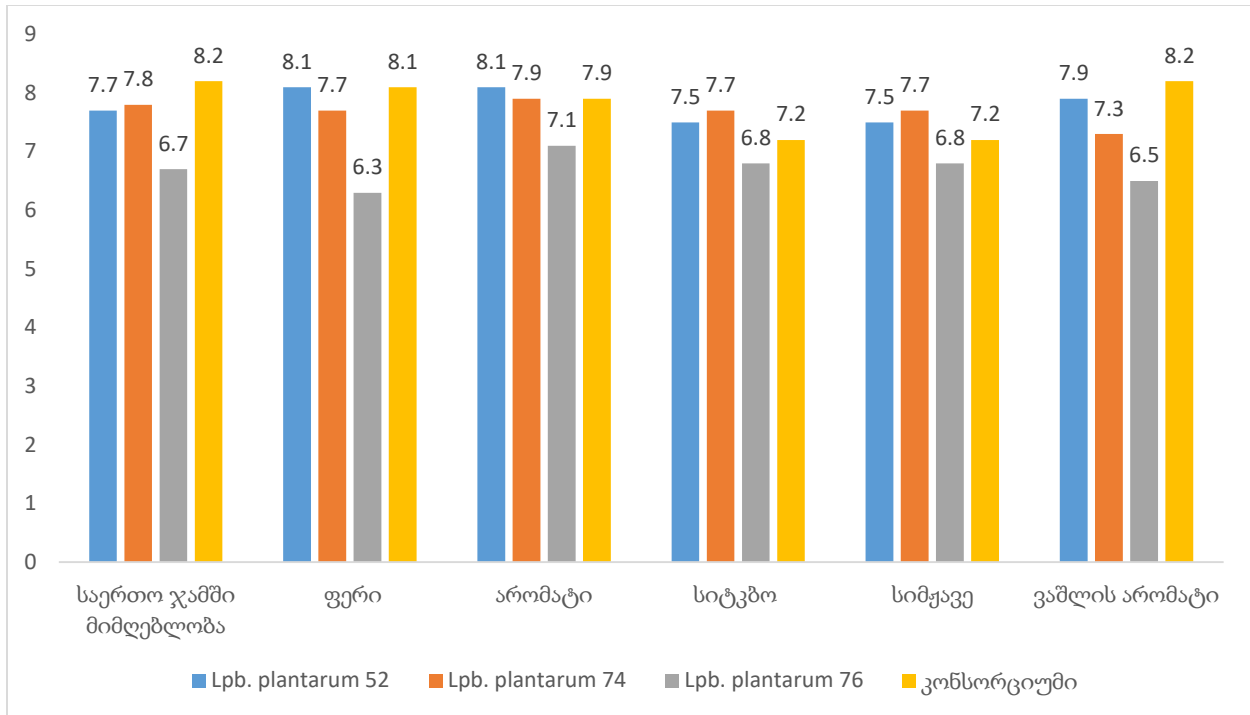
ხილის წვენების შესწავლისას მნიშვნელოვანია საგემოვნო თვისებების გათვალისწინება. პრობიოტიკების ჩართვამ ხილის წვენის წარმოების პროცესში, შეიძლება გამოიწვიოს პროდუქტის გემოს, არომატის, ფერისა და ტექსტურის ცვლილება დუღილისა და შენახვის დროს და, შესაბამისად, შეცვალოს პროდუქტის მიმღებლობა (Min et al., 2019). მაგალითად, ცნობილია, რომ ხილის წვენებში პრობიოტიკების დამატებამ შეიძლება გამოიწვიოს გაუფერულება, დალექვა, უსიამოვნო სუნი (განსაკუთრებით კეტონის ან ძმრის), ასევე ნეგატიური გემური თვისებები, როგორებიცაა მჟავე, მარილიანი, მწარე, რძის მსგავსი გემო და სიტკბოს არარსებობა. ეს სენსორული ცვლილებები დამოკიდებულია ხილის ტიპზე,

პრობიოტიკურ შტამზე, წვენის დამუშავების მეთოდზე, შენახვის ტემპერატურაზე და პრებიოტიკების გამოყენებაზე (Pinto et al., 2022).

მიმდინარე კვლევაში, სენსორული ანალიზი ჩატარდა როგორც ცალკეული შტამებით, ისე კონსორციუმით ფერმენტირებულ წვენებს. ფერმენტირებული წვენის ნიმუშები შეფასებულ იქნა ლაბორატორიის თანამშრომლების მიერ მოწონების მიხედვით (ფერი, გემო, არომატი). მოწონების დონის აღსანიშნავად გამოყენებული იყო ცხრაბალიანი ჰედონური შკალა, რომელიც მერყეობდა არ მომწონს უკიდურესად მოწონებამდე.

Lpb. plantarum 52-ით ფერმენტირებულ წვენს ჰქონდა ვაშლის წვენისთვის დამახასიათებელი ფერი, ვაშლის ფაფას მსგავსი არომატი, ოდნავ მოტკბო გემო. *Lpb. plantarum* 74-ით დამზადებული წვენი იყო ოდნავ მღვრიე, სასიამოვნო სუნით, კომშის არომატის კვალით, იყო სასიამოვნო დასალევი. ხოლო *Lpb. plantarum* 76-ის ფერმენტირებული წვენი იყო შედარებით მღვრიე, ლიმონისფერი, მრავალფეროვანი გემოებით არ ხასიათდებოდა, ჰქონდა ოდნავ მომყავო გემო, თუმცა ესეც სასიამოვნო იყო დასალევად. თერმულად დამუშავებული (55 °C), თერმოსტატში 4 დღის განმავლობაში ფერმენტირებული და 10 კვირით მაცივარში შენახული ვაშლის წვენი ხასიათდებოდა სასიამოვნო გემოთი. სუნი მნიშვნელოვნად არ შეცვლილა ფერმენტაციის დროს, ვაშლის წვენის ფერი ოდნავ მუქი იყო, მაგრამ მაინც მიმზიდველი თვალისთვის.

თითოეული შეფასებული კატეგორიის მოწონების საშუალო ქულები მოცემულია სურათი 4. როგორც ცხრილიდან ჩანს, შემფასებლების მიერ, შედარებით დაბალი ქულა აქვს მინიჭებული *Lpb. plantarum* 76-ით ფერმენტირებულ ვაშლის წვენს.



სურ. 4. მომხარებელთა მიერ ფერმენტირებული ვაშლის წვენის მოწონების მაჩვენებლების საშუალო მონაცემები. შეფასება 9-ბალიანი ჰედონური შკალით, 1-ძალიან არ მომწონს - 9-ძალიან მომწონს

შეფასებისას, როგორც ინდივიდუალური შტამებით, ისე კონსორციუმით ფერმენტირებულ ვაშლის წვენს ჰქონდა სასიამოვნო არომატი და სიმჟავე. საერთო ჯამში უპირატესობა მიენიჭა კონსორციუმით დამზადებულ წვენს.

დასკვნა

წარმოების ტექნოლოგიური პირობების შეცვლის შედეგად, ბაქტერიული კონსორციუმის სიცოცხლისუნარიანი უჯრედების რაოდენობამ 8.8 ± 0.2 lg კწე/მლ-დან სამაცივრე პირობებში 2 კვირიანი შენახვის შემდეგ მიაღწია მაქსიმალურს, 10.9 ± 0.1 lg კწე/მლ-ს, ხოლო მე-10 კვირას - 7.7 ± 0.2 lg კწე/მლ-ს, რაც შეესაბამება გასტროენტეროლოგიის მსოფლიო ორგანიზაციის მოთხოვნებს. პრობიოტიკური მიკროორგანიზმების კონსორციუმით ფერმენტირებული ვაშლის წვენის შენახვის ვადად დადგინდა 10 კვირა.

წვენი ხასიათდებოდა სასიამოვნო არომატით და გემოთი, რის გამოც ლაქტოზის მოუნელებლობის მქონე ადამიანებისთვის, ასევე ნებისმიერი მომხმარებლებისთვის, შეიძლება ჩაითვალოს მისაღებ ფუნქციურ სასურსათო პროდუქტად.

Formulation of functional apple juice with probiotic bacteria in accordance to the technological regimen of production

Eteri Tkesheliadze*¹, Nino Gagelidze¹, Tinatin Sadunishvili¹ Lana Tolordava¹, Khatuna Varsimashvili¹, Lela Tinikashvili¹

¹Agricultural University of Georgia, Sergi Durmishidze Institute of Biochemistry and Biotechnology; Kakha Bendukidze University Campus, David Aghmashenebeli Alley 240, 0159 Tbilisi, Georgia

*Corresponding author: e.tkesheliadze@agruni.edu.ge

Microorganisms are an integral part of our life. "Returning" a certain amount of natural microflora of probiotic microorganisms isolated from plant substrates into fruit juices allows them to be used as an alternative source of dairy products. People with lactose intolerance appear to be one of the important target groups of such functional food products.

Lactic acid bacteria were used to create a non-dairy probiotic drink from a diverse microbial world. The experiment was carried out using a bacterial consortium developed by us, which contained three strains with probiotic properties isolated from apple samples (*Lactiplantibacillus plantarum* 52, *Lactiplantibacillus plantarum* 74, *Lactiplantibacillus plantarum* 76).

Probiotic bacteria inoculum was added to the juice after pasteurization, cooled to 55 °C, during bottling in sterile containers. The mentioned conditions applied to the technological regime of one of the fruit processing enterprises. Fermentation was carried out for 96 h at 37 °C in the

incubator. After fermentation, the samples were placed in a refrigerator at 4 °C to determine the shelf life. The number of viable cells was determined both during the fermentation period and during storage under refrigeration conditions. Results were expressed as lg cfu/ml. The juice enriched with probiotic strains was also evaluated according to color, taste and aroma, for which a nine-point hedonic scale was used.

The experiment conducted following the technological approach showed that the viability of lactic acid bacteria in apple juice enriched with probiotics decreased from 9.0 ± 0.1 lg colony-forming units ml (lg CFU/ml) to 8.2 ± 0.2 lg CFU/ml under the influence of relatively high temperature, while in the refrigerator It fell to 7.7 ± 0.2 lg CFU/ml in the 10th week after storage, after which it had a decreasing trend. Due to the fact that the amount (10^7 CFU/ml) that should be preserved in food after fermentation and storage in refrigerator conditions is determined by the World Organization of Gastroenterology, the shelf life of the juice obtained under production conditions was determined to be 10 weeks. The resulting drink had a color characteristic of apple juice, an apple pulp-like aroma, and a slightly sour taste, although it was pleasant to drink.

Key words: lactic acid bacteria, viability, fermentation, apple juice

გამოყენებული ლიტერატურა

- Amer, M. N., Elmaghraby, M. M., Abdellatif, A. A., & Elmaghraby, I. M. (2024) Lactic acid bacteria for safe and sustainable agriculture. *Metabolomics, Proteomics and Gene Editing Approaches in Biofertilizer Industry: Volume II*, 283-297.
- Anderson E, Koppel K, & Chambers IV E (2014) Consumer evaluation of processing variants of pomegranate juice, *Beverages*, 1(1), 3-16.
- Castillo-Escandón VS, Fernández-Michel M, Cueto-Wong, and G. Ramos-Clamont (2019) Criterios y estrategias tecnológicas para la incorporación y supervivencia de probióticos en frutas, cereales y sus derivados. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 22 (0):1–17. doi: 10.22201/fesz.23958723e.2019.0.173.
- Concepcion, R., Barcelon, E. G., Braga, J. D., & Mojica, A. A. (2024) Viability of Lactic Acid Bacteria (*L. Acidophilus*) in Probiotic Ready to Drink Juices. *ScienceOpen Preprints*.
- Cosme F, Inês A, Vilela A (2022) Consumer's acceptability and health consciousness of probiotic and prebiotic of non-dairy products. *Int. Food Res. J.* 151, 110842.
- Dahiya D, & Nigam PS (2022) Nutrition and Health through the Use of Probiotic Strains in Fermentation to Produce Non-Dairy Functional Beverage Products Supporting Gut Microbiota. *Foods*, 11(18), 2760.
- Dominique P., Chr. Hansen, Tetra Pak project removes obstacles to probiotic beverages. (2005) <https://www.bakeryandsnacks.com/Article/2005/09/15/Chr-Hansen-Tetra-Pak-project-removes-obstacles-to-probiotic-beverages> (Last updated on 1 March, 2017)
- Furtado, L. L., Martins, M. L., Ramos, A. M., da Silva, R. R., Junior, B. R. D. C. L., & Martins, E. M. F. (2019) Viability of probiotic bacteria in tropical mango juice and the resistance of the strains to gastrointestinal conditions simulated in vitro. *Semina: Ciências Agrárias*, 40(1), 149-162.
- Hashemi SMB, Mousavi KA, Barba FJ, Nemati Z, Sohrabi SS, Alizadeh F (2017) Fermented sweet lemon juice (*Citrus limetta*) using *Lactobacillus plantarum* LS5: Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities, *Journal of Functional Foods*. 38, pp. 409–414, DOI: 10.1016/j.jff.2017.09.040.
- Lugo-Zarate, L., Delgado-Olivares, L., Cruz-Cansino, N. D. S., González-Olivares, L. G., Castrejón-Jiménez, N. S., Estrada-Luna, D., & Jiménez-Osorio, A. S. (2024) Blackberry Juice Fermented with Two Consortia of Lactic Acid Bacteria and Isolated Whey: Physicochemical and Antioxidant Properties during Storage. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(16), 8882.
- Mathipa-Mdakane MG, & Thantsha MS (2022) *Lactocaseibacillus rhamnosus*: A Suitable Candidate for the Construction of Novel Bioengineered Probiotic Strains for Targeted Pathogen Control. *Foods*, 11(6), 785.
- Min M, Bunt C, Mason S, and Hussain M (2019) Non-dairy probiotic food products: An emerging group of functional foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 59 (16):2626–41. doi: 10.1080/10408398.2018.1462760.
- Modi, R., Sahota, P., & Pandove, G. (2024) Lactic acid fermentation of Amla-Indian gooseberry blend: enhancing antioxidants and developing a novel bio-intervention. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 18(1), 137-149.
- Niu, H., Zhang, M., Yu, Q., & Liu, Y. (2024) Status and trends of artificial intelligence in the R & D of future fruit & vegetable juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 103796.
- Palanivelu J, Thanigaivel S, Vickram S, Dey N, Mihaylova D, & Desseva I (2022) Probiotics in Functional Foods: Survival Assessment and Approaches for Improved Viability. *Applied Sciences*, 12(1), 455.
- Pinto T, Vilela A, & Cosme F (2022) Chemical and Sensory Characteristics of Fruit Juice and Fruit Fermented Beverages and Their Consumer Acceptance. *Beverages*, 8(2), 33.
- Plessas S (2021) Advancements in the Use of Fermented Fruit Juices by Lactic Acid Bacteria as Functional Foods: Prospects and Challenges of *Lactiplantibacillus (Lpb.) plantarum subsp. plantarum* Application. *Fermentation*, 8(1), 6.
- Rachwał, K., & Gustaw, K. (2024) Lactic Acid Bacteria in Sustainable Food Production. *Sustainability*, 16(8), 3362.
- Rodríguez LGR, Gasga VMZ, Pescuma M, Van Nieuwenhove C, Mozzi F, & Burgos JAS (2021) Fruits and fruit by-products as sources of bioactive compounds. Benefits and trends of lactic acid fermentation in the development of novel fruit-based functional beverages. *Food Research International*. 140, 109854.
- Tkesheliadze, E., Gagelidze, N., Sadunishvili, T., & Herzig, C. (2023) LACTOBACILLUS STRAINS FROM APPLE AND FERMENTED MILK AND THEIR PROBIOTIC PROPERTIES. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, e5776. <https://doi.org/10.55251/jmbfs.5776>

Tkesheliadze E., Gagelidze N., Sadunishvili T. Oral Presentation: APPLE JUICE FERMENTED BY A CONSORTIUM OF LACTIC ACID BACTERIA. 6-TH INTERNATIONAL CONFERENCE OF YOUNG SCIENTISTS. June 18-21, 2023, Tbilisi, Georgia.

Vieira de O., K. C., Ferreira, C. D. S., Bueno, E. B. T., De Moraes, Y. A., Toledo, A. C. C. G., Nakagaki, W. R., ... & Winkelstroter, L. K. (2020) Development and viability of probiotic orange juice supplemented by *Pediococcus acidilactici* CE51. *Lwt*, 130, 109637.

World Gastroenterology Organization (2017) Global Guidelines Probiotics and Prebiotics.