



საქართველოს ტექნიკური
უნივერსიტეტი
1922 წლიდან

გიორგი ანდრიაძე

ახალი მოდელური აპარატურის საფუძველზე ბიოლოგიურად
სრულფასოვანი ტომატ-პასტის მიღების ინოვაციური
პროცესის შემუშავება

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

სადოქტორო პროგრამა „ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერია“

შიფრი 0711

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი თბილისი, 0160, საქართველო

2024წ

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ქიმიური ტექნოლოგიის და მეტალურგიის ფაკულტეტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით გიორგი ანდრიაძის მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: “ახალი მოდელოური აპარატურის საფუძველზე ბიოლოგიურად სრულფასოვანი ტომატ-პასტის მიღების ინოვაციური პროცესის შემუშავება” და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის საინჟინრო, ტექნოლოგიური და საბუნებისმეტყველო საუნივერსიტეტო სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

-----, ----- 2024 წელი

ხელმძღვანელი: პროფესორი გიორგი დანელია

რეცენზენტი: _____

რეცენზენტი: _____

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2024წ

ავტორი: გიორგი ანდრიაძე

სადისერტაციო ნაშრომის დასახელება: „ახალი მოდელური აპარატურის საფუძველზე ბიოლოგიურად სრულფასოვანი ტომატ-პასტის მიღების ინოვაციური პროცესის შემუშავება“

სადოქტორო პროგრამა: „ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერია“

მისანიჭებელი კვალიფიკაცია: ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერიის დოქტორი

ინდივიდუალური პიროვნებების ან ინსტიტუტების მიერ ზემომოყვანილი დასახელების დისერტაციის გაცნობის მიზნით მოთხოვნის შემთხვევაში მისი არაკომერციული მიზნებით კოპირებისა და გავრცელების უფლება მინიჭებული აქვს საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს.

ავტორის ხელისმოწერა _____

ავტორი ინარჩუნებს დანარჩენ საგამომცემლო უფლებებს. მთლიანი ნაშრომის და მისი ცალკეული კომპონენტების გადაბეჭდვა ან სხვა რაიმე მეთოდით რეპროდუქცია დაუშვებელია ავტორის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

ავტორი ირწმუნება, რომ ნაშრომში გამოყენებული საავტორო უფლებებით დაცულ მასალებზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა (გარდა იმ მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც მოითხოვენ მხოლოდ სპეციფიურ მიმართებას ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას) და ყველა მათგანზე იღებს პასუხისმგებლობას.

რეზიუმე

დღეისათვის ჯანმრთელი, ვიტამინებით მდიდარი, ნიტრატებისგან, მძიმე ლითონებისგან სხვა ტოქსიკური ნაერთებისგან თავისუფალი ბოსტნეულის და მისგან დამზადებული პროდუქციის წარმოება დიდ გამოწვევად რჩება. დედამიწის მოსახლეობის ზრდისა და კლიმატური ცვლილებების პარალელურად აღნიშნული გამოწვევა მომავალში კიდევ უფრო დიდ მნიშვნელობას შეიძენს.

აგრარული მეურნეობის პროდუქტების მოყვანის მიზნით ნიადაგებში ხელოვნურად შეტანილი მინერალური სასუქების ქიმიური შემადგენლობა, მათი დოზები და შეტანის მეთოდები პირდაპირ მოქმედებს ბოსტნეულის ნაყოფის ხარისხზე - მათში შემავალი ნიტრატების, მძიმე მეტალების თუ სხვა ნივთიერებების შემცველობის თვალსაზრისით და აისახება გადამუშავებულ პროდუქციაზე.

მწარმოებლები ცდილობენ ბოსტნეულის გადამუშავებისას მინიმალური დანახარჯებით მიიღონ ხანგრძლივად შენახვის უნარის მქონე პროდუქცია. ამისთვის ხდება მათში სხვადასხვა ქიმიური დანამატების შერევა, რაც ხშირ შემთხვევაში და განსაკუთრებით დიდი დოზებით უარყოფითად მოქმედებს ადამიანის ჯანმრთელობაზე.

როგორც მცენარის განვითარებაზე, ისე მისი ნაყოფის ხარისხზე მოქმედებს სხვადასხვა აბიოტური და ბიოტური ფაქტორები, რომელთა მოქმედება განსხვავებულია ღია გრუნტზე და სასათბურე პირობებში მოყვანილი მცენარეების მიმართ. კვლევის მთავარი ამოცანა, რომელიც მოიცავდა ტომატ-პასტის მიღებას მასში C ვიტამინის დანაკარგის, ემულგატორების, საღებავების, ადამიანის ჯანმრთელობისთვის მავნე კონსერვანტების დამატების, აგრეთვე მეზოფილურ აერობული და ფაკულტატურ ანაერობული მიკროორგანიზმების და სპორების გარეშე - საჭიროებდა პროდუქციის დამზადების ინოვაციური გზების ძიებას. გარდა ამისა, აუცილებელი იყო საწყისი პამიდვრის ნედლეულის და მისი მოყვანის ადგილას გავრცელებული ნიადაგების გამოკვლევა, ვინაიდან მათ ხარისხზე დამოკიდებულია მიღებული პროდუქტის - ტომატ-პასტის ხარისხი.

პამიდვრის ნედლეულის მოყვანის ადგილები იყო გორის რაიონის სოფელი სვენეთი, ხიდის თავი და ატენის რაიონი, ასევე მარნეულის ჩრდილოეთ მხარე. საკვლევ ნიმუშებს წარმოადგენდა საქართველოში გავრცელებული პამიდვრის სხვადასხვა ქვესახეობები: ჭოპორტულა, სამეფო და საგვიანო.

პამიდვრის მოყვანის ლოკალიზაციის ადგილებში აღებულ იქნა როგორც ყამირი, ისე განოციერებული ნიადაგების ნიმუშები სხვადასხვა სიღრმიდან. აღნიშნულ ნიადაგებზე სასუქის შეტანა განხორციელდა გადამწვარი ფრეზირებული საქონლის ნაკელის და 60% ამონიუმის გვარჯილის ნარევის სახით, რომელიც აზოტის წყაროს წარმოადგენდა. აღნიშნული სასუქის შეტანა მოხდა პამიდვრის ჩითილების დარგამდე 30ტ/ჰა ფართობზე შემდეგ მასიური ყვავილობის დროს დაემატა 40% აზოტიანი სასუქი გამოკვების მიზნით. აღნიშნულ ნიადაგები გამოირჩევა ქიმიზაციის დაბალი დონით. ზემოთ ჩამოთვლილი სხვადასხვა რაიონებში აღებული ნიადაგის ნიმუშები გამოირჩევა ნეიტრალური, არით გადახრილი ტუტისკენ, pH 7.0-8.1 ზღვრებშია. მარნეულის ნიადაგებში კარბონატობა გორის რაიონებთან შედარებით დაბალია. ჰიდროლიზური აზოტი კი შედარებით მაღალია და მარნეულის ნიმუშებში 7.2 მგ%-მდე აღწევს, ხოლო გორის

ნიმუშებში 5.6 მგ%. მოძრავი ფოსფორი ნიადაგის ზედა ფენიდან 0-20 სმ ნიმუშებში როგორც გორის ისე მარნეულის ნიადაგებში შედარებით დაბალი იყო, ხოლო 20-40 სმ ფენებში უფრო მაღალი. განოციერებულ ნიადაგებში მოძრავი ფოსფორი უფრო მაღალი იყო, ვიდრე ყამირ ნიადაგებში. გორის რაიონების განოციერებულ ნიადაგებში 20-40 სმ სიღრმეში მოძრავი ფოსფორის რაოდენობამ შეადგინა 8.4%, ხოლო მარნეულის ნიადაგების ნიმუშებში 3.4%. გაცვლითი კალიუმი ყველა ლოკალიზაციის ნიმუშებში განსხვავებული იყო და მერყეობდა 9.8-18.0% ზღვრებში, აქაც განსხვავება იყო ყამირ და განოციერებულ ნიადაგებში ნიმუშის ადების სხვადასხვა სიღრმეზე.

ტომატ-პასტის დასამზადებლად შეირჩა ფიზიკურად დაუზიანებელი, ტექნიკურ სიმწიფეში მყოფი პამიდვრის ნაყოფები (ჭოპორტულა, სამეფო და საგვიანო). გამოკვლეულ იქნა მათი ხარისხის განმსაზღვრელი ძირითადი მაჩვენებლები. ანალიზები ჩატარდა ივნის-ოქტომბრის შუალედში. თავისუფალი წყლის შემცველობა ივნისში ყველაზე მეტია და თანდათანობით იკლებს ოქტომბრისკენ. თავისუფალი წყლის ყველაზე მეტი რაოდენობა 96% აღმოჩნდა ჭოპორტულაში როგორც გორის ისე მარნეულის რაიონებში. დინამიკიდან ნათლად გამოჩნდა, რომ პამიდვრის სახეობას აქვს გავლენა თავისუფალი წყლის შემცველობის თვალსაზრისით. ტომატ-პასტის დამზადებამდე პამიდორში თავისუფალი წყლის წინასწარ განსაზღვრა აუცილებელია, ვინაიდან მასზეა დამოკიდებული ენერგო დანახარჯები. ნიტრატები ყველა სახეობაში განსხვავებული რაოდენობით გვხვდება. ყველაზე მეტი შემცველობით ამ შემთხვევაშიც ჭოპორტულა ლიდერობს. გორის რაიონიდან აღებულ ივნისის ნიმუშში ნიტრატების რაოდენობამ 180 მგ/კგ შეადგინა, თუმცა ოქტომბრისკენ ყველა ნიმუშში დაიკლო. გორის რაიონის ჭოპორტულას იგივე ლოკალიზაციის ნიმუშებში ოქტომბრის თვეში შეადგინა 77 მგ/კგ. მძიმე მეტალები (Pb, As, Hg) ყველა ლოკალიზაციის და სახეობის ნიმუშებში ძალიან მცირე რაოდენობით გვხვდება და ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციაზე მცირეა.

საწარმოო მეთოდით მიღებული ტომატ-პასტისთვის საჭირო ენერგიის ხარჯის და ასკორბინის მჟავის დანაკარგის შემცირების მიზნით, ჯანსაღი ტომატ-პასტის მისაღებად შემუშავებულ იქნა ინოვაციური პროცესი, სადაც გამოიყენება 40კპკ სიხშირის ულტრაბგერა. შესაბამისად პამიდვრის წვენი კონცენტრირების დანადგარი, რომელიც აღჭურვილი იყო ულტრაბგერის გენერატორით ახდენდა პამიდვრის წვენი სტერილიზაციას, ხოლო ვაკუუმ-ტუმბოს საშუალებით მასში შექმნილმა -0.9 ჰარბი ბარის ვაკუუმმა (100 მილიბარი აბსოლუტური წნევა) უზრუნველყო პამიდვრის წვენი ადუღება 46°C ტემპერატურაზე და კონცენტრირება. შესაბამისად მიღებულ-იქნა ტომატ პასტა გაცხელების გარეშე, სადაც ასკორბინის მჟავა შენარჩუნებული იყო უცვლელი სახით. ულტრაბგერის გატარებამ ხელი შეუწყო სტერილიზაციას 85-100°C გაცხელების გარეშე. ასევე დამზადდა ტომატ-პასტის ნიმუშები საწარმოო მეთოდით - გაცხელებით, სადაც C ვიტამინის შემცველობა 98%-ით იყო დაკლებული საწყის ნედლეულთან შედარებით. პამიდორში C ვიტამინის დაბალი შემცველობის გამო (10მგ%) და მისი კონცენტრაციის გაზრდის მიზნით პამიდვრის წვენს დაემატა წითელი ტკბილი წიწაკა პამიდვრის და წიწაკის თანაფარდობით 21:1. წიწაკამ აგრეთვე გააუმჯობესა ტომატ-პასტას წითელი შეფერილობა. პამიდვრის წვენი pH-ის შემცირების მიზნით, ტომატ-პასტის დამზადების წინ მას დაემატა ლიმონმჟავა რათა მიღებული ტომატ-პასტის ნიმუშებში pH ყოფილიყო 4.2-ზე ნაკლები (სტანდარტის მიხედვით

ტომატ-პასტის pH უნდა იყოს 4.2-2.5 ზღვრებში). მიღებული პროდუქტის pH მერყეობდა 3.6-3.8 ზღვრებში, რამაც მის საგემოვნო თვისებებზე დადებითად იმოქმედა. ყველა ნიმუში ინახებოდა მაცივარში 5-8°C ტემპერატურულ ზღვრებში. დამზადებიდან 1 წლის შემდეგ ყველა ნიმუში გაიგზავნა აკრედიტებულ ლაბორატორიაში, სადაც ჩატარდა მიკრობიოლოგიური ანალიზი - მეზოფილურ აერობული და ფაკულტატურ ანაერობული მიკროორგანიზმების გამოვლენის მიზნით. არცერთ ნიმუშში არ გამოვლინდა კოლონია წარმომქმნელი ერთეულები. ჰერმეტიკულად დახურულ ტომატ-პასტის ქილებში არ აღენიშნა ობის ან გაზის დაგროვების კვალი. ინოვაციური მეთოდით მიღებული ტომატ-პასტა 2.5-3-ჯერ უფრო დაბალ ენერგიას მოიხმარს, ვიდრე გაცხელებით მიღებული ტომატ-პასტა - ინოვაციური მეთოდით მიღებული ტომატ-პასტის დამატებით სტერილიზაციის ჩატარების შემთხვევაშიც კი. ჩვენი სამეცნიერო კვლევის შედეგად პამიდვრის ნედლეულისაგან წარმოებული ტომატ-პასტა სამივე რეგიონში ბიოლოგიურად სუფთაა და ეკოლოგიურად სრულფასოვანი. რასაც უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭება კაცობრიობის ჯანმრთელობისათვის, რომლის პოტენციალიც საქართველოს გააჩნია.

Abstract

Nowadays producing of healthy vegetables and their processed products – rich with vitamins, free of nitrates, heavy metals and other harmful compounds – remains a big challenge. This challenge will get more importance in the future due to changing the climate and growing of the human population on the Earth.

Methods of soil fertilization, chemical compounds and dosages of fertilizers have direct effect on the quality of harvested vegetables in terms of content of nitrates, heavy metals and other compounds and have impact on their processed products.

To process vegetable products with a long shelf-life and minimal expenses, manufacturers use various chemical additives, which have an impact on human health especially in large quantities.

The effects of various biotic and abiotic factors on developing of plants and their fruits are different in conditions of open grounds and greenhouses. The main task of this research was to make tomato-paste without loss of vitamin C, without emulsifiers, dyes, various harmful additives for human health and of course without mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms and spores. For these purposes it was necessary to find an innovative way to reach the goal. It also was necessary to study the raw tomatoes and the soils of their harvesting locations, in various seasons of the year. The quality of tomato-paste depends on the composition of soils and on the raw tomatoes.

The locations of harvested raw tomatoes were Gori districts: Sveneti, Khidistavi and Ateni, and the north side of Marneuli. The samples of raw material were subspecies of tomatoes: Choportula, Samepho and Sagviano. The samples of soils were pasture and fertilized types, which were taken from various depth of the ground. Fertilizer was applied to these soils in the form of a mixture of burnt and milled cattle manure and 60% of ammonia sorghum, which was a source of nitrogen. These fertilizers were applied before planting tomato seedlings on an area of 30 t/ha, then during mass flowering, 40% nitrogen fertilizer was applied as for feeding. These soils are characterized by a low level of chemical contamination. Soil samples taken in the indicated areas are neutral, deviated to a slightly alkaline environment, with a pH of 7.0-8.1. Soil carbonization in Marneuli is lower than in the Gori region. Hydrolytic nitrogen is relatively high and reaches 7.2 mg% in Marneuli samples and 5.6 mg% in Gori samples. Mobile phosphorus in samples taken from a depth of 0–20 cm from the top soil layer was relatively low in both Gori and Marneuli soils, and higher in layers of 20–40 cm. Mobile phosphorus in fertilized soils was higher than in pasture soils. The amount of phosphorus in samples taken from the depth of 20-40 cm in fertilized soils of the Gori region was 8.4%, and in soil samples from Marneuli - 3.4%. Exchangeable potassium in the samples of all points was different and ranged from 9.8-18.0%, and there was also a difference between pasture and fertilized soils at different sampling depths.

To prepare tomato paste, physically intact, technically ripe tomato fruits (Choportula, Samepho and Sagviano) were selected. The main indicators that determine their quality were studied. Analyzes were carried out between June and October. The free water content is maximum in June and gradually decreases by October. The largest amount of free water - 96% - was found in Choportula, both in the Gori and Marneuli regions. The analyzes showed that content of free water amount depends on the species of tomato. Before making tomato paste, it is necessary to determine the amount of free water in raw tomatoes, since energy consumption depends on this. The number of nitrates varies in all species of tomatoes. Choportula is also the leader with the highest content in comparing with other tomato species. In June samples taken from the Gori region, the quantity of nitrates was 180 mg/kg, but by October it decreased in all samples. In Choportula samples taken from Gori districts in October, it was 77 mg/kg. Heavy metals (Pb, As, Hg) are found in samples of all locations and types in very small quantities and are below the maximum permissible concentrations.

In order to reduce energy costs and losses of ascorbic acid in the production of tomato paste using a production method, an innovative technology for producing healthy tomato paste was developed, which uses ultrasound with a frequency of 40 kHz. Accordingly, a tomato juice concentration device equipped with an ultrasonic generator sterilized the tomato juice, and an excess vacuum of -0.9 bar (100 millibar absolute pressure) created in it using a vacuum pump ensured the boiling of the tomato juice. at a temperature of 46°C and concentration. Accordingly, tomato paste was obtained without heating, in which ascorbic acid remained unchanged. Ultrasonic treatment facilitated sterilization without heating up to 85-100°C. Tomato paste samples were also produced using a heating production method, where the vitamin C content was reduced by 98% compared to the original raw material. Due to the low content of vitamin C in tomato (10 mg%) and to increase its concentration in tomato juice, red sweet pepper was added in a tomato/pepper ratio of 21:1. The pepper also enhanced the red color of the tomato paste. In order to reduce the pH of tomato juice, before preparing tomato paste, citric acid was added to it so that the pH of the resulting tomato paste samples was less than 4.2 (according to the standard, the pH of tomato paste should be in the range of 4.2-2.5). The pH of the resulting product ranged from 3.6 to 3.8, which had a positive effect on its taste. All samples were stored in a refrigerator at a temperature of 5-8°C. 1 year after production, all samples were sent to an accredited laboratory, where microbiological analyzes were carried out to identify mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms. No colony-forming units were detected in any of the samples. No traces of mold or gas accumulation were found in hermetically sealed cans of tomato paste. Tomato paste obtained by an innovative method consumes 2.5-3 times less energy than tomato paste obtained by heating - even in the case of additional sterilization of the tomato paste obtained by an innovative method. As a result of our scientific research, the tomato paste produced from raw tomatoes in all three regions is biologically pure and ecologically valuable. Which is very important for the health of humanity, and Georgia has the potential for contribution.

შინაარსი

შესავალი.....	14
1. ლიტერატურის მიმოხილვა	18
1.1. საქართველოში გავრცელებული პამიდვრის განვითარების ისტორია და მისი არეალი ქვესახეობის მიხედვით.....	18
1.2. პამიდვრის და ტომატ-პასტის ხარისხის განმსაზღვრელი ძირითადი მაჩვენებლები (სენსორული მეთოდი).....	18
1.3. მზა ტომატ-პასტის მინერალური და ბიოქიმიური შედგენილობა	27
1.4. კვების ბიოუსაფრთხოება	30
1.5. პამიდვრის კულტურის ნედლეულის ქვეშ არსებული (გორის რაიონი, მარნეული) ნიადაგურ-კლიმატური პირობები.....	31
1.6. პამიდვრის ნედლეულისგან ტომატ-პასტის მიღების ზოგადი ტექნოლოგია.....	32
1.7. საკვები პროდუქტების უსაფრთხო შენახვისთვის განკუთვნილი ინოვაციური ტექნოლოგიები.....	37
1.8. საკვების უვნებლობასა და სტაბილურობაზე მოქმედი მიკროორგანიზმების ზოგადი დახასიათება.....	40
2. კვლევის შედეგები და მათი განსჯა.....	48
2.1. პამიდვრის კულტურის ქვეშ გავრცელებული ნიადაგის კოლოიდური სისტემის ძირითადი ქიმიური პარამეტრების დახასიათება (აღმოსავლეთ საქართველოს ყავისფერი და შავმიწისებრი ნიადაგები)	48
2.2. ეკოლოგიურად უარყოფითი რადიკალების განსაზღვრა პამიდვრში	51
2.3. ინოვაციური აპარატურის სქემა და მისი დახასიათება	58
2.4. ექსპერიმენტის შედეგების მათემატიკური დამუშავება.....	68
2.4.1. გაზომვის ცდომილებები.....	68
2.4.2. განტოლების შედგენა.....	70
2.5. მიღებული შედეგების კონსტანტაცია ნიშან-თვისებათა შენარჩუნების მიზნით.....	73
2.6. ტომატ-პასტაში მეზოფილურ-აერობული, ფაკულტატურ-ანაერობული მიკროორგანიზმების განსაზღვრა	81
დასკვნა	102
გამოყენებული ლიტერატურა	104
დანართი	118

ცხრილების ნუსხა

ცხრილი 1. 100 გრამი პამიდვრის ქიმიური შედგენილობა	26
ცხრილი 2. პამიდორში აღმოჩენილი ზოგიერთი ფიტოქიმიკატი	26
ცხრილი 3. 100 გრამი ტომატ-პასტის კვებითი ღირებულება	28
ცხრილი 4. ვიტამინების რაოდენობა 100 გრამ ტომატ-პასტაში	29
ცხრილი 5. მიკრო და მაკრო ელემენტების რაოდენობა 100 გრამ ტომატ-პასტაში	29
ცხრილი 6. ტომატის პიურე და პასტა სხვადასხვა სრულად ხსნადი მყარი ნივთიერებების (TSS %) პროცენტული შემცველობით	33
ცხრილი 7. კონსერვის გაცხელებისას მაღალი ტემპერატურის ზემოქმედების ეფექტი საკვებ კომპონენტებზე	36
ცხრილი 8. ზოგიერთ საკვებ პროდუქტში მიკრობების განეიტრალება ულტრაბგერის გამოყენებით	40
ცხრილი 9. პამიდვრის ლოკალიზაციაზე გავრცელებული ნიადაგების შედგენილობა	50
ცხრილი 10. პამიდორში თავისუფალი წლის პროცენტული შემცველობა ივნის-ოქტომბრის პერიოდში.....	52
ცხრილი 11. პამიდვრის ნედლეულის ხარისხის ძირითადი მაჩვენებლები	53
ცხრილი 12. ნიტრატების შემცველობა პამიდვრის ნედლეულში	54
ცხრილი 13. მძიმე ლითონების შემცველობა პამიდვრის ნედლეულში (მგ/კგ)	55
ცხრილი 14. C ვიტამინის რეკომენდებული დღიური რაოდენობა	74
ცხრილი 15. C ვიტამინის ზღვრულად დასაშვები დღიური რაოდენობა	74
ცხრილი 16. ტომატ-პასტის მიღების პროცესის ენერგო დანახარჯი 100°C ტემპერატურაზე.....	75
ცხრილი 17. ტომატ-პასტის მიღების პროცესის ენერგო დანახარჯი 46°C ტემპერატურაზე	76
ცხრილი 18. ანალიზების შედეგად მიღებული და წრფივი განტოლებით გამოთვლილი ასკორბინის მჟავას კონცენტრაცია სხვადასხვა ტემპერატურაზე დამზადებულ ტომატ-პასტას ნიმუშებში	80
ცხრილი 19. 1000 გრამი ნედლეულიდან 46°C ულტრაბგერის თანხლებით და 100°C ტემპერატურებზე მიღებული ტომატ-პასტის და მისი ნედლეულის ხარისხის ძირითადი მაჩასიათებლები	80

ცხრილი 20. ტომატ-პასტის ნიმუში 1-ის მახასიათებლები	82
ცხრილი 21. ტომატ-პასტის ნიმუში 2-ის მახასიათებლები	84
ცხრილი 22. ტომატ-პასტის ნიმუში 3-ის მახასიათებლები	86
ცხრილი 23. ტომატ-პასტის ნიმუში 4-ის მახასიათებლები	88
ცხრილი 24. ტომატ-პასტის ნიმუში 5-ის მახასიათებლები	90
ცხრილი 25. ტომატ-პასტის ნიმუში 6-ის მახასიათებლები	92
ცხრილი 26. ტომატ-პასტის ნიმუში 7-ის მახასიათებლები	94
ცხრილი 27. ტომატ-პასტის ნიმუში 8-ის მახასიათებლები	96
ცხრილი 28. ტომატ-პასტის ნიმუში 9-ის მახასიათებლები	98
ცხრილი 29. ტომატ-პასტის ნიმუში 10-ის მახასიათებლები	100

სურათების ნუსხა

სურათი 1. სტერილიზაციის ტემპერატურული რეჟიმი	36
სურათი 2. მარნეულის შავმიწა ნიადაგების შედგენილობა 0-20 და 20-40 სმ სიღრმეში	50
სურათი 3. გორის რაიონის (სვენეთი, ატენი, ხიდისთავი) ყავისფერი ნიადაგების აკუმულაციური ზონის შედგენილობა 0-20 სმ და 20-40 სმ სიღრმეში	51
სურათი 4. პამიდორში თავისუფალი წლის პროცენტული შემცველობა ივნის-ოქტომბრის პერიოდში.....	52
სურათი 5. პამიდვრის ბიოქიმიური შედგენილობა	53
სურათი 6. პამიდორში ნიტრატების შემცველობა (მგ/კგ) ივნის-ოქტომბრის პერიოდში	54
სურათი 7. პამიდორში მძიმე მეტალების შემცველობა (მგ/კგ)	55
სურათი 8. ტომატ-პასტის დასამზადებელი ექსპერიმენტული მოდელური მოწყობილობის კონცეპტუალური სქემა	59
სურათი 9. პამიდვრის წვენის კონცენტრირების სისტემა	60
სურათი 10. ტომატ-პასტის დასამზადებელი მოდელური აპარატის სტერილიზატორი	63
სურათი 11. ულტრაბგერის გენერატორით აღჭურვილი ტომატის წვენის კონცენტრირების ნაწილი	64
სურათი 12. მოდელური აპარატის სასწორი	67
სურათი 13. ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერიის დეპარტამენტის ლაბორატორიაში განთავსებული ტომატ-პასტის მოსამზადებელი მოდელური დანადგარის ფოტოგრაფია	68
სურათი 14. ემპირიული განტოლების კოეფიციენტების განსაზღვრა უმცირეს კვადრატთა მეთოდით	71
სურათი 15. წონის კლების დინამიკა საწარმოო მეთოდით პამიდვრის წვენის კონცენტრირებისას	75
სურათი 16. პამიდვრის წვენის ულტრაბგერის გამოყენებით კონცენტრირების გრაფიკი	76
სურათი 17. ულტრაბგერის გენერატორზე მიწოდებული სიგნალი	77

სურათი 18. სტერილიზაციის ტემპერატურული რეჟიმის გრაფიკი: ცარიელი ტარის სტერილიზაცია 115°C-ზე	78
სურათი 19. ტომატ-პასტით შევსებული ტარის 104°C ტემპერატურაზე ჩატარებული სტერილიზაციის გრაფიკი	78
სურათი 20. ივნისში ჭოპორტულა პამიდვრის 96% თავისუფალი წყლის შემცველი 1600გ ნედლეულისგან 25° ბრიქსის ტომატ-პასტის სხვადასხვა ტემპერატურაზე დამზადებისას ასკორბინის მჟავას ცვლილების დინამიკა	79
სურათი 21. C ვიტამინის ცვლილება და ელექტროენერგიის ხარჯი პირველ ნიმუშში	83
სურათი 22. C ვიტამინის ცვლილება და ელექტროენერგიის ხარჯი მე-2 ნიმუშში	85
სურათი 23. C ვიტამინის ცვლილება და ელექტროენერგიის ხარჯი მე-3 ნიმუშში	87
სურათი 24. C ვიტამინის ცვლილება და ელექტროენერგიის ხარჯი მე-4 ნიმუშში	89
სურათი 25. C ვიტამინის ცვლილება და ელექტროენერგიის ხარჯი მე-5 ნიმუშში	91
სურათი 26. C ვიტამინის ცვლილება და ელექტროენერგიის ხარჯი მე-6 ნიმუშში	93
სურათი 27. C ვიტამინის ცვლილება და ელექტროენერგიის ხარჯი მე-7 ნიმუშში	95
სურათი 28. C ვიტამინის ცვლილება და ელექტროენერგიის ხარჯი მე-8 ნიმუშში	97
სურათი 29. C ვიტამინის ცვლილება და ელექტროენერგიის ხარჯი მე-9 ნიმუშში	99
სურათი 30. C ვიტამინის ცვლილება და ელექტროენერგიის ხარჯი მე-10 ნიმუშში	101

შესავალი

თანამედროვე მეცნიერება ბოსტნეულს განიხილავს როგორც სასიცოცხლოდ აუცილებელ პროდუქტს, რომელიც ნებისმიერი ქვეყნის აგრო-პოლიტიკის მნიშვნელოვანი ნაწილია. მსოფლიოში მათი ხვედრითი წილი საკმაოდ მრავალფეროვანია და კაცობრიობისათვის მნიშვნელოვანია. ისინი ხასიათდებიან მარტივი შაქრების, აზოტოვანი ნაერთების, მთრიმლავი ნივთიერებების, ორგანული მჟავების, ვიტამინების და არომატული კლასის ნაერთთა ჯგუფებისაგან - რომლებიც ქმნიან საუკეთესო საგემოვნო თვისებებს, რაც დამტკიცებულია ორგანოლექტიკური მეთოდით.

უნდა აღინიშნოს, რომ ბოსტნეული მდიდარია პოლისაქარიდებით და პექტინოვანი ნივთიერებებით, საერთო ჯამში მათ სამკურნალო მნიშვნელობა გააჩნიათ და ორგანიზმის მიერ ადვილად შესათვისებელია. ერთ-ერთ მნიშვნელოვან პარამეტრს წარმოადგენს წყლის შემცველობა, რომელის ხვედრითი წილი დამოკიდებულია ბოსტნეულის ანატომიურ-მორფოლოგიურ აგებულებაზე, აბიოტურ ფაქტორთა ერთობლიობაზე, მათ შორის ნიადაგის კოლოიდურ სისტემაზე (ტიპი, ქვეტიპი). ამდენად, ძირითადად წარმოდგენილია თავისუფალი წყლის სახით, რომელიც ტექნიკურ სიმწიფეში მყოფ პამიდორში დაახლოებით 94-96%-ია. რასაც განაპირობებს კულტურის ანატომია-მორფოლოგია. რთული ნახშირწყლებიდან წარმოდგენილია ჰემიცელულოზა, სახამებელი.

როდესაც ჩვენ აქცენტს ვაკეთებთ ბოსტნეულ კულტურებზე, მხედველობაში უნდა მივიღოთ ჰიდრო და ლიპო ვიტამინები. ჰიდროვიტამინებიდან რიბოფლავინი, თიამინბრომიდი, ხოლო ლიპოვიტამინებიდან A, D, K, E ვიტამინები. უნდა აღინიშნოს აზოტოვანი ნივთიერებები ცილების სახით, რომლებიც მსუბუქად შეითვისება ადამიანის ორგანიზმის მიერ. ასევე არ უნდა დაგვავიწყდეს არომატული ნივთიერებები, ცხიმები. ისინი უდიდეს როლს ასრულებენ სამარაგო ნივთიერებების წარმოქმნაში. მხედველობაში ვღებულობთ ნაცრის ელემენტებს ანუ ელექტროლიტებს, რომლებიც წარმოდგენილია მიკრო და მაკრო ელემენტების სახით.

ხილ-ბოსტნეულის ხარისხოვანი მაჩვენებლებია: ვიზუალი, სახელდობრ - ფორმა, ზომა, შეფერილობა, კონსისტენცია, მთლიანობა. ყოველი პარამეტრი

დამოკიდებულია ბოტანიკურ აგებულებაზე. რაც შეეხება საგემოვნო თვისებებს (ორგანოლეპტიკა), სადაც დომინირებს: მარტივი შაქრები, მჟავიანობა, არომატული ნაერთები, ჰიდრო ვიტამინები, რომელშიც წამყვანი როლი ეკუთვნის აგრო და ბიოტექნოლოგიურ პროცესებს.

ჩვენი არჩევანი შეჩერდა ყველაზე პოპულარულ ბოსტნეულ კულტურაზე - პამიდორზე, რომლის გამოყენება საზოგადოების მიერ ხდება მთელი წლის განმავლობაში როგორც ნედლეულის, ისე დაკონსერვებული სახით. პამიდვრის სამშობლო მექსიკა და სამხრეთ ამერიკის ტროპიკული რაიონებია. პამიდვრის ლათინური სახელწოდება გახლავთ *Solanum lycopersicum*. საქართველოში იგი შემოტანილი სახეობაა.

რა არის დამახასიათებელი პამიდვრის კულტურისთვის? ყლორტი, ფოთლის ილღია, საყვავილე მტევანი და შედეგი არის დამოუკიდებელი მცენარის მიღება. მნიშვნელოვანია თესლი, რომელიც გამოკვლეულია პროფესორ ვ. ედელშტეინის მიერ. ყურადღება უნდა გავამახვილოთ მის ფუნჯა ფესვთა სისტემაზე, რომელიც განლაგებულია ნიადაგის სიღრმეში 20-40 სმ-ზე. ყურადღებას ვაქცევთ ტემპერატურულ რეჟიმს, ქვესახეობას, აგრო და ბიოტექნოლოგიას, ირიგაციას (300-400 მ³ ჰექტარზე).

ჩვენს მთავარ ამოცანას წარმოადგენს, ბიოლოგიურად სრულფასოვანი ტომატ-პასტის წარმოება. ტომატ-პასტაში შერეულ იქნა ტკბილი წიწაკა (*Capsicum annuum*), ვინაიდან ჩვენი ინტერესია ტომატ-პასტაში შემავალი ასკორბინის მჟავას შევსება ნატურალური C ვიტამინით. სტანდარტით მშრალი ნივთიერება 9,9%, მარტივი შაქრები 3,2%, ცხიმები 1%, ნედლი უჯრედისი 1,5%, ნაცრიანობა 0,7%. მიღებულ ტომატ-პასტაში C ვიტამინის შენარჩუნება მაქსიმალური რაოდენობით, ემულგატორების და საღებავების გარეშე მის შენახვას, ამავე დროს მისი ბიოუსაფრთხოება უზრუნველყოფს პროდუქტის მაღალ ხარისხს.

ყურადღება უნდა მიექცეს პამიდვრის გადამუშავების პროცესებს როგორც ტექნიკური სიმწიფის, ისე დაკონსერვების შემდეგ, სადაც დაცული უნდა იყოს სანიტარულ-ჰიგიენური პირობები, რომელიც რეგლამენტით არის შემუშავებული და გააჩნია გარკვეული მოთხოვნები. მისი შენახვისთვის გამოყენებული უნდა იყოს მინის ჭურჭელი.

კვლევის მიზანია: შერჩეული ინოვაციური არათერმული დამუშავების ტექნოლოგიების ანალიზი ტომატ-პასტაში, მათი ეფექტურობის დახასიათება ტომატ-პასტის ხარისხისა და შენახვის ვადის უზრუნველსაყოფად, ტექნოლოგიის მდგრადობის ასპექტები და ახალი ტენდენციები. უნარჩენო ტექნოლოგიით, ემულგატორების და საღებავების გამოყენების სრული გამორიცხვით შევიმუშაოთ ბიოლოგიურად სრულფასოვანი და ეკოლოგიურად სუფთა პამიდვრის პასტა. ცნობილია ის გარემოება, რომ გლობალურად გახსნილ საერთაშორისო ეკონომიკური გზაზე, ადგილი აქვს ფალსიფიკაციას და საქართველოს ბაზრის სეგმენტი გაჯერებულია უხარისხო ტომატ-პასტით, რომელიც საშიშია ადამიანის ჯანმრთელობისთვის. აქედან გამომდინარე თავიდან უნდა ავიცილოთ ტომატ-პასტის ფიზიკური, ქიმიური და ბიოლოგიური დაბინძურება, განსაკუთრებით კი ბოტულოტოქსინებით დაბინძურებული პროდუქცია, რომელიც გამოირჩევა ძლიერი ტოქსიკური თვისებებით, რომელსაც იწვევს სპორ-წარმომქმნელი პათოგენური მიკროორგანიზმი და მის შესახებ უფრო ვრცლად ქვემოთ იქნება საუბარი. გარდა ამისა, არაპათოგენური მიკროორგანიზმების გამრავლებაც, რომლებიც იწვევენ პროდუქტის გაფუჭებას და მისი შენახვის ვადის შემცირებას გამორიცხული უნდა იყოს მიღებულ პროდუქტში.

ჩვენ შეხება გვაქვს ბიოსისტემასთან (აბიოტური ფაქტორები), ვსაწავლობთ პამიდვრის ნედლეულის და ტომატ პასტის ხარისხს - ნიადაგის კოლოიდური სისტემიდან დაკონსერვების ჩათვლით, რათა მივიღოთ რგოლი, რომელიც ამომწურავი იქნება ყველა იმ საექვო პასუხისგან, რაც აუცილებელია ხარისხის იდენტიფიკაციისთვის; დავადგინოთ ზუსტი ეტალონი არა მხოლოდ ტომატ პასტის, არამედ მასზე მოქმედი ანთროპოგენული (იგივე გეოსისტემური) ფაქტორებისა, რათა ყოველივე აღნიშნული ჯდებოდეს კონდიციათა სისტემაში, რომელიც გამოისახება ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციის სახით. აქედან გამომდინარე დავიწყეთ ნიადაგის აკუმულაციური ფენით. ავიღეთ ორი ფენა სადაც პამიდვრის ფუნჯა ფესვთა სისტემა არის გააქტიურებული. მცენარეთა ფიზიოლოგიური კვების თვალსაზრისით, რომელსაც დავუკავშირეთ ლანდშაფტები (ნიადაგური კლიმატური პირობები), გორში, მარნეულში.

ცნობილია, რომ დანამატების გამოყენება ხდება სამი მიზნით, ესენია: 1) პროდუქტების კვებითი თვისებების გაუმჯობესება; 2) შენახვის უნარიანობა; 3) გარეგნული სახის გაუმჯობესება. ისინი აღინიშნებიან ინდექსით E. ემულგატორების გამოყენება 500 PPM ოდენობით, რაც იმას ნიშნავს, რომ 1/1000000 მოცულობით წონაზე მოდის არაუმეტეს საკვები დანამატების 500 ნაწილი „part per million“. ანტი მონოპოლიური სამსახურის მიერ დოკუმენტირებულია მათი გამოყენება - კოდექსი ალიმენტარიუსის თანახმად - მხოლოდ ზუსტი რაოდენობით.

კლასიფიკაცია ასეთია: E100-E200 - ქიმიური საღებარი ნივთიერება; E200-E300 - კონსერვანტი; E400 - სტაბილიზატორი, იცავს პროდუქტის კონსისტენციას; E500 - ემულგატორი, რომელიც ხელს უწყობს სტრუქტურის შენარჩუნებას; E600 - გემოს გამაძლიერებელი.

სამწუხაროდ მსოფლიო პრაქტიკიდან გამომდინარე კონკურენტუნარიანობა შეჯიბრია და დაკავშირებულია მოგებასთან და არა ჯანმრთელობასთან და ხდება მათი ჭარბი გამოყენება, რის შედეგადაც ტომატ-პასტას გააჩნია მუქი ფერი, ბზარი, სიმაგრე და ვამჩნევთ რომ იგი რეალურად არ არის ტომატ პასტა.

ჩვენი მიზანი უტყუარი და რეალურია. იგი კარგი შენახვის პირობებში შეინარჩუნებს პროდუქტის ხარისხს და ვარგისიანობას, ამიტომ ვთვლით რომ საქართველოს რეალობაში იგი ინოვაციურია.

1. ლიტერატურის მიმოხილვა

1.1. საქართველოში გავრცელებული პამიდვრის განვითარების ისტორია და მისი არეალი ქვესახეობის მიხედვით

საქართველოში პამიდორი (*Lycopersicon*) ფართოდ გავრცელებული ერთ წლიანი კულტურაა, ტროპიკებში არსებობს მრავალწლიანი სახეობებიც. იგი მიეკუთვნება ბალახოვან და ბუჩქბალახოვან მცენარეს - ძალღერძოვანებთან ოჯახიდან. მისი პოპულარობა განპირობებულია როგორც საგემოვნო თვისებებით, ასევე მასში მრავალი სასარგებლო ნივთიერების არსებობით.

პამიდვრის სამშობლო სამხრეთ ამერიკაა. ზოგიერთი ველური სახეობა კვლავაც გვხვდება ანდებში. იგი მექსიკაში შეიტანეს და გააშენეს ჩვენს წელთაღრიცხვამდე დაახლოებით 500 წელს. ვარაუდობენ, რომ პირველი თაობის პამიდორს გააჩნდა პატარა, ყვითელი ფერის ნაყოფი. ესპანეთში პამიდორი პირველად შეიტანეს კოლუმბის ან კორტესის დროს, საიდანაც მოხდა მისი გავრცელება მთელს ევროპაში. ინგლისში პამიდორი შეიტანეს მე-16 საუკუნეში, ხოლო ესპანეთში პოპულარული და ძირითადი ბოსტნეული გახდა მე-17 საუკუნეში, რომელიც კარგად შეეგუა ხმელთაშუაზღვის კლიმატს [1].

პამიდორი საქართველოში ცნობილია მე-18 საუკუნის მე-2 ნახევრიდან. იგი მოჰყავთ ქვეყნის ყველა რაიონში, ზღვის დონიდან 1700 მეტრამდე. პამიდვრის გვარში სამი სახეობაა: *Lycopersicon peruvianum*, *Lycopersicon hirsutum* და ჩვეულებრივი პამიდორი (*Lycopersicon esculentum*), რომელშიც 2000-მდე ჯიშია [2].

1.2. პამიდვრის და ტომატ-პასტის ხარისხის განმსაზღვრელი ძირითადი მაჩვენებლები (სენსორული მეთოდი)

ფერი - პამიდვრის და ტომატ-პასტის ხარისხის შეფასების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი პარამეტრია [3]. პამიდვრის შეფერილობა გამოწვეულია მასში კაროტინოიდების შემცველობით, რომელთა შეფერილობა იცვლება ყვითელიდან - წითელ შეფერილობამდე. პამიდორში და მისგან დამზადებულ პროდუქტებში შემავალი კაროტინოიდებია ლიკოპენი, ლიკოპენ-5,6-დიოლი, α -კაროტინი, β -კაროტინი, γ -კაროტინი, δ -კაროტინი, ლუტეინი, კაროტენოლი და მრავალი სხვა.

ლიკოპენი წარმოადგენს პამიდვრის ძირითად პიგმენტს და მისი შემცველობა ნაყოფში არის კაროტინოიდების მთლიანი შემადგენლობის დაახლოებით 83%, ხოლო β -კაროტინის დაახლოებით 3-7%. კაროტინოიდები ორგანულ გამხსნელებში უკეთესად იხსნებიან ვიდრე წყალში. მცენარეული წარმოშობის სხვა პიგმენტებთან შედარებით, როგორებიც არიან ქლოროფილი, ანთოციანინი, ჰემოგლობინი და მიოგლობინი, ქიმიურად უფრო მდგრადები არიან. პამიდვრის პროდუქტებში კაროტინოიდების შემცველობაზე გავლენას ახდენს ასევე მცენარის ზრდის პირობები. სათბურში მოყვანილ ნაყოფში წელიწადის სეზონის მიუხედავად კაროტინოიდები მცირეა, ზაფხულში გარეთ მოყვანილ ნაყოფთან შედარებით. შაქრების და ამინომჟავების შემცველობა, მჟავიანობა (pH), გადამუშავების დრო და ტემპერატურა მიღებული პროდუქტების შეფერილობაზეც ახდენს გავლენას - ყავისფერი პიგმენტების წარმოქმნით [4].

პამიდვრის წვენი შეფერილობაზე გავლენას ახდენს მაღალი ტემპერატურა და შენახვის დრო, რაც იწვევს წითელი ფერის გაუფერულებას [5].

პამიდვრის პროდუქტებში ფერის შენარჩუნება უკეთესად ხდება დაბალ ტემპერატურებზე [6, 7].

პამიდვრის გადამუშავების პროდუქტებში კაროტინოიდების დეგრადაციის ერთ-ერთი გამომწვევია დაჟანგვა, რომელიც დამოკიდებულია გადამუშავების პირობებზე, ტენიანობაზე, ტემპერატურაზე, ანტიოქსიდანტების და ლიპიდების შემცველობაზე. წვენი გამოწურვისას ვიწრო ნახვრეტებიანი საცერის გამოყენებისას იზრდება პიგმენტების დაჟანგვის ხარისხი ჰაერთან და ლითონთან შეხების გაზრდის გამო [8].

β -კაროტინი დეგრადირდება აქტიური წყლის დაბალი შემცველობის და ლითონის იონების გავლენით, ხოლო ანტიოქსიდანტები და ლიპიდები ზრდის β -კაროტინის სტაბილურობას [9].

გემოზე - როგორც პამიდვრისგან დამზადებული პროდუქტების ხარისხის განმსაზღვრელ ერთ-ერთ მაჩვენებელზე - გავლენას ახდენს მოსავლის აღების დრო, შემდგომი შენახვის პირობები, პამიდვრის ჯიში, ლიმონმჟავას (რომელიც განსაზღვრავს პამიდვრის წვენი pH-ს), ფრუქტოზას და გლუკოზას შემცველობა. რაც უფრო მეტია მათი რაოდენობა, მით უფრო ძლიერია გემო [10, 11].

პამიდვრის ნაყოფის გემოს განსაზღვრავს რამდენიმე აქროლადი ნივთიერება, ესენია: ჰექსანალი, ტრანს-2-ჰექსანალი, ცის-3-ჰექსანალი, ცის-3-ჰექსანოლი, ტრანს-2-ტრანს-4-დეკადიენალი, 2-იზობუტილჰიაზოლი, 6-მეთილ-5-ჰეპტენ-2-ონი, 1-პენტენ-3-ონი და მრავალი სხვა [12-14].

სათბურში და გარე პირობებში გაზრდილ ნაყოფებში გემოს და არომატის განმსაზღვრელი ნივთიერებების შემცველობა განსხვავებულია, მათი კონცენტრაცია იზრდება ნაყოფის დამწიფებასთან ერთად [15].

პამიდვრის გადამუშავებისას, მისი ქსოვილების დაზიანების შემდეგ ფერმენტების ზეგავლენით წარმოიქმნება ზოგიერთი აქროლადი ნივთიერება, რომლებიც ნაწილობრივ იკარგებიან მათი აქროლადობის გამო [16, 17]. პამიდვრის ნაყოფის გაცხელებით გადამუშავებისას, მეთილ-სულფიდი განსაზღვრავს ძირითად არომატს, რომელიც წარმოიქმნება გაცხელებისას S-მეთილ-მეთიონინ-სულფონიუმის მარილის გარდაქმნით [18, 19].

პამიდვრის ნაყოფის გადამუშავებისას დროსა და ტემპერატურაზე დამოკიდებულებით მცირდება შაქრების და ამინომჟავების შემცველობა, ხოლო მჟავიანობა იზრდება პიროლიდონ კარბოქსილის მჟავას კონცენტრაციის გაზრდით, რომლის pH შეიძლება მერყეობდეს 5-6 ზღვრებში, რაც პროდუქტს აძლევს მწარე გემოს [20].

პამიდვრის გადამუშავებისას ტომატ-პასტებში ამინო, ცხიმოვანი მჟავები, პიგმენტები და შაქრები ასევე ახდენენ გავლენას გემოზე. კაროტინოიდები, რომლებიც განიცდიან ჟანგვით დეგრადაციას, წარმოქმნიან ტერპენებს და სხვა პროდუქტებს. ლიკოპენის დაჟანგვით მიიღება 6-მეთილჰეპტ-5-ენ-2-ონი და აცეტონი. α - და β -იონონები, ტოლუენი და პარა-ქსილენი მიიღება ტომატ-პასტის ხარშვისას მაღალი ტემპერატურის გავლენით; β -კაროტინი ჰიდროლიზდება ლინოლეატის და ლიპოქსიდაზას ზემოქმედების შედეგად [21-23].

ხარშვისას წარმოქმნილი სხვადასხვა ნივთიერება, როგორებიც არიან გოგირდის შემცველი პროდუქტები, კარბონილები, ფურანები, პიროლები, პირაზინი და სხვები აგრეთვე მოქმედებენ არომატზე [24, 25].

კონსისტენცია (სიბლანტე) - პამიდვრის და მისგან წარმოებული პროდუქტების ხარისხის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მაჩვენებელია, რომელიც წარმოადგენს სითხის მიერ მისი ნაწილების გადაადგილების მიმართ გაწეული წინააღმდეგობის

საზომს. იგი გამოიხატება სითხის მოძრაობის წინააღმდეგობის თანაფარდობით მის სიჩქარესთან. სითხეს, რომელშიც გადაადგილების წინააღმდეგობა გადაადგილების სიჩქარის პირდაპირპროპორციულია - ეწოდება ნიუტონის სითხე, ასეთი სითხეა მაგალითად წყალი. არა-ნიუტონის სითხეებში გადაადგილების წინააღმდეგობა არ არის წრფივ დამოკიდებულებაში გადაადგილების სიჩქარესთან. პამიდვრისგან წარმოებული პროდუქტები, როგორებიც არიან წვენი, ტომატ-პასტა და ა.შ. - წარმოადგენენ არა-ნიუტონის სითხეებს. მაღალი ხარისხის პროდუქტებში აუცილებელია სიბლანტის კონტროლი, რომელსაც მწარმოებლებისთვის ეკონომიკური დატვირთვაც გააჩნია, ვინაიდან სასურველი კონსისტენციის მისაღწევად და სიბლანტის გასაზრდელად საჭიროა მეტი პამიდვრის გამოყენება. ტომატის პიურის და პასტის სიბლანტის განსაზღვრისათვის გამოიყენება ე.წ. „ბოსთვიკის“ კონსისტომეტრი, რითაც განისაზღვრება „ბოსთვიკის კონსისტენცია“ [26].

რა თქმა უნდა კონსისტენციის განსაზღვრა შესაძლებელია სხვა ინსტრუმენტებითაც, მაგალითად - ბრუკფილდის ვისკოზიმეტრით. ბოსთვიკის კონსისტომეტრით განსაზღვრისას, იზომება დახრილ ზედაპირზე ტომატ-პასტის მიერ გავლილი მანძილი, რომელზეც გაედინება მისი საკუთარი მასის ზემოქმედებით, დროის ერთეულში.

გადამუშავებული პამიდვრის პროდუქტები შედგება შრატში შერეული დაშლილი უჯრედებისგან. მათი კონსისტენცია დამოკიდებულია სხვადასხვა ფაქტორებზე, როგორც არის: გეოგრაფიული მდებარეობა, პამიდვრის ჯიში, ნაყოფის სიმწიფის პერიოდი, გადამუშავების პირობები, შრატის სიბლანტე, მყარი მასის დონე, უჯრედების რაოდენობა და მათი ფიზიკური მახასიათებლები. პამიდვრის წვენის კონსისტენცია - დამოკიდებულია საერთო მყარი ნივთიერებების (WIS) თანაფარდობასთან, სუფთა შრატის სიბლანტესთან (TS). WIS:TS თანაფარდობა არის თერმული დამუშავებისა და საცერი ეკრანის ზომაზე დამოკიდებული, ხოლო შრატის სიბლანტე დამოკიდებულია თერმული დამუშავების ეფექტზე, რომლის შედეგად ხდება მაღალმოლეკულურ პოლიმერებზე მოქმედი ფერმენტების დეგრადაცია [27].

პოლიმერული ნაერთები, ასევე მოქმედებენ პასტის კონსისტენციაზე [28].

ჯიში არის პამიდვრის პროდუქციის კონსისტენციაზე მოქმედი ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორი და ხარისხის განმსაზღვრელი, სხვადასხვა ჯიშის პამიდვრის განსხვავებული ქიმიური შემადგენლობის გამო. სხვადასხვა ჯიშის პამიდვრისგან ერთი და იგივე ტექნოლოგიურ პირობებში დამზადებულ სხვადასხვა პროდუქციას გააჩნია განსხვავებული კონსისტენცია [29].

მსხლის ფორმის პამიდორი შეიცავს უფრო მეტი რაოდენობით პექტინს, ვიდრე მრგვალი ფორმის ნაყოფი. პამიდვრის კონცენტრატების კონსისტენცია ასევე განსხვავდება სხვადასხვა გეოგრაფიულ ადგილას დაკრეფილი ნაყოფების და მათი სიმწიფის მიხედვით [30].

ტემპერატურა გადამუშავების დროს დიდი გავლენას ახდენს პამიდვრის პროდუქტებზე. შედარებით მაღალ ტემპერატურებზე გადამუშავებისას, მიიღება უფრო მაღალი სიბლანტის მქონე პროდუქტი პექტოლიტიკური ენზიმების პექტინგალაქტურონაზების (PG) და პექტინმეთილესთერაზების (PME) დეაქტივაციის გამო [31].

ცივად გადამუშავების დროს მიღებულ ტომატის პასტაში შრატის შემცველობა უფრო მაღალია, ვიდრე მაღალ ტემპერატურებზე გადამუშავებისას. უკუოსმოსით მიღებულ პამიდვრის წვენს უკეთესი შეფერილობა და გემო აქვს ვიდრე აორთქლებით გზით კონცენტრირებულ წვენს [32].

მაღალ ტემპერატურაზე გადამუშავებით მიღებული პროდუქტის სიბლანტე შეიძლება გაიზარდოს ასევე უჯრედების რღვევისას მათგან პექტინების გამოტუტვის გამო, რომლებიც იერთებენ მეტი რაოდენობით წყალს [33].

საცერი ეკრანის ზომა, დამაქუცმაცებელი დანების და შემრევის ბრუნის სიჩქარე, რომლებიც გავლენას ახდენენ ჰომოგენიზაციაზე, არის პამიდვრის წვენის სიბლანტის განმსაზღვრელი ერთ-ერთი ფაქტორი. წარმოების პროცესში ძირითადად გამოიყენება 0,5 მმ, 1,0 მმ და 1,5 მმ ზომის ნახვრეტების მქონე საცერი ეკრანები. დიდი ზომის ეკრანების გამოყენებისას მიიღება უფრო ბლანტი მასა - დიდი ნაწილაკების გამო, პატარა ზომის ეკრანის გამოყენებისას მიიღება ნაკლებად ბლანტი წვენი. დანების ბრუნთა მაღალი სიჩქარის დროს მიიღება უკეთესი კონსისტენციის მასა - ეკრანის ზომის მიუხედავად [34-36].

ხარშვისას შემრევის ბრუნის მაღალი სიჩქარე მოქმედებს სიბლანტეზე ტემპერატურისგან დამოუკიდებლად [37].

ელექტროლიტები ხელს უწყობენ უჯრედის კედლის გაჩერებას შეტივტივებულ (სუსპენდირებულ) მდგომარეობაში და ამით გავლენას ახდენენ ტომატის წვენი სიბლანტეზე. ხსნადი პექტინების და ისეთი ბუნებრივი ელექტროლიტების მოცილებამ, როგორებიც არიან ორგანული მჟავები და მინერალური მარილები, შესაძლებელია გამოიწვიოს კონსისტენციის შემცირება და დარჩენილი წვენი შესქელება ნახევრად გელის მდგომარეობამდე [38-40].

მყარი ნივთიერებები წარმოადგენენ ხარისხზე მოქმედ ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ფაქტორს. პირობები, რომელშიც მიმდინარეობს პამიდვრის ზრდა და შემდგომი გადამუშავება, გავლენას ახდენს ნაყოფში და მისი გადამუშავებისას მიღებულ პროდუქტებში შემავალი შაქრის კონცენტრაციაზე. მაგალითად მზის შუქზე გაზრდილი ნაყოფი შეიცავს უფრო მეტ შაქარს, ვიდრე ზამთარში სათბურში მოყვანილი ნაყოფი [41, 42].

პამიდვრის გადამუშავებისას, გაცხელებით მცირდება შაქრის კონცენტრაცია მისი კარამელიზაციის და მჟავა გარემოში მიმდინარე სხვადასხვა რეაქციების გამო [43].

საერთო მჟავიანობა მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს პამიდვრის გადამუშავებით მიღებული პროდუქტების გემოზე, კონსისტენციაზე, ასევე მათი გადამუშავების ხანგრძლივობაზე და გადამუშავებისთვის საჭირო ტემპერატურაზე. რაც უფრო მაღალია pH-ის მნიშვნელობა, გადამუშავებისთვის საჭიროა მეტი დრო, რაც მოქმედებს პროდუქტის ხარისხზე. პამიდვრისგან მიღებული პროდუქტები შეიცავენ სხვადასხვა მჟავებს რომლებიც შესაძლებელია იყვნენ როგორც ბუნებრივი წარმოშობის, ისე მიკროორგანიზმების მიერ წარმოებული, ან ხელოვნურად დამატებული გადამუშავების პროცესში. სასურველია pH-ის მნიშვნელობა იყოს 4.4-2.5 ზღვრებში [44].

პამიდვრის აქტიური მჟავიანობა იზრდება ნაყოფის განვითარების პროცესში, აღწევს მაქსიმუმს ნაყოფის შეფერადების დაწყებისას და შემდეგ იკლებს [45].

გადასამუშავებლად გამზადებული პამიდვრის მჟავიანობის საშუალო მნიშვნელობა, რომელსაც ძირითადად ქმნის ლიმონმჟავა, შეადგენს 0.35%-ს [46].

გადამუშავების პროცესში გაცხელებისას ხელოვნურად შემჟავებულ (pH=2.5-მდე) მაღალი კონსისტენციის მქონე პამიდვრის წვენი უფრო მეტ პექტინს შეიცავს, ვიდრე ბუნებრივი მჟავიანობის მქონე იგივე კონსისტენციის წვენი. მაღალი

მჟავიანობა ($\text{pH} < 2.5$) უარყოფით გავლენას ახდენს პამიდვრის წვენის კონსისტენციაზე იმის გამო, რომ იზრდება პექტინის და სხვა მაღალმოლეკულური ნივთიერებების ექსტრაქცია, აგრეთვე პექტოლიტიკური ენზიმების ინჰიბირება [47], რომ არაფერი ვთქვათ მის გაუარესებულ საგემოვნო თვისებებზე.

უმაღლესი მცენარეების და შესაბამისად პამიდვრის პირველადი უჯრედის კედელი წარმოადგენს კომპლექსურ ქსელს, რომელიც ძირითადად აგებულია პოლისაქარიდების, სტრუქტურული ცილებისა და ზოგიერთი ფენოლისგან.

ამათგან აღსანიშნავია პექტინი, რომელიც წარმოადგენს მცენარის უჯრედში შემავალი პოლისაქარიდების სტრუქტურულ და ფუნქციონალურ ნაირსახეობას. მის ფუნქციას უჯრედის კედლის არქიტექტურის ფორმირების გარდა, ასევე წარმოადგენს უჯრედების ერთმანეთთან „შეწებება“, რაც მოქმედებს კედლის ფორიანობაზე, pH -სა და იონურ შემადგენლობაზე, აგრეთვე უჯრედის ზრდაზე და უზრუნველყოფს მცენარის დაცვას. პექტინი არის ნაყოფის ტექსტურის ძირითადი განმსაზღვრელი. ნაყოფის დამწიფებისას პექტინის დაშლა განაპირობებს ნაყოფის დარბილებას, რომელიც განსაზღვრავს ნაყოფის გადამუშავების შედეგად მიღებული პროდუქტების ტექსტურულ და რეოლოგიურ მახასიათებლებს. პექტინოვან პოლისაქარიდებს შორის პამიდვრის ნაყოფში შემავალი პექტინები კარგად არის შესწავლილი.

უჯრედის კედელი განაპირობებს უჯრედის ფორმას და სტრუქტურულ ერთიანობას. მას აქვს მექანიკური ზემოქმედებისაგან და პათოგენური მიკროორგანიზმების შეღწევისაგან დამცავი ბარიერის ფუნქცია, აგრეთვე უზრუნველყოფს მცენარეზე სიმბიოტური და პათოგენური ზემოქმედების შესახებ სიგნალის გადაცემას - უჯრედებს შორის.

პამიდვრის ნაყოფის დამწიფებისას, რომელიც წარმოადგენს გენეტიკურად კოორდინირებად პროცესს - ნაყოფში ხდება ბიოქიმიური და ფიზიოლოგიური ცვლილებები. ეს ცვლილებები მოიცავს სახამებლის მარტივ შაქრებად გარდაქმნას, ნაყოფში პიგმენტების (მაგალითად ლიკოპენის), ორგანული მჟავების, არომატის განმსაზღვრელი ნივთიერებების დაგროვებას და ნაყოფის დარბილებას, ეს უკანასკნელი განპირობებულია ფერმენტების პექტინგალაქტურონაზას (PG), პექტინ-მეთილესტერაზას (PME), β -გალაქტოზიდაზას (β -GALase) და პექტატ-ლიაზას (PL) მიერ პექტინის მოდიფიცირებით და დაშლით. უჯრედის კედელში

პექტინის შემცველობა ხშირად შეადგენს 50%-ზე მეტს. პექტინგალაქტურონაზას კონცენტრაციის შემდგომი ზრდით და უჯრედების ერთმანეთისგან განცალკევებით ხდება ნაყოფის გადამწიფება. ნაყოფის ტექსტურა გავლენას ახდენს გადამუმავების მახასიათებლებზე და მიებული ტომატ-პასტის სიბლანტეზე.

ნაყოფის გადამუმავებისას, ტომატ-პასტის ან სხვა პროდუქტის წარმოებისას მნიშვნელოვანია პამიდვრის წვენში უჯრედების კედლების პოლიმერების მთლიანობის შენარჩუნება, ამიტომ პექტინების დეგრადაციის თავიდან აცილების მიზნით საჭიროა პექტინებზე მოქმედი ფერმენტების ინაქტივირება, რაც მიიღწევა მაღალი ტემპერატურის და წნევის პირობებში.

წარმოებული პროდუქტის (ტომატ-პასტის) სიბლანტეზე გავლენას ახდენს წვენის ქიმიური შემადგენლობა, ფიზიკური სტრუქტურა, ჯიში, ქვესახეობა, კულტივირების პირობები, მოსავლის აღებისას ნაყოფის მომწიფების ხარისხი, საწარმოო ტემპერატურული რეჟიმები, დაქუცმაცების ხარისხი, წარმოებისას მორევის ხარისხი, კონცენტრირების ხარისხი [48].

პამიდორი მისი მოხმარების მხრივ მსოფლიოში მეორე ადგილზეა კარტოფილის შემდეგ. პამიდორი კალიუმის წყაროს მიხედვით მსოფლიოში მეშვიდე ადგილს იკავებს რძის, კარტოფილის, საქონლის ხორცის, ყავის, ფრინველის ხორცის და ფორთოხლის წვენის შემდეგ.

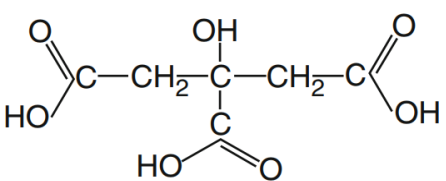
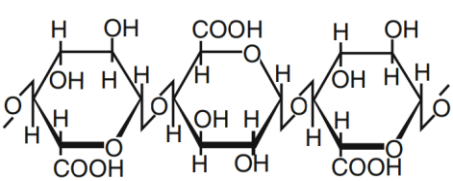
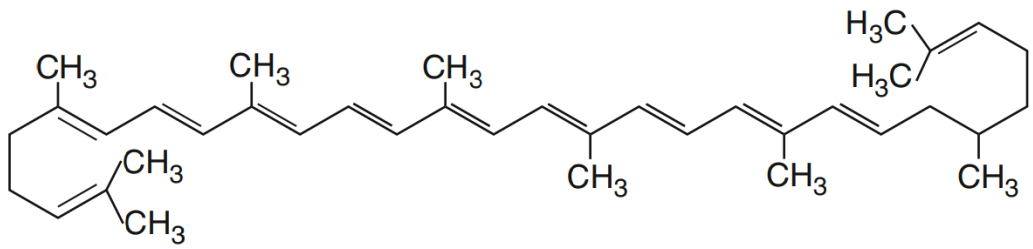
შესაძლებელია პამიდორს გააჩნდეს ანთების საწინააღმდეგო, ანტიტრომბოზული და ლიპიდების შემამცირებელი ეფექტი, რაც სამომავლო კვლევის საგანია.

როგორც ზემოთ უკვე აღინიშნა, პამიდვრის წითელ შეფერილობას განაპირობებს მასში ლიკოპენის შემცველობა, ხოლო ყვითელი პამიდვრის შეფერილობას მასში შემავალი კაროტინები. მზიანი და თბილი ამინდი ხელს უწყობს ლიკოპენის უფრო მეტი რაოდენობის სინთეზს ამიტომ პამიდორი გამოდის უფრო წითელი. ადამიანის ორგანიზმის მიერ ლიკოპენის ათვისება უფრო მარტივად ხდება წვნიანებიდან და სოუსებიდან ვიდრე უმი პამიდორიდან.

ცხრილი 1. 100 გრამი პამიდვრის ქიმიური შედგენილობა

ფიტოქიმიკატები	რაოდენობა 100 გრამ ნაყოფში	ფიტოქიმიკატები	რაოდენობა 100 გრამ ნაყოფში
კარბოჰიდრატები	3,9 გ	რკინა	1 მგ
შაქრები	2,6 გ	ქლორი	60 მგ
საკვები ბოჭკო	1,2 გ	ლიკოპინი	2,573 მკგ
ცხიმები	0,2 გ	ვიტამინი K	7,9 მკგ
ცილები	0,9 გ	ვიტამინი A	42 მკგ
წყალი	94,5 გ	β-კაროტინი	449 მკგ
კალიუმი	237 მგ	ლუტეინი/ზეაქსანტინი	123 მკგ
ნატრიუმი	6	თიამინი	0,037 მგ
კალციუმი	14 მგ	ნიაცინი	0,594 მგ
მაგნიუმი	11 მგ	ვიტამინი B6	0,08 მგ
მანგანუმი	0,114 მგ	ვიტამინი C	14 მგ
ფოსფორი	24 მგ	ვიტამინი E	0,54 მგ

ცხრილი 2. პამიდორში აღმოჩენილი ზოგიერთი ფიტოქიმიკატი

$\begin{array}{c} \text{CO}_2\text{H} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CO}_2\text{H} \end{array}$		
ვაშლმჟავა	ლიმონმჟავა	პექტინმჟავა
		
ლიკოპენი		

ზრდასრულმა ადამიანმა სასურველია ყოველდღიურად მიიღოს დაახლოებით 100 გრამი ახალი პამიდორი, საიდანაც ორგანიზმი მიიღებს წყალს, ნახშირწყლებს გლუკოზას, ფრუქტოზას და საქაროზას სახით, ორგანულ მჟავებს და სხვა სასარგებლო ნივთიერებებს. პამიდვრის შედგენილობა დამოკიდებულია მის ჯიშზე, იმ არეალზე სადაც ხდება მისი მოყვანა, კლიმატურ პირობებზე და

პამიდვრის მოყვანის ტექნოლოგიაზე. პამიდვრის ხშირად მიღება ხელს უწყობს კარდიო ვასკულარული დაავადებების რისკის შემცირებას. სხვადასხვა კვლევების მიხედვით ლიკოპენი და კაროტინი ხელს უწყობს ადამიანის ორგანიზმში არსებული თავისუფალი რადიკალების შემცირებას რითაც მცირდება ავთვისებიანი სიმსივნის გამომწვევი მეტაბოლიტებიც. პამიდვრის 100 გრამი ახალი ნაყოფის ენერგეტიკული ღირებულება შეადგენს დაახლოებით 20 კილოკალორიას [49]. ცხრილში 1 მოცემულია 100 გრამი პამიდვრის ქიმიური შემადგენლობა, ხოლო და ცხრილში 2 ნაჩვენებია პამიდვრში აღმოჩენილი ზოგიერთი ფიტოქიმიკატი [50, 51].

1.3. მზა ტომატ-პასტის მინერალური და ბიოქიმიური შედგენილობა

დუდილის გზით პამიდვრის პიურეს კონცენტრირებით ღებულობენ ტომატ-პასტას. ტომატ-პასტას, რომელსაც ფართო გამოყენება აქვს კულინარიაში, გამოიყენება სხვადასხვა პროდუქტების დასამზადებლად, როგორებიცაა კეტჩუპი, პამიდვრის წვენი, პამიდვრის სოუსი. სტანდარტების მიხედვით დამზადებულ ტომატ-პასტაში შეიძლება შედიოდეს მხოლოდ მარილი, წყალი, და პამიდვრის კონსერვანტების, საღებავების და გემოს გამაძლიერებლების დამატების გარეშე. ტომატ-პასტის დაფასოება შეიძლება როგორც შუშის, ისე თუნუქის ქილებში. რაც უფრო მუქი და თხელია ტომატ-პასტას კონსისტენცია, მით უფრო დაბალია მისი ხარისხი. მაღალი ხარისხის პროდუქტს გააჩნია მონარინჯისფრო-წითელი შეფერილობა და სქელი კონსისტენცია. დაბალი ხარისხის პასტას გააჩნია მოყავისფრო ფერი და თხელი კონსისტენცია. თუ ტომატ-პასტას დაკრავს ახალი პამიდვრის არომატი, მაშასადამე მასში შეყვანილია არომატიზატორები, რომლებიც ფარავენ დამზადების პროცესის ნორმიდან გადახრებს. გარდა ამისა არომატის გემოთა ბუკეტის და სასურველი კონსისტენციის მისანიჭებლად ზოგჯერ ტომატ-პასტის პროდუქტში ურევენ საღებავებს, გემოს გამაძლიერებლებს, სახამებელს, ხილის პიურეს - რომელსაც არავითარი კავშირი არ გააჩნია პამიდვრთან. ამის შედეგად ღებულობენ პროდუქტს, რომელიც არის მიმზიდველი მომხმარებლისათვის, მაგრამ არ გააჩნია არავითარი ღირებულება ადამიანის ორგანიზმისთვის. ამიტომ ტომატ-პასტის შექმნა რეკომენდებულია გამჭვირვალე მინის ქილაში, რომელიც მისი პირველადი ვიზუალური დათვალისთვის

საშუალებას იძლევა. პასტა უნდა იყოს ერთგვაროვანი კონსისტენციის, მონარინჯისფრო-წითელი ფერისა და სქელი კონსისტენციის. მინის ტარაში დაფასობული გაუხსნელი პროდუქტის შენახვის ვადა შეადგენს 2 წელს, მისი დამზადების თარიღიდან (0-25 გრადუს ცელსიუსზე შენახვის პირობებში). მეტალის ქილაში მისი შენახვის ვადაა 1 წელი, ალუმინის ქილაში მისი შენახვის ვადაა - 6 თვე. გახსნილი ქილა ინახება მაცივარში არაუმეტეს 2 კვირისა, შემდეგ მისი ზედაპირი შესაძლოა დაიფაროს ობით.

ცხრილი 3. 100 გრამი ტომატ-პასტის კვებითი ღირებულება

ნივთიერება	რაოდენობა 100 გრამ პროდუქტში	ნივთიერება	რაოდენობა 100 გრამ პროდუქტში
ნახშირწყლები	18,91 გ	ორგანული მჟავები	2,4 გ
მონო- და დი-საქარიდები	18,0 გ	ცხიმები	0,47 გ
უჯრედისი	4,1გ	ცილები	4,32 გ
სახამებელი	0,2 გ	წყალი	17 გ
ასკორბინის მჟავა	21,9 მგ	ნაცარი	2,80 გ

ტომატ-პასტის პოტენციურ საფრთხეს წარმოადგენს მასში შემავალი ორგანული მჟავები (ლიმონის, ვაშლის) რომლებსაც შესაძლოა ჰქონდეთ საჭმლის მომწელებელი ორგანოების ლორწოვანი გარსის გამაღიზიანებელი მოქმედება, ასეთ დროს ადამიანი განიცდის გულმმარვას. გარდა ამისა, ისეთ ტომატ-პასტას, რომელშიც შერეულია სხვადასხვა ქიმიური ინგრედიენტები (შემასქელებლები, გემოს გამამდიერებლები, კონსერვანტები, სტაბილიზატორები, არომატიზატორები, საღებავები) არ შეუძლია სარგებლობის მოტანა ადამიანისთვის. ტომატ-პასტის მოხმარების უკუჩვენებაა კუჭის წყლული, ინდივიდუალური აუტანლობა, ნალვლის ბუშტის კენჭოვანი დაავადება. პამიდორმა ისევე როგორც ციტრუსებმა შეიძლება გამოიწვიოს ალერგია ინდივიდუალურ შემთხვევებში.

ცხრილი 4. ვიტამინების რაოდენობა 100 გრამ ტომატ-პასტაში

ვიტამინი	რაოდენობა 100 გრამ პროდუქტში	ვიტამინი	რაოდენობა 100 გრამ პროდუქტში
β-კაროტინი	901,0 მკგ	B1 (თიამინი)	0,1 მგ
α-კაროტინი	29,0 მკგ	B2 (რიბოფლავინი)	0,2 მგ
D (კალციფეროლები)	0,0 მკგ	B3 (ნიაცინი)	3,1 მგ
E (ტოკოფეროლი)	4,3 მგ	B4 (ნიკოტინამიდი)	38,5 მგ
K (ნაფტოქინონები)	11,4 მკგ	B5 (პანტოთენის მჟავა)	0,1 მგ
C (ასკორბინის მჟავა)	21,9 მგ	B6 (პირიდოქსინი)	0,2 მგ
H (ბიოტინი)	4,5 მკგ	B9 (ფოლიუმის მჟავა)	12,0 მკგ
ლიკოპენი	160 მგ	B12 (ციანკობალამინი)	0,0 მკგ

ცხრილი 5. მიკრო და მაკრო ელემენტების რაოდენობა 100 გრამ ტომატ-პასტაში

მაკროელემენტები	რაოდენობა 100 გრამ პროდუქტში	მიკროელემენტები	რაოდენობა 100 გრამ პროდუქტში
K	1014, 0 მგ	Fe	3,0 მგ
Na	59,0 მგ	Zn	0,6 მგ
Ca	36,0 მგ	Cu	0,4 მგ
Mg	42,0 მგ	Mn	0,3 მგ
P	83,0 მგ	Mo	0,03 მგ
Cl	232 მგ	Co	0,025 მგ
Se	5,3 მკგ	I	0,009 მგ
S	51 მგ	-	-

ტომატ-პასტა მდიდარია საკვები ბოჭკოთი, ლიკოპინით, ვიტამინებით A, E, B, C, მიკრო და მაკრო ელემენტებით, მასაც როგორც პამიდორს გააჩნია ატოქსიდანტური ეფექტი. ლიკოპინის ათვისება შესაძლებელია მხოლოდ ცხიმებთან ერთად.

ტომატ-პასტის ენერგეტიკული ღირებულება 100 გრამ პროდუქტზე შეადგენს 102 კილოკალორიას. ცხრილში 3 ნაჩვენებია 100 გრამი ტომატ-პასტის კვებითი ღირებულება, ხოლო ცხრილებში 4 და 5 მოცემულია მისი ქიმიური შემადგენლობა [52-54].

ცხიმში ხსნადი ვიტამინებიდან ტომატ-პასტაში გვხვდება A, ბეტა-კაროტინი, ალფა-კაროტინი, E და K. წყალში ხსნადი ვიტამინებიდან - C, B1, B2, B3 (PP), B4, B5, B6, B9.

1.4. კვების ბიოუსაფრთხოება

მოკრეფის შემდეგ პამიდორს აქვს შენახვის მოკლე ვადა. პამიდვრის ხარისხზე გავლენას ახდენს მრავალი ფაქტორი, როგორც მოსავლის აღებამდე - ისე მოსავლის აღების შემდეგ. პამიდორში კაროტინოიდების შემცველობა მცირდება მისი შენახვისა და მასზე სინათლის ზემოქმედების დროს, რაც იწვევს პამიდვრის ხარისხის გაუარესებას [55].

პამიდვრის ნაყოფის უჯრედებში ნორმალური მეტაბოლიზმის შედეგად წარმოიქმნება რეაქტიული ჟანგბადის სახეობები (ROS), როგორცაა ზეჟანგის რადიკალი ($O_2^{\cdot-}$), წყალბადის ზეჟანგი (H_2O_2) და ჰიდროქსილის რადიკალი ($OH^{\cdot-}$). მცენარეულ უჯრედებს გააჩნია ანტიოქსიდანტური თავდაცვის სისტემა, რომელშიც მონაწილეობს ისეთი ფერმენტები, როგორებიცაა არიან ზეჟანგი დისმუტაზა (SOD), ასკორბატ პეროქსიდაზა (APX), კატალაზა (CAT), დეჰიდროასკორბატ რედუქტაზა (DHAR), გლუტათიონ რედუქტაზა (GR) და მონოდეჰიდროასკორბატ რედუქტაზა (MDHAR), ასევე წყალში ხსნადი ნაერთები, როგორცაა გლუტათიონი და ფლავონოიდები და ლიპიდში ხსნადი ნაერთები - კაროტინოიდები და ტოკოფეროლები, ხელს უწყობს რადიკალების (ROS) მოცილებას. ეფექტური ანტიოქსიდანტური სისტემის არსებობის მიუხედავად, ჟანგვისგან გამოწვეული დაზიანებები მაინც მიმდინარეობს პამიდვრის უჯრედებში. ფერმენტების გამანეიტრალებელი უნარის დაკარგვის გამო, თავისუფალი რადიკალების დიდი რაოდენობით წარმოქმნის გამო [56].

პამიდვრის ნაყოფში შემავალი ფენოლური ნაერთები, რომელთა რაოდენობაზე ზეგავლენას ახდენს გარემო პირობები, მნიშვნელოვან როლს ასრულებს თავისუფალი რადიკალების განეიტრალებაში [57].

პამიდვრის მოსავალზე ასევე დიდ როლს ასრულებს აზოტი, რომელიც არის ერთ-ერთი მთავარი ნივთიერება და საჭიროა მცენარის ზრდისა და განვითარებისათვის. აზოტი არის ცილების, ფერმენტების და ნუკლეინის მჟავების პირველადი შემადგენელი ნაწილი, ამიტომ ის მონაწილეობს მრავალ ფიზიოლოგიურ და მეტაბოლურ პროცესში. ხშირად პამიდვრის მწარმოებლებს ნიადაგში შეაქვთ ზედმეტი სასუქი, რათა გაზარდონ მოსავალი, აზოტის გაზრდილი რაოდენობა უარყოფითად აისახება პამიდორზე. აზოტის შემცირებულმა

მიწოდებამ შეამცირა (Bernard et al. 2009) ვეგეტატიური ზრდა, მაგრამ გააუმჯობესა პამიდვრის ხარისხი (დაბალი მჟავიანობა, შაქრის მაღალი შემცველობა); იმ ნაყოფებში სადაც მიაწოდეს აზოტის სასუქი შემცირებული რაოდენობით, C ვიტამინი უფრო მაღალი. ზოგიერთმა კვლევამ აჩვენა, რომ აზოტის სასუქების დიდი რაოდენობით გამოყენებამ უარყოფითი გავლენა იქონია პამიდვრის ხარისხზე და ვიტამინების შემცველობის თვალსაზრისით. აზოტის ზომიერად მიწოდება აუმჯობესებს პამიდვრის გემოს. აღმოჩნდა, რომ სასუქის ჭარბად მიწოდებით იზრდება ნაყოფში არასტაბილური ნაერთების კონცენტრაციას, მჟავიანობას და ამცირებს ნაყოფის სიმტკიცეს [58].

1.5. პამიდვრის კულტურის ნედლეულის ქვეშ არსებული (გორის რაიონი, მარნეული) ნიადაგურ-კლიმატური პირობები

გორის რაიონში განვითარებულია ოთხი ლანდშაფტი: 1. ზომიერად მშრალი ჰავის სუბტროპიკული ვაკეების ჯაგეკლიანი სტეპი ალუვიურ და მდელოს ყავისფერ ნიადაგებზე; 2. ზომიერად მშრალი ჰავიანი ბორცვიან-სტეპიანი და მეჩხერტყიანი ლანდშაფტი ტყის ყავისფერ ნიადაგებზე; 3. ზომიერ ნოტიო ჰავიანი შერეულფოთლოვანი და წიფლნარ-მუქწიწვიანი ტყის ლანდშაფტი ყავისფერ და ყომრალ ნიადაგებზე; 4. ბუჩქოვან-მდელოიანი სუბალპები.

მარნეულის რაიონში გავრცელებულია მშრალი სუბტროპიკული ვაკისა და ზომიერ ნოტიო ჰავიანი მთა-ტყის ლანდშაფტის ტიპების შემდეგი სახეები: 1. მშრალი სტეპური და ნახევარუდაბნო ვაკე, წაბლა და დამლაშებულ-ბიცობიანი ნიადაგებით, 2. სტეპური მაღლობი უროიანი და ჯაგეკლიანი მცენარეულობით, წაბლა ნიადაგების კომპლექსზე, 3. ბორცვიან-სერებიანი მთისწინეთი ჯაგრცხილნარ-მუხნარით და მდელობუჩქნარით, ტყის ყავისფერ და ყომრალ ნიადაგებზე, 4. დაბალი მთები რცხილნარ-მუხნარით, ტყის ყავისფერ და ყომრალ იადაგებზე, 5. საშუალო მთები წიფლის ტყით, ყომრალ ნიადაგებზე, 6. ჭალის ტყის (ტუგაის) ლანდშაფტი.

აღმოსავლეთ საქართველოს ნიადაგები მრავალფეროვანი და რთულია სადაც ძირითადად გამოიყოფა ყავისფერი, ყავისფერ-კარბონატული და მდელოს

ყავისფერი, ბარის შავმიწები, დამლაშებული (ბიცი და ბიცნარი) და მთა-მდელოს ნიადაგები. აღმოსავლეთ საქართველოს ნიადაგებს უჭირავს ბარი, მთისწინეთი და მთიანი ზონა სურამის ქედიდან აღმოსავლეთისკენ.

ზოგადად აღმოსავლეთ საქართველოს ყავისფერი ნიადაგები გამოირჩევიან ნეიტრალური ან ტუტე რეაქციით მათსი ჰუმუსის საშუალო შემცველობა 3.92-3.37%.

ნიადაგების სახეობების გარდა პამიდვრის ნაყოფზე გავლენას ახდენს ასევე ნიადაგის მაკროფორიანობა. ნიადაგის ზედაპირის მაკროფორიანობა ზრდის ნიადაგში წყლის შეკავების და მისი როგორც წყლის ისე ჰაერის გამტარიანობის უნარს, ამავე დროს ამ უნარზე არ მოქმედებს ნიადაგის დაბალი სიმკვრივე. ნიადაგის მაკროფორიანობა უზრუნველყოფს პამიდვრის ვეგეტაციის პერიოდში მის ფესვთა ზონაში ნიადაგის წყლის მაღალ შემცველობას. ნიადაგის მიერ წყლის შეკავების განსხვავებული ხარისხი არ ახდენს გავლენას პამიდვრის პროდუქტიულობაზე, მაგრამ მნიშვნელოვანი გავლენა აქვს ნაყოფის ხარისხზე [59, 60].

მაგალითად პამიდვრის ფოთლებსა და ნაყოფში ფოსფორის, კალიუმის და აზოტის შემცველობა იზრდება არა მხოლოდ მიწოდებული სასუქის დონის ზრდით, არამედ ირიგაციის გაზრდით და პირიქით მცირდება არასაკმარისი წყლის მიწოდებით [61].

1.6. პამიდვრის ნედლეულისგან ტომატ-პასტის მიღების ზოგადი ტექნოლოგია

ტომატის პასტა წარმოადგენს მუქი წითელი ფერის მასას რომელიც მზადდება პამიდვრის კანის და თესლის გაცლის შემდეგ მისი ხარშვის შედეგად კონცენტრირებით. საწარმოო წესით დამზადებული ტომატის პასტა უნდა შეიცავდეს მინიმუმ 14 % სრულად ხსნად მყარ ნივთიერებებს ე.წ. TSS (Total Soluble Solids). საშუალოდ, 6 კგ ახალი პამიდვრისაგან მიიღება 1 კგ ტომატის პასტა, რომლის ბრიქსის ინდექსი შეადგენს 25-28°. ბაზარზე უმეტესად გავრცელებულია ტომატის პასტა 25-28° ბრიქსის ინდექსით - ე.წ. „ორმაგი კონცენტრატი“, ასევე გვხვდება 36-38° ბრიქსის ინდექსის მქონე „სამმაგი კონცენტრატი“ (იხ. ცხრილი 6).

ტექნოლოგიური პროცესი მოიცავს შემდეგ ძირითად საფეხურებს: პამიდორი → წყლით რეცხვა → სორტირება და დარჩევა → კანის მოცილება 90°C-ზე 3-5

წუთის განმავლობაში → დაქუცმაცება და გაფილტვრა (კანის და თესლის მოცილება) → ხარშვა სასურველი კონსისტენციის მიღებამდე (კონცენტრირება წყლის აორთქლებით ორთქლის პერანგის მქონე ქვაბში ან ვაკუუმის ქვეშ) → საბოლოო პროდუქტის მიღება, პიურეს შემთხვევაში 12-15%-იანი ან ტომატ-პასტას შემთხვევაში 25%-იანი TSS შემცველობით (შეფასებას ახდენენ ხელის რეფრაქტომეტრით) → ცხელი მასის ჩამოსხმა ბოთლებში ან ქილებში 82-88°C → მდულარე წყლით სტერილიზაცია 20 წუთის განმავლობაში → გაცივება → შენახვა ოთახის ტემპერატურაზე (გრილ და მშრალ ადგილას).

პროცესი მიმდინარეობს უჟანგავი ფოლადის ჭურჭელში, დაუშვებელია ალუმინის გამოყენება. ტომატ-პასტას უმატებენ კონსერვანტს - ნატრიუმის ბენზოატს 250 ppm ან 0.1%.

ცხრილი 6. ტომატის პიურე და პასტა სხვადასხვა სრულად ხსნადი მყარი ნივთიერებების (TSS %) პროცენტული შემცველობით

TSS კონცენტრაცია	ტომატის პიურე	ტომატის პასტა
მსუბუქი	8.0 – 10.1	24.0 – 28.0
საშუალო	10.1 – 11.3	28.0 – 32.0
მძიმე	11.3 – 15.0	32.0 – 38.5
ექსტრა მძიმე	15.0 – 24.0	38.5-ზე მეტი
კონცენტრირებული ტომატის წვენი	20.0 – 24.0	--

ტომატის პასტა მზადდება ტექნიკურ სიმწიფეში მყოფი პამიდვრისაგან [62]. მწარმოებელს უნდა ჰქონდეს ინფორმაცია პამიდვრის სახეობის შესახებ. წარმოების პროცესში შეიძლება საჭირო გახდეს პროცესის დროისა და ტემპერატურის რეგულირება ეფექტური სტერილიზაციის უზრუნველსაყოფად. მწარმოებელი დარწმუნებული უნდა იყოს სტერილიზაციის უსაფრთხოებაში. FDA-ს მიერ ნებადართულია პროდუქტის მჟავიანობის რეგულირება pH 4.6 ქვემოთ. ნედლეულის ხარისხმა შეიძლება სერიოზულად იმოქმედოს სტერილიზაციის უსაფრთხოებაზე, ტომატ-პასტის წარმოების დასასრულს pH-ის შემოწმება არის ხარისხის კონტროლის ერთ-ერთი პარამეტრი, რომელიც ხელს შეუწყობს გაფუჭების პრევენციას. pH-ზე ასევე დამოკიდებულია საგემოვნო თვისებებიც [63].

კარგი ხარისხის ტომატის პასტა არის ერთგვაროვანი მასა, მაღალი სიმკვრივით, უცხო სხეულების გარეშე (თესლი, კანი და ა.შ.). მასში რძემჟავა არ უნდა იყოს 0.15%-ზე მეტი [64].

სტერილიზაცია გულისხმობს დაკონსერვებული პროდუქტის თერმულ დამუშავებას 100°C-ზე მაღალ ტემპერატურაზე, მასში არსებული მიკროორგანიზმების დახოცვის მიზნით. სტერილიზაციას, რომელიც ხორციელდება 100°C ტემპერატურაზე და ქვემოთ, ეწოდება პასტერიზაცია.

აღსანიშნავია, რომ სტერილიზაციის მიზანი არ არის ყველა მიკროორგანიზმის დახოცვა, არამედ მათი, რომლებიც მრავლდება კონსერვში და გამოყოფს საშიშ ტოქსინებს. ამრიგად, სტერილიზაციის პროცესში საჭიროა არა აბსოლუტური, არამედ მხოლოდ ეგრეთ წოდებული სამრეწველო სტერილობის მიღწევა, საკვების გაფუჭების გამომწვევი აგენტების ან პათოგენური ფორმების განადგურებით.

სტერილიზაციის პროცესის დამახასიათებელი ძირითადი პარამეტრებია ტემპერატურა, რომელიც უნდა გაიზარდოს და შენარჩუნდეს სტერილიზაციის აპარატში და დრო, რომლის დროსაც დაკონსერვებული საკვები თბება. ამ ორ პარამეტრს უწოდებენ მიკრობიოლოგიურ პარამეტრებს რადგან ისინი განსაზღვრავენ მიკროორგანიზმების სიკვდილს.

როგორც აღმოჩნდა ბოტულიზმის გამომწვევი ბაქტერია *Clostridium botulinum* რთულად ვითარდება ისეთ გარემოში, რომლის pH არის 4.2 და ქვემოთ. საკვები პროდუქტები, რომელთაც გააჩნიათ pH 4.2 ან უფრო დაბალი მნიშვნელობები ითვლება მყავედ. მათი სტერილიზაცია უნდა მოხდეს 100°C ან უფრო დაბალ ტემპერატურაზე. ყველა საკვები პროდუქტი, რომლის pH 4.2-ზე მეტია, სტერილიზაცია უნდა ჩაუტარდეს 100°C-ზე მაღალ ტემპერატურაზე. ამიტომ დიდი მნიშვნელობა აქვს პამიდვრის pH-ის განსაზღვრას ტომატ-პასტის მომზადების წინ.

ლეტალური დრო დამოკიდებულია შემდეგ ფაქტორებზე: სტერილიზაციის ტემპერატურაზე, კონსერვის ქიმიურ შემადგენლობაზე, მიკროორგანიზმების ტიპზე და მათ რაოდენობაზე.

სტერილიზაციის ჩატარება შესაძლებელია სხვადასხვა ტემპერატურაზე - სხვადასხვა ხანგრძლივობით. სხვადასხვა კვლევებმა აჩვენა, რომ კონსერვის ხარისხი უკეთესად ნარჩუნდება მცირე დროით სტერილიზაციით მაღალ ტემპერატურაზე. მაღალტემპერატურაზე დიდი ხნით დამუშავება იწვევს პროდუქტის გაფუჭებას, რაც გამოიხატება ფერის გამუქებით, გემოს და არომატის გაუარესებით, პროდუქტში სასარგებლო ნივთიერებების შემცირებით.

პროდუქტის ხარისხის გაუარესების გარეშე მაღალტემპერატურული დამუშავება შესაძლებელია ასევე შეფუთვამდე ცხლად გადატანით სტერილურ ჭურჭელში, რასაც ასეპტიკური მეთოდი ეწოდება.

რაც უფრო დაბალია pH, მით უფრო დაბალი იქნება ლეტალური დრო. pH-ის გარდა გასათვალისწინებელია მჟავის ბუნებაც: რძემჟავაში უფრო მეტად ითრგუნებიან მიკროორგანიზმები, ვიდრე ძმარმჟავაში.

სუფრის მარილის შედარებით დაბალი შემცველობისას, 2.5%-მდე, ის, შაქრის მსგავსად, ოსმოსურად შთანთქავს ტენს მიკრობული უჯრედებიდან და ხდის მათ უფრო მდგრადს სითბოს მიმართ. მაღალი კონცენტრაციის დროს მარილი ხელს უწყობს მიკრობული უჯრედების პროტოპლაზმური ცილების კოაგულაციას და მცირდება ლეტალური დრო.

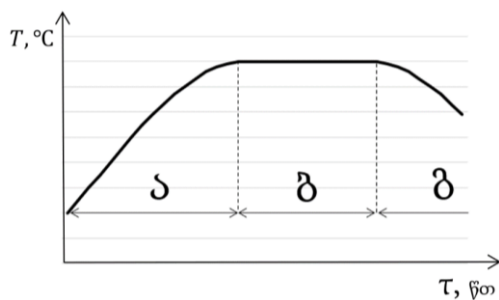
ბაქტერიული უჯრედები სპორებზე ბევრად უფრო სწრაფად იღუპებიან. ამრიგად, ვეგეტატიური უჯრედების უმეტესობისთვის ლეტალური დრო მხოლოდ რამდენიმე წუთია 60-80°C ტემპერატურაზე. სპორების სასიკვდილო დრო ძალიან დიდია. მაგალითად, ბოტულიზმის გამომწვევი აგენტის (შტამი A) სპორების ლეტალური დრო 100 °C ტემპერატურაზე აღწევს 300 წუთს.

სპორების რაოდენობის 1000-ჯერ შემცირებით, ლეტალობის დრო მხოლოდ 3-ჯერ მცირდება. შესაბამისად დაბინძურების შემცირებით, დრო შეიძლება შემცირდეს 3-ჯერ.

ჰამიდვრის წვენი სტერილიზაციას ატარებენ 55 წუთის, ჰამიდვრის პიურეს სტერილიზაციას 80 წთ, ხოლო ტომატ-პასტის საწარმოო სტერილიზაციის ატარებენ 90 წუთის განმავლობაში რომელიც საწარმოო მასშტაბის და აპარატურის სპეციფიკიდან გამომდინარე, შესაძლებელია ჩაიწეროს სხვადასხვა გვარად, მაგალითად:

$$\frac{a - b - c}{t^{\circ}\text{C}} = \frac{25 - 90 - 30}{125^{\circ}\text{C}}$$

კონსერვის სტერილიზაციის მრუდს ტრაპეციის ფორმა აქვს, რომელიც ნაჩვენებია სურათზე 1 [65].



სურათი 1. სტერილიზაციის ტემპერატურული რეჟიმი

(ა) ტემპერატურის მატება საწყისი წერტილიდან სტერილიზაციის ტემპერატურამდე, (ბ) სტერილიზაცია, (გ) ტემპერატურის კლება სტერილიზაციის დასრულებისას

ცხრილი 7. კონსერვის გაცხელებისას მაღალი ტემპერატურის ზემოქმედების ეფექტი საკვებ კომპონენტებზე

მკვებავი	ეფექტი
მშრალი ნივთიერება	მყარი მასის შემცირება დაკონსერვებულ საკვებში, განზავება, გაუწყლოება.
ცილები	ენზიმების ინაქტივაცია, მნიშვნელოვანი ამინომჟავების დანაკარგი, ორგანიზმის შეთვისების შემცირება
ნახშირწყლები	სახამებლის ჟელატინიზაცია და შეთვისების გაზრდა, ნახშირწყლების შემცველობის ცვლილების გარეშე.
საკვები ბოჭკო	როგორც წესი, ფიზიოლოგიური ღირებულების დაკარგვის გარეშე. ცის-ცხიმების გარდაქმნა ტრანს-ცხიმებად, დაჟანგვის გზით. შეუცვლელი ცხიმოვანი მჟავების აქტივობის დაკარგვა.
წყალში ხსნადი ვიტამინები	C და B ვიტამინების დიდი რაოდენობით დანაკარგი, თერმული დაშლის და გამოტუტვის გამო. ბიოტინის და ნიაცინის გაზრდილი რაოდენობა ფერმენტების ინაქტივაციის გამო.
ცხიმში ხსნადი ვიტამინები	ლიპიდების დანაკარგი დაჟანგვის გამო.
მინერალები	ნატრიუმის და კალციუმის გაზრდილი რაოდენობა საკონსერვო

საკვები პროდუქტების გაცხელებისას მათში სხვადასხვა ქიმიური რეაქციები მიმდინარეობს, რაც იწვევს მათი კვებით ღირებულების დაქვეითებას და გარდაქმნის არაჯანსაღ პროდუქტად. გაცხელების პროცესის გავლენა ძირითად საკვებ კომპონენტებზე მოყვანილია ცხრილში 7.

1.7. საკვები პროდუქტების უსაფრთხო შენახვისთვის განკუთვნილი ინოვაციური ტექნოლოგიები

საკვები პროდუქტის შენახვისას მისი უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად მუდმივად ვითარდება ინოვაციური ტექნოლოგიები. სტერილიზაცია მაღალ ტემპერატურაზე გაცხელებით მოითხოვს ენერჯის დანახარჯს და სპეციფიკურ ჭურჭელს. სტერილიზაციის დროს მაღალ ტემპერატურაზე გაცხელება საკვებ პროდუქტებში იწვევს მრავალი სასარგებლო ნივთიერების შემცირებას, რაზეც უკვე აღინიშნა მოცემულ ნაშრომში. იმისათვის, რომ შენახული საკვები პროდუქტი იყოს მაქსიმალურად ჯანსაღი, მასში იყოს სასარგებლო ნივთიერებები შენარჩუნებული, იყოს უსაფრთხო როგორც მიკრობიოლოგიური, ასევე ქიმიური თვალსაზრისით და მის წარმოებაზე დაიხარჯოს ნაკლები ენერჯია, რაც თავის მხრივ ატმოსფეროში ნახშირორჟანგის გაფრქვევასაც შეამცირებდა, ამისთვის მსოფლიოში აქტიურად მიდის სხვადასხვა ინოვაციური ტექნოლოგიების განვითარება. უმეტესობა მათგანი არის ეკო მეგობრული და ხელს უწყობს ენერჯის და წყლის ხარჯის შემცირებას [66]. არსებობს საკვები პროდუქტების სტერილიზაციის სხვადასხვა ინოვაციური ტექნოლოგიები, როგორებიც არის:

პულსირებული ელექტრო ველის (PEF- Pulsed Electric Fields) გამოყენება - ეს არის არათერმული, კლასიკურ სტერილიზაციის მეთოდთან შედარებით დაბალი ენერჯო დანახარჯების მქონე მეთოდი, საკვებ პროდუქტებში არსებული მიკროორგანიზმების გაუვნებელყოფისთვის, რა დროსაც საკვებ პროდუქტში გატარებული დენი აზიანებს მიკროორგანიზმების უჯრედების მემბრანებს და მოქმედებს მათზე ლეტალურად [67]. თუმცა ზუსტი მექანიზმი ჯერ კიდევ ბოლომდე არ არის დადგენილი. აგრეთვე მისი ზემოქმედება არ არის ლეტალური ყველა სახის მიკროორგანიზმისთვის და არ იძლევა სტერილიზაციის სრულ გარანტიას [68]. ასევე გასათვალისწინებელია ის გარემოება, რომ ამ მეთოდის გამოყენების შემდეგ შესაძლებელია ადგილი ჰქონდეს ვირუსების და პარაზიტების აღდგენას [69].

მაღალი წნევით დამუშავება (HPP – High Pressure Processing) სტერილიზაციის ერთ-ერთი ინოვაციური მეთოდი. მისი გამოყენება იწვევს საკვების გაფუჭების გამომწვევი პათოგენური და არაპათოგენური მიკროორგანიზმების განადგურებას საკვების ხარისხის გაუარესების გარეშე [70].

მაღალი წნევის ზემოქმედება საკვებ პროდუქტებზე იწვევს მიკროორგანიზმების სხვადასხვა მორფოლოგიურ ცვლილებებს. მაგალითად: ციტოპლაზმის და უჯრედის კედლის ერთმანეთისგან განცალკევებას და უჯრედში მოძრავი იონების ცვლის დარღვევას, ასევე უჯრედის მემბრანის დაზიანებას, მიკროორგანიზმების ცილების დენატურაციას, დნმ დაზიანებას და ა.შ. [71-74]. ამ მეთოდის გამოყენებისას არსებობს არასათანადოდ დაზიანებული მიკროორგანიზმების აღდგენის რისკი, რომლებმაც შესაძლებელია საფრთხე შეუქმნან ადამიანების ჯანმრთელობას [75].

აღნიშნული მეთოდით გართულებულია პათოგენური მიკროორგანიზმების სპორების განადგურება, რომელიც მოითხოვს მაღალ წნევას და ტემპერატურას (50-100 მპა, 80-100°C) [76-78].

სოკოების უჯრედები უფრო მდგრადები არიან წნევის მიმართ, ვიდრე ბაქტერიები. მათ გასანადგურებლად 400 მპა-მდე წნევა საკმარისია, მაგრამ მათ მიერ წარმოქმნილი მიცელა და სპორები მდგრადია მაღალი წნევის მიმართ [79, 80].

მაღალი წნევის მიმართ ბაქტერიებთან შედარებით უფრო მდგრადები არიან ვირუსები და პარაზიტები, მათ გასანადგურებლად 400 მპა-მდე წნევაა საჭირო [81-83].

ულტრაბგერის საშუალებით მიკროორგანიზმების განადგურება დაფუძნებულია მიკროორგანიზმის უჯრედის კედელზე მოქმედ კავიტაციაზე. რისთვის გამოიყენება ულტრაბგერის სხვადასხვა დიაპაზონის ზღვრები. ულტრაბგერის ზღვრები, რომელსაც შეუძლია მიკროორგანიზმების განადგურება იყოფა მაღალ სიხშირულ დაბალი ენერჯის მქონედ და დაბალ სიხშირულ მაღალი ენერჯის მქონე დიაპაზონებად. აღნიშნული ზღვრები კლასიფიცირდება როგორც დაბალი ინტენსივობის ულტრაბგერად, რომლის მოქმედება 1 სმ² ფართობზე ნაკლებია 1 ვატზე და მაღალი ინტენსივობის ულტრაბგერად - რომლის მოქმედება 1 სმ² ფართობზე არის 10-დან 1000 ვატამდე. მიკროორგანიზმებზე გამანადგურებელი ეფექტი აქვს მაღალი ინტენსივობის ულტრაბგერას. სწორედ ამიტომ შევაჩერეთ დისერტაციაზე მუშაობისას ჩვენი არჩევანი მაღალი ინტენსივობის ულტრაბგერაზე, რომლის სიხშირე 40 კილოჰერცს, ხოლო სიმძლავრე 60 ვატს შეადგენს. აკუსტიკური კავიტაციის ძირითადი მოქმედება მდგომარეობს მისი მოქმედების არეში არსებული მოლეკულების შეკუმშვასა და მოდუნებაში. წნევის სწრაფი

ცვლილება იწვევს აირის ბუშტების წარმოქმნას. ულტრაბგერის მატებასთან ერთად ბუშტებიც განაგრძობენ ზრდას, ხოლო ულტრაბგერის ენერჯის მკვეთრი შემცირება იწვევს წარმოქმნილი ბუშტების მკვეთრ დაშლას, რაც შეიძლება შევადაროთ ბუშტის გახეთქვას მისი შიდა მიმართულებით, რა დროსაც წარმოიქმნება დარტყმითი ტალღები [84]. აღნიშნულ მოვლენას ეწოდება ბგერითი კავიტაცია. აღსანიშნავია, რომ კავიტაცია მიმდინარეობს 2.5 მჰც სიხშირეზე ქვემოთ, ხოლო ინტენსივობა უნდა იყოს 10 ვტ/სმ²-ზე მეტი.

ტომატ-პასტის დამზადებისას კავიტაციას აჩქარებს ვაკუუმი, რაც გამოიხატება პროცესის ინტენსიფიკაციაში - ეს პროცესი ვიზუალურადაც კარგად შეინიშნება.

სამეცნიერო კვლევების შედეგად ცნობილია, რომ ულტრაბგერის მიერ გამოწვეული რხევები იწვევს ბაქტერიული ფლორის, სოკოების, პროტოზოას და ვირუსების დაზიანებას [85].

ულტრაბგერის გამოყენება შესაძლებელია შედარებით დაბალ ტემპერატურებზე ვიდრე კლასიკური სტერილიზაციის და კონსერვირების პროცესების დროს გამოიყენება. ამიტომ მიზანშეწონილად მიგვაჩნია გამოვიყენოთ ულტრა ბგერა ტომატ-პასტის წარმოებაში, რათა შესაძლებელი გახდეს მიკროორგანიზმების დახოცვა მაღალტემპერატურული სტერილიზაციის ჩატარების გარეშე, რაც საშუალებას მოგვცემს შევინარჩუნოთ ტომატ-პასტაში სასარგებლო ნივთიერებები, ასევე შევქმნათ ენერგო ეფექტური წარმოება ნაკლები ენერგო დანახარჯებით, ვინაიდან ულტრაბგერის მიღებას გაცილებით დაბალი ენერგია ესაჭიროება ვიდრე მაღალტემპერატურაზე გაცხელებას. ულტრაბგერის ანტიმიკრობული ეფექტი ვლინდება 20-40 კილოჰერცის დიაპაზონში. იმის გათვალისწინებით, რომ ტომატ-პასტა წარმოადგენს ბლანტ მასას, მიზანშეწონილად მიგვაჩნია 40 კილოჰერცის სიხშირის გამოყენება, ვინაიდან ტომატ-პასტის მასაში შელწევადობის თვალსაზრისით მეტად ეფექტური იქნება 20 კილოჰერცთან შედარებით. აღსანიშნავია, რომ ტომატ-პასტის წარმოებისას ულტრაბგერის გამოყენება არ არის შესწავლილი. შესაბამისად ამ მხრივ ჩვენი კვლევა საინტერესო სიახლეა.

ცხრილი 8. ზოგიერთ საკვებ პროდუქტში მიკრობების განეიტრალება ულტრაბგერის გამოყენებით

პროდუქტი	მიკროორგანიზმები	პროცესის პარამეტრები	მიკროორგანიზმების შემცირება, %	ვიტამინი C, მგ, %		pH	
				კონტროლი	დამუშავების შემდეგ	კონტროლი	დამუშავების შემდეგ
მაყვლის წვენი	აერობული მიკროორგანიზმები და საფუარის სოკოები	44 კპც, 40°C, 60წთ	90,0	5	3,5	3,60	3,65
ატმის წვენი	აერობული მიკროორგანიზმები და საფუარის, ობის სოკოები	20 კპც, 63°C, 20წთ	99,9	4	3,5	12,77	12,63
მანდარინის წვენი	აერობული მიკროორგანიზმები	19 კპც, 50°C, 36წთ	99,0	26,82	24,49	3,43	3,45

სტერილიზაციას ულტრაბგერის გამოყენებით ეფექტურად იყენებენ რძის [86-88], ხორცის პროდუქტების [89, 90] და ხილ-ბოსტნეულის წვენების [91] სტერილიზაციისთვის. ზოგიერთ ხილის წვენში, ულტრაბგერის გავლენა სხვადასხვა ტიპის მიკროორგანიზმებზე ნაჩვენებია ცხრილში 8 [92].

1.8. საკვების უვნებლობასა და სტაბილურობაზე მოქმედი მიკროორგანიზმების ზოგადი დახასიათება

საკვების უსაფრთხო შენახვას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ადამიანის ჯანმრთელობისთვის. დაკონსერვებული საკვები უსაფრთხო უნდა იყოს, როგორც საკვები დანამატების ასევე მიკრობიოლოგიური დაბინძურების თვალსაზრისით.

ამავე დროს იგი უნდა იყოს ჯანსაღი და უნდა ქონდეს მაღალი კვებითი ღირებულება.

მიკრობიოლოგიურად უსაფრთხო კონსერვირებული პროდუქტის მისაღებად მრეწველობაში იყენებენ გამოშრობის, დამარილების, გაცხელება-დუღილის, სხვადასხვა ქიმიური ნივთიერებების დამატების მეთოდებს, რაც ამცირებს მიკროორგანიზმების ზემოქმედებით გამოწვეული საკვების გაფუჭების რისკს [93].

აუცილებელია საკვები პროდუქტების წარმომავლობის, შემადგენლობის, pH-ის, თავისუფალი წყლის შემცველობის და შენახვის პირობების (მაგალითად, შენახვის ტემპერატურის და ტენიანობის ზღვრების, წნევის) ცოდნა. ამასთან ერთად, ყველაზე გავრცელებული და მდგრადი მიკროორგანიზმების მახასიათებლების შესახებ ინფორმაციის ფლობა, საკვები პროდუქტების დამზადების და შენახვის პროცესში, მათი მიკროფლორის წინასწარ განსაზღვრის საშუალებას იძლევა. შესაბამისად სწორი ტექნოლოგიების გამოყენება, რაც გულისხმობს პასტერიზაციას და სტერილიზაციას, ასევე სანიტარია-ჰიგიენური პირობების დაცვას და საწყისი ნედლეულის წარმომავლობის ცოდნას, რაც გამორიცხავს უხარისხო პროდუქტის მიღებას - ხელს უშლის საკვებ პროდუქტებში პათოგენური მიკროორგანიზმების კოლონიების გავრცელებას და გაფუჭებას. თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ ზემოთ ხსენებული პირობების დაცვა არ გამორიცხავს შენახული საკვები პროდუქტების გაფუჭებას და პათოგენური მიკროორგანიზმების გავრცელებას სხვადასხვა კვების ობიექტებში, რესტორნებში, სავაჭრო ობიექტებში ან სახლის პირობებში მათი არასწორი შენახვის გამო [94].

მიკროორგანიზმებით დაბინძურებული და გაფუჭებული საკვები პროდუქტები უარყოფითად მოქმედებენ არამარტო ადმიანის ჯანმრთელობაზე, არამედ ეკონომიკაზე, მწარმოებლის რეპუტაციაზე და ა.შ. ასევე შესაძლებელია კანონმდებლობით გათვალისწინებული სასჯელის მიღებაც [95].

შენახული საკვები პროდუქტების გაფუჭება მიკროორგანიზმების აქტიურობით, მოიცავს კომპლექსურ მექანიზმს. გაფუჭებულ პროდუქტში შესაძლებელია გამოხატული იყოს ხილული ნიშნები, რაც მიუთითებს მასში პათოგენური მიკროორგანიზმების გავრცელებას: ქილა შესაძლებელია იყოს გაბერილი და დეფორმირებული, ან მასში დაგროვილმა გაზებმა შესაძლებელია გახეთქოს იგი. ქილაში მოთავსებულ საკვებში შესაძლებელია ხილულად იყოს

გამოხატული მიკროორგანიზმების კოლონიები. ასევე შესაძლებელია ცილების, ნახშირწყლების, ლიპიდების დეგრადაციის გამო, შეცვლილი იყოს ტექსტურა, ფერი და სუნი - მიკროორგანიზმების (ბაქტერიების, ობის სოკოების) ზემოქმედებით.

აღსანიშნავია, რომ პათოგენური მიკროორგანიზმებით გამოწვეული საკვები პროდუქტების ჯვარედინი კონტამინაცია და მათ მიერ გამოყოფილი ტოქსინები ასევე საფრთხეს უქმნიან ადამიანის ჯანმრთელობას. პათოგენური მიკროორგანიზმების მოხვედრა ადამიანის საკვების მომწოდებელ სისტემაში იწვევს გასტროენტერიტს, რაც გამოიხატება დიარეის, ნაწლავების ტკივილის, გულისრევის და ცხელების სახით. თუმცა ასევე უნდა ითქვას, რომ ამ სიმპტომებს იწვევენ არა მხოლოდ ბაქტერიები, არამედ პარაზიტები, ვირუსები, საფუარის და ობის სოკოები [96, 97].

არასტერილური საკვები პროდუქტების, და იგივე - გასტერილებული პროდუქტების მიკრობიოლოგიური შემადგენლობა ძლიერ განსხვავდება ერთმანეთისაგან. არასტერილური პროდუქტები შეიცავს მრავალ მიკროორგანიზმებს - ბაქტერიას, საფუარებს, ობის სოკოებს, ვირუსებს. როდესაც შენახულ საკვებ პროდუქტში იწყება გაზების დაგროვება მიკროორგანიზმების ზემოქმედებით და შესაბამისად, ადგილი აქვს გაფუჭებას, ასეთ პროდუქტში როგორც წესი დომინირებს ერთი ან ორი ტიპის მიკროორგანიზმი, რომელიც შესაძლებელია არც კი იყოს დიდი რაოდენობით წარმოდგენილი საწყის გადაუმუშავებელ ნედლეულში. ასეთი მიკროორგანიზმების დომინირება შენახულ პროდუქტში გამოწვეულია მათთვის ხელსაყრელი გარემოს წარმოქმნით და სწრაფად ხდება მათი გამრავლება. ხელსაყრელი გარემო კი თავის მხრივ დამოკიდებულია შენახვის პირობებზე [98, 99].

ტომატ-პასტის ხარისხის კონტროლის ერთერთი აუცილებელი პირობა მისი მიკრობიოლოგიური სისუფთავის განსაზღვრაა. შესაბამისი ანალიზით ითვლიან მეზოფილურ-აერობული და ფაკულტატურ-ანაერობული მიკროორგანიზმების რაოდენობას 1 გრამ პროდუქტში. აღნიშნული ანალიზის მეთოდი დამუშავებულია და სტანდარტიზებულია საერთაშორისო სტანდარტიზაციის ორგანიზაციის ISO (The International Organization for Standardization) მიერ და ცნობილია ISO 4833-1:2013 კოდით.

ფაკულტატური ანაერობული ეწოდებათ ისეთ ორგანიზმებს, რომლებიც გამოიმუშავენ ნივთიერებას - ადენოზინტრიფოსფატს (ატფ) რომელიც წარმოადგენს ცოცხალ უჯრედში მიმდინარე მრავალი პროცესის ენერჯის წყაროს - აერობული რესპირაციის გზით ჟანგბადის არსებობისას, მაგრამ ჟანგბადის არ არსებობის შემთხვევაში შეუძლიათ გადაერთონ ფერმენტაციაზე (დუღილი) [100].

ზოგიერთი ფაკულტატური ანაერობული ბაქტერიებია: *Staphylococcus spp*, *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Listeria spp.*, *Shewanella oneidensis* და *Yersinia pestis*. ზოგიერთი ეუკარიოტებიც მიეკუთვნებიან ფაკულტატურ ანაერობებს, მაგალითად საფუარის სოკოები.

მეზოფილურ მიკროორგანიზმებს მიეკუთვნებიან ისეთი ბაქტერიები და სოკოები, რომლებიც აქტიურობენ საშუალო ტემპერატურულ ზღვრებში (დაახლოებით 15-45°C) და მონაწილეობენ საკვები პროდუქტების ბიოდეგრადაციის პროცესებში. თავდაპირველად, შედარებით დაბალ ტემპერატურებზე (0-20°C) აქტიურ ბაქტერიათა ჯგუფი (ფსიქროფილური ბაქტერიები) იწყებს პროცესს, რა დროსაც ხდება სითბოს გამოყოფა, როდესაც ტემპერატურა ჩადგება 17-37°C ტემპერატურულ ზღვრებში, ხდება მეზოფილური ბაქტერიების გააქტიურება; მათი აქტიურობის პიკი მიიღწევა 30-37°C ტემპერატურულ ზღვრებში. ძირითადი მეზოფილური ბაქტერიები, რომლითაც შესაძლებელია დაბინძურებული იყოს საკვები პროდუქტები არიან: *Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas maltophilia*, *Thiobacillus novellus*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyrogenes*, *Streptococcus pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Clostridium kluyveri*, ასევე *Lactobacillus acidophilus*. ადამიანებში ბაქტერიული ინფექციების უმეტესობა გამოწვეულია მეზოფილური ბაქტერიებით, რომელთა გამრავლების ოპტიმალური ტემპერატურაა 37°C [101].

საკვები პროდუქტების დაკონსერვების პროცესი გულისხმობს სტერილური პროდუქტის მიღებას. დაკონსერვებული პროდუქტების მიკროორგანიზმების მიერ გაფუჭება შესაძლებელია გამოწვეული იყოს შემდეგი მიზეზებით: უკვე გაფუჭებული საწყისი ნედლეულის გამოყენებით; დაკონსერვების წესების და რეჟიმების დარღვევით; დაკონსერვების შემდგომი კონტამინაციით.

დაკონსერვებული საკვები პროდუქტები კლასიფიცირებულია როგორც: დაბალი მჟავიანობის მქონე, მჟავე და მაღალი მჟავიანობის მქონე პროდუქტები. თითოეული ჯგუფისთვის დამახასიათებელია გაფუჭების გამომწვევი

განსხვავებული მიკროორგანიზმები, რომელთა გამრავლება უმეტეს შემთხვევაში გამოწვეულია არაადეკვატური დამზადებით:

მაღალი მჟავიანობის მქონე დაკონსერვებული საკვები პროდუქტები, რომელთა $pH > 4.6$ -ზე მეტია, უნდა დამუშავდეს მაღალ ტემპერატურაზე, რათა თავიდან იქნას აცილებული ბოტულინის გამრავლება.

1. დაკონსერვებული პროდუქტების ამჟავებას იწვევს თერმოფილური სპორების წარმომქმნელი ბაქტერიები, როგორცაა *Bacillus stearothermophilus* (აერობი) და *B. coagulans* (ფაკულტატური ანაერობი) ამ დროს არ ხდება ქილის ამობურცვა, მაგრამ ხდება pH -ის კლება და საკვები ხდება მჟავე, ასევე თან ახლავს უსიამოვნო სუნს.

2. ე.წ. სულფიდური გაფუჭება ხდება ანაერობული თერმოფილური სპორების წარმომქმნელი ბაქტერიების მიერ H_2S -ის გამოყოფა, რასაც იწვევს ბაქტერიები *Clostridium nigrificans* და *Clostridium bifermentans*. გამოყოფილი გაზი აბსორბირდება საკვებში და ამის გამო შესაძლებელია ქილა არ ამოიბურცოს. ამ დროს სუნის გარდა შეინიშნება საკვების გაშავება.

3. დაკონსერვებული საკვები პროდუქტის გაფუჭება გაზის დაგროვებით, შესაძლებელია გამოწვეული იყოს ანაერობული ბაქტერიის *Clostridium butyricum*-ის მიერ. ქილა იბერება, საკვებს გააჩნიათ ყველის მსგავსი ან გაფუჭებული საკვების სუნს

დაკონსერვებული მჟავე საკვები პროდუქტების გაფუჭებას, რომელთა pH 4.0-4.6 ზღვრებშია თან ახლავს ამჟავება და გაზების დაგროვება.

მაღალი მჟავიანობის მქონე დაკონსერვებული საკვები პროდუქტების გაფუჭებას, რომელთა $pH < 4.0$ იწვევს არა-სპორწარმომქმნელი მეზოფილები - საფუარები, ობის სოკოები და რემეჟავა ბაქტერიები.

აღსანიშნავია, რომ მაღალი მჟავიანობის მქონე დაკონსერვებული საკვები პროდუქტების ქილებში - თუ ისინი დამზადებულია რკინის შემცველი მასალისგან - გაზის დაგროვება შესაძლებელია გამოწვეული იყოს მჟავას და რკინას შორის არსებული ქიმიური ურთიერთქმედების შედეგად გამოყოფილი წყალბადით. მაგრამ ზოგიერთი მიკროორგანიზმიც გამოყოფენ წყალბადს, შესაბამისად ასეთი პროდუქტის გამოყენება არ შეიძლება [102].

დაკონსერვებული საკვები პროდუქტის მიღებისას ადამიანის ჯანმრთელობისთვის და სიცოცხლისთვის საშიშ ყველაზე დიდ საფრთხეს წარმოადგენს

ბოტულიზმი, რომლითაც შესაძლოა დაავადდეს ადამიანი იმ შემთხვევაში, თუ დაკონსერვებულ საკვებ პროდუქტში მისი არასწორი დამზადების გამო მოხდა ბოტულიზმის გამომწვევი ბაქტერიის *Clostridium botulinum*, ან მისი სპორების გამრავლებისთვის ხელსაყრელი პირობების შექმნა.

ბოტულიზმის გამომწვევი *Clostridium botulinum* არის ჩხირის ფორმის გრამ-დადებითი, სპორების წარმომქმნელი ანაერობული ბაქტერია. ბაქტერიის უჯრედებზე ჟანგბადი მოქმედებს როგორც შხამი. თუმცა, *C. botulinum* ეგუება ჟანგბადის გარემოს - ენზიმ სუპეროქსიდის დისმუტაზას დახმარებით, რომელიც იცავს უჯრედებს ჟანგბადისგან. *C. botulinum*-ს შეუძლია ნეიროტოქსინის გამომუშავება მხოლოდ სპორულაციის დროს, რაც შეიძლება მოხდეს მხოლოდ ანაერობულ გარემოში. სპორებს გააჩნიათ ძლიერი დამცავი საფარი, რომელიც შედგება მემბრანების რამდენიმე ფენისაგან. აღნიშნულ საფარში მიძინებულ ბაქტერიას შეუძლია იცოცხლოს წლების მანძილზე [103].

ბოტულიზმს იწვევს ბაქტერიის მიერ გამომუშავებული ნეიროტოქსინები, რომელთა ლეტალური დოზა ადამიანისთვის არის 1.3–2.1 ნგ/კგ [104, 105].

ბაქტერია *Clostridium botulinum* გავრცელებულია ნიადაგსა და ზღვის ნალექებში, ძირითადად სპორების სახით. სპორების აქტიურ ბაქტერიებად გარდაქმნისას მიმდინარეობს შვიდი განსხვავებული ტიპის ნეიროტოქსინის გამოყოფა, რომლებიც აზიანებენ ცენტრალურ ნერვულ სისტემას და იწვევენ მის პარალიზებას, აზიანებენ რა ნერვული სისტემის ქსოვილებს. ტოქსინებს აღნიშნავენ ლათინური ასოებით A-დან G-მდე. ადამიანის დაავადებას იწვევს მხოლოდ A, B, E და F ტიპის ტოქსინები.

Clostridium botulinum ბაქტერიის სპორები ხშირია როგორც ხილის და ბოსტნეულის, ისე ზღვის პროდუქტების ზედაპირებზე. *C. botulinum* ვერ იზრდება pH 4.6-ის ქვემოთ. მაღალი pH-ის მქონე პროდუქტებს ამზადებენ მაღალ ტემპერატურასა და წნევაზე. უნდა აღინიშნოს, რომ მაღალი pH-ის მქონე პროდუქტების არასწორი მომზადებისას, წყლის დუღილისა და ხარშვისას *C. botulinum* და სხვა მიკროორგანიზმები ილუპება, მაგრამ სპორები რჩება, მათი თერმომედეგობის გამო. დაკონსერვების შემდგომ ეტაპზე ქილაში გადატანის შემდეგ იქმნება ანაერობული გარემო, რაც ხელს უწყობს სპორების ზრდას და აქტიურ ბაქტერიებად გარდაქმნას, ასეთი პროდუქტის ოთახის ტემპერატურაზე

შენახვა მხოლოდ და მხოლოდ ხელს უწყობს ნეიროტოქსინების გამოყოფას, რომლებიც მგრძნობიარენი არიან მაღალი ტემპერატურის მიმართ და 10 წუთის განმავლობაში 100°C ტემპერატურაზე დუღილისას იშლებიან.

დაავადებულ ადამიანში ბოტულიზმის ნიშნები ვლინდება ნეიროტოქსინებით დაბინძურებული საკვების მიღებიდან 12-36 საათის განმავლობაში, მაგრამ ზოგიერთ შემთხვევაში 4-8 დღის განმავლობაში. რაც უფრო მძიმეა დაავადება, მით უფრო ადრე გამოვლინდება მისი სიმპტომები. ბოტულიზმის პირველი სიმპტომებია გულისრევა, ლებინება, სისუსტე და თავბრუსხვევა. შემდეგ მოყვება ნევროლოგიური სიმპტომები: მხედველობის დაქვეითება, ყელისა და პირის ღრუს ნორმალური ფუნქციების დაკარგვა (მეტყველების და ყლაპვის გაძნელება, პირის სიმშრალე, ყელის ტკივილი), ზოგადი დაღლილობა, კუნთების კოორდინაციის დაქვეითება, სუნთქვის გაძნელება, მუცლის ტკივილი, დიარეა ან ყაზოზა. სიკვდილს იწვევს როგორც წესი სუნთქვის უკმარისობა, სასუნთქი გზების ობსტრუქცია. სუნთქვის დარღვევის გამო ვითარდება ასფიქსიით გამოწვეული სიკვდილი [106, 107].

ISO 4833-1:2013 მეთოდი გულისხმობს მიკროორგანიზმების რაოდენობის აღრიცხვას ჰორიზონტალური მეთოდით, რომლებიც გამრავლების შემდეგ წარმოქმნიან კოლონიებს მყარ გარემოში 30°C ტემპერატურაზე აერობული ინკუბაციის შემდეგ. მეთოდი გამოიყენება როგორც ადამიანთა, ისე ცხოველთა საკვების, ასევე კვების პროდუქტების წარმოების შენახვის გარემოს მიმართ. აღნიშნული მეთოდით შესაძლებელია მცირე რაოდენობის ნიმუშის (102 გ-ზე ნაკლებ მყარ ან 102 მლ-ზე ნაკლებ თხევად პროდუქტში) ანალიზი. ასევე ისეთ პროდუქტში, სადაც შესაძლოა არსებობდეს სხვადასხვა კოლონიები, მაგრამ არეული იყოს სხვა მიკროორგანიზმებთან: მაგალითად რძეში და რძის პროდუქტებში [108].

საკვების გაფუჭების გამომწვევი, სხვა მიკროორგანიზმებთან შედარებით დომინანტი - მეზოფილურ-აერობული და ფაკულტატურ-ანაერობული არაპათოგენური მიკროორგანიზმებია: *Brochothrix thermosphacta*, *Carnobacterium* spp., *Lactobacillus* spp., *Lactococcus* spp., *Leuconostoc* spp., *Pediococcus* spp., *Streptococcus* spp., *Kurthia zopfii* და *Weisella* spp. აღნიშნული ბაქტერიები სპორებს არ წარმოქმნიან. ისინი არ წარმოადგენენ პათოგენურ ბაქტერიებს (*Streptococcus* spp. ზოგიერთი

შტამი პათოგენურია). საკვებ პროდუქტებზე მათი ზემოქმედება იწვევს უსიამოვნო სუნის და არომატის წარმოქმნას, ფერის ცვლილებას, გაზების დაგროვებას და pH-ის შემცირებას („ამჟავებას“). მათი მოქმედების პირობებია 0-45°C ტემპერატურული და pH 9-4.6 ზღვრები [109].

2. კვლევის შედეგები და მათი განსჯა

მსოფლიოში მიმდინარე ტენდენცია მიმართულია ჯანსაღი და ეკოლოგიურად სუფთა საკვები პროდუქციის წარმოებისკენ. არსებობს ტერმინი ბიო პროდუქტი, რაც გულისხმობს წარმოებისას ბიომრავალფეროვნების, ეკოლოგიური და ბიოლოგიური ბალანსის შენარჩუნებას, გარემოს დაცვას და ბუნებრივი რესურსების ეფექტურ გამოყენებას. მიუხედავად იმისა, რომ ბიო პროდუქტები შედარებით ძვირი ღირს, მისი უპირატესობა მაინც მაღალია. ჩვენს მიერ შემუშავებული ინოვაციური ტექნოლოგიით წარმოებული ტომატ-პასტა 2.5-3-ჯერ ნაკლებ ენერგო დანახარჯებს მოითხოვს, ვიდრე საწარმოო მეთოდით დამზადებული ტომატ-პასტა; მის დასამზადებლად არ არის გამოყენებული სხვადასხვა ქიმიური დანამატები, კონსერვანტების, საღებავების და ემულგატორების სახით. საწყის ნედლეულში დამატებული მჟავიანობის რეგულატორი - ლიმონმჟავა წარმოადგენს ეკოლოგიურად სუფთა პროდუქტს, რომლის შემენა თითქმის ნებისმიერ სასურსათო მაღაზიაშია შესაძლებელი, ხოლო ასკორბინის მჟავის კონცენტრაციის მოსამატებლად გამოყენებულია ტკბილი წითელი წიწაკა. ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, ჩვენი კვლევა აქტუალურია, ხოლო მიღებული ტომატ-პასტა წარმოადგენს ბიო პროდუქტს.

თემის სიახლეს - წარმოადგენს მიღებული ტომატ-პასტის ინოვაციური ტექნოლოგია, რომლის მთავარი უპირატესობა - დაბალ ტემპერატურაზე წარმოებაა, სადაც უცვლელად არის შენარჩუნებული ასკორბინის მჟავა. ულტრაბერის მუდმივი ზემოქმედება იწვევს სტერილიზაციას 46°C ტემპერატურაზე, რის გამოც მიიღება ჯანსაღი და ბიოლოგიურად უსაფრთხო პროდუქტი ნაკლები ენერგო დანახარჯებით.

2.1. პამიდვრის კულტურის ქვეშ გავრცელებული ნიადაგის კოლოიდური სისტემის ძირითადი ქიმიური პარამეტრების დახასიათება (აღმოსავლეთ საქართველოს ყავისფერი და შავმიწისებრი ნიადაგები)

ჩვენს მიერ შესწავლილ იქნა ნიადაგები, ვინაიდან მისაღები პროდუქტის - ტომატ-პასტის შემადგენლობა და ხარისხი დამოკიდებულია ნედლეულის ხარისხზე, რომელიც თავის მხრივ დამოკიდებულია ნიადაგების შემადგენლობაზე.

ქვემოთ მოცემულია საკვლევი ჰამიდვრის მოსავლის აღების ადგილას არსებულ ნიადაგებში სასუქის შეტანის წესი. აღმოსავლეთ საქართველოს მხარეს რომელიც მოიცავს გორის რაიონის სოფლებს სვენეთს, ხიდისთავს, ატენის რაიონს, ასევე მარნეულის რაიონის ჩრდილოეთ მხარეს.

აღებულია საკვლევი ნიადაგის აკუმულაციური ფენის ნიმუშები ყამირ ნიადაგზე, ბუნებრივი ნაყოფიერების ნიადაგსა და განაყოფიერებულ ფართობზე 1 ჰექტარზე გადაანგარიშებით.

10-20, 20-40 სმ სიღრმეზე სასუქად შეტანილია საქონლის ფრეზირებული ნაკელი, ხოლო გადამწვარი აზოტიანი სასუქებიდან - ამონიუმის გვარჯილა NH_4NO_3 -მასში ხალასი შესათვისებელი ჰიდროლიზებადი აზოტია 34.5 %.

შეტანის წესი: ჩითილების დარგვამდე შეტანილ იქნა ნაკელის მთლიანი დოზა 30 ტ/ჰა-ზე, აზოტიანი სასუქებიდან 60%, ხოლო 40%-მასიური ყვავილობის დროს გამოკვების მიზნით.

ძირითადი განაყოფიერების დრო გახლდათ მარტის თვის ბოლო, აზოტით გამოკვება კი განხორციელდა ერთი თვის შემდგომ.

შეტანის წესი: ნაკელი შერეული (მთლიანი დოზა 60% ამონიუმის გვარჯილა) თანაბრი განაწილებით (მექანიზირებულად).

დოზის ანგარიში - ნაკელი წინასწარ წონილი 30ტ/ჰა-ზე ამონიუმის გვარჯილა ფორმულით: $N_{\text{დოზა}} = n(\text{ნორმა}) * 100 / \% \text{-თან}$ (ანუ სასუქში შემავალი აზოტის კონცენტრაციასთან) = $120 * 100 / 34.5 = 347.8$ კგ/ჰა-ზე (აქედან მხოლოდ N - 60%, ხოლო 40% მასიური ვეგეტაციური ყვავილობის დროს ფართობზე გადაანგარიშებით).

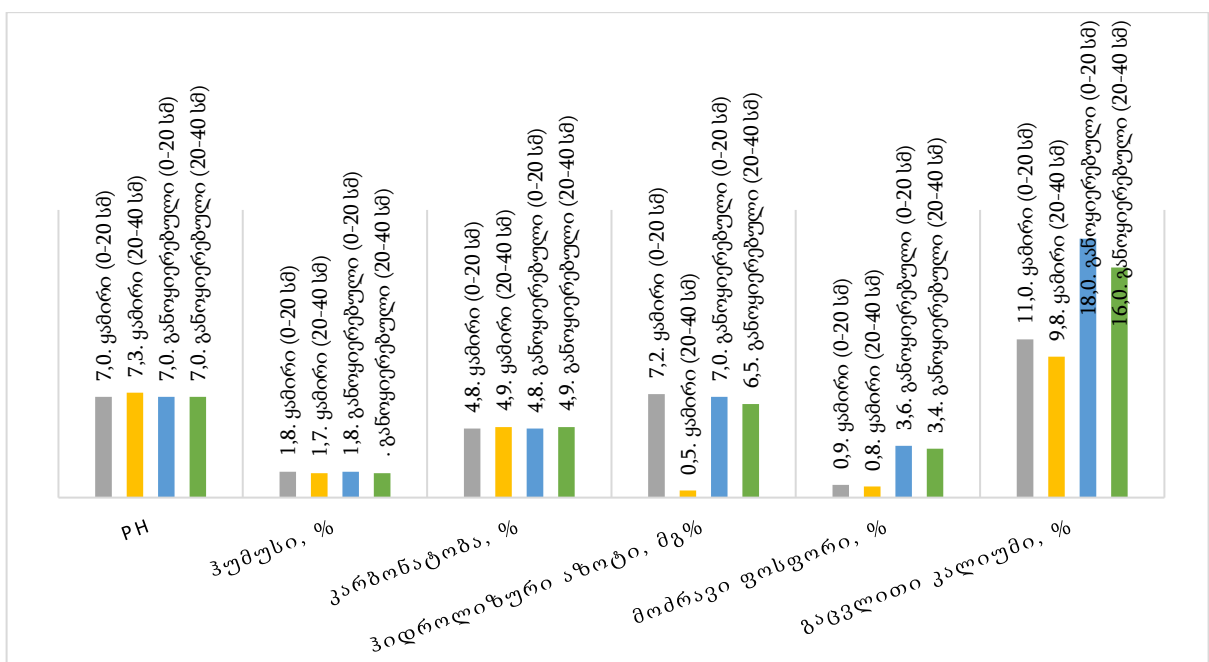
სოკოვანი დაავადების საწინააღმდეგოდ 1% CuSO_4 -ის ხსნარი 4-5 ჯერ, ბოლო შეწამვლა ტექნიური სიმწიფიდან 20-25 დღით ადრე. მელიორაციის ნორმა არხთა შორის 500 სმ³-ზე.

ნიადაგების კოლოიდური სისტემის ქიმიური ანალიზები ოფიციალური მემორანდუმის თანახმად ჩატარდა სტუ ა. მენაღარიშვილის სახელობის ქიმიზაციის ცენტრალურ ლაბორატორიაში - წილკანში, ყოფილ აგრარული მეურნეობის საცდელ სადგურში (იხილეთ დანართი - ქიმიური ანალიზების ცხრილები). კარბონატობა განსაზღვრულია შეიბლერის კალციმეტრით %-ით; ჰიდროლიზური აზოტი მგ 100 გ ნიადაგზე ტიურინ-კონანოვის მეთოდით;

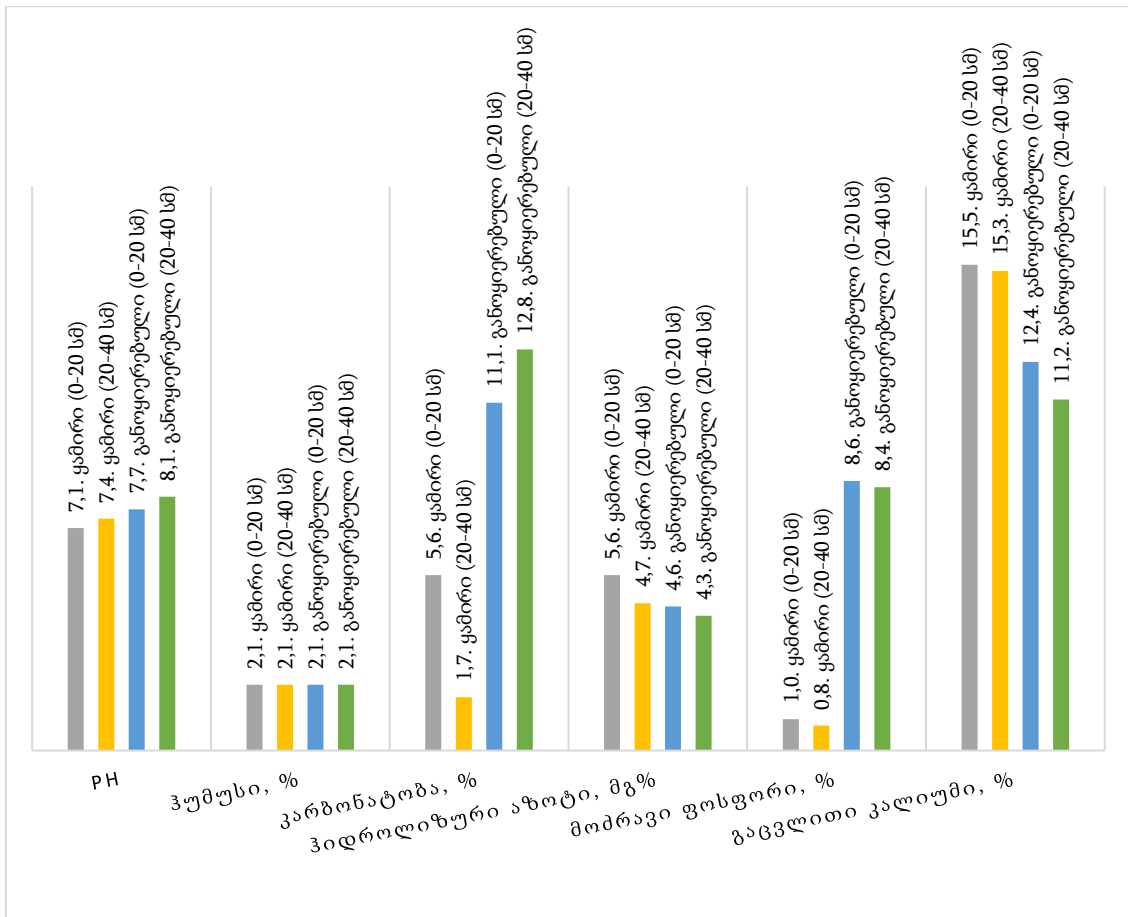
მოდრავი ფოსფორი მაჩიგინის მეთოდით 1% -იანი ნახშირმჟავას გამონაწერში; გაცვლითი კალიუმი კირსანოვის მეთოდით. ნიადაგების განოყიერება მოხდა ამონიუმის ნიტრატით. გამოკვლეული ნიადაგების ქიმიური შემადგენლობა მოცემულია ცხრილში 9 და სურათებზე 2, 3.

ცხრილი 9. კამიდგრის ლოკალიზაციაზე გავრცელებული ნიადაგების შედგენილობა

ლოკალიზაცია	ნიადაგის ტიპი	სინჯის აღების სიღრმე, სმ	pH	ჰუმუსი, %	კარბონატობა, %	ჰიდროლიზური აზოტი, მგ %	მოდრავი ფოსფორი, %	გაცვლითი კალიუმი, %
მარნეულის შავმიწა ნიადაგები	ყამირი	0-20	7	1,8	4,8	7,2	0,88	11
		20-40	7,3	1,7	4,9	0,5	0,77	9,8
	განოყიერებული	0-20	7	1,8	4,8	7	3,6	18
		20-40	7	1,7	4,9	6,5	3,4	16
გორი ყვესფერი ნიადაგების აკუმულაციური ზონა	ყამირი	0-20	7,1	2,1	5,6	5,6	1	15,5
		20-40	7,4	2,1	1,7	4,7	0,8	15,3
	განოყიერებული	0-20	7,7	2,1	11,1	4,6	8,6	12,4
		20-40	8,1	2,1	12,8	4,3	8,4	11,2



სურათი 2. მარნეულის შავმიწა ნიადაგების შედგენილობა 0-20 და 20-40 სმ სიღრმეში



სურათი 3. გორის რაიონის (სვენეთი, ატენი, ხიდისთავი) ყავისფერი ნიადაგების აკუმულაციური ზონის შედგენილობა 0-20 სმ და 20-40 სმ სიღრმეში

პამიდვრის ნაყოფის აღების პერიოდია ივნისის ბოლო, ივლისის ბოლო, აგვისტოს დასაწყისი, სექტემბრის შუა ნახევარი, ოქტომბრის შუა ნახევარი.

საქართველოს ნიადაგები საშუალოდ არის უზრუნველყოფილი შესათვისებელი K_2O -თი, განსაკუთრებით ყავისფერი და კარბონატული ნიადაგები.

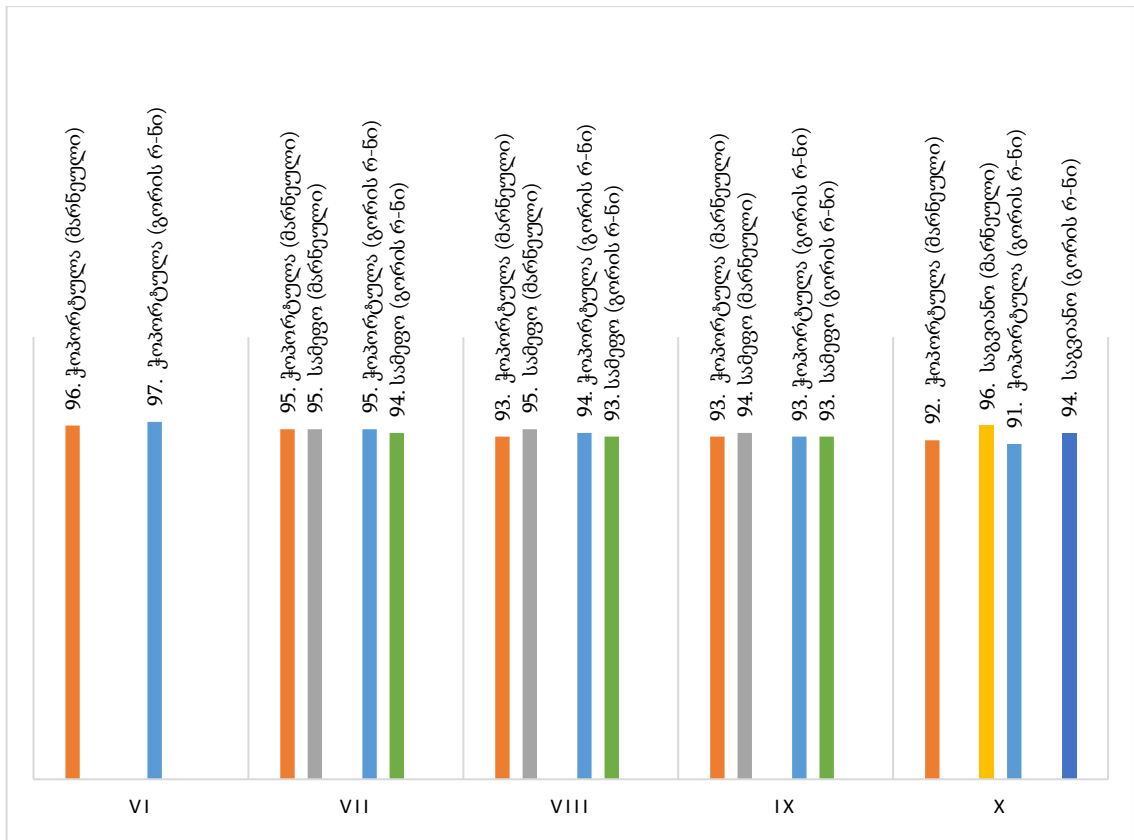
2.2. ეკოლოგიურად უარყოფითი რადიკალების განსაზღვრა პამიდორში

კვლევებმა აჩვენა, რომ პამიდორში ტექნიკურ სიმწიფეში მიმდინარეობს გარკვეული ცვლილებანი, რომლებიც ასახულია ცხრილებში 10-13 და სურათებზე 4-7.

ნიტრატების ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია პამიდორში შეადგენს ღია გრუნტზე მოყვანილისთვის 150 მგ/კგ-ს, ხოლო დახურულ გრუნტზე მოყვანილისთვის 300 მგ/კგ.

ცხრილი 10. პამიდორში თავისუფალი წლის პროცენტული შემცველობა ივნის-ოქტომბრის პერიოდში

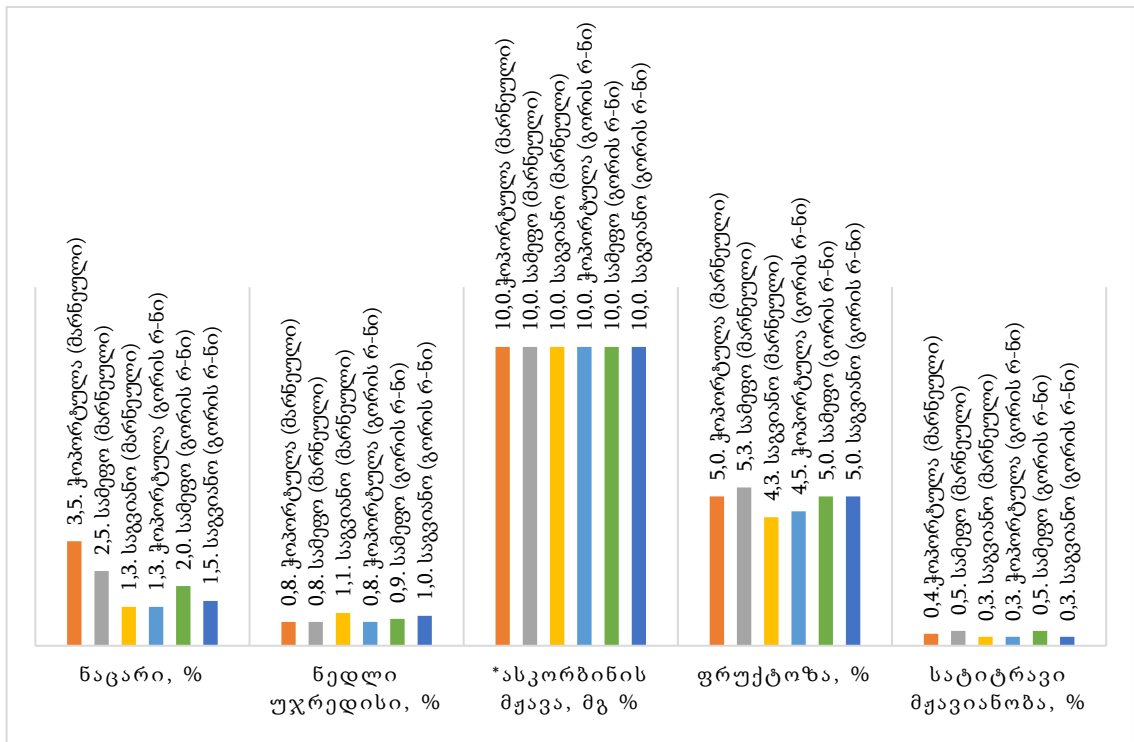
შტრიხ-კოდი	ლოკალიზაცია	პამიდორის სახეობა	თავისუფალი წყალი თვეების მიხედვით, % სტანდარტიზაციის ზღვარი 96-85%				
			VI	VII	VIII	IX	X
484	მარნეული, ჩრდილოეთ მხარე	ჭობორტულა	96	95	93	93	92
		სამეფო	-	95	95	94	-
		საგვიანო	-	-	-	-	96
	გორის რაიონი	ჭობორტულა	97	95	94	93	91
		სამეფო	-	94	93	93	-
		საგვიანო	-	-	-	-	94



სურათი 4. პამიდორში თავისუფალი წლის პროცენტული შემცველობა ივნის-ოქტომბრის პერიოდში

ცხრილი 11. პამიდვრის ნედლეულის ხარისხის ძირითადი მაჩვენებლები

შტრიხ-კოდი	ლოკალიზაცია	პამიდვრის სახეობა	ნაცარი, %	ნედლი უჯრედისი, %	ასკორბინის მჟავა, მგ%	ფრუქტოზა, %	სატიტრაგი მჟავიანობა, %
484	მარნეული, ჩრდილოეთ მხარე	ჭობორტულა	3.5	0.8	10	5.0	0.4
		სამეფო	2.5	0.8	10	5.3	0.5
		საგვიანო	1.3	1.1	10	4.3	0.3
	გორის რაიონი	ჭობორტულა	1,3	0.8	10	4.5	0.3
		სამეფო	2.0	0.9	10	5.0	0.5
		საგვიანო	1.5	1.0	10	5.0	0.3

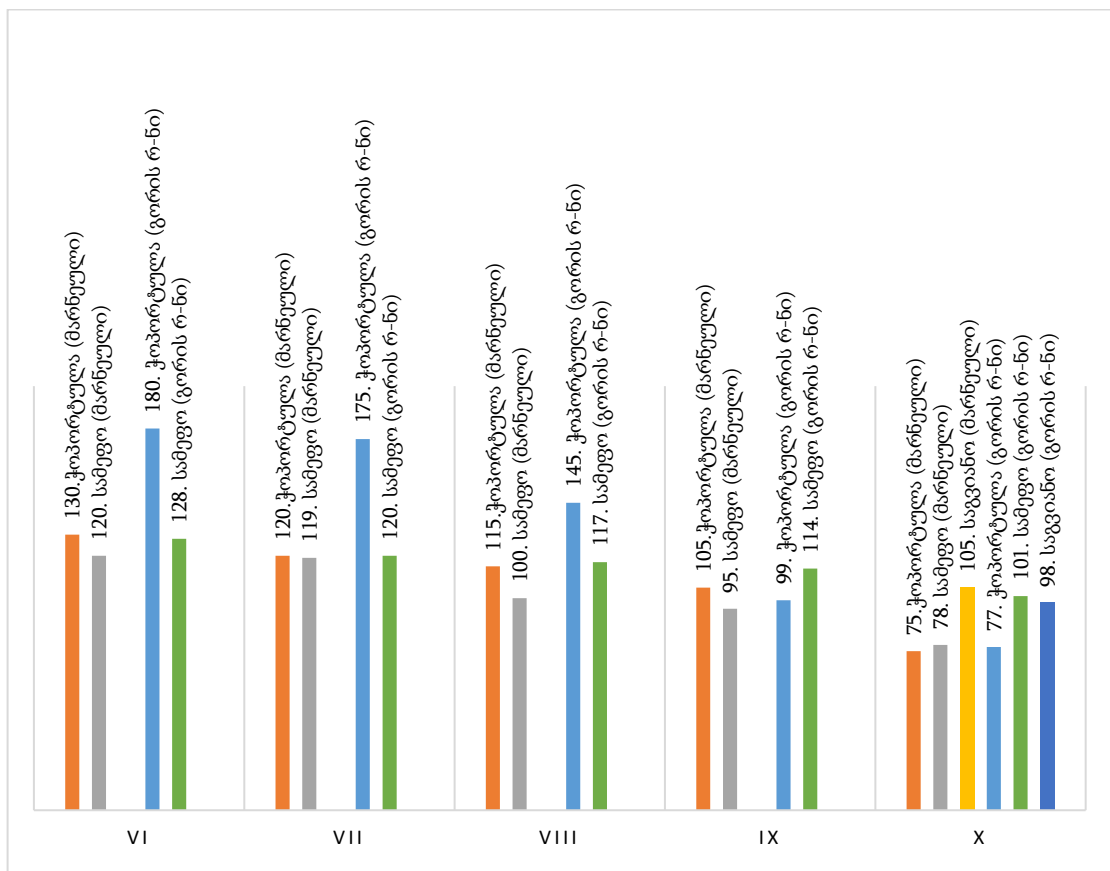


სურათი 5. პამიდვრის ნედლეულის ხარისხის ძირითადი მაჩვენებლები

* - ასკორბინის მჟავა განსაზღვრულია სწრაფი ტესტ-სტრიპით, ამიტომ მოყვანილია მისი დამრგვალებული მნიშვნელობა.

ცხრილი 12. ნიტრატების შემცველობა კამიდვრის ნედლეულში

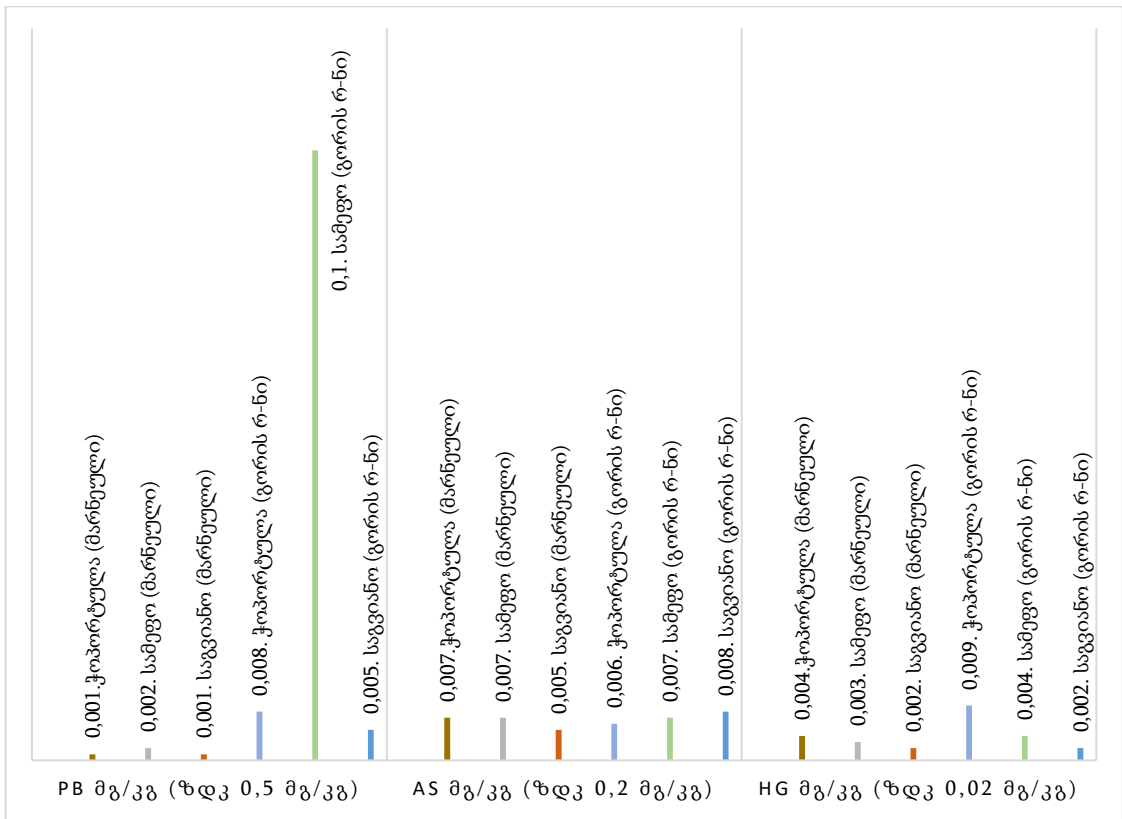
შტრიხ-კოდი ლოკალიზაცია	კამიდვრის სახეობა	ნიტრატები თვეების მიხედვით, მგ/კგ (ზღვ 150 მგ/კგ)				
		VI	VII	VIII	IX	X
484 მარნეული, ჩრდილოეთ მხარე	ჭოპორტულა	130	120	115	105	75
	სამეფო	120	119	100	95	78
	საგვიანო	-	-	-	-	105
გორის რაიონი	ჭოპორტულა	180	175	145	99	77
	სამეფო	128	120	117	114	101
	საგვიანო	-	-	-	-	98



სურათი 6. კამიდორში ნიტრატების შემცველობა (მგ/კგ) ივნის-ოქტომბრის პერიოდში

ცხრილი 13. მძიმე ლითონების შემცველობა ჰამიდვრის ნედლეულში (მგ/კგ)

შტრიხ-კოდი	ლოკალიზაცია	ჰამიდვრის სახეობა	Pb მგ/კგ (ზღვ 0,5 მგ/კგ)	As მგ/კგ (ზღვ 0,2 მგ/კგ)	Hg მგ/კგ (ზღვ 0,02 მგ/კგ)
484	მარნეული, ჩრდილოეთი მხარე	ჭოპორტულა	0.001	0.007	0.004
		სამეფო	0.002	0.007	0.003
		საგვიანო	0.001	0,005	0.002
	გორის რაიონი	ჭოპორტულა	0.008	0.006	0.009
		სამეფო	0.1	0.007	0.004
		საგვიანო	0.005	0.008	0.002



სურათი 7. მძიმე ლითონების შემცველობა ჰამიდვრის ნედლეულში (მგ/კგ)

ჰამიდვრის ნედლეულის და ტომატ-პასტის ქიმიური ანალიზები შევასრულეთ ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერიის მიმართულების კათედრაზე ბაზისური რაოდენობრივი ვალიდირებული მეთოდებით: ნაცარი - მაღალი

ტემპერატურის ზემოქმედებით, სხვაობის მეთოდით; მარტივი შაქრები - სავლე რეფრაქტომეტრით; ნიტრატები - გრისის მეთოდით; ასკორბინის მჟავა - სპეციალური სწრაფი ტესტირების ჩხირებით; ჰიგროსკოპული წყლის განსაზღვრა - მაღალტემპერატურული გამოშრობის მეთოდით; ნედლი უჯრედისი - გენებერგ-შტომანის მეთოდით. მძიმე მეტალების განსაზღვრა მოხდა ატომურ-აბსორბციული მეთოდით. ანალიზები ჩატარდა მარნეულში მოყვანილი პამიდვრის ნიმუშებში, ხოლო გორის რაიონში მოყვანილი პამიდვრის ნიმუშები აღებული იყო ხიდისთავში, სვენეთში და ატენის რაიონში - ყავისფერ ნიადაგებზე.

პამიდვრის და ტომატ-პასტის ნიმუშებში ასკორბინის მჟავა განისაზღვრა კომპანია Precision Laboratories მიერ წარმოებული ტესტ-ჩხირებით, რომლებზეც დაფენილია 2,4-დიქლორფენოლინდოფენოლი. მისი ასკორბინის მჟავასთან რეაქციის შედეგად შეცვლილი ფერის შედარება ხდება ტესტის ფლაკონზე დატანილ ფერთა შკალაზე, რის შედეგადაც ხდება კონცენტრაციის განსაზღვრა 0.005%-ანი სიზუსტით (იხილეთ დანართი - ასკორბინის მჟავის ტესტერის სერტიფიკატი) [110-112].

პამიდვრის ნიმუშებში ასკორბინის მჟავის განსაზღვრისთვის პამიდვრის წვენი გაიფილტრა ბიუხნერის ძაბრზე ვაკუუმით. მიღებულ გამჭვირვალე უფერო ფილტრატის 100 მლ-ში ტესტ ჩხირის დასველებით, მისი ფერის სკალასთან შედარებით განისაზღვრა გაფილტრული ხსნარის მოცულობაში არსებული ასკორბინის მჟავას კონცენტრაცია. ყოველი განსაზღვრისთვის აღებულ იქნა 3 ნიმუში, საბოლოო პასუხად მიჩნეულია 3 გაზომვის არითმეტიკული მნიშვნელობა.

ტომატ-პასტაში ასკორბინის მჟავის განსაზღვრისთვის წინასწარ აწონილი დაახლოებით ნიმუში განზავდა გამოხდილი წყლით, რომლის ტემპერატურა იყო 25°C, გამოხდილი წყლის სიმკვრივე მოცემულ ტემპერატურაზე უდრის 0,9970 გ/მლ [113]. მიღებული ნარევი გაიფილტრა ბიუხნერის ძაბრზე ვაკუუმით. მიღებული ხსნარის 5 მლ მოცულობაში განისაზღვრა ასკორბინის მჟავას კონცენტრაცია. ასკორბინის მჟავის შემცველობა 100 გრამ ნიმუშზე გადაანგარიშებით გამოთვლილ იქნა შემდეგი მარტივი მოქმედებებით:

- 1) გამოხდილი წყლის მოცულობის მასის განსაზღვრა 25°C ტემპერატურაზე:

$$m_{\text{წყალი}} = \rho V;$$

2) საანალიზო ხსნარის წონა:

$$m_{\text{ხსნარი}} = m_{\text{წყალი}} + m_{\text{ნიმუში}} ;$$

3) ასკორბინის მჟავას პროცენტული კონცენტრაციის $C_{\text{ხსნარი}}$ განსაზღვრა ტესტ-ჩხირით ხსნარში;

4) ასკორბინის მჟავას მასის ($m_{\text{ასკორბინის მჟავა}}$) გამოთვლა ხსნარში ($m_{\text{ხსნარი}}$ -ში), გ:

$$m_{\text{ასკორბინის მჟავა}} = \frac{m_{\text{ხსნარი}} * C_{\text{ხსნარი}}}{100\%};$$

5) ასკორბინის მჟავას პროცენტული კონცენტრაცია ტომატ-პასტის ნიმუშში:

$$C_{\text{ნიმუში}} = \frac{m_{\text{ასკორბინის მჟავა}}}{m_{\text{ნიმუში}}} * 100\%.$$

ასკორბინის მჟავას პროცენტული კონცენტრაციის მნიშვნელობის გადაყვანა მგ%-ში შეიძლება $C_{\text{ნიმუში}}$ -ის 1000-ზე გამრავლებით.

ყოველი ნიმუშის ანალიზი განხორციელდა მინიმუმ 3-ჯერ. საბოლოო შედეგად მიჩნეულია მათი საშუალო არითმეტიკული მნიშვნელობა.

როგორც მცენარის, ისე ნიადაგის ანალიზი შესრულებულია რაოდენობრივი ვალიდირებული მეთოდებით: ნიადაგების კოლოიდურ სისტემაზე მითითებულია ყველა ინდექსი მაგრამ აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ მოხდა მარილწარმომქმნელი ფორმების, მათ შორის ამონიუმის მარილების და შარდოვანას ჩანაცვლება ორგანიკით, რამეთუ ისინი მდიდარნი არიან კრენის, აპოკრენისა და ფულმუ მჟავებით. მათ გამოხატულება ჰპოვეს მოსავლის ალების შემდგომ პროდუქციის ხარისხთან მიმართებაში. რაც შეეხება ენტომოლოგიურ და ფიტოპათოლოგიურ დაავადებებს - მათ ადგილი არ ჰქონიათ, თუმცა პამიდვრის კულტურებს მიდრეკილება აქვთ მიკოზური დაავადებების მიმართ. ამიტომ პამიდორი 4-ჯერ შეიწამლა 1%-იანი შაბიამნის ხსნარით. ნედლეულის დაკრეფიდან მეორე დღესვე ჩატარდა ინოვაციური ტექნოლოგიური რეჟიმით ტომატ-პასტის დამზადება. მანამდე შესწავლილ იქნა პამიდვრის ნედლეულის ორგანოლეპტიკა. მიუხედავად იმისა, რომ ორგანოლეპტიკა იდენტური და არა სუბიექტურია, აქ მნიშვნელოვანია მისი ვიზუალიზაცია გარეგნულად (ფასეტი), იგი სავსებით აკმაყოფილებდა კეთილხარისხოვან შესახედაობას, ხოლო პამიდვრის ნიშანთვისებათა ერთობლიობა (მინერალური და ბიოქიმიური ნაწილი) აკმაყოფილებს არა სტანდარტს, არამედ კულტურის მიმართ წაყენებულ ზღვრულად დასაშვებ

კონცენტრაციებს. ორგანოლეპტიკურად შესწავლილი იქნა ფერი ტონი, სუნი, გემო, არომატი, სტრუქტურა და კონსისტენცია - რამაც დადებითი შთაბეჭდილება დატოვა ტომატ-პასტის დასამზადებლად [114, 115].

2.3. ინოვაციური აპარატურის სქემა და მისი დახასიათება

ტომატ პასტის დასამზადებელი ინოვაციური ექსპერიმენტულ-მოდელური დანადგარი (სურათი 8), ტომატ-პასტის დამზადების საშუალებას იძლევა ისეთი სხვადასხვა მნიშვნელოვანი პარამეტრების ცვლილებით, რომლებიც გავლენას ახდენს ტომატ-პასტის ხარისხზე აქედან გამომდინარე შესაძლებელია აღნიშნული აპარატით სხვადასხვა პირობებში დამზადებული ტომატ-პასტის ფიზიკურ-ქიმიური პარამეტრების შესწავლა. ეს პარამეტრებია: კონსისტენცია (სიბლანტე) რომელიც არის პამიდვრის და მისგან წარმოებული პროდუქტების ხარისხის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მაჩვენებელი; ტემპერატურა, რომელიც გადამუშავების დროს დიდი გავლენას ახდენს პამიდვრის პროდუქტების ფიზიკო-ქიმიურ თვისებებზე.

ტომატ-პასტის მიღება მაღალ ტემპერატურაზე, ასევე მისი სტერილიზაცია გაცხელების გზით იწვევს მიღებულ პროდუქტში მნიშვნელოვანი ნივთიერებების შემცირებას. ჩვენი კვლევის ფარგლებში სხვადასხვა ტემპერატურული რეჟიმით მიღებული ტომატ-პასტის ანალიზებმა დაადასტურა ადრეულ ნიმუშებში C ვიტამინის შემცირება, რაც ასევე დადასტურებულია სხვადასხვა კვლევებით [116].

დაბალ ტემპერატურაზე მიღებულ ტომატ-პასტის ნიმუშებში შენარჩუნებულია ან უმნიშვნელოდ არის მოკლებული C ვიტამინის კონცენტრაცია. რაც დადასტურდა საწყის ნედლეულის და სხვადასხვა ტემპერატურული რეჟიმით მიღებული პროდუქტის ნიმუშების ანალიზებით.

ჩვენთვის ძალიან მნიშვნელოვანია როგორც საწყის ნედლეულში, ასევე მიღებულ პროდუქტში ასკორბინის მჟავას დინამიკის შესწავლა ზემოთ აღნიშნული სხვადასხვა პარამეტრების ცვლილების პირობებში და ოპტიმალური პარამეტრების დადგენა ეკოლოგიურად სუფთა, ჯანსაღი - ემულგატორებისგან თავისუფალი პროდუქტის მიღების მიზნით.

დანადგარი განკუთვნილია ნედლი დაქუცმაცებული ჰამიდვრის წვენიდან ტომატ-პასტის დამზადებისათვის და ქილებში მოთავსებული ტომატ-პასტის სტერილიზაციისთვის საწარმოებში გამოყენებული ტექნოლოგიური პროცესების ანალოგიური რეჟიმით.

მოდელური სისტემით დამზადებული პროდუქტის შესწავლა საწარმოში დამზადებული პროდუქტის კვლევასთან შედარებით იძლევა იმგვარ უპირატესობას, რომ შესაძლებლობა გვაქვს პარამეტრების ცვლილებით ვცვალოთ წარმოების რეჟიმი და შევისწავლოთ სხვადასხვა

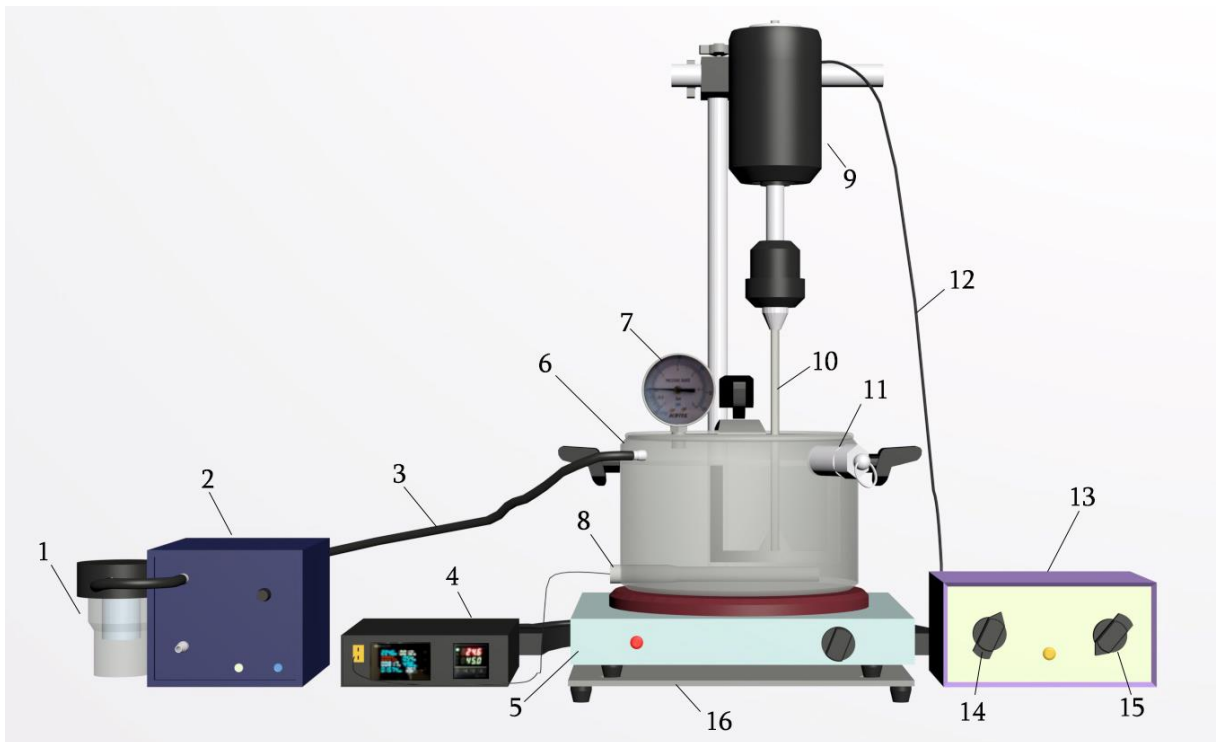


სურათი 8. ტომატ-პასტის დასამზადებელი ექსპერიმენტული მოდელური მოწყობილობის კონცეპტუალური სქემა

პირობებში დამზადებული პროდუქტის ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები და შევადაროთ სხვადასხვა პირობებში მომზადებული პროდუქტის ხარისხის მაჩვენებლები, აგრეთვე დავადგინოთ მაქსიმალურად ხარისხიანი და ყოველგვარი ქიმიური დანამატების გარეშე მიღებული ეკოლოგიურად სუფთა პროდუქტის მისაღებად საჭირო საუკეთესო ტექნოლოგიური რეჟიმი, რაც რა თქმა უნდა წარმოებაში ვერ მოხერხდებოდა, ვინაიდან საწარმოები მუშაობენ მკაცრად განსაზღვრული რეგლამენტებით და იქ სურვილისამებრ ტექნოლოგიური რეჟიმის ცვლილება გამორიცხებულია. ამიტომ გადავწყვიტეთ მოდელური დანადგარის დამზადება საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერიის დეპარტამენტში, რომელიც აღჭურვილია ავტომატური მართვის

სისტემებით და ხარისხიანი მასალებით, რაც აკმაყოფილებს ტომატ-პასტის დასამზადებლად განკუთვნილი დანადგარებისთვის წაყენებულ მოთხოვნებს, ასევე დამატებით აღჭურვილია ინოვაციური დანადგარებით, რაც მოიცავს ულტრაბგერის გენერატორს და მის მაკონტროლებელ სისტემას. თერმორეგულაცია კი ხორციელდება პროგრამირებადი კონტროლერით.

მოდელური სისტემა შედგება ორი ძირითადი ნაწილისგან: პამიდვრის წვენის კონცენტრირების (სურთი 9) და ტარაში მოთავსებული მზა-პროდუქტის სტერილიზაციის ნაწილი (სურათი 10), ამავე ნაწილში ხდება ცარიელი ტარას სტერილიზაცია მაღალ ტემპერატურასა და წნევაზე საჭიროების მიხედვით. ქვემოთ განხილულია თითოეული ნაწილი დეტალურად.



სურათი 9. პამიდვრის წვენის კონცენტრირების სისტემა

მოდელური სისტემის აბსოლუტურად ყველა ნაწილი, რომელიც პირდაპირ შეხებაშია პამიდვრის წვენთან, დამზადებულია ერთი და იგივე 304 მარკის უჟანგავი ფოლადისგან და სხვადასხვა ინერტული მასალისგან, რომელიც არ ახდენს გავლენას პროდუქტის ქიმიურ შემადგენლობაზე. დაქუცმაცებული პამიდვრის წვენის კონცენტრირების - ტომატ-პასტის მოსამზადებელი განყოფილების ძირითადი ნაწილი შედგება უჟანგავი ფოლადის 5 ლიტრიანი ქვაბისგან (6), სადაც ხდება დაქუცმაცებული პამიდვრის წვენის ჩატვირთვა მისი

შემდგომი კონცენტრირებისთვის. ქვაბი განთავსებულია ელექტრო ქურაზე (5), რომელიც ათბობს მას კონცენტრირების პროცესში. ელექტრო ქურის სასურველ ტემპერატურაზე გათბობას და გამათბობელი ზედაპირის მუდმივ ტემპერატურაზე შენარჩუნებას უზრუნველყოფს ელექტრო კვების ბლოკი (4), რომელიც აღჭურვილია ციფრული თერმორეგულატორით, სადაც ხდება სასურველი ტემპერატურის მითითება, რათა მოხდეს აღნიშნულ ტემპერატურაზე გათბობა. თერმორეგულატორი დაკავშირებულია ქრომ-ნიკელის თერმოწყვილთან (8) რომელიც მოთავსებულია ქვაბის (6) ქვედა ნაწილში და შედის ქვაბის ცენტრამდე, რაც საშუალებას იძლევა გაიზომოს ქვაბში მოთავსებული სითხის ტემპერატურა კიდეში და ცენტრში უფრო ზუსტი კონტროლისთვის. თერმოწყვილი ზომავს პამიდვრის წვენი ტემპერატურას და გადასცემს თერმორეგულატორს. როდესაც სითხის ტემპერატურა გაუტოლდება სასურველ მითითებულ ტემპერატურას, თერმორეგულატორი გათიშავს ელექტრო ქურის დენის წყაროს. როდესაც სითხის ტემპერატურა ჩამოცდება თერმორეგულატორის პროგრამაში მითითებულ სასურველ ტემპერატურის მნიშვნელობას, ელექტრო ქურას მიაწვდის დენის კვებას და ამგვარად ხდება მუდმივი ტემპერატურის შენარჩუნება. ასეთი რეგულირებით ტემპერატურის შენარჩუნება ხდება თავდაპირველად $\pm 5^{\circ}\text{C}$, ხოლო რამდენიმე წუთის შემდეგ სტაბილურდება და სიზუსტე შეადგენს $\pm 1^{\circ}\text{C}$. მაშასადამე, თუ სასურველი ტემპერატურა მაგალითად არის 45°C , თერმორეგულატორის რეგულირების შედეგად სითხეში მუდმივად გვექნება $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ანუ $44-46^{\circ}\text{C}$, რაც საშუალოდ 45°C შეადგენს და საკმაოდ ზუსტია.

ქვაბის (6) ზედა ნაწილში განთავსებულია წნევის რეგულატორი (11) რომლის საშუალებითაც შესაძლებელია გაცხელების დროს წარმოქმნილი ქვაბიდან გამომავალი ორთქლის ნაკადის ან ვაკუუმის შემთხვევაში გარედან შემავალი ჰაერის ნაკადის რაოდენობის კონტროლი ან სრულად გადაკეტვა. წნევის რეგულირებით შესაძლებელია საჭიროების შემთხვევაში ავწიოთ დუღილის ტემპერატურა და ქვაბში შევინარჩუნოთ 125°C და 1,3 ბარი ჭარბი წნევა.

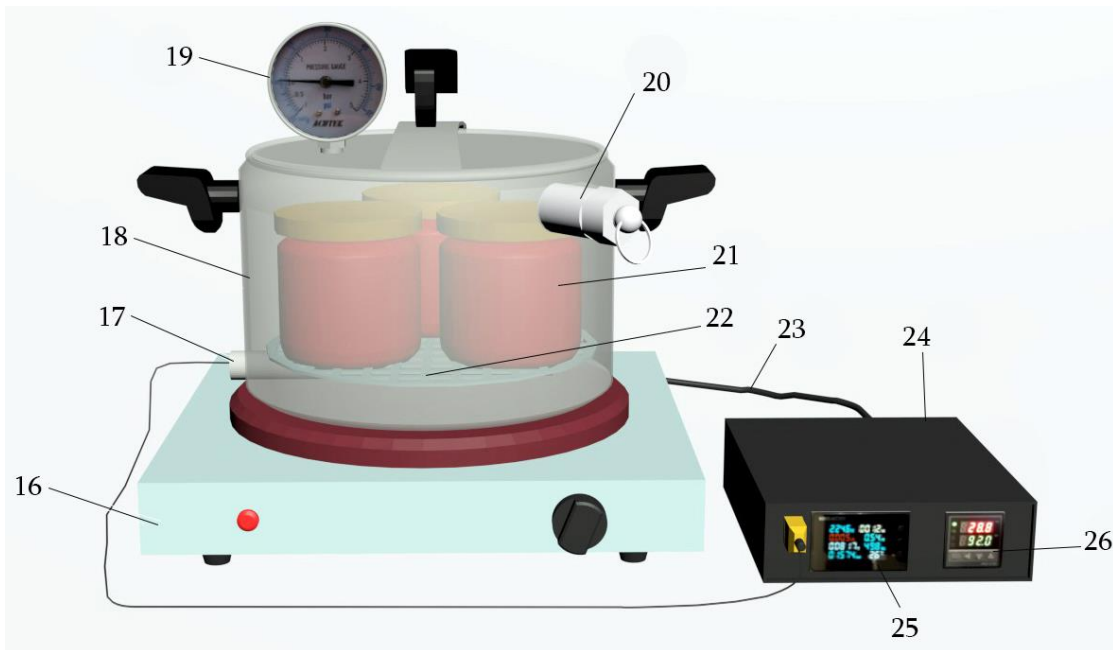
ქვაბში (6) მოთავსებულია უჟანგავი ფოლადის მომრევი (10), რომელსაც აბრუნებს ელექტო ძრავა (9). ელექტო ძრავის კვების ბლოკით (13) შესაძლებელია ასევე წუთში ბრუნთა რიცხვის დარეგულირება სიჩქარის რეგულატორით (15), ხოლო დროის მარეგულირებელი ბერკეტით (14) შესაძლებელია ძრავის მუშაობის

დროის რეგულირება. მომრევი უზრუნველყოფს სითხეში შემავალი მყარი ნაწილაკების და ტემპერატურის თანაბარ გადანაწილებას და ერთგვაროვანი მასის მიღებას ქვაბის მთელს მოცულობაში. ქურა (5) მოთავსებულია სასწორზე (16), რომელიც წონის ქვაბში მოთავსებულ სუსპენზიას. მიღებული ტომატ-პასტის წინასწარ მითითებული წონის დაფიქსირებისას, სასწორი თიშავს ქურას.

იმისათვის, რომ მოხდეს წყლის აორთქლების პროცესის დაჩქარება შედარებით დაბალ, მაგალითად 45°C ტემპერატურაზე, ქვაბზე (6) სპეციალური ვაკუუმ-შლანგით (3) მიერთებულია ვაკუუმ-ტუმბო (2), რომელიც ტუმბოს სიმძლავრის რეგულირების საშუალებასაც იძლევა. წნევის და ვაკუუმის კონტროლი ხდება უჟანგავი ფოლადისგან დამზადებული მანოვაკუუმმეტრით (7). ვაკუუმ-ტუმბოსა და ქვაბს (6) შორის ჩართულის სპეციალური სითხის წვეთების და მყარი ნაწილაკების დამჭერი ფილტრი (1), რათა თავიდან იქნას აცილებული ტუმბოს სისტემაში ჰამიდვრის ნაწილაკების შეღწევით გამოწვეული დახშობა. ფილტრის ჭიქა პერიოდულად ივსება კონდენსატით, რისი გადაღვრაც შესაძლებელია პროცესის შეუჩერებლად.

სტერილიზაციის განყოფილების დანიშნულებას სუფთა ტარის ასევე მზა ტომატ-პასტით შევსებული ქილების სტერილიზაცია, რომელშიც შესაძლებელია მაქსიმალური ტემპერატურის 125°C და 1,3 ბარი ჭარბი წნევის მიღწევა.

მე-10 სურათზე სტერილიზაციისთვის განკუთვნილი უჟანგავი ფოლადის ქვაბში (18) თავსდება სტერილიზაციისთვის განკუთვნილი ტარა (21). ქვაბში უნდა ჩაისხას წყალი თბოგადაცემის გასაზრდელად ტარას მთელს ზედაპირზე, ასევე წყლის აორთქლების შედეგად წარმოქმნილი ორთქლის წნევით შესაძლებელია ტემპერატურის აწევა 125°C-მდე 1,3 ბარი ჭარბი წნევის პირობებში. ორთქლის წნევის რეგულირება ხდება წნევის რეგულატორით (20). ტარა ქვაბში მოთავსებულია სპეციალური უჟანგავი ფოლადის ბადეზე (22), ბადე მოთავსებულია გარკვეულ სიმაღლეზე თერმოწყვილთან (17) ახლოს. გარკვეულ სიმაღლეზე ტარას დასაწყობი ბადე განთავსებულია იმის გამო, რომ საჭიროა სასტერილიზაციოდ ჩასხმული წყალი მოექცეს ტარას ქვემოთ და ტარას არ ჰქონდეს პირდაპირი კონტაქტი ქვაბის ლითონის ძირთან, რათა არ მოხდეს ტემპერატურის გაზომვის ცდომილება, ვინაიდან მეტალის ძირს შესაძლებელია ჰქონდეს უფრო მაღალი ტემპერატურა ვიდრე თბომატარებელ წყალს - ქვაბის მთელს მოცულობაში.



სურათი 10. ტომატ-პასტის დასამზადებელი მოდელური აპარატის სტერილიზატორი

თერმოწყვილთან ახლოს ტარას განლაგება უზრუნველყოფს ტარას ტემპერატურის გაზომვის მაქსიმალურ სიზუსტეს. ქვაბი ცხელდება ელექტრო ქურაზე (16), რომელიც კვების ბლოკთან (24) მიერთებულია კვების კაბელით (23). კვების ბლოკი აღჭურვილია თერმორეგულატორით (26), რომელიც საშუალებას იძლევა მასში შეყვანილი სასურველი ტემპერატურის მნიშვნელობაზე დაიჭიროს ქვაბში ტემპერატურა ქურის გათბობის ჩართვა-გამორთვის კონტროლით. კვების ბლოკს გააჩნია ელექტრო ენერჯის ანალიზატორი (25), რომელიც ითვლის დახარჯულ ელექტრო ენერჯიას კილოვატ-საათებში და ხარჯის აღრიცხვის საშუალებას იძლევა. ტემპერატურის კონტროლი მიმდინარეობს ზემოთ აღწერილი კონცენტრირების ქვაბის (6) ანალოგიურად. ტემპერატურის გაზომვას და თერმორეგულატორზე სიგნალის მიწოდებას უზრუნველყოფს ქრომ-ნიკელის თერმოწყვილი (17), რომელიც მოთავსებულია ქვაბის ქვედა ნაწილში და შეჭრილია ქვაბის ცენტრში. ქვაბის წნევის გაზომვა ხდება შესაბამისი მანოვაკუუმმეტრი (19).

ერთ-ერთი ინოვაციური ფუნქცია რომელიც დავამატეთ მოდელურ დანადგარს (სურათი 11) და მისი კვლევა ჩვენთვის დიდ ინტერესს წარმოადგენს, გახლავთ ულტრაბგერის გამოყენება, ტომატ-პასტის მომზადების პროცესში - პამიდვრის წვენის კონცენტრირებისას, ასევე სტერილიზაციის პროცესში. დღესდღეობით

მსოფლიოს მასშტაბით მრავალი კვლევა მიმდინარეობს ულტრაბგერასთან დაკავშირებით. კვების მრეწველობაში მას სხვადასხვა მიმართულებით იყენებენ.



სურათი 11. ულტრაბგერის გენერატორით აღჭურვილი ტომატის წვენის კონცენტრირების ნაწილი

ინტერესია ულტრაბგერა 20-40 კილოჰერცის დიაპაზონში გამოვიყენოთ როგორც ტომატ-პასტის კონცენტრირების ისე სტერილიზაციის პროცესებში და შევისწავლოთ მისი გავლენა მზა პროდუქტის ქიმიურ და მიკრობიოლოგიურ შემადგენლობაზე ვინაიდან ჯერ-ჯერობით არ არის შესწავლილი ულტრაბგერის გავლენა ტომატ-პასტის წარმოების და სტერილიზაციის პროცესებზე. მე-4 სურათზე ნაჩვენებია ქვაბში მოთავსებული ულტრაბგერის გენერატორი პიეზო ელემენტი (27), რომელიც კაბელით (28) მიერთებულია მართვის ბლოკზე (29). მართვის ბლოკით შესაძლებელია როგორც სიხშირეების, ასევე ულტრაბგერის სიმძლავრის ცვლილება. აღსანიშნავია ასევე, რომ აღნიშნულ მართვის ბლოკიდან შესაძლებელია ულტრაბგერის გენერატორისთვის მიწოდებული სიგნალის ცვლილება უწყვეტი სინუსოიდალურიდან პულსირებული სიგნალების სხვადასხვა ტიპების ჩათვლით.

როგორც ზევით უკვე აღინიშნა კვლევის პროცესის უმთავრეს ამოცანას წარმოადგენს ტომატ-პასტის მიღების ისეთი პირობების პოვნა, რომელიც უზრუნველყოფს ტომატ-პასტის ეკოლოგიურ სისუფთავეს და ფიზიოლოგიურ ღირებულებას. მეთოდით შემუშავებულ და დამზადებულ მოდელოვანი აპარატში როგორც კლასიკური, ასევე ჩვენს მიერ შესწავლილი ინოვაციური მეთოდით -

ულტრაბგერის გამოყენების საფუძველზე ტომატ-პასტის დამზადება. მოხდა მინერალური და ბიოქიმიური პარამეტრების დადგენა. გამოიკვეთა საქართველოში გავრცელებულ სახვადასხვა ქვესახეობებში („სამეფო“, ჭოპორტულა“, „საგვიანო“) სხვადასხვა საწარმოო რეჟიმით მიღებულ პროდუქტებს შორის განსხვავება. შემდგომი ეტაპზე გამოკვლეულ იქნა სხვადასხვა რეჟიმების პირობებში დამზადებული ტომატ-პასტის ნიმუშების მიკრობიოლოგიური შემადგენლობა.

ტომატ-პასტის მისაღები მოდელური აპარატი დამზადდა დღეს-დღეობით არსებული საწარმოო ტექნოლოგიების მიხედვით, ფაქტობრივად აპარატი წარმოადგენს მცირე ზომის საწარმოო დანადგარს, რომელსაც დამატებული აქვს ულტრაბგერის გენერატორი და კონტროლერი, რომელსაც პირდაპირი კონტაქტი აქვს პამიდვრის წვენთან. შესაბამისად საჭიროების შემთხვევაში შესაძლებელია ტომატ-პასტის დამზადება როგორც კლასიკური, ასევე ჩვენს მიერ შემუშავებული ინოვაციური მეთოდით - ულტრაბგერის თანხლებით.

ტომატ-პასტის ექსპერიმენტულ მოდელურ აპარატს, რომელიც სრულად აღწერილ იქნა ჩვენს მიერ, დავამატეთ წონის მაკონტროლებელი მოწყობილობა. ქურა, რომელიც განკუთვნილია პამიდვრის წვენის კონცენტრირებისთვის მოთავსებულია მეტალის სადგარზე, რომელიც აღჭურვილია 4 ცალი წნევის სენსორით TAS501, რომელიც საშუალებას იძლევა ავწონოთ ქურაზე მოთავსებული ქვაბი და მასში მოთავსებული პამიდვრის წვენი (სურათი 12) [117].

ტომატ-პასტის დამზადების პროცესში წყლის აორთქლების გამო დაკარგული წონა, ისევე როგორც პროცესის ტემპერატურა ყოველ წინასწარ მითითებულ დროში რეგისტრირდება პროგრამაში და ავტომატურად წყდება პროცესი მითითებული წონის დაკარგვის შემდეგ, კერძოდ დანადგარი წყვეტს ულტრაბგერის და ტემპერატურის ზემოქმედებას და იძლევა გამაფრთხილებელ სიგნალს, რათა დროულად მოხდეს შემდგომი ნაბიჯის განხორციელება, რაც გულისხმობს პროდუქტის ტარაში გადატანას. დაკარგული წონა წარმოადგენს აორთქლებული წყლის წონას. პამიდვრის ქიმიური ანალიზის საფუძველზე წინასწარ ვიცით რა, პამიდვრის თავისუფალი წყლის შემცველობა, პამიდვრის წვენის წონაზე გადაანგარიშებით წინასწარ შეგვიძლია გამოვთვალოთ აორთქლებული წყლის რაოდენობა, რომელიც საჭიროა ტომატ-პასტის მისაღებად პერიოდულად ქვაბიდან სინჯის აღების გარეშე. ექსპერიმენტული მოდელური

დანადგარების სისტემა იმართება ცენტრალური მაკონტროლებელი მოწყობილობის მიერ, რომელიც ყველა სენსორიდან მომავალ სიგნალს იმახსოვრებს ყოველ 5 წუთში ე.წ. data logger ფუნქციით (დროის და სხვა პარამეტრების რეგულირება შესაძლებელია პროგრამიდან), მიღებული მონაცემები ინახება ტექსტურ ფაილში, ხოლო დამახსოვრებული მონაცემების გადატანა შესაძლებელია Excel ფორმატში და მათგან გრაფიკების აგება.

ტომატ-პასტის დამზადებისას პამიდვრის წვენიდან ასაორთქლებელი წყლის რაოდენობის გაანგარიშება შესაძლებელია პროპორციის გამოთვლით. წლის სხვადასხვა პერიოდში ჩვენს მიერ ჩატარებული სხვადასხვა სახეობის პამიდვრის ქიმიური ანალიზებით განისაზღვრა თავისუფალი წყლის რაოდენობა, რომელიც შეტანილია მე-10 ცხრილში და შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას ცნობარის სახით. გარდა ამისა ტომატ-პასტის დამზადების პროცესის წინ შესაძლებელია რეფრაქტომეტრით განისაზღვროს წყლის შემცველობა. პროცესის დაგეგმვის წინ წინასწარ უნდა განისაზღვროს რა რაოდენობის ტომატ-პასტა უნდა იქნას მიღებული და შესაბამისად რა რაოდენობის პამიდორი დაჭირდება სასურველი რაოდენობის პროდუქტის მისაღებად. დროის დაზოგვის მიზნით, ჩვენი არჩევანი შეჩერდა 25° ბრიქსის მქონე ტომატ პასტაზე. მაგალითად, ერთ-ერთი ნიმუშის დამზადებისას პამიდორში თავისუფალი წყლის შემცველობა იყო 92%. ჩვენი მიზანი 25° ბრიქსის მქონე ტომატ-პასტის მიღებას წარმოადგენდა, სადაც წყლის შემცველობა უნა ყოფილიყო 75%. საწყისი ნედლეულის წონის მიხედვით და ნედლეულში თავისუფალი წყლის გათვალისწინებით განხორციელდა მარტივი ანგარიში:

პამიდვრის და ტკბილის წიწაკის გადასამუშავებლად გამზადებული ნედლეულის წონა იყო 1633 გ; მშრალი ნაშთი ბრიქსის შკალის მიხედვით იყო 8° (130.64 გრამი), შესაბამისად თავისუფალი წყალი 92% (1502.36 გრამი); ტომატ-პასტაში მშრალი ნაშთი უნდა ყოფილიყო 25%, შესაბამისი პროპორციული გადაანგარიშებით მიიღება ასაორთქლებელი წყლის რაოდენობა:

$$\frac{130.64\text{გ}}{X\text{ გ}} = \frac{25\%}{75\%}$$

მიღებულ ტომატ-პასტაში თავისუფალი წყალი:

$$X = \frac{75 * 130.64}{25} = 391.92\text{გ}$$

მიღებული ტომატ-პასტის წონა:

$$391.92 + 130.64 = 522.56 \text{ გ}$$

ნედლეულიდან მოსაცილებელი წყლის რაოდენობა:

$$1502.36 - 391.92 = 1100.44 \text{ გ}$$

სასწორის დაპროგრამება შესაძლებელია საწყისი და საბოლოო წონის მითითებით (იხ. სურათი 12), ამ შემთხვევაში ნედლეულის წონა 1100.44გ და მისაღები ტომატ-პასტის წონა 522.56გ. ტომატ-პასტის დამზადების პროცესში, წყლის აორთქლების შედეგად მიღებული საბოლოო წონის დაფიქსირებისას კონტროლერი გათიშავს ქურას და ვაკუუმ-ტუმბოს და ჩართავს ხმოვან სიგნალს, რათა დროულად მოხდეს მიღებული პროდუქტის გადატანა ქილებში. ქურა, მოთავსებული სენსორებზე, რომელიც სასწორის ფუნქციას ასრულებს. მარცხნივ განთავსებულია მაკონტროლებელი მოწყობილობა, რომელიც ანტენით გადასცემს აწონვის შედეგად მიღებულ მონაცემებს კომპიუტერს სადაც ხდება ცხრილის აგება ავტომატურად.

ტომატ-პასტის მოსამზადებელი მოდელური დანადგარი მოცემულია სურათზე 13.



სურათი 12. მოდელური აპარატის სასწორი



სურათი 13. ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერიის დეპარტამენტის ლაბორატორიაში განთავსებული ტომატ-პასტის მოსამზადებელი მოდელური დანადგარი

2.4. ექსპერიმენტის შედეგების მათემატიკური დამუშავება

2.4.1. გაზომვის ცდომილებები

მონაცემები, რომლის მიხედვითაც ხდება გრაფიკების აგება, მიღებულია გაზომვების შედეგად. ამიტომ არ არის ცნობილი ამ სიდიდეების ზუსტი მნიშვნელობები, არამედ ოპერირება ხდება მხოლოდ და მხოლოდ მათი მიახლოებითი მნიშვნელობებით, რომლებიც შეიცავენ გარკვეულ ცდომილებას - რომელიც დაშვებულია გაზომვისას. გამოთვლების წარმოებისას საჭიროა გაზომვების სიზუსტის ცოდნა, რათა განვსაზღვროთ თუ რა შეცდომა შეიძლება იქნას დაშვებული და ამ შეცდომის გათვალისწინების საშუალება გვქონდეს.

განასხვავებენ გაზომვისას დაშვებულ ორი სახის ცდომილებას.

სისტემატიური - განპირობებულია გამზომი ხელსაწყოების ცდომილებებით, ან გაზომვების ჩატარების არასწორი მეთოდის გამოყენებით (მაგალითად გარემოს ტემპერატურის გავლენის უგულებელყოფა, ატმოსფერული წნევის მერყეობა და ა.შ.). სისტემატიური ცდომილების კომპენსირება შესაძლებელია გაზომვების შედეგების ანგარიშისას შესაბამისი შესწორების შეტანით.

შემთხვევითი ცდომილება დამოკიდებულია გაზომვის გამოყენებული საშუალებასა და ექსპერიმენტატორის შესაძლებლობებზე. ერთი და იგივე სიდიდეების ერთი და იგივე საშუალებებით გაზომვისას, შემთხვევითი

ცდომილებების გამო მიიღება განსხვავებული შედეგები. შემთხვევითი ცდომილების გამორიცხვა შესწორებების გამოყენებით არ შეიძლება.

რაიმე N სიდიდის მნიშვნელობის დასადგენად თუკი შევასრულეთ მრავალი, მაგალითად m რაოდენობის გაზომვები, რომლის შედეგადაც ვიპოვეთ $N_1, N_2, N_3, \dots, N_m$ მნიშვნელობები, მაშინ ამ მნიშვნელობების საშუალო არითმეტიკული

$$\bar{N} = \frac{N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_m}{m}$$

მიახლოებით გასაზომი სიდიდის ტოლი იქნება, ესე იგი

$$\bar{N} \approx N$$

გაზომვების აბსოლუტური ცდომილება შეადგენს :

$$\bar{N} - N_i = \Delta N_i = x_i$$

გაზომვების ფარდობითი ცდომილება უდრის აბსოლუტური ცდომილების ფარდობას გასაზომ სიდიდესთან:

$$\delta = \frac{\Delta N_i}{N}$$

რადგანაც გასაზომი სიდიდის ზუსტი მნიშვნელობა უცნობია, N -ის ნაცვლად შეგვყავს გაზომვების რიცხვის საშუალო არითმეტიკული \bar{N} .

თუ ჩატარებულია m რაოდენობის გაზომვები და მათი ცდომილებები უდრის x_1, x_2, x_3, \dots , მაშინ გაზომვების ცდომილებების საშუალო მნიშვნელობა η უდრის:

$$\eta = \frac{|x_1| + |x_2| + |x_3| + \dots}{m}$$

(მრიცხველში იწერება x ცდომილებების აბსოლუტური მნიშვნელობები). ცდომილება, რომლის აბსოლუტური მნიშვნელობა $|x|$ იქნება ყველაზე მეტი, ეწოდება გაზომვის მაქსიმალური მნიშვნელობა.

შემთხვევითი ცდომილებები x_1, x_2, x_3 უნდა ემორჩილებოდნენ ნორმალური განაწილების (გაუსის) კანონს:

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-x^2}{2\sigma^2}} = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 x^2}$$

სადაც y არის იმ გაზომვების რიცხვი, რომლებშიც გაზომვების ცდომილება არის x -ის ტოლი; h არის სიზუსტის ზომა; σ არის სტანდარტული გადახრა (m -ის დიდი მნიშვნელობისთვის)

$$\sigma = \sqrt{\frac{x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + \dots + x_m^2}{m-1}}$$

რაც უფრო მეტია h -ის მნიშვნელობა, გაზომვების ყველა ცდომილებების მით უფრო მეტი მნიშვნელობა იქნება ნულის ტოლი.

სტანდარტული გადახრა σ და სიზუსტის ზომა h ურთიერთკავშირში არიან:

$$h = \frac{1}{\sigma\sqrt{2}}$$

$$\sigma = \frac{0,7071}{h}$$

სტანდარტული გადახრის გარდა ხშირად გამოიყენება დისპერსიის მცნება. დისპერსია უდრის სტანდარტული გადახრის კვადრატს (σ^2).

2.4.2. განტოლების შედგენა

კვლევის შედეგების გამოსახვის შედარებით მარტივი საშუალება არის განტოლება, რომელიც აღწერს ჩვენთვის საინტერესო სიდიდეების დამოკიდებულებას პროცესის სხვა პარამეტრებთან.

განტოლებების შედგენის საფუძველს წარმოადგენენ ექსპერიმენტებით და დაკვირვებებით მიღებული შედეგები, რომლებიც წარმოდგენილია ცხრილების და გრაფიკების სახით.

საჭირო განტოლების შედგენა მარტივია, თუ ცნობილია იმ ფიზიკო-ქიმიური კანონის საერთო განტოლება, რომელის მიხედვითაც მიდის შესასწავლი პროცესები. მაგრამ თუ ასეთი ფიზიკო-ქიმიური კანონი უცნობია, მაშინ საჭიროა ისეთი განტოლების შერჩევა, რომელიც ყველაზე ზუსტად აღწერს შესასწავლ პროცესს გამოსაკვლევ ინტერვალში. ეს განტოლება იქნება ემპირიული.

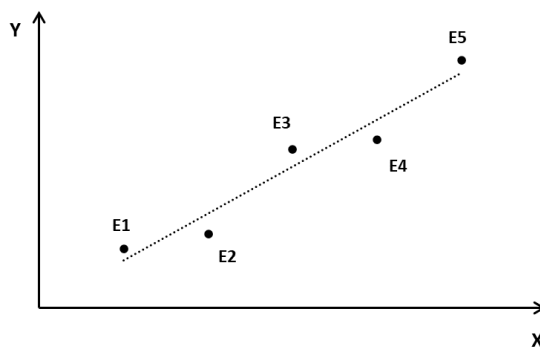
ემპირიული განტოლების შერჩევა, ჩვეულებრივ დაფუძნებულია შესასწავლი პროცესების ამსახველი მრუდების ფორმების შედარებაზე, ამიტომ პირველ რიგში იგება შესასწავლი y სიდიდის x ცვლადთან დამოკიდებულების გრაფიკი. გრაფიკზე წერტილების დატანის შემდეგ, საჭიროა ამ წერტილებს შორის შესაბამისი მრუდის გავლება, რათა გამოირიცხოს გადახრები რომლებიც წარმოადგენენ გაზომვის ცდომილების შედეგს.

შემდეგ საჭიროა იმ საერთო კანონის დადგენა, რომლის მიხედვითაც მიმდინარეობს გამოსაკვლევი მოვლენა.

იმისათვის, რომ გავიგოთ თუ როგორი განტოლება ასახავს ყველაზე უფრო ზუსტად გამოსაკვლევ მოვლენას, შესაძლებელია მრუდის განწრფელება, რადგანაც ამ დროს მარტივად არის შესაძლებელი იმის დადგენა - სწორი ხაზის გარშემო ექსპერიმენტული წერტილების განზნევა განპირობებულია გაზომვების ცდომილებით - თუ განტოლების არასწორად შერჩევით.

კვლევის შედეგების წარმოდგენა ასევე შესაძლებელია ემპირიული განტოლების სახით.

არსებობს განსასაზღვრი სიდიდეების სხვა პარამეტრებთან დამოკიდებულების განტოლების სახით წარმოდგენის რამდენიმე მეთოდი. ყველაზე ხშირად ამ მიზნით გამოიყენება უმცირეს კვადრატთა მეთოდი.



სურათი 14. ემპირიული განტოლების კოეფიციენტების განსაზღვრა უმცირეს კვადრატთა მეთოდით

ზოგადად გამოსაკვლევი ფუნქცია შეიძლება ჩაიწეროს პოლინომის სახით:

$$y = b_0 + b_1x + b_2x^2 + b_3x^3 + \dots + b_mx^m$$

დავუშვათ, რომ გაზომვის შედეგები გამოსახულია წერტილებით x - y კოორდინატთა სისტემაში (სურათი 14) გავავლოთ მოცემულ წერტილებს შორის

მრუდი. მრუდიდან წერტილების დაშორება y ღერძის მიხედვით უდრის $E_1, E_2, E_3...$ მრუდის ზემოთ განლაგებულ წერტილებს შეესაბამება გადახრის დადებითი, ხოლო მრუდს ქვემოთ - გადახრის უარყოფითი მნიშვნელობები.

ჭეშმარიტთან ყველაზე მეტად მიახლოებული განტოლება იქნება $y=f(x)$ ისეთნაირად შერჩეული კოეფიციენტებით, რომ მრუდსა და დაშორებული წერტილების მანძილების კვადრატების ჯამი ($E^2 > 0$) იყოს უმცირესი:

$$\sum_{i=1}^n E_i^2 = \min$$

სადაც n არის გაზომვების (წერტილების) რაოდენობა. ზოგიერთი გაზომვისთვის (x_i, y_i) მივიღებთ:

$$\sum_{i=1}^n (b_0 + b_1 x_i + b_2 x_i^2 + b_3 x_i^3 + \dots + b_m x_i^m - y_i)^2 = \min$$

ამ განტოლებაში $x_1, y_1; x_2, y_2; x_3, y_3; \dots, x_n, y_n$ - გაზომვის შედეგად მიღებული მონაცემების (წერტილები). საჭიროა ისე შევარჩიოთ $b_0, b_1, b_2, b_3, \dots, b_m$ კოეფიციენტები, რომ მიღებულმა გამოსახულებამ მოგვცეს მინიმალური მნიშვნელობა. ამ გამოსახულების F-ით აღნიშვნით, შესაძლებელია მინიმუმის მიღწევის პირობის ჩაწერა, რომლის დროსაც F ფუნქციის კერძო წარმოებულები ნულის ტოლი უნდა იყოს:

$$\frac{\partial F}{\partial b_0} = 0; \frac{\partial F}{\partial b_1} = 0; \frac{\partial F}{\partial b_2} = 0; \dots; \frac{\partial F}{\partial b_m} = 0$$

აქედან გარდაქმნის შემდეგ ვღებულობთ ნორმალურ $(m+1)$ განტოლებათა სისტემას:

$$\left. \begin{aligned} 1) n b_0 + (x_1 + x_2 + \dots) b_1 + (x_1^2 + x_2^2 + \dots) b_2 + \dots &= y_1 + y_2 + \dots + y_n \\ 2) (x_1 + x_2 + \dots) b_0 + (x_1^2 + x_2^2 + \dots) b_1 + \dots &= y_1 x_1 + y_2 x_2 + \dots + y_n x_n \\ \dots\dots\dots & \dots\dots\dots \\ m+1) (x_1 + x_2 + \dots) b_0 + (x_1^{m+1} + x_2^{m+1} + \dots) b_1 + \dots &= y_1 x_1^m + y_2 x_2^m + \dots + y_n x_n^m \end{aligned} \right\}$$

ამ სისტემის ამოხსნა პოლინომის b_0, b_1, b_2, \dots კოეფიციენტების გამოთვლის საშუალებას იძლევა. რაც უფრო მეტი პირობები იქნება პოლინომში შეყვანილი,

მით უფრო ზუსტად ასახავს ის მიმდინარე მოვლენას. ამდენად საჭიროა რაც შეიძლება ბევრი კოეფიციენტის (*b*) განსაზღვრა.

2.5. მიღებული შედეგების კონსტანტაცია ნიშან-თვისებათა შენარჩუნების მიზნით

კლასიკური მეთოდით და ულტრაბგერის გამოყენებით წარმოებული ტომატ-პასტის ნედლეულად გამოყენებული იქნა ერთი და იგივე ლოკალიზაციის ადგილიდან, ერთსა-და იმავე დროს შექმნილი საქართველოში მოყვანილი სხვადასხვა სახეობის პამიდორი. აღსანიშნავია, რომ პამიდორის სახეობა გავლენას ახდენს როგორც კლასიკური, ისე ინოვაციური მეთოდებით დამზადებული ტომატ-პასტის ხარისხზე, ვინაიდან სხვადასხვა ქვესახეობებში თავისუფალი წყლის შემცველობა წლის სხვადასხვა სეზონზე განსხვავდება, რაც ქვესახეობათა თავისებურებას წარმოადგენს. თავისუფალ წყალზე დამოკიდებულია ტომატ-პასტის დამზადების პროცესის დრო. რაც მეტია თავისუფალი წყალი, მით მეტი დრო ჭირდება მის აორთქლებას, შესაბამისად მაღალი ტემპერატურის ზემოქმედების დრო იზრდება, რაც უარყოფითად მოქმედებს ასკორბინის მჟავაზე, რა დროსაც ხდება მისი კონცენტრაციის შემცირება, ინოვაციური მეთოდის გამოყენების შემთხვევაში კი იზრდება პროცესის დრო და ელექტრო ენერჯის ხარჯს, თუმცა მაინც 2-3-ჯერ ნაკლები დანახარჯია კლასიკურ მეთოდთან შედარებით. ქვემოთ მოცემული მონაცემები მიღებულია ივნისის, ივლისის და ოქტომბრის პერიოდებში. ტომატ-პასტაში ასკორბინის მჟავის რაოდენობის გაზრდის მიზნით პამიდორის წვენში მოვახდინეთ მცირე რაოდენობით წითელი ბულგარული წიწაკის შერევა, რამაც ასევე შეცვალა პამიდორის ფერის ტონალობა, ვინაიდან პამიდორი ასკორბინის მჟავათი მდიდარი არ არის. წითელი ფერის ბულგარულ წიწაკაში არის უფრო მეტი ასკორბინის მჟავა, ვიდრე სხვა სახეობის ბულგარულ წიწაკაში და პამიდორში. ბულგარული წიწაკის რაოდენობა შევარჩიეთ იმგვარად, რომ მიღებულ 100 გრამ ტომატ პასტაში იყოს ზრდასრული ადამიანისთვის საჭირო ასკორბინის მჟავას არანაკლებ რეკომენდებული დღიური

რაოდენობისა, რომელიც განსხვავდება როგორც ასაკის, ასევე სქესის მიხედვით. ასკორბინის მჟავას დღიური დოზები მოყვანილია ცხრილებში 14, 15 [118, 119].

ცხრილი 14. C ვიტამინის რეკომენდებული დღიური რაოდენობა

ასაკი	მამრობითი	მდედრობითი	ორსულობა	ლაქტაცია
0-6 თვე	40 მგ	40 მგ	-	-
7-12 თვე	50 მგ	50 მგ	-	-
1-3 წელი	15 მგ	15 მგ	-	-
4-8 წელი	25 მგ	25 მგ	-	-
9-13 წელი	45 მგ	45 მგ	-	-
14-18 წელი	75 მგ	65 მგ	80 მგ	115 მგ
19+ წელი	90 მგ	75 მგ	85 მგ	120 მგ
მწვევლები	მწვევლებს არამწვევლებთან შედარებით ესაჭიროებათ C ვიტამინის 35 მგ-ით მეტი დღიურ რაოდენობასთან შედარებით.			

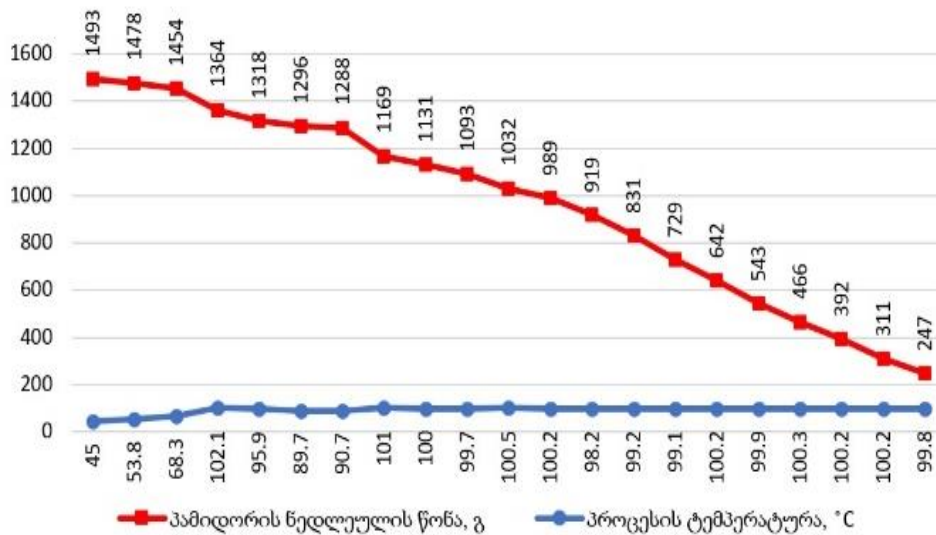
ცხრილი 15. C ვიტამინის ზღვრულად დასაშვები დღიური რაოდენობა

ასაკი	მამრობითი	მდედრობითი	ორსულობა	ლაქტაცია
0-12 თვე	არ არის დადგენილი	არ არის დადგენილი	-	-
1-3 წელი	400 მგ	400 მგ	-	-
4-8 წელი	650 მგ	650 მგ	-	-
9-13 წელი	1200 მგ	1200 მგ	-	-
14-18 წელი	1800 მგ	1800 მგ	1800 მგ	1800 მგ
19+ წელი	2000 მგ	2000 მგ	2000 მგ	2000 მგ

ტომატ-პასტის ნედლეულში განისაზღვრა თეორიიდან ცნობილი მხოლოდ ის ძირითადი მაჩვენებლები რომლებიც გავლენას ახდენენ მიღებული ტომატ-პასტის ხარისხზე და გემოზე. პამიდვრის ნედლეულის ხარისხს წინასწარ საზღვრავენ წარმოებაში პროდუქტის დამზადების წინ. მიუხედავად იმისა, რომ პამიდვრის შემადგენლობა ყოველთვის განსხვავებულია და ანალიზის გარეშე, წინასწარ შეუძლებელია მასში ასკორბინის მჟავას ან წყლის რაოდენობის განსაზღვრა, ჩვენ კვლევებით დავადგინეთ პამიდვრის და ბულგარული წიწაკის ოპტიმალური თანაფარდობა, რათა მიღებულ ტომატ-პასტის ყოველ 100 გრამში იყოს დაახლოებით ასკორბინის მჟავის დღიური ნორმა. თანაფარდობა არის პამიდვრის

და წითელი ბულგარული წიწაკის თანაფარდობა 21:1, რა დროსაც საშუალოდ 100 გრამ ტომატ-პასტაში რჩება 100-200 მგ C ვიტამინი, თუმცა წელიწადის დროის, ჯიშის და სხვადასხვა პირობების გათვალისწინებით, შესაძლებელია განსხვავებული შედეგები მივიღოთ. ამიტომ უშუალოდ პროდუქტის დამზადებისას უნდა განისაზღვროს ნედლეულის შემადგენლობა, რათა მოხდეს თანაფარდობის დადგენა. პამიდვრის წვენი და მზა პროდუქტში ბრიქსის ინდექსის განსაზღვრა ხდება სპეციალური რეფრაქტომეტრით, რომელიც აღჭურვილია ბრიქსის შკალით.

პამიდვრის წვენის კონცენტრირება 100°C ტემპერატურაზე, რომელიც მიმდინარეობს წყლის აორთქლებით დუღილის პირობებში ასახულია სურათზე 15.

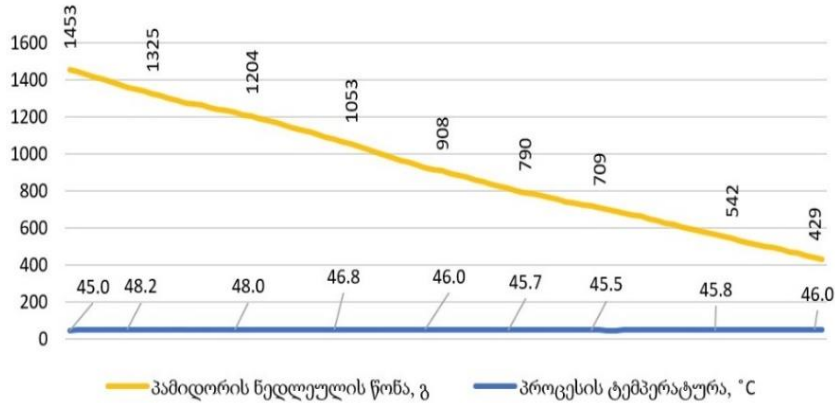


სურათი 15. წონის კლების დინამიკა საწარმოო მეთოდით პამიდვრის წვენის კონცენტრირებისას

ცხრილი 16. ტომატ-პასტის მიღების პროცესის ენერგო დანახარჯი 100°C ტემპერატურაზე

პროდუქტი	საწყისი ნედლეულის წონა, გ	მიღებული ტომატ-პასტის წონა, გ	ტომატ-პასტის მიღებისას საჭირო დრო, წთ	დახარჯული ენერგია სტერილიზაციის გარეშე, კვტ/სთ	დახარჯული ენერგია სტერილიზაციით, კვტ/სთ	პროცესის ტემპერატურა, °C
პამიდვრი „სამეფო“	1493	478	100 (1სთ:40წთ)	1,240	1,410	100

პამიდვრის წვენის კონცენტრირება 46°C ტემპერატურაზე, რომელიც მიმდინარეობს წყლის აორთქლებით დუღილის პირობებში ასახულია მე-16 სურათზე.



სურათი 16. პამიდვრის წვენის ულტრაბგერის გამოყენებით კონცენტრირების გრაფიკი

ცხრილი 17. ტომატ-პასტის მიღების პროცესის ენერგო დანახარჯი 46°C ტემპერატურაზე

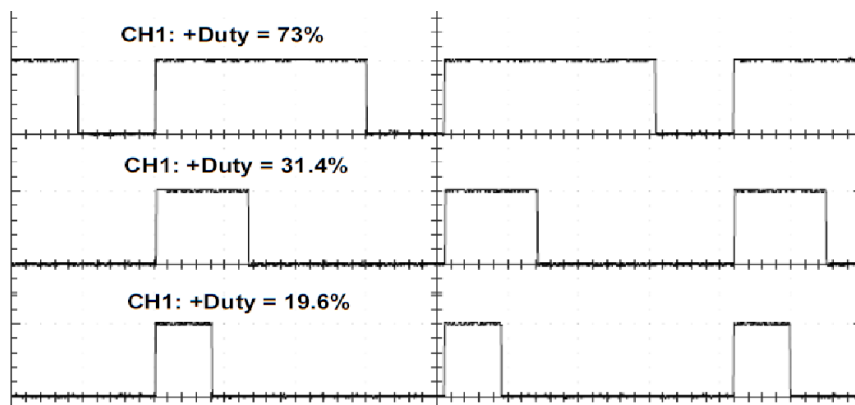
პროდუქტი	საწყისი ნედლეულის წონა, გ	მიღებული ტომატ-პასტის წონა, გ	ტომატ-პასტის მიღებისას საჭირო დრო, წთ	დახარჯული ენერგია სტერილიზაციის გარეშე, კვტ/სთ	დახარჯული ენერგია სტერილიზაციით, კვტ/სთ	ულტრაბგერის სიმძლავრე, ვატი	ულტრაბგერის სიხშირე, კილოჰერცი	ვაკუუმი, ბარი	პროცესის ტემპერატურა, °C
სამეფო ჯიშის პამიდვრი	1453	478	460 (7სთ:40წთ)	0,249	0,418	60	40	-0,9	46

ერთი და იგივე მასის და სახეობის მქონე პამიდვრისგან ტომატ-პასტის მისაღებად საჭირო ენერგო-დანახარჯები ნაჩვენებია ცხრილებში 16, 17. აუცილებელია იმ გარემოების გათვალისწინება, რომ ულტრაბგერის ზემოქმედების შედეგად პამიდვრის ნედლეულში ხდება ტემპერატურის ზრდა მაღალსიხშირული რხევების გამო. ამ დროს სითხის ტემპერატურამ შესაძლებელია მიაღწიოს 100°C-ს. ულტრაბგერის გენერატორის მუშაობის დრო ნაწილობრივ დამოკიდებულია გარემოს ტემპერატურაზე, ულტრაბგერის გენერატორის ავტომატური მაკონტროლებელი თიშავს და რთავს მას ტომატ-პასტის დამზადების პროცესისთვის საჭირო - პროგრამულად მითითებული ტემპერატურის

შესანარჩუნებლად, ვინაიდან ულტრაბგერის გენერატორი თავად გამოყოფს სითბოს მუშაობის პროცესში და აუცილებელია მისი სინქრონული მუშაობა გამათბობელ ქურასთან ერთად, რათა არ მოხდეს ტემპერატურის შეუსაბამო ცვლილება. გარემოს ტემპერატურის 23°C...27°C ზღვრებში, ინოვაციური დანადგარის ულტრაბგერის გენერატორი 46°C ტემპერატურული რეჟიმის დროს მუშაობს მთლიანი დროის 90-92%-ის განმავლობაში.

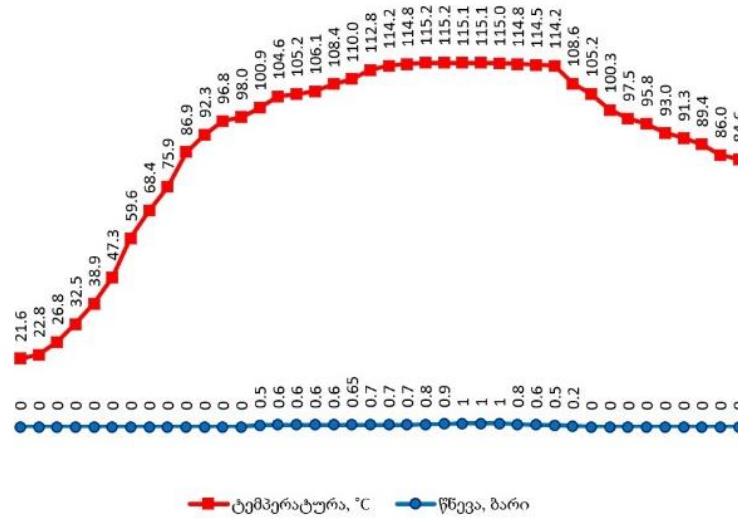
ულტრაბგერის გამოყენების მიზანი დაბალ ტემპერატურაზე ტომატ-პასტის წარმოებაა 46°C-ზე - მისი დაბალ ტემპერატურაზე ულტრაბგერით სტერილიზაციის, ამავე დროს ვიტამინების და სხვა სასარგებლო ნივთიერებების შენარჩუნების მიზნით. ულტრაბგერას ამ შემთხვევაში სტერილიზაციის ეფექტი უნდა ჰქონდეს გაცხელების გარეშე. ტემპერატურის ზრდის თავიდან აცილება შესაძლებელია გაგრილების სისტემის დამატებით, რაც თავის მხრივ გამოიწვევს ხარჯის გაზრდას, როგორც ელექტროენერჯის, ასევე დამატებული მასალის თვალსაზრისით. ამიტომ ჩვენ არჩევანი შევაჩერეთ ულტრაბგერის გენერატორისთვის სიგნალის მიწოდებაზე განივ-იმპულსური მოდულაციით (PWM), რითაც ტემპერატურის შენარჩუნება მოხდა 46°C-ზე ფაქტობრივად ქურის გამათბობელი ელემენტის მინიმალური ჩართულობით, რითაც ასევე შემცირდა ტემპერატურული ფლუქტუაციები და პროცესისთვის საჭირო ელექტროენერჯის ხარჯი. განივ-იმპულსური სიგნალის გრაფიკული გამოსახულება მოცემულია სურათზე 17.

მაღალ ტემპერატურაზე როგორც ცარიელი, ისე ტომატ-პასტით შევსებული ტარის სტერილიზაციის გრაფიკული გამოსახულება მოცემულია სურათებზე 18 და 19.

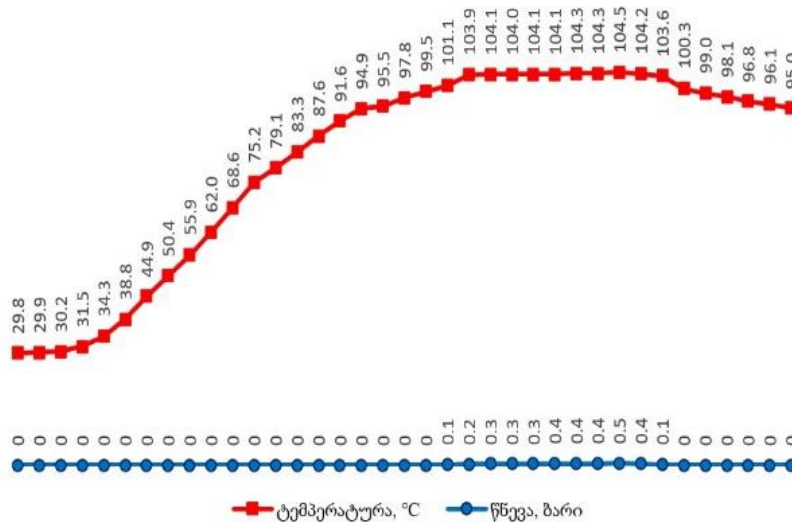


სურათი 17. ულტრაბგერის გენერატორზე მიწოდებული სიგნალი

განვი-იმპულსური მოდულაციის სიგნალი სხვადასხვა ციკლების მონაცვლეობით, რაც თავიდან არიდებს ჰამიდერის ნედლეულში ტემპერატურის ზრდას (გრაფიკი გენერირებულია ოსცილოსკოპის Hantek 2D42 პროგრამის მიერ).



სურათი 18. სტერილიზაციის ტემპერატურული რეჟიმის გრაფიკი: ცარიელი ტარის სტერილიზაცია 115°C-ზე



სურათი 19. ტომატ-პასტით შევსებული ტარის 104°C ტემპერატურაზე ჩატარებული სტერილიზაციის გრაფიკი

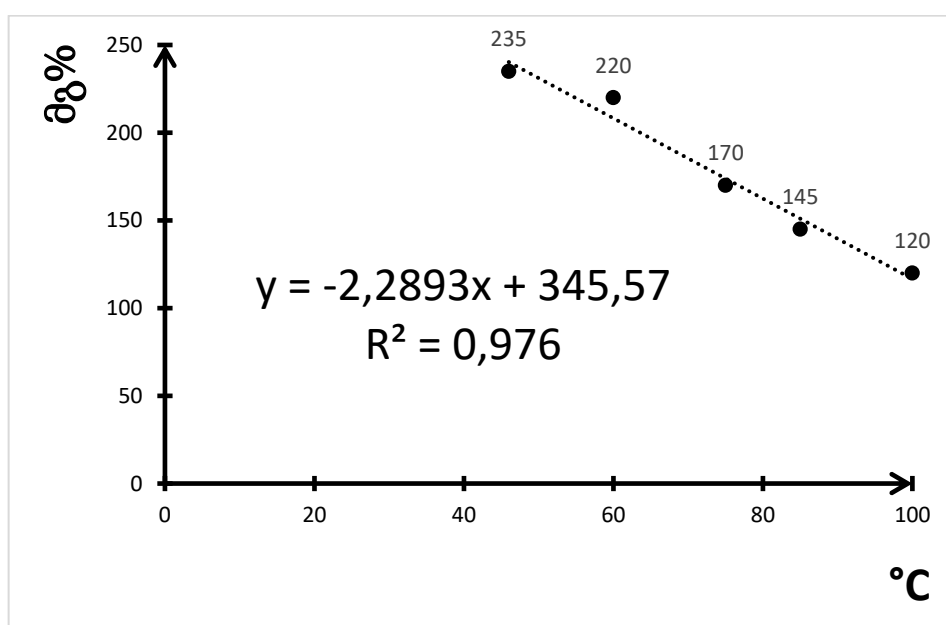
ცარიელი ტარას სტერილიზაციის პარამეტრები:

$$\frac{20 - 10 - 10}{115^{\circ}\text{C}}$$

ტომატ-პასტით შევსებული მინის ტარას სტერილიზაციის პარამეტრებია:

$$\frac{20 - 10 - 5}{104^{\circ}\text{C}}$$

ტომატ-პასტის დამზადებისას მიმდინარეობს პამიდვრის წვენი კონცენტრირება, შესაბამისად მიღებული პროდუქტის 100 გრამზე გადაანგარიშებით საწყის ნედლეულთან შედარებით იზრდება ასკორბინის მჟავას კონცენტრაციაც, თუმცა ტემპერატურის მატებასთან ერთად იგი განიცდის ჰიდროლიზს და საერთო რაოდენობა მცირდება. სხვადასხვა ტემპერატურაზე მომზადებულ ტომატ-პასტაში ასკორბინის მჟავას კონცენტრაციები ნაჩვენებია სურათზე 20.



სურათი 20. იენისში ჭოპორტულა პამიდვრის 96% თავისუფალი წყლის შემცველი 1600გ ნედლეულისგან 25° ბრიქსის ტომატ-პასტის სხვადასხვა ტემპერატურაზე დამზადებისას ასკორბინის მჟავას ცვლილების დინამიკა

მე-19 სურათზე მოცემულ წრფივ განტოლებაში ანალიზის შედეგად მიღებული მონაცემების ჩასმით შესაძლებელია ასკორბინის მჟავას კონცენტრაციის ზუსტი გამოთვლა. საშუალო კვადრატული ცდომილება $R^2=0.976$ მაქსიმალურად მიახლოებულია 1-თან რაც ანალიზის შედეგების მაღალ სანდოობაზე მიუთითებს.

ცხრილში 18 მოცემულია ანალიზებით განსაზღვრული ასკორბინის მჟავას კონცენტრაცია სხვადასხვა ტემპერატურაზე დამზადებულ ტომატ-პასტაში და წრფივი განტოლებით მიღებული შედეგები:

ცხრილი 18. ანალიზების შედეგად მიღებული და წრფივი განტოლებით გამოთვლილი ასკორბინის მჟავას კონცენტრაცია სხვადასხვა ტემპერატურაზე დამზადებულ ტომატ-პასტას ნიმუშებში

ტემპერატურა, °C	ანალიზებით მიღებული ასკორბინის მჟავას კონცენტრაცია, მგ%	წრფივი განტოლებით გამოთვლილი ასკორბინის მჟავას კონცენტრაცია, მგ%
46	235	240
60	220	208
75	170	174
85	145	151
100	120	117

ცხრილი 19. 1000 გრამი ნედლეულიდან 46°C ულტრაბგერის თანხლებით და 100°C ტემპერატურებზე მიღებული ტომატ-პასტის და მისი ნედლეულის ხარისხის ძირითადი მახასიათებლები

პროდუქტი	თანფარდობა: პამიდორი : წიწაკა	თავისუფალი წყალი, %	C ვიტამინი, მგ%	ტომატ-პასტის pH	პროცესის დრო, წთ	დაბარჯული ენერჯია, კვტ/სთ	პროცესის ტემპერატურა, °C	გარდატეხის მაჩვენებელ ბრიქსის შკალაზე, °
პამიდორის და ბულგარული წიწაკის პიურეების ნარევი (იენისი)	21:1	96	36	3.6-3.8	10	0.001	23	4
ტომატ-პასტა, 40კვც (იენისი)		75	223		330	0.350	46	25
ტომატ-პასტა, გაცხელებით (იენისი)		75	126		82	0.870	100	25
პამიდორის და ბულგარული წიწაკის პიურეების ნარევი (ოქტომბერი)		92	20		20	0.002	21.6	8
ტომატ-პასტა, 40კვც (ოქტომბერი)		75	61		327	0.340	46	25
ტომატ-პასტა, გაცხელებით (ოქტომბერი)		75	16		79	0.830	100	25

ნედლეულად გამოყენებულია ჭოპორტულას ჯიშის პამიდორი. პროცესის დროში იგულისხმება 25° ბრიქსის ტომატ-პასტის მიღების და სტერილიზაციის დროების ჯამი.

სტანდარტიზაციისა და გამოთვლების გამარტივებისთვის 1000 გრამ პამიდორის პიურეზე (საწყისი ნედლეული) გადაანგარიშების შემდეგ, შეგვიძლია განვსაზღვროთ პროცესის პარამეტრები, მიღებული ტომატ-პასტის რაოდენობა და მისი ხარისხის ძირითადი მაჩვენებლები. სტანდარტიზებულ 1000 გრამ ნედლეულზე გადაანგარიშებით მიღებული მონაცემები შეტანილია ცხრილში 19. გასათვალისწინებელია საწყის ნედლეულში თავისუფალი წყლის შემცველობა, ვინაიდან სხვადასხვა შემცველობის ნედლეულის კონცენტრირებას ჭირდება სხვადასხვა დრო, რაც მოქმედებს როგორც ტომატ-პასტის დამზადებისთვის საჭირო ელექტრო ენერჯიის ხარჯზე, ისე მიღებულ ტომატ-პასტაში ასკორბინის მჟავის რაოდენობაზე. გაცხელებისას რაც უფრო მეტი დრო ჭირდება კონცენტრირებას, მით უფრო ნაკლებია ასკორბინის მჟავა საბოლოო პროდუქტში.

2.6. ტომატ-პასტაში მიკრობიოლოგიური მეზოფილურ-აერობული, ფაკულტატურ-ანაერობული მიკროორგანიზმების განსაზღვრა

სხვადასხვა პირობით მომზადებული ტომატ-პასტა, მოთავსებულ იქნა ქილებში შესანახად. დამზადებიდან 1 წლის შემდეგ მათ ჩაუტარდათ მიკრობიოლოგიური ანალიზი მულტიტესტში (ISO4833-1-2013/2015) - ტომატ-პასტის შენახვის უნარიანობის დადგენის მიზნით. ტომატ პასტით შევსებული ქილები ინახებოდა მაცივარში 5°C - 8°C ტემპერატურულ ზღვრებში. ოქტომბერში ტომატ-პასტის დასამზადებლად გამოყენებული იქნა პამიდორის ქვესახეობა „საგვიანო“, ივნისში დამზადებული ტომატ-პასტის ნედლეულად გამოყენებული იქნა პამიდორის ქვესახეობა „სამეფო“ და ჭოპორტულა. ყოველი ნიმუში დამზადდა 3-ჯერ, აღებულია მათი საშუალო მნიშვნელობები. ქილებში მოთავსებული ტომატ-პასტის მახასიათებლები გამოიყურება შემდეგ ნაირად:

ნიმუში 1. დამზადებული ოქტომბერში. პამიდორის სახეობა „ჭოპორტულა“. პამიდორის პიურეს დაემატა წითელი ტკბილი (ბულგარული) წიწკა 21:1

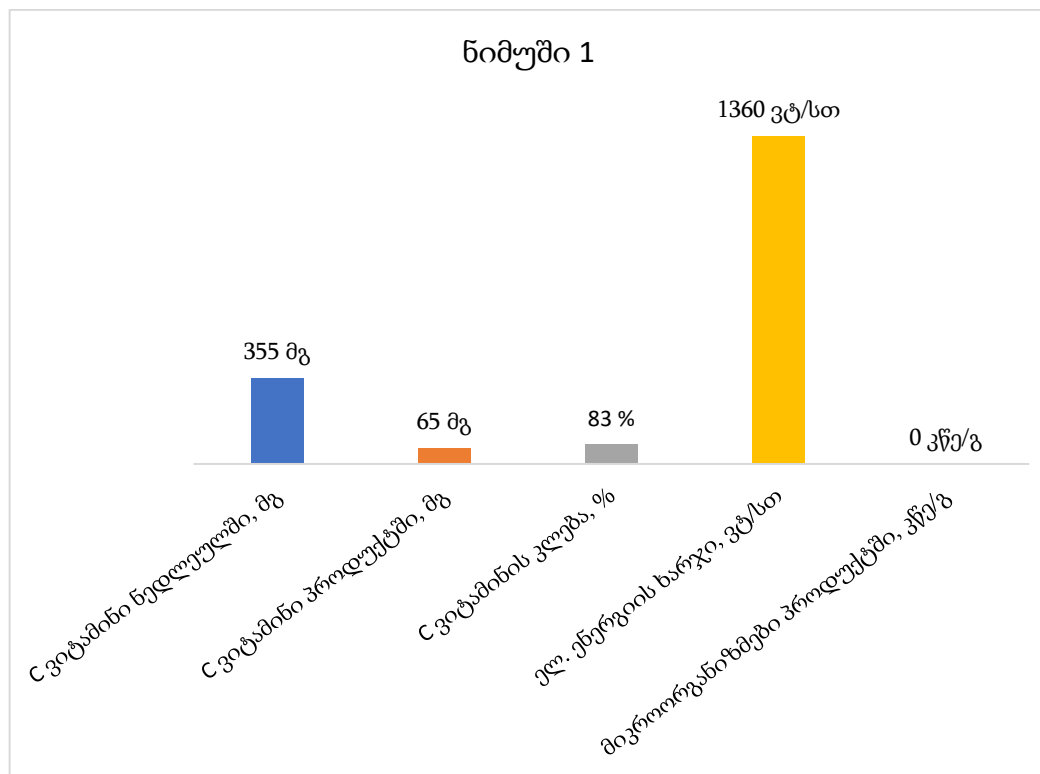
თანაფარდობით. საწყისი ნედლეულის pH=4.82. დამზადდა 100°C-ზე ამოშრობით, ტომატ-პასტის pH=4.77. კონსერვანტად დაემატა ლიმონმჟავა, ლიმონმჟავას დამატების შემდეგ pH = 3.78. ტომატ-პასტა მოთავსდა წინასწარ 104°C-ზე 10 წთ გასტერილებულ ქილაში. ქილაში შევსების შემდეგ ჩაუტარდა სტერილიზაცია 104°C-ზე, 10 წთ, სტერილიზაციის დროს წნევა იყო 0,6 ბარი. შევსების შემდეგ ქილა გრილდებოდა ამოტრიალებულ მდგომარეობაში. ოთახის ტემპერატურაზე გაგრილების შემდეგ ინახებოდა მაცივარში 5-8°C ტემპერატურულ ზღვრებში. მიღებული ტომატ-პასტის საწარმოო რეჟიმი, ხარისხის ძირითადი მაჩვენებლები და დახარჯული ენერგია მოცემულია ცხრილში 20.

ცხრილი 20. ტომატ-პასტის ნიმუში 1-ის მახასიათებლები

ნიმუშის ნომერი	1
პამიდვრის ქვესახეობა	ჭოპორტულა
დამზადების პერიოდი	ოქტომბერი
პამიდვრის და ტკბილი წიწაკის თანაფარდობა	21:1
ნედლეულის წონა, გ	1633
ტომატ-პასტის წონა, გ	523
თავისუფალი წყლის შემცველობა საწყის ნედლეულში, %	92
თავისუფალი წყლის შემცველობა ტომატ-პასტაში, %	75
მშრალი ნივთიერება, %	25
ნედლეულის pH	4.82
ტომატ-პასტის pH, ლიმონმჟავას დამატების შემდეგ	3.78
პროცესის ტემპერატურა, °C	100
ტომატ-პასტის დამზადების პროცესის დრო, წთ	112
სტერილიზაციის ტემპერატურა, °C	104
სტერილიზაციის წნევა, ბარი	0.6
სტერილიზაციის დრო, წთ	10
აღმოჩენილი მიკროორგანიზმები, კწე/1გ (1 წლის შემდეგ)	0
C ვიტამინის საერთო რაოდენობა ნედლეულში, მგ	355
C ვიტამინის საერთო რაოდენობა პროდუქტში, მგ	63
C ვიტამინის საწყისი შემცველობა, მგ%	20
C ვიტამინის შემცველობა ტომატ-პასტაში, მგ%	10
C ვიტამინის შემცირებული რაოდენობა, %	83
-დახარჯული ელექტროენერგია, კვტ/სთ	1.36
შენახვის ტემპერატურული ზღვრები, °C	3-8

სურათზე 21 - მოცემულია ნიმუშში 1 - C ვიტამინის ცვლილების დინამიკა ტომატ-პასტის დამზადების პროცესში და ტომატ-პასტის დამზადებისას დახარჯული ელექტრო ენერგია.

ნიმუშში მეზოფილურ-აერობული, ფაკულტატურ-ანაერობული მიკრო-ორგანიზმების განსაზღვრის მიზნით, მოხდა მისი 1 გრამის დატანა აგარზე და მისი ინკუბირება 5 დღის განმავლობაში 30°C ტემპერატურაზე - კოლონია-წარმომქმნელი ერთეულების გასამრავლებლად, მათი რაოდენობის დათვლის მიზნით. ნიმუშში კომლონია-წარმომქმნელი ერთეულები არ აღმოჩნდა (იხილეთ დანართი - საგამოცდო ლაბორატორიის ოქმი №8017).



სურათი 21. C ვიტამინის ცვლილება და ელექტროენერგიის ხარჯი პირველ ნიმუშში

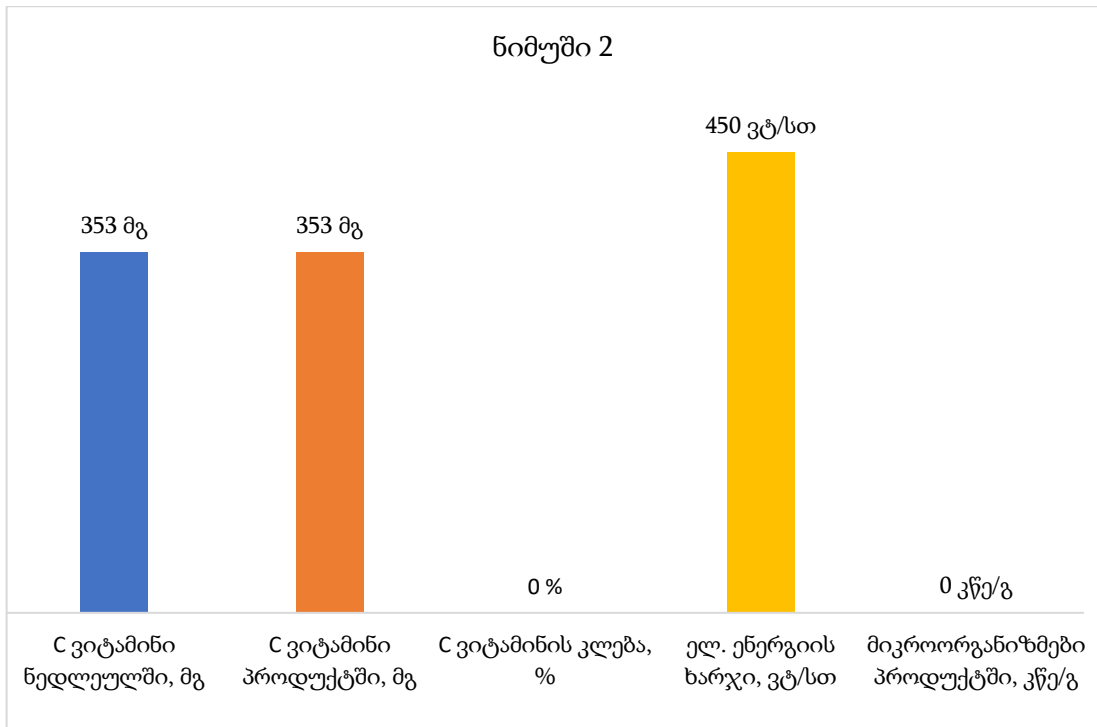
ნიმუში 2. დამზადებული ოქტომბერში. პამიდვრის სახეობა „ჭოპორტულა“. პამიდვრის პიურეს დაემატა წითელი ტკბილი (ბულგარული) წიწკა 21:1 თანაფარდობით. საწყისი ნედლეულის pH=4.82. დამზადებულია 40 კვც ულტრაბგერის თანხლებით, 46°C-ზე ამოშრობით, ვაკუუმის ხარისხი -0,9 ბარი, ტომატ-პასტის pH=4.80, დაემატა ლიმონმჟავა, რის შედეგადაც pH=3.82. ტომატ-

პასტით შევსებამდე ქილა გასტერილდა 104°C-ზე 10 წთ, ქილაში მოთავსების მომენტში ტომატ-პასტის ტემპერატურა იყო 46.3°C, შევსების შემდეგ ქილა გრილდებოდა ამოტრიალებულ მდგომარეობაში. ოთახის ტემპერატურაზე გაგრილების შემდეგ ინახებოდა მაცივარში 5-8°C ტემპერატურულ ზღვრებში. ცხრილში 21: მოცემულია ნიმუში 2-ის საწარმოო რეჟიმი და შენახვის ტემპერატურული რეჟიმი.

ცხრილი 21. ტომატ-პასტის ნიმუში 2-ის მახასიათებლები

ნიმუშის ნომერი	2
პამიდვრის ქვესახეობა	ჭოპორტულა
დამზადების პერიოდი	ოქტომბერი
პამიდვრის და ტკბილი წიწაკის თანაფარდობა	21:1
ნედლეულის წონა, გ	1621
ტომატ-პასტის წონა, გ	519
თავისუფალი წყლის შემცველობა საწყის ნედლეულში, %	92
თავისუფალი წყლის შემცველობა ტომატ-პასტაში, %	75
მშრალი ნივთიერება, %	25
ნედლეულის pH	4.82
ტომატ-პასტის pH, ლიმონმჟავას დამატების შემდეგ	3.82
პროცესის ტემპერატურა, °C	46
ტომატ-პასტის დამზადების პროცესის დრო, წთ	513
ვაკუუმი პროცესის მიმდინარეობისას, ბარი	-0.9
ულტრაბგერა, კჰც	40
ულტრაბგერის სიმძლავრე, ვტ/ლმ ³	60
აღმოჩენილი მიკროორგანიზმები, კწე/1გ (1 წლის შემდეგ)	0
C ვიტამინის საერთო რაოდენობა ნედლეულში, მგ	353
C ვიტამინის საერთო რაოდენობა პროდუქტში, მგ	353
C ვიტამინის საწყისი შემცველობა, მგ%	20
C ვიტამინის შემცველობა ტომატ-პასტაში, მგ%	70
C ვიტამინის შემცირებული რაოდენობა, %	0
დახარჯული ელექტროენერგია, კვტ/სთ	0.45
შენახვის ტემპერატურული ზღვრები, °C	3-8

22-ე სურათზე მოცემულია ნიმუში 2 - C ვიტამინის ცვლილების დინამიკა ტომატ-პასტის დამზადების პროცესში და ტომატ-პასტის დამზადებისას დახარჯული ელექტრო ენერგია:



სურათი 22. C ვიტამინის ცვლილება და ელექტროენერჯის ხარჯი მე-2 ნიმუშში

ნიმუშში მეზოფილურ-აერობული, ფაკულტატურ-ანაერობული მიკროორგანიზმების განსაზღვრის მიზნით, მოხდა მისი 1 გრამის დატანა აგარზე და მისი ინკუბირება 5 დღის განმავლობაში 30°C ტემპერატურაზე - კოლონია-წარმომქმნელი ერთეულების გასამრავლებლად, მათი რაოდენობის დათვლის მიზნით. ნიმუშში კომლონია-წარმომქმნელი ერთეულები არ აღმოჩნდა (იხილეთ დანართი - საგამოცდო ლაბორატორიის ოქმი №8018).

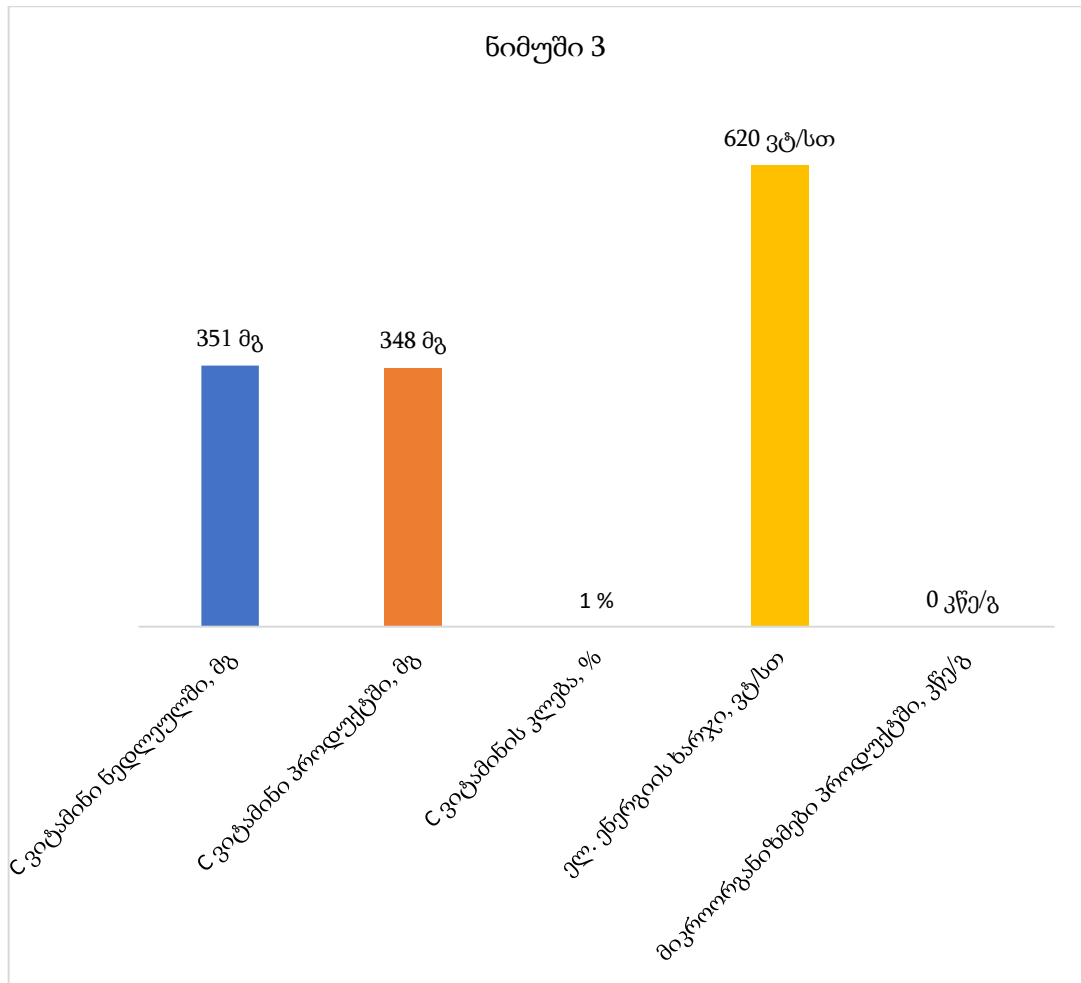
ნიმუში 3. დამზადებული ოქტომბერში. პამიდვრის პიურეს დაემატა წითელი ტკბილი (ბულგარული) წიწაკა 21:1 თანაფარდობით. საწყისი ნედლეულის pH=4.82. პამიდვრის სახეობა „საგვიანო“. დამზადებულია 40 კვც ულტრაბგერის თანხლებით, 46°C-ზე ამოშრობით, ვაკუუმის ხარისხი -0,9 ბარი, ტომატ-პასტის pH=4.80, დაემატა ლიმონმჟავა, რის შედეგადაც pH=3.79. ტომატ-პასტა მოთავსდა წინასწარ 104°C-ზე 10 წთ გასტერილებულ ქილაში. ტომატ-პასტით შევსების შემდეგ ქილა გასტერილდა 104°C-ზე 10 წთ, ქილაში მოთავსების მომენტში ტომატ-პასტის ტემპერატურა იყო 46.0°C, სტერილიზაციის შემდეგ ქილა გრილდებოდა ამოტრიალებულ მდგომარეობაში. ოთახის ტემპერატურაზე გაგრილების შემდეგ ინახებოდა მაცივარში 5-8°C ტემპერატურულ ზღვრებში. მიღებული ტომატ-პასტის

საწარმოო რეჟიმი, ხარისხის ძირითადი მაჩვენებლები და დახარჯული ენერგია მოცემულია ცხრილში 22.

ცხრილი 22. ტომატ-პასტის ნიმუში 3-ის მახასიათებლები

ნიმუშის ნომერი	3
პამიდვრის ქვესახეობა	საგვიანო
დამზადების პერიოდი	ოქტომბერი
პამიდვრის და ტკბილი წიწაკის თანაფარდობა	21:1
ნედლეულის წონა, გ	1601
ტომატ-პასტის წონა, გ	384
თავისუფალი წყლის შემცველობა საწყის ნედლეულში, %	94
თავისუფალი წყლის შემცველობა ტომატ-პასტაში, %	75
მშრალი ნივთიერება, %	25
ნედლეულის pH	4.82
ტომატ-პასტის pH, ლიმონმჟავას დამატების შემდეგ	3.79
პროცესის ტემპერატურა, °C	46
ტომატ-პასტის დამზადების პროცესის დრო, წთ	518
ულტრაბგერის სიხშირე, კჰც	40
ვაკუუმი პროცესის მიმდინარეობისას, ბარი	-0.9
სტერილიზაციის ტემპერატურა, °C	104
სტერილიზაციის წნევა, ბარი	0.6
სტერილიზაციის დრო, წთ	10
აღმოჩენილი მიკროორგანიზმები, კწე/1გ (1 წლის შემდეგ)	0
C ვიტამინის საერთო რაოდენობა ნედლეულში, მგ	351
C ვიტამინის საერთო რაოდენობა პროდუქტში, მგ	348
C ვიტამინის საწყისი შემცველობა, მგ%	20
C ვიტამინის შემცველობა ტომატ-პასტაში, მგ%	90
C ვიტამინის შემცირებული რაოდენობა, %	1
დახარჯული ელექტროენერგია, კვტ/სთ	0.62
შენახვის ტემპერატურული ზღვრები, °C	3-8

23-ე სურათზე მოცემულია ნიმუში 3 - C ვიტამინის ცვლილების დინამიკა ტომატ-პასტის დამზადების პროცესში და ტომატ-პასტის დამზადებისას დახარჯული ელექტრო ენერგია:



სურათი 23. C ვიტამინის ცვლილება და ელექტროენერგიის ხარჯი მე-3 ნიმუშში

ნიმუშში მეზოფილურ-აერობული, ფაკულტატურ-ანაერობული მიკრო-ორგანიზმების განსაზღვრის მიზნით, მოხდა მისი 1 გრამის დატანა აგარზე და მისი ინკუბირება 5 დღის განმავლობაში 30°C ტემპერატურაზე - კოლონია-წარმომქმნელი ერთეულების გასამრავლებლად და მათი რაოდენობის დათვლის მიზნით. ნიმუშში კოლონია-წარმომქმნელი ერთეულები არ აღმოჩნდა (იხილეთ დანართი - საგამოცდო ლაბორატორიის ოქმი №8019).

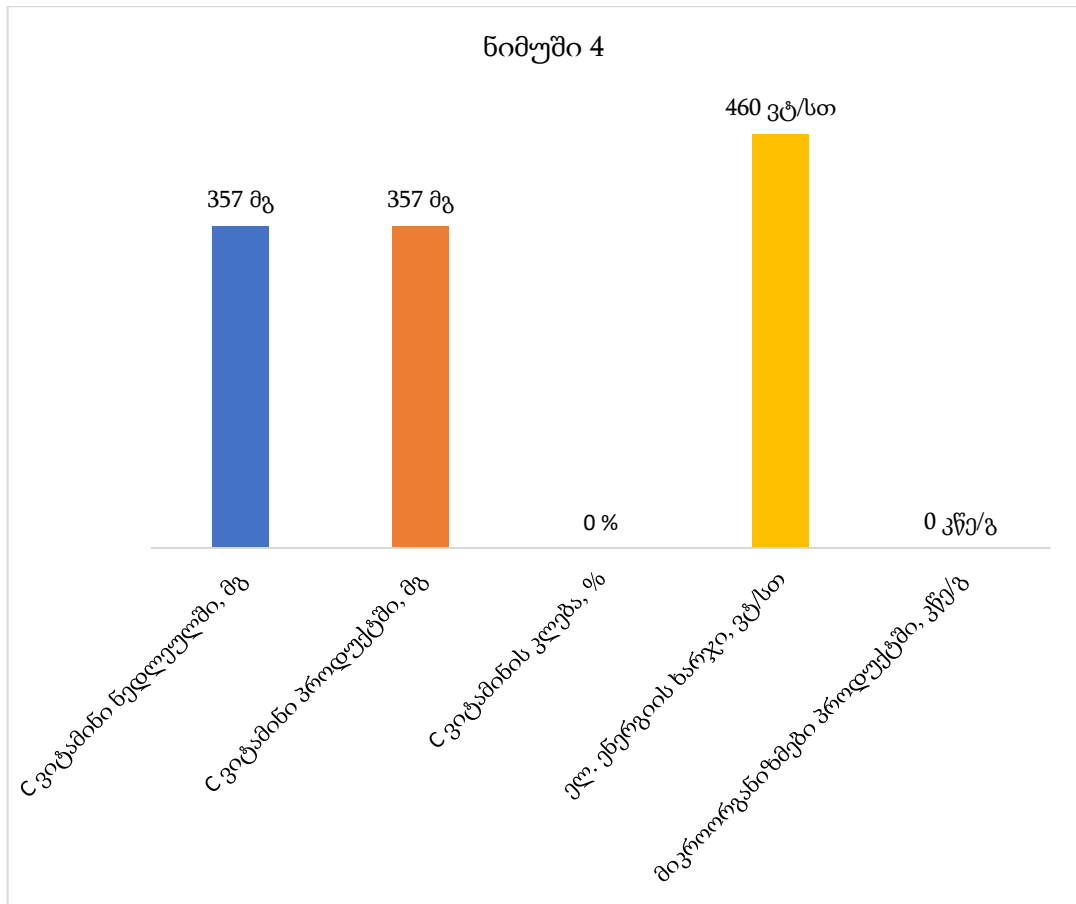
ნიმუში 4. დამზადებული ოქტომბერში. პამიდვრის სახეობა „საგვიანო“. წითელი ტკბილი წიწაკის დამატების გარეშე. საწყისი ნედლეულის pH=4,80. დამზადებულია 40 კვც ულტრაბგერის თანხლებით, 46°C-ზე ამოშრობით, ვაკუუმის ხარისხი -0,9 ბარი, ტომატ-პასტის pH=4,78, დაემატა ლიმონმჟავა, რის შედეგადაც pH=3,77. ტომატ-პასტით შევსებამდე ქილა გასტერილდა 104°C-ზე 10 წთ, ქილაში მოთავსების მომენტში ტომატ-პასტის ტემპერატურა იყო 46,3°C, შევსების შემდეგ

ქილა გრილდებოდა ამოტრიალებულ მდგომარეობაში. ოთახის ტემპერატურაზე გაგრილების შემდეგ ინახებოდა მაცივარში 5-8°C ტემპერატურულ ზღვრებში. მიღებული ტომატ-პასტის საწარმოო რეჟიმი, ხარისხის ძირითადი მაჩვენებლები და დახარჯული ენერგია მოცემულია ცხრილში 23.

ცხრილი 23. ტომატ-პასტის ნიმუში 4-ის მახასიათებლები

ნიმუშის ნომერი	4
პამიდვრის ქვესახეობა	საგვიანო
დამზადების პერიოდი	ოქტომბერი
პამიდვრის და ტკბილი წიწაკის თანაფარდობა	21:1
ნედლეულის წონა, გ	1650
ტომატ-პასტის წონა, გ	396
თავისუფალი წყლის შემცველობა საწყის ნედლეულში, %	94
თავისუფალი წყლის შემცველობა ტომატ-პასტაში, %	75
მშრალი ნივთიერება, %	25
ნედლეულის pH	4.80
ტომატ-პასტის pH, ლიმონმჟავას დამატების შემდეგ	3.34
პროცესის ტემპერატურა, °C	46
ტომატ-პასტის დამზადების პროცესის დრო, წთ	534
ვაკუუმი დამზადების პროცესში, ბარი	-0.9
ულტრაბგერის სიხშირე, კჰც	40
აღმოჩენილი მიკროორგანიზმები, კწე/1გ (1 წლის შემდეგ)	0
C ვიტამინის საერთო რაოდენობა ნედლეულში, მგ	357
C ვიტამინის საერთო რაოდენობა პროდუქტში, მგ	357
C ვიტამინის საწყისი შემცველობა, მგ%	20
C ვიტამინის შემცველობა ტომატ-პასტაში, მგ%	90
C ვიტამინის შემცირებული რაოდენობა, %	0
დახარჯული ელექტროენერგია, კვტ/სთ	0.46
შენახვის ტემპერატურული ზღვრები, °C	3-8

სურათზე 24 მოცემულია ნიმუშში 4 - C ვიტამინის ცვლილების დინამიკა ტომატ-პასტის დამზადების პროცესში და ტომატ-პასტის დამზადებისას დახარჯული ელექტრო ენერგია:



სურათი 24. C ვიტამინის ცვლილება და ელექტროენერგიის ხარჯი მე-4 ნიმუშში

ნიმუშში მეზოფილურ-აერობული, ფაკულტატურ-ანაერობული მიკრო-ორგანიზმების განსაზღვრის მიზნით, მოხდა მისი 1 გრამის დატანა აგარზე და მისი ინკუბირება 5 დღის განმავლობაში 30°C ტემპერატურაზე - კოლონია-წარმომქმნელი ერთეულების გასამრავლებლად, მათი რაოდენობის დათვლის მიზნით. ნიმუშში კოლონია-წარმომქმნელი ერთეულები არ აღმოჩნდა (იხილეთ დანართი - საგამოცდო ლაბორატორიის ოქმი №8020).

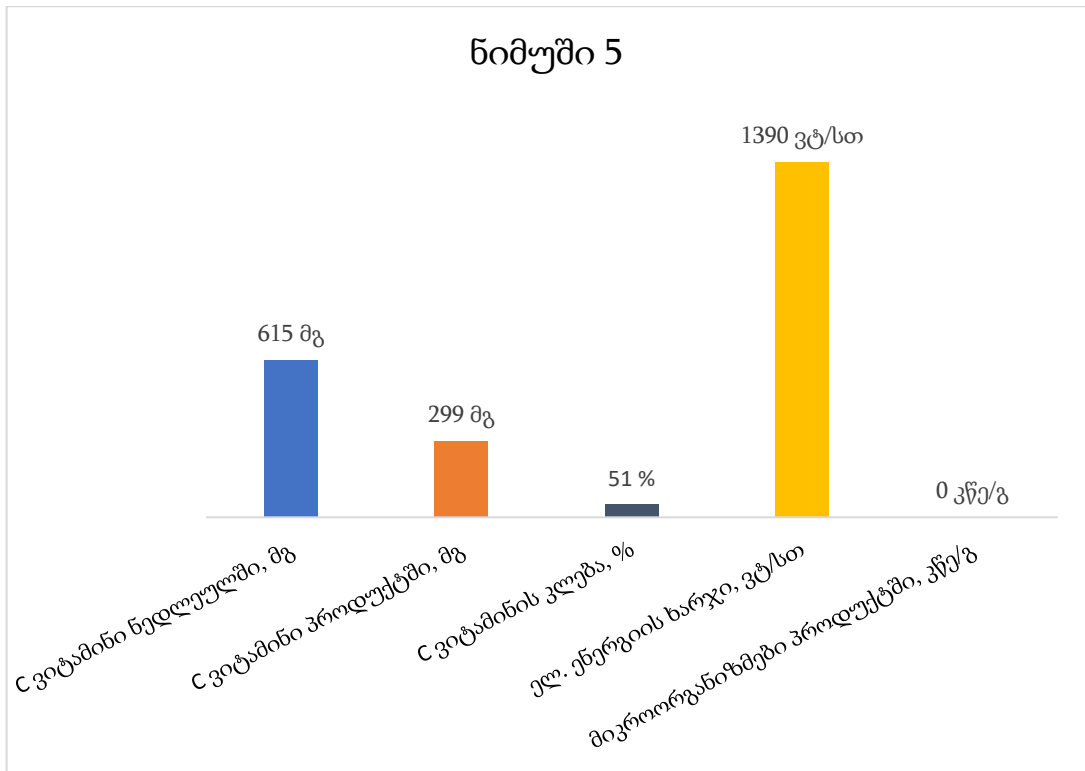
ნიმუში 5. დამზადებული ივნისში. პამიდვრის სახეობა „ჭოპორტულა“. პამიდვრის პიურეს დაემატა წითელი ტკბილი (ბულგარული) წიწაკა 21:1 თანაფარდობით. საწყისი ნედლეულის pH=4,67. დამზადდა 100°C-ზე ამოშრობით, ტომატ-პასტის pH=4,65. კონსერვანტად დაემატა ლიმონმჟავა, ლიმონმჟავას დამატების შემდეგ pH = 3,60. ქილაში შევსების შემდეგ ჩაუტარდა სტერილიზაცია 104°C-ზე, 10 წთ, სტერილიზაციის დროს წნევა იყო 0,6 ბარი. შევსების შემდეგ ქილა გრილდებოდა ამოტრიალებულ მდგომარეობაში. ოთახის ტემპერატურაზე

გაგრილების შემდეგ ინახებოდა მაცივარში 5-8°C ტემპერატურულ ზღვრებში. მიღებული ტომატ-პასტის საწარმოო რეჟიმი, ხარისხის ძირითადი მაჩვენებლები და დახარჯული ენერგია მოცემულია ცხრილში 24.

ცხრილი 24. ტომატ-პასტის ნიმუში 5-ის მახასიათებლები

ნიმუშის ნომერი	5
პამიდვრის ქვესახეობა	ჭოპორტულა
დამზადების პერიოდი	ივნისი
პამიდვრის და ტკბილი წიწაკის თანაფარდობა	21:1
ნედლეულის წონა, გ	1600
ტომატ-პასტის წონა, გ	256
თავისუფალი წყლის შემცველობა საწყის ნედლეულში, %	96
თავისუფალი წყლის შემცველობა ტომატ-პასტაში, %	75
მშრალი ნივთიერება, %	25
ნედლეულის pH	4.67
ტომატ-პასტის pH, ლიმონმჟავას დამატების შემდეგ	3.60
პროცესის ტემპერატურა, °C	100
ტომატ-პასტის დამზადების პროცესის დრო, წთ	115
სტერილიზაციის ტემპერატურა, °C	104
სტერილიზაციის წნევა, ბარი	0.6
სტერილიზაციის დრო, წთ	10
აღმოჩენილი მიკროორგანიზმები, კწე/1გ (1 წლის შემდეგ)	0
C ვიტამინის საერთო რაოდენობა ნედლეულში, მგ	615
C ვიტამინის საერთო რაოდენობა პროდუქტში, მგ	299
C ვიტამინის საწყისი შემცველობა, მგ%	40
C ვიტამინის შემცველობა ტომატ-პასტაში, მგ%	117
C ვიტამინის შემცირებული რაოდენობა, %	51
დახარჯული ელექტროენერგია, კვტ/სთ	1.39
შენახვის ტემპერატურული ზღვრები, °C	3-8

25-ე სურათზე მოცემულია ნიმუშში 5 - C ვიტამინის ცვლილების დინამიკა ტომატ-პასტის დამზადების პროცესში და ტომატ-პასტის დამზადებისას დახარჯული ელექტრო ენერგია:



სურათი 25. C ვიტამინის ცვლილება და ელექტროენერჯის ხარჯი მე-5 ნიმუშში

ნიმუშში მეზოფილურ-აერობული, ფაკულტატურ-ანაერობული მიკრო-ორგანიზმების განსაზღვრის მიზნით, მოხდა მისი 1 გრამის დატანა აგარზე და მისი ინკუბირება 5 დღის განმავლობაში 30°C ტემპერატურაზე - კოლონია-წარმომქმნელი ერთეულების გასამრავლებლად, მათი რაოდენობის დათვლის მიზნით. ნიმუშში კოლონია-წარმომქმნელი ერთეულები არ აღმოჩნდა (იხილეთ დანართი - საგამოცდო ლაბორატორიის ოქმი №8021).

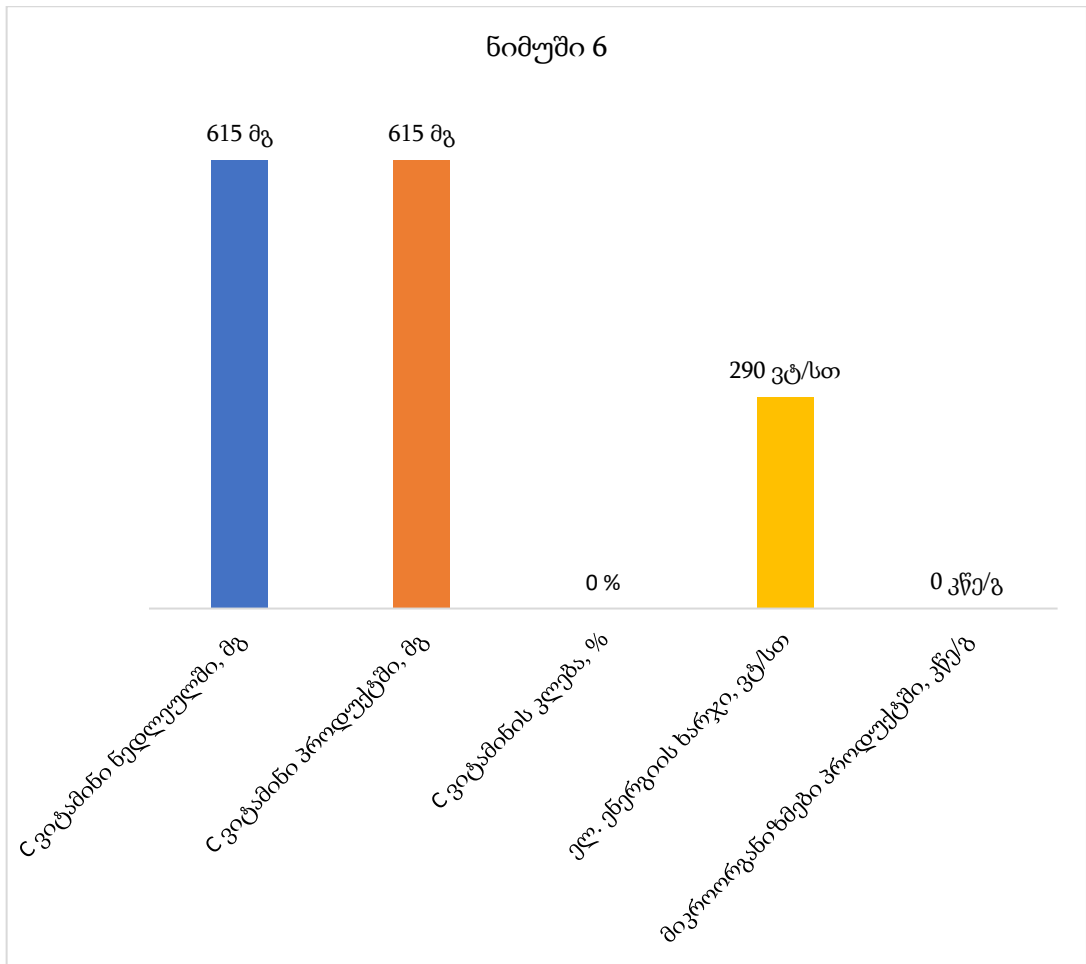
ნიმუში 6. დამზადებული ივნისში. პამიდვრის სახეობა „ჭოპორტულა“. პამიდვრის პიურეს დაემატა წითელი ტკბილი (ბულგარული) წიწკა 21:1 თანაფარდობით. საწყისი ნედლეულის pH=4.65. დამზადებულია 40 კვც ულტრაბგერის თანხლებით, 46°C-ზე ამოშრობით, ვაკუუმის ხარისხი -0,9 ბარი, ტომატ-პასტას pH=4.64 დაემატა ლიმონმჟავა, რის შედეგადაც pH=3.64. ტომატ-პასტით შევსებამდე ქილა გასტერილდა 104°C-ზე 10 წთ, ქილაში მოთავსების მომენტში ტომატ-პასტის ტემპერატურა იყო 46°C, შევსების შემდეგ ქილა გრილდებოდა ამოტრიალებულ მდგომარეობაში. ოთახის ტემპერატურაზე გაგრილების შემდეგ ინახებოდა მაცივარში 5-8°C ტემპერატურულ ზღვრებში. ცხრილში 25 ნაჩვენებია ნიმუში 6-ის მახასიათებლები.

ცხრილი 25. ტომატ-პასტის ნიმუში 6-ის მახასიათებლები

ნიმუშის ნომერი	6
პამიდვრის ქვესახეობა	ჭოპორტულა
დამზადების პერიოდი	ივნისი
პამიდვრის და ტკბილი წიწაკის თანაფარდობა	21:1
ნედლეულის წონა, გ	1600
ტომატ-პასტის წონა, გ	256
თავისუფალი წყლის შემცველობა საწყის ნედლეულში, %	96
თავისუფალი წყლის შემცველობა ტომატ-პასტაში, %	75
მშრალი ნივთიერება, %	25
ნედლეულის pH	4.65
ტომატ-პასტის pH, ლიმონმჟავას დამატების შემდეგ	3.64
პროცესის ტემპერატურა, °C	46
ტომატ-პასტის დამზადების პროცესის დრო, წთ	529
ვაკუუმი პროცესის მიმდინარეობისას, ბარი	-0.9
ულტრაბგერა, კჰც	40
ულტრაბგერის სიმძლავრე, ვტ/1სმ ³	60
აღმოჩენილი მიკროორგანიზმები, კწე/1გ (1 წლის შემდეგ)	0
C ვიტამინის საერთო რაოდენობა ნედლეულში, მგ	615
C ვიტამინის საერთო რაოდენობა პროდუქტში, მგ	615
C ვიტამინის საწყისი შემცველობა, მგ%	40
C ვიტამინის შემცველობა ტომატ-პასტაში, მგ%	240
C ვიტამინის შემცირებული რაოდენობა, %	0
დახარჯული ელექტროენერგია, კვტ/სთ	0.29
შენახვის ტემპერატურული ზღვრები, °C	3-8

26-ე სურათზე მოცემულია ნიმუში 6 - C ვიტამინის ცვლილების დინამიკა ტომატ-პასტის დამზადების პროცესში და ტომატ-პასტის დამზადებისას დახარჯული ელექტრო ენერგია.

ნიმუში მეზოფილურ-აერობული, ფაკულტატურ-ანაერობული მიკრო-ორგანიზმების განსაზღვრის მიზნით, მოხდა მისი 1 გრამის დატანა აგარზე და მისი ინკუბირება 5 დღის განმავლობაში 30°C ტემპერატურაზე - კოლონია-წარმომქმნელი ერთეულების გასამრავლებლად, მათი რაოდენობის დათვლის მიზნით. ნიმუში კომლონია-წარმომქმნელი ერთეულები არ აღმოჩნდა (იხილეთ დანართი - საგამოცდო ლაბორატორიის ოქმი №8022).



სურათი 26. C ვიტამინის ცვლილება და ელექტროენერჯის ხარჯი მე-6 ნიმუშში

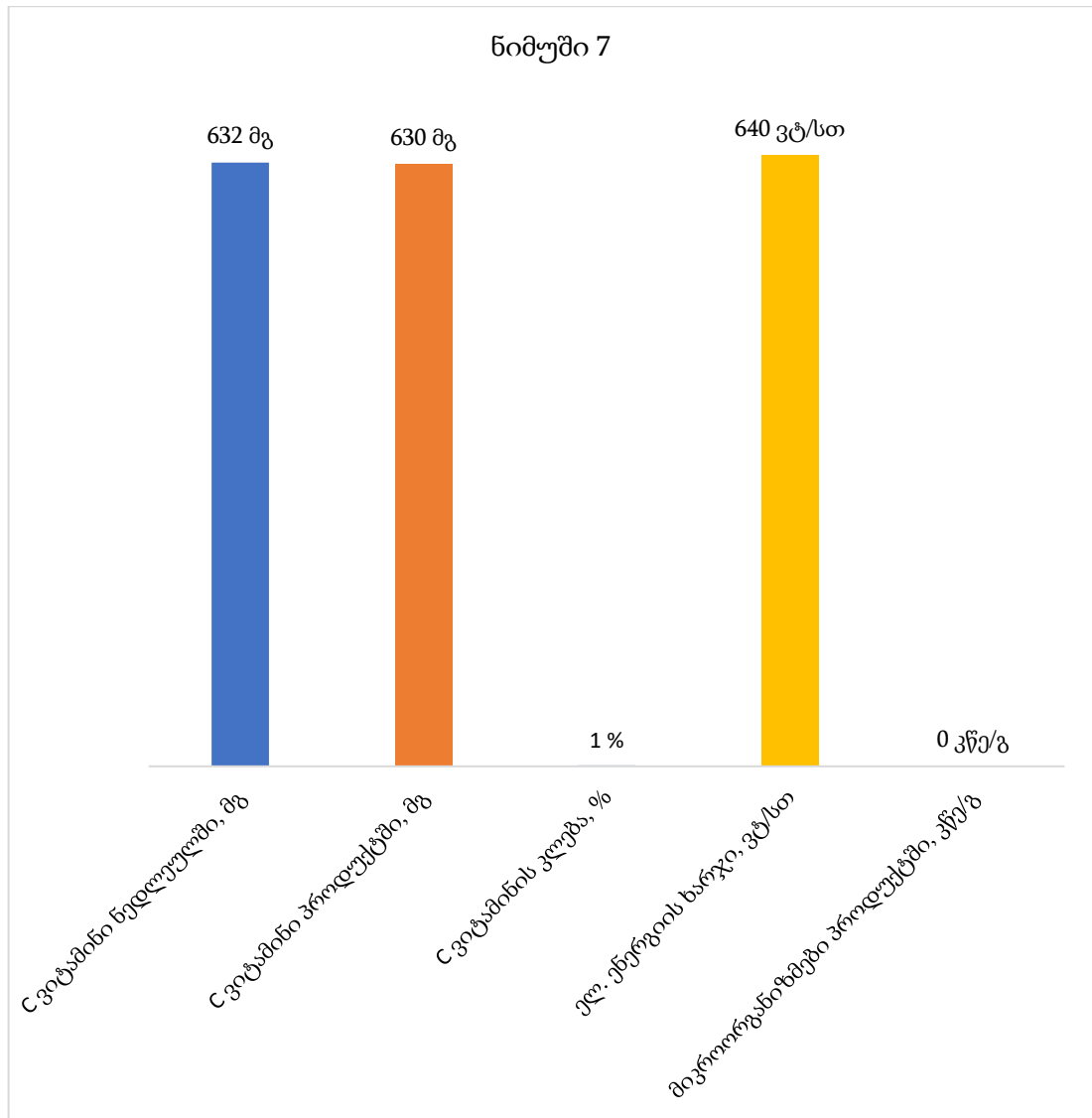
ნიმუში 7. დამზადებული ოქტომბერში. პამიდვრის სახეობა „ჭოპორტულა“. პამიდვრის პიურეს დაემატა წითელი ტკბილი (ბულგარული) წიწკა 21:1 თანაფარდობით. საწყისი ნედლეულის pH=4.67. დამზადებულია 40 კვც ულტრაბგერის თანხლებით, 46°C-ზე ამოშრობით, ვაკუუმის ხარისხი -0,9 ბარი, ტომატ-პასტის pH=4.66, დაემატა ლიმონმჟავა, რის შედეგადაც pH=3,60. ტომატ-პასტა მოთავსდა წინასწარ 104°C-ზე 10 წთ გასტერილებულ ქილაში. ქილაში მოთავსების მომენტში ტომატ-პასტის ტემპერატურა იყო 46.4°C, ტომატ-პასტით შევსების შემდეგ ქილა გასტერილდა 104°C-ზე 10 წთ, სტერილიზაციის შემდეგ ქილა გრილდებოდა ამოტრიალებულ მდგომარეობაში. ოთახის ტემპერატურაზე გაგრილების შემდეგ ინახებოდა მაცივარში 5-8°C ტემპერატურულ ზღვრებში. მიღებული ტომატ-პასტის საწარმოო რეჟიმი, ხარისხის ძირითადი მაჩვენებლები და დახარჯული ენერჯია მოცემულია ცხრილში 26.

ცხრილი 26. ტომატ-პასტის ნიმუში 7-ის მახასიათებლები

ნიმუშის ნომერი	7
პამიდვრის ქვესახეობა	ჭობორტულა
დამზადების პერიოდი	ივნისი
პამიდვრის და ტკბილი წიწაკის თანაფარდობა	21:1
ნედლეულის წონა, გ	1680
ტომატ-პასტის წონა, გ	269
თავისუფალი წყლის შემცველობა საწყის ნედლეულში, %	96
თავისუფალი წყლის შემცველობა ტომატ-პასტაში, %	75
მშრალი ნივთიერება, %	25
ნედლეულის pH	4.67
ტომატ-პასტის pH, ლიმონმჟავას დამატების შემდეგ	3.60
პროცესის ტემპერატურა, °C	46
ტომატ-პასტის დამზადების პროცესის დრო, წთ	555
ვაკუუმი პროცესის მიმდინარეობისას, ბარი	-0.9
ულტრაბგერის სიხშირე, კჰც	40
სტერილიზაციის ტემპერატურა, °C	104
სტერილიზაციის წნევა, ბარი	0.6
სტერილიზაციის დრო, წთ	10
აღმოჩენილი მიკროორგანიზმები, კწე/1გ (1 წლის შემდეგ)	0
C ვიტამინის საერთო რაოდენობა ნედლეულში, მგ	632
C ვიტამინის საერთო რაოდენობა პროდუქტში, მგ	630
C ვიტამინის საწყისი შემცველობა, მგ%	40
C ვიტამინის შემცველობა ტომატ-პასტაში, მგ%	230
C ვიტამინის შემცირებული რაოდენობა, %	1
დახარჯული ელექტროენერგია, კვტ/სთ	0.64
შენახვის ტემპერატურული ზღვრები, °C	3-8

27-ე სურათზე მოცემულია ნიმუში 7 - C ვიტამინის ცვლილების დინამიკა ტომატ-პასტის დამზადების პროცესში და ტომატ-პასტის დამზადებისას დახარჯული ელექტრო ენერგია.

ნიმუში მეზოფილურ-აერობული, ფაკულტატურ-ანაერობული მიკრო-ორგანიზმების განსაზღვრის მიზნით, მოხდა მისი 1 გრამის დატანა აგარზე და მისი ინკუბირება 5 დღის განმავლობაში 30°C ტემპერატურაზე - კოლონია-წარმომქმნელი ერთეულების გასამრავლებლად, მათი რაოდენობის დათვლის მიზნით. ნიმუში კომლონია-წარმომქმნელი ერთეულები არ აღმოჩნდა (იხილეთ დანართი - საგამოცდო ლაბორატორიის ოქმი №8023).



სურათი 27. ციტამინის ცვლილება და ელექტროენერჯის ხარჯი მე-7 ნიმუშში

ნიმუში 8. დამზადებული ივლისში. პამიდვრის სახეობა „სამეფო“. პამიდვრის პიურეს დაემატა წითელი ტკბილი (ბულგარული) წიწაკა 21:1 თანაფარდობით. საწყისი ნედლეულის pH=4.65. დამზადდა 100°C-ზე ამოშრობით, ტომატ-პასტის pH=3.75. ლიმონმჟავას დამატების შემდეგ. ტომატ-პასტა მოთავსდა წინასწარ 104°C-ზე 10 წთ გასტერილებულ ქილაში. ქილაში შევსების შემდეგ ჩაუტარდა სტერილიზაცია 104°C-ზე, 10 წთ, სტერილიზაციის დროს წნევა იყო 0,6 ბარი. შევსების შემდეგ ქილა გრილდებოდა ამოტრიალებულ მდგომარეობაში. ოთახის ტემპერატურაზე გაგრილების შემდეგ ინახებოდა მაცივარში 5-8°C ტემპერატურულ ზღვრებში.

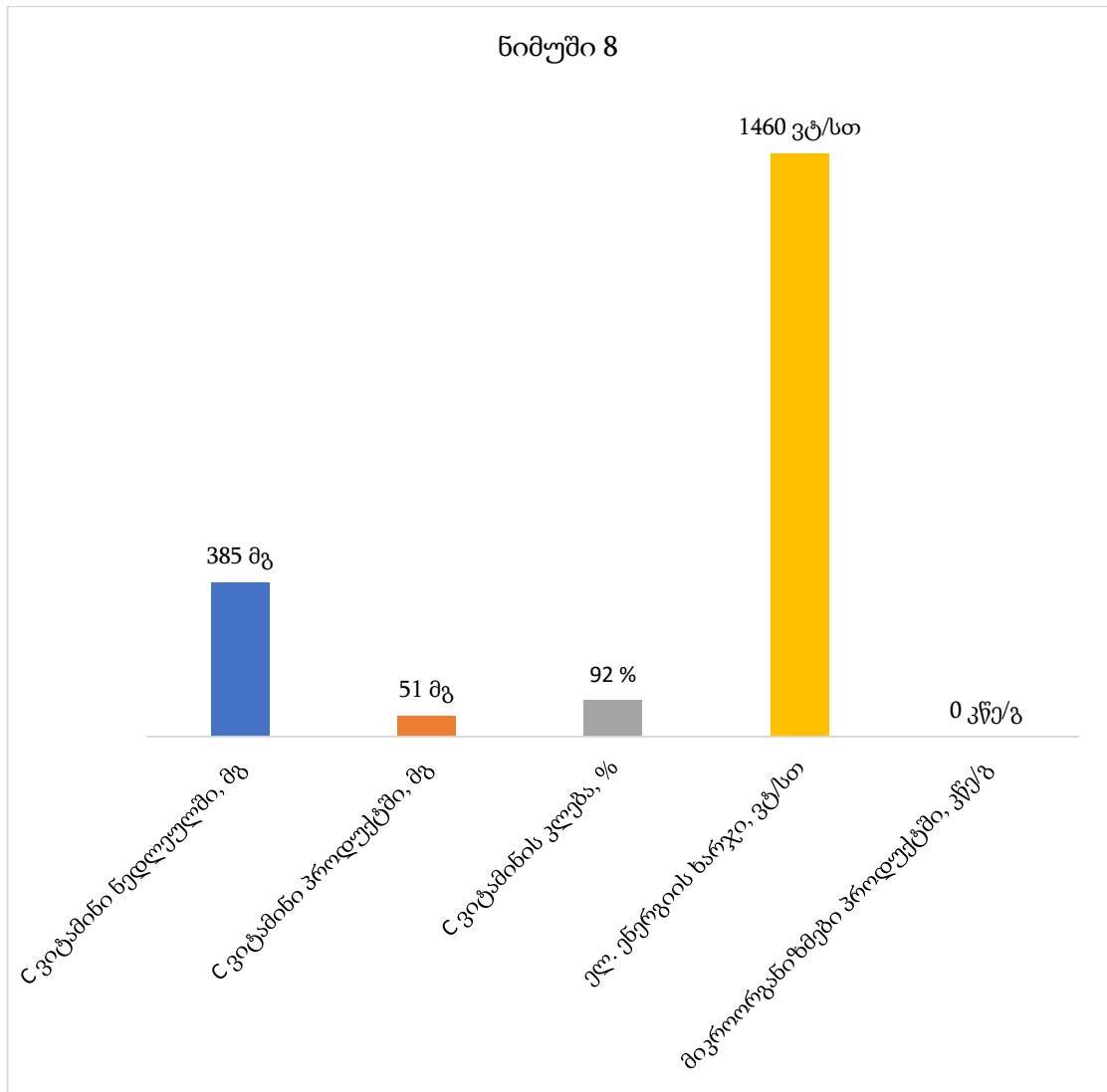
ცხრილი 27. ტომატ-პასტის ნიმუში 8-ის მახასიათებლები

ნიმუშის ნომერი	8
პამიდვრის ქვესახეობა	სამეფო
დამზადების პერიოდი	ივლისი
პამიდვრის და ტკბილი წიწაკის თანაფარდობა	21:1
ნედლეულის წონა, გ	1690
ტომატ-პასტის წონა, გ	338
თავისუფალი წყლის შემცველობა საწყის ნედლეულში, %	95
თავისუფალი წყლის შემცველობა ტომატ-პასტაში, %	75
მშრალი ნივთიერება, %	25
ნედლეულის pH	4.65
ტომატ-პასტის pH, ლიმონმჟავას დამატების შემდეგ	3.75
პროცესის ტემპერატურა, °C	100
ტომატ-პასტის დამზადების პროცესის დრო, წთ	120
სტერილიზაციის ტემპერატურა, °C	104
სტერილიზაციის წნევა, ბარი	0.6
სტერილიზაციის დრო, წთ	10
აღმოჩენილი მიკროორგანიზმები, კწე/1გ (1 წლის შემდეგ)	0
C ვიტამინის საერთო რაოდენობა ნედლეულში, მგ	385
C ვიტამინის საერთო რაოდენობა პროდუქტში, მგ	51
C ვიტამინის საწყისი შემცველობა, მგ%	20
C ვიტამინის შემცველობა ტომატ-პასტაში, მგ%	10
C ვიტამინის შემცირებული რაოდენობა, %	92
დახარჯული ელექტროენერგია, კვტ/სთ	1.46
შენახვის ტემპერატურული ზღვრები, °C	3-8

მიღებული ტომატ-პასტის საწარმოო რეჟიმი, ხარისხის ძირითადი მაჩვენებლები და დახარჯული ენერგია მოცემულია ცხრილში 27.

28-ე სურათზე მოცემულია ნიმუში 8 - C ვიტამინის ცვლილების დინამიკა ტომატ-პასტის დამზადების პროცესში და ტომატ-პასტის დამზადებისას დახარჯული ელექტრო ენერგია.

ნიმუში მეზოფილურ-აერობული, ფაკულტატურ-ანაერობული მიკრო-ორგანიზმების განსაზღვრის მიზნით, მოხდა მისი 1 გრამის დატანა აგარზე და მისი ინკუბირება 5 დღის განმავლობაში 30°C ტემპერატურაზე - კოლონია-წარმომქმნელი ერთეულების გასამრავლებლად, მათი რაოდენობის დათვლის მიზნით. ნიმუში კომლონია-წარმომქმნელი ერთეულები არ აღმოჩნდა (იხილეთ დანართი - საგამოცდო ლაბორატორიის ოქმი №8024).



სურათი 28. ცვიტამინის ცვლილება და ელექტროენერჯის ხარჯი მე-8 ნიმუშში.

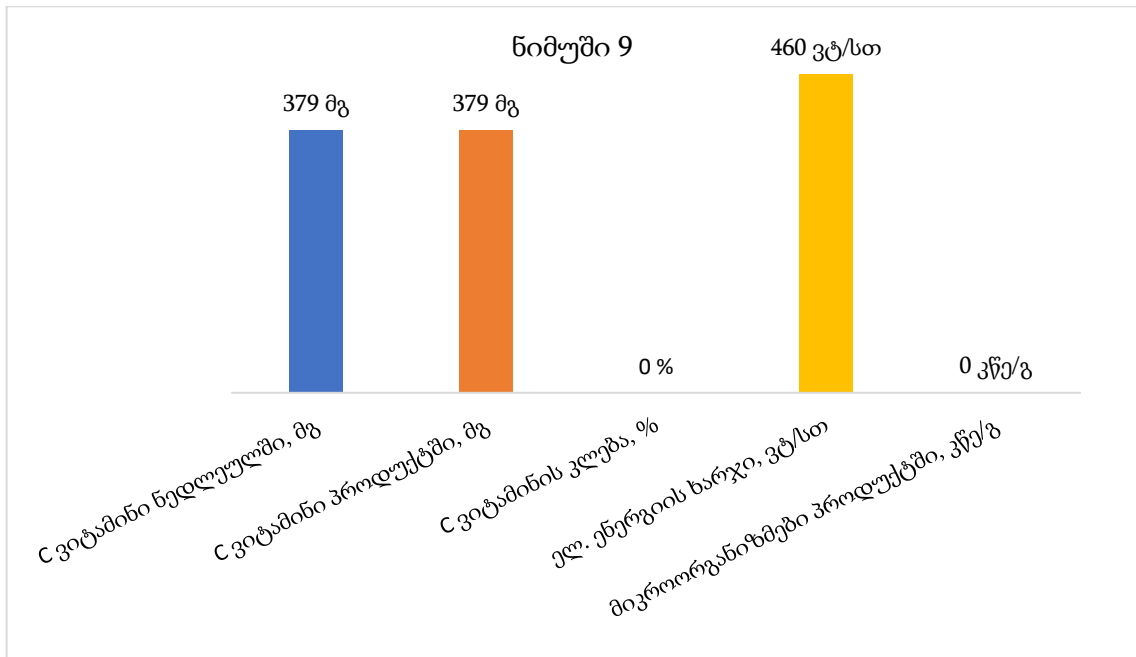
ნიმუში 9. დამზადებული ივლისში. პამიდვრის სახეობა „სამეფო“. პამიდვრის პიურეს დაემატა წითელი ტკბილი (ბულგარული) წიწაკა 21:1 თანაფარდობით. საწყისი ნედლეულის pH=4.68. დამზადებულია 40 კკვ ულტრაბგერის თანხლებით, 46°C-ზე ამოშრობით, ვაკუუმის ხარისხი -0,9 ბარი, ტომატ-პასტას pH=3,80 – ლიმონმჟავას დამატების შემდეგ. ტომატ-პასტით შევსებამდე ქილა გასტერილდა 104°C-ზე 10 წთ, ქილაში მოთავსების მომენტში ტომატ-პასტის ტემპერატურა იყო 46.4°C, შევსების შემდეგ ქილა გრილდებოდა ამოტრიალებულ მდგომარეობაში. ოთახის ტემპერატურაზე გაგრილების შემდეგ ინახებოდა მაცივარში 5-8°C ტემპერატურულ ზღვრებში. ცხრილში 28 მოცემულია მე-9 ნიმუშის ტექნოლოგიური რეჟიმი და შენახვის ტემპერატურული რეჟიმი.

ცხრილი 28. ტომატ-პასტის ნიმუში 9-ის მახასიათებლები

ნიმუშის ნომერი	9
პამიდვრის ქვესახეობა	სამეფო
დამზადების პერიოდი	ივლისი
პამიდვრის და ტკბილი წიწაკის თანაფარდობა	21:1
ნედლეულის წონა, გ	1645
ტომატ-პასტის წონა, გ	395
თავისუფალი წყლის შემცველობა საწყის ნედლეულში, %	94
თავისუფალი წყლის შემცველობა ტომატ-პასტაში, %	75
მშრალი ნივთიერება, %	25
ნედლეულის pH	4.68
ტომატ-პასტის pH, ლიმონმჟავას დამატების შემდეგ	3.80
პროცესის ტემპერატურა, °C	46
ტომატ-პასტის დამზადების პროცესის დრო, წთ	532
ვაკუუმი პროცესის მიმდინარეობისას, ბარი	-0.9
ულტრაბგერა, კჰც	40
ულტრაბგერის სიმძლავრე, ვტ/1სმ ³	60
აღმოჩენილი მიკროორგანიზმები, კწე/1გ (1 წლის შემდეგ)	0
C ვიტამინის საერთო რაოდენობა ნედლეულში, მგ	379
C ვიტამინის საერთო რაოდენობა პროდუქტში, მგ	379
C ვიტამინის საწყისი შემცველობა, მგ%	20
C ვიტამინის შემცველობა ტომატ-პასტაში, მგ%	100
C ვიტამინის შემცირებული რაოდენობა, %	0
დახარჯული ელექტროენერგია, კვტ/სთ	0.46
შენახვის ტემპერატურული ზღვრები, °C	3-8

სურათზე 29 მოცემულია მე-9 ნიმუშში C ვიტამინის ცვლილების დინამიკა ტომატ-პასტის დამზადების პროცესში და ტომატ-პასტის დამზადებისას დახარჯული ელექტრო ენერგია.

ნიმუშში მეზოფილურ-აერობული, ფაკულტატურ-ანაერობული მიკრო-ორგანიზმების განსაზღვრის მიზნით, მოხდა მისი 1 გრამის დატანა აგარზე და მისი ინკუბირება 5 დღის განმავლობაში 30°C ტემპერატურაზე - კოლონია-წარმომქმნელი ერთეულების გასამრავლებლად, მათი რაოდენობის დათვლის მიზნით. ნიმუშში კოლონია-წარმომქმნელი ერთეულები არ აღმოჩნდა (იხილეთ დანართი - საგამოცდო ლაბორატორიის ოქმი №8025).



სურათი 29. C ვიტამინის ცვლილება და ელექტროენერგიის ხარჯი მე-9 ნიმუშში

ნიმუში 10. დამზადებული ივლისში. პამიდვრის სახეობა „სამეფო“. პამიდვრის პიურეს დაემატა წითელი ტკბილი (ბულგარული) წიწაკა 21:1 თანაფარდობით. საწყისი ნედლეულის pH=4.70. დამზადებულია 40 კვც ულტრაბგერის თანხლებით, 46°C-ზე ამოშრობით, ვაკუუმის ხარისხი -0.9 ბარი, ტომატ-პასტის pH=3.66 ლიმონმჟავას დამატების შემდეგ. ტომატ-პასტა მოთავსდა წინასწარ 104°C-ზე 10 წთ გასტერილებულ ქილაში. ქილაში მოთავსების მომენტში ტომატ-პასტის ტემპერატურა იყო 46.1°C, ტომატ-პასტით შევსების შემდეგ ქილა გასტერილდა 104°C-ზე 10 წთ, სტერილიზაციის შემდეგ ქილა გრილდებოდა ამოტრიალებულ მდგომარეობაში. ოთახის ტემპერატურაზე გაგრილების შემდეგ ინახებოდა მაცივარში 5-8°C ტემპერატურულ ზღვრებში.

მიღებული ტომატ-პასტის საწარმოო რეჟიმი, ხარისხის ძირითადი მაჩვენებლები და დახარჯული ენერგია მოცემულია ცხრილში 29.

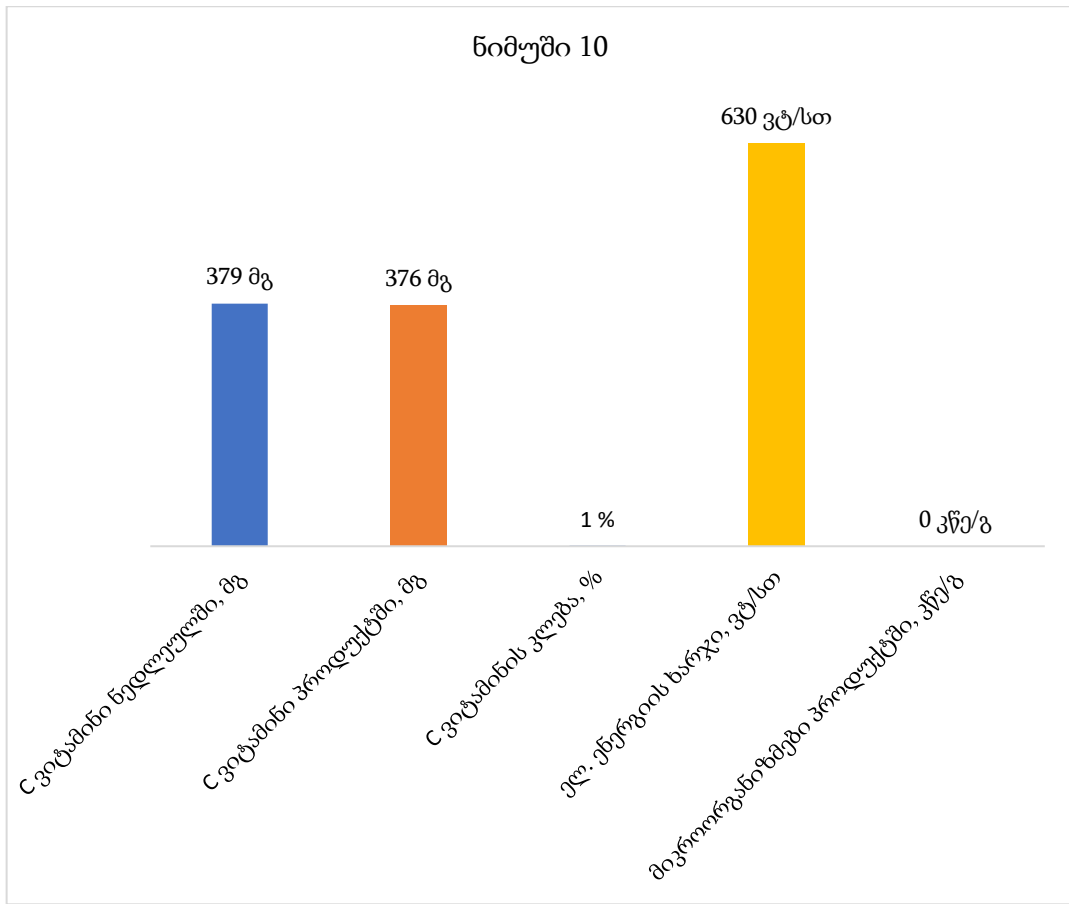
სურათზე 30 მოცემულია ნიმუშში 10 - C ვიტამინის ცვლილების დინამიკა ტომატ-პასტის დამზადების პროცესში და ტომატ-პასტის დამზადებისას დახარჯული ელექტრო ენერგია.

ნიმუშში მეზოფილურ-აერობული, ფაკულტატურ-ანაერობული მიკრო-ორგანიზმების განსაზღვრის მიზნით, მოხდა მისი 1 გრამის დატანა აგარზე და მისი

ინკუბირება 5 დღის განმავლობაში 30°C ტემპერატურაზე - კოლონია-წარმომქმნელი ერთეულების გასამრავლებლად, მათი რაოდენობის დათვლის მიზნით. ნიმუშში კოლონია-წარმომქმნელი ერთეულები არ აღმოჩნდა (იხილეთ დანართი - საგამოცდო ლაბორატორიის ოქმი №8026).

ცხრილი 29. ტომატ-პასტის ნიმუში 10-ის მახასიათებლები

ნიმუშის ნომერი	10
პამიდვრის ქვესახეობა	სამეფო
დამზადების პერიოდი	ივლისი
პამიდვრის და ტკბილი წიწაკის თანაფარდობა	21:1
ნედლეულის წონა, გ	1638
ტომატ-პასტის წონა, გ	328
თავისუფალი წყლის შემცველობა საწყის ნედლეულში, %	95
თავისუფალი წყლის შემცველობა ტომატ-პასტაში, %	75
მშრალი ნივთიერება, %	25
ნედლეულის pH	4.70
ტომატ-პასტის pH, ლიმონმჟავას დამატების შემდეგ	3.66
პროცესის ტემპერატურა, °C	46
ტომატ-პასტის დამზადების პროცესის დრო, წთ	535
ვაკუუმი პროცესის მიმდინარეობისას, ბარი	-0.9
სტერილიზაციის ტემპერატურა, °C	104
სტერილიზაციის წნევა, ბარი	0.6
ულტრაბგერის სიხშირე, კჰც	40
სტერილიზაციის დრო, წთ	10
აღმოჩენილი მიკროორგანიზმები, კწე/1გ (1 წლის შემდეგ)	0
C ვიტამინის საერთო რაოდენობა ნედლეულში, მგ	379
C ვიტამინის საერთო რაოდენობა პროდუქტში, მგ	376
C ვიტამინის საწყისი შემცველობა, მგ%	20
C ვიტამინის შემცველობა ტომატ-პასტაში, მგ%	110
C ვიტამინის შემცირებული რაოდენობა, %	1
დახარჯული ელექტროენერგია, კვტ/სთ	0.63
შენახვის ტემპერატურული ზღვრები, °C	3-8



სურათი 30. C ვიტამინის ცვლილება და ელექტროენერჯის ხარჯი მე-10 ნიმუშში

დასკვნა

1. საწარმოო მეთოდით დამზადებულ ტომატ-პასტაში ასკორბინის მჟავას რაოდენობა მცირდება - თერმული დამუშავების ზეგავლენით.
2. ულტრაბგერის გამოყენებით 25° ბრიქსის ტომატ-პასტის მისაღებად პამიდორში არსებული თავისუფალი წყლის მაღალი შემცველობის გამო ხდება შედარებით მეტი წყლის აორთქლება და შედარებით მცირე რაოდენობის ტომატ-პასტის მიღება, ხოლო მიღებული ტომატ-პასტის 100-ზე გადაანგარიშებით ასკორბინის მჟავას პროცენტული შემცველობა (მგ%) მეტი გამოდის. თუმცა გაცხელებით მიღებულ ტომატ-პასტაში, იმის გამო რომ თავისუფალი წყალი მეტია, 25° ბრიქსის ტომატ-პასტის მიღებას ესაჭიროება მეტი დრო, რაც განაპირობებს ასკორბინის მჟავას კიდევ უფრო მეტად შემცირებას.
3. საწარმოო მეთოდით დამზადებულ ტომატ-პასტაში pH მცირედით იკლებს და ნაკლებია საწყისი ნედლეულის pH-თან შედარებით.
4. ულტრაბგერის გამოყენებით ტომატ-პასტის დამზადებისას 46°C ტემპერატურაზე ასკორბინის მჟავის რაოდენობა თითქმის არ მცირდება.
5. ულტრაბგერის გამოყენებით ტომატ-პასტის დამზადებას 46°C ტემპერატურაზე ესაჭიროება ვაკუუმის შექმნა ქვაბში, რომელიც უნდა იყოს -0,9 ბარი.
6. სისტემაში -0,9 ბარი ვაკუუმის მიღწევა არ არის საკმარისი. ტუმბოს, უნდა შეეძლოს წყლის გატანა სისტემიდან და ვაკუუმის შენარჩუნება.
7. ულტრაბგერის თანხლებით ტომატ-პასტის დამზადებისას ხდება pH-ის კლება, მაგრამ უფრო ნაკლებად ვიდრე ადულებისას.
8. ულტრაბგერის გენერატორის მიერ წარმოქმნილი მაღალი სიხშირის ვიბრაცია (ჩვენს შემთხვევაში 40 კილოჰერცი) იწვევს პამიდორის წველის ტემპერატურის მომატებას, რომელმაც შესაძლებელია მიაღწიოს 100°C-მდე, რაც საშუალებას იძლევა შემცირდეს გამაცხელებელი ელემენტის ჩართვის ხანგრძლივობა და უზრუნველყოფს ელექტროენერგიის 2-3-ჯერ ეკონომიას, ვინაიდან ულტრაბგერის გენერატორი და მისი მაკონტროლებელი ელემენტები მოიხმარს უფრო დაბალ ენერგიას - ქურის გამაცხელებელ ელემენტთან შედარებით.
9. ულტრაბგერის გამოყენებით ტომატ-პასტის დამზადებისას ასკორბინის მჟავას შემცველობის თვალსაზრისით საუკეთესო პერიოდია ივნისის თვე. საუკეთესო

ქვესახეობა აღმოჩნდა ჭოპორტულა. მიუხედავად იმისა, რომ მასში წყლის შემცველობა იყო 96% და ტომატ-პასტის დამზადებას ჭირდება მეტი დრო. იმის გამო, რომ პროცესის ხანგრძლივი დროის მიუხედავად 46°C ტემპერატურაზე არ ხდება ასკორბინის მჟავას შემცირება, საბოლოო პროდუქტში ასკორბინის მჟავა საკმაოდ მაღალი კონცენტრაციით შენარჩუნდა (240 მგ%). მაღალი გამტარობის ტუმბოს გამოყენებით შესაძლებელია პროცესის დროის შემცირება.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. J. Cashman. Origin of Species of Corn, Potatoes, and Tomatoes – and Some Other Interesting History. <https://cashmannursery.com/gardening-tips/2012/origin-of-species-of-corn-potatoes-and-tomatoes-and-some-other-interesting-history/>. უკანასკნელად გადამოწმებულია: 11/03/2024.
2. პამიდორი. <ka.wikipedia.org/wiki/პამიდორი>. უკანასკნელად გადამოწმებულია: 11/03/2024.
3. D. Górecka, A. Wawrzyniak, A. Jędrusek-Golińska, K. Dziedzic, J. Hamułka, P. L. Kowalczewski, J. Walkowiak. "Lycopene in tomatoes and tomato products" Open Chemistry, vol. 18, no. 1, 2020, pp. 752-756. <https://doi.org/10.1515/chem-2020-0050>
4. X. Wu, L. Yu, P.R. Pehrsson. Are Processed Tomato Products as Nutritious as Fresh Tomatoes? Scoping Review on the Effects of Industrial Processing on Nutrients and Bioactive Compounds in Tomatoes. Advances in Nutrition, Volume 13, Issue 1, 2022, pp 138-151, ISSN 2161-8313, <https://doi.org/10.1093/advances/nmab109>.
5. D. D. Miller, C. K. Yeung. Food chemistry: A laboratory manual. John Wiley & Sons, 2022.
6. X. Tan. "Rapid Phenotypic Approach for Early Identification of Microbial Spoilage in Tomato Products." Master's thesis, The Ohio State University, 2022.
7. S. Singh, B Singh, A. K. Singh, K. Singh, V. K. Pandey. Preparation and effect of different temperature and time on nutritional quality of tomato paste. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 2020; 9(11):1144-51.
8. S. J. Koltun, A.J. MacIntosh, R.M. Goodrich-Schneider, H.J. Klee, S.F. Hutton, L.J. Junoy, P.J. Sarnoski. Effects of thermal processing on flavor and consumer perception using tomato juice produced from Florida grown fresh market cultivars. Journal of Food Processing and Preservation, 2022, 46(1), p.e16164. <https://doi.org/10.1111/jfpp.16164>
9. V. Lavelli, J. Sereikaitė. Kinetic study of encapsulated β -carotene degradation in dried systems: A review. 2022, Foods, 11(3), p.437. <https://doi.org/10.3390/foods 11030437>.

10. M. Distefano, R. P. Mauro, D. Page, F. Giuffrida, N. Bertin, C. Leonardi. Aroma volatiles in tomato fruits: The role of genetic, preharvest and postharvest factors. *Agronomy*, 2022, 12(2), p.376. <https://doi.org/10.3390/agronomy 12020376>
11. G.T. Cheng, P.P. Chang, X.Y. Wang, Q.Q. Lou, H.E. Ahmed, F. Zhang, Y. Liang. Effect of fruit color and ripeness on volatile distribution in cherry tomato (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) fruit. *Food Science*, 2022, Vol.42, No.12, pp 173-183.
12. S. Jeyaprakash, J.E. Heffernan, R.H. Driscoll, D.C. Frank. Impact of drying technologies on tomato flavor composition and sensory quality. *LWT-Food Science and Technology*, 2020 (120), ISSN 0023-6438, p.108888. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108888>.
13. X. Li, X. Zeng, H. Song, Y. Xi, Y. Li, B. Hui, H. Li, J. Li. Characterization of the aroma profiles of cold and hot break tomato pastes by GC-O-MS, GC× GC-O-TOF-MS, and GC-IMS. *Food Chemistry*, 2023 (405), p.134823. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134823>.
14. D. Wang, Y. Wang, Z. Lv, Z. Pan, Y. Wei, C. Shu, Q. Zeng, Y. Chen, W. Zhang. Analysis of Nutrients and Volatile Compounds in Cherry Tomatoes Stored at Different Temperatures. *Foods* 2022, 11(8), pp. 1-14; <https://doi.org/10.3390/foods11081101>.
15. Q. Zhang, X. Zhang, Z. Yang, Q. Huang, R. Qiu. Characteristics of plastic greenhouse high-temperature and high-humidity events, 2022 (10). <https://doi.org/10.3389/feart.2022.848924>.
16. R.K. Ballard, A. Benyo, R. Ren, J. Nguyen, J. Nguyen, E. Zieber, G. Gullickson, H.J. Kim. Assessing Tomato Flavors Chemically: Identification of Aroma Volatiles from Heirloom and Commercial Tomatoes using Solid-Phase Microextraction and GC-MS. *Journal of Chemical Education*, 2023, 100(3), pp.1263-1269. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00815>.
17. O.I. Obajemihi, J.O. Olaoye, J.H. Cheng, J.O. Ojediran, D.W. Sun. Optimization of process conditions for moisture ratio and effective moisture diffusivity of tomato during convective hot-air drying using response surface methodology. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2021, 45(4). <https://doi.org/10.1111/jfpp.15287>.
18. L.C. Ströhla, K.S. Hidangmayum, S.S. Waehrens, V. Orlien, M.A. Petersen. Effect of processing and accelerated storage on the volatile composition and sensory profile of a

- tomato soup. Food Quality and Safety, 2022, vol. 6, pp. 1-12. <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyac024>.
19. M.A. Marcinkowska, H.H. Jeleń. Role of sulfur compounds in vegetable and mushroom aroma. Molecules, 2022, 27(18), pp. 1-28. <https://doi.org/10.3390/molecules27186116>.
 20. C.M. Galanakis. Functionality of food components and emerging technologies. Foods, 2021, 10(1), p.128. <https://doi.org/10.3390/foods10010128>.
 21. G. Vigneshwaran, P.R. More, S.S. Arya. Non-thermal hydrodynamic cavitation processing of tomato juice for physicochemical, bioactive, and enzyme stability: Effect of process conditions, kinetics, and shelf-life extension. Current Research in Food Science, 2022(5), pp.313-324. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.01.025>
 22. T. Heymann, L.M. Schmitz, J. Lange, M.A. Glomb. Influence of β -carotene and lycopene on oxidation of ethyl linoleate in one- and disperse-phased model systems. Journal of agricultural and food chemistry, 2020, 68(9), pp.2747-2756. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b07862>.
 23. Y. Shi, R. Mandal, A. Singh, A. Pratap Singh. Legume lipoxygenase: Strategies for application in food industry. Legume Science, 2020, 2(3), p.e44. <https://doi.org/10.1002/leg3.44>.
 24. A. Amr, W. Raie. Tomato components and quality parameters. A review. Jordan Journal of Agricultural Sciences, 2022, 18(3), pp.199-220. DOI: <https://doi.org/10.35516/jjas.v18i3.444>.
 25. M. Darijani, M. Shahraki, S.M. Habibi-Khorassani. Theoretical study on the mechanism and kinetics of the formation β -carotene epoxides from the oxidative degradation of β -carotene. Food Chemistry, 2022, 389, p.133082. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133082>.
 26. Bostwick Consistometer. <https://www.bostwick.at/produkt/bostwick-viscosityconsistometer-24cm/?lang=en>.
უკანასკნელად გადამოწმებულია 16.03.2024.
 27. X. Fei, O.G. Jones, B.L. Reuhs, O.H. Campanella. Soluble pectin acts as a particle stabilizer of tomato suspensions: The impact on tomato products rheological characterization. LWT, 2021, 139, p.110508. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110508>.

28. T. Dai, D.J. McClements, X. Niu, X. Guo, J. Sun, X. He, C. Liu, J. Chen, J. Whole tomato juice produced by a novel industrial-scale microfluidizer: Effect on physical properties and in vitro lycopene bioaccessibility. *Food Research International*, 2022, 159, p.111608. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111608>.
29. R. Gao, Z. Wu, Q. Ma, Z. Lu, F. Ye, G. Zhao. Effects of breaking methods on the viscosity, rheological properties and nutritional value of tomato paste. *Foods*, 2021, 10(10), p.2395. <https://doi.org/10.3390/foods10102395>.
30. J. FAMUYİNİ, O.A. Patrick, A. SEDARA. Effect of maturity stage on quality and shelf life of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) using refrigerator storage system. *Eurasian Journal of Agricultural Research*, 2020, 4(1), pp.23-44.
31. N.S. Bhatkar, S.S. Shirkole, A.S. Mujumdar, B.N. Thorat. Drying of tomatoes and tomato processing waste: a critical review of the quality aspects. *Drying Technology*, 39(11), pp.1720-1744. <https://doi.org/10.1080/07373937.2021.1910832>.
32. X. Wang, F. Chen, L. Ma, X. Liao, X. Hu. Non-volatile and volatile metabolic profiling of tomato juice processed by high-hydrostatic-pressure and high-temperature short-time. *Food Chemistry*, 2022, 371, p.131161. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131161>.
33. F. Salehi. Physico-chemical and rheological properties of fruit and vegetable juices as affected by high pressure homogenization: A review. *International Journal of Food Properties*, 2020, 23(1), pp.1136-1149. <https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1781167>.
34. S.J. Koltun, A.J. MacIntosh, R.M. Goodrich-Schneider, H.J. Klee, S.F. Hutton, P.J. Sarnoski. Sensory and chemical characteristics of tomato juice from fresh market cultivars with comparison to commercial tomato juice. *Flavour and Fragrance Journal*, 2021, 36(1), pp.121-136. <https://doi.org/10.1002/ffj.3622>.
35. N. Joel, U.A. Onwuzuruike, O. Oluwafunmike. Comparative Evaluation of the Qualities of some Selected Tomato-Paste Brands Sold in Kano Market. *Journal of Food. Stability*, 2020, 3(1), pp.1-11. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID: 211242249>.
36. K. Sridhar, H.A. Makroo, B. Srivastava. Effect of Cold-and Hot-Break Heat Treatments on the Physicochemical Characteristics of Currant Tomato (*Solanum pimpinellifolium*) Pulp and Paste. *Foods*, 2022, 11(12), p.1730. <https://doi.org/10.3390/foods11121730>.

37. B. Dundar Kirit, A. Akyıldız. Rheological properties of thermally or non-thermally treated juice/nectar/puree: A review. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2022, 46(11), p.e17075. <https://doi.org/10.1111/jfpp.17075>.
38. F. Innings, M. Alameri, U.H. Koppmaier, A. Håkansson. A mechanistic investigation of cell breakup in tomato juice homogenization. *Journal of food engineering*, 272, p.109858. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109858>.
39. J. Van Audenhove, T. Bernaerts, N.I. Putri, S. Delbaere, I. Caveye, A.M. Van Loey, M.E. Hendrickx. Targeted pectin depletion enhances the potential of high-pressure homogenization to increase the network forming potential of tomato cell wall material. *Food Hydrocolloids*, 2022, 130, p.107688. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107688>.
40. F.N.A. Kabir, T. Sharmin, N. Ahmed, M.S.R. Palleb, N.D. Bristi. Effect of chemical preservatives on the shelf life of tomato juice. *Acta Chemica Malaysia*, 2019, 3(2), pp.1-13. DOI: 10.2478/acmy-2019-0006.
41. K. ZUSHI, T. FUKUDA, Y. MORI, H. TAKAHASHI, M. KIRIMURA. Seasonal Variation and a Statistical Predictive Model in Assessing Health-promoting Properties of Cherry Tomato under Long-term Cultivation. *Environmental Control in Biology*, 2022, 60(1), pp.91-101. <https://doi.org/10.2525/ecb.60.91>.
42. Y.N. Fan, Y. Zhang, F. Hess, B. Huang, Z. Chen. Nutrient balance and soil changes in plastic greenhouse vegetable production. *Nutrient cycling in agroecosystems*, 2020, 117, pp.77-92. <https://doi.org/10.1007/s10705-020-10057-x>.
43. C. Wang, M. Li, X. Duan, T. Abu-Izneid, A. Rauf, Z. Khan, S. Mitra, T.B. Emran, A.S. Aljohani, F.A. Alhumaydhi, M. Thiruvengadam. Phytochemical and nutritional profiling of tomatoes; impact of processing on bioavailability-a comprehensive review. *Food reviews international*, 2023, 39(8), pp.5986-6010. <https://doi.org/10.1080/87559129.2022.2097692>.
44. D. Ibitoye, A. Kolawole, R. Feyisola. Assessment of wild tomato accessions for fruit yield, physicochemical and nutritional properties under a rain forest agro-ecology. In *Genetic Resources* 2020, Vol. 1, No. 2, pp. 1-11. <https://doi.org/10.46265/genresj.BJCV8100>.

45. E. Rosa-Martínez, M.D. García-Martínez, A.M. Adalid-Martínez, L. Pereira-Dias, C. Casanova, E. Soler, M.R. Figàs, M.D. Raigón, M. Plazas, S. Soler, J. Prohens. Fruit composition profile of pepper, tomato and eggplant varieties grown under uniform conditions. *Food Research International*, 2021, 147, p.110531. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110531>.
46. C.I. Acosta-Ramírez, I.D. Lares-Carrillo, L.E. Ayón-Reyna, M.E. López-López, M.O. Vega-García, J.G. López-Velázquez, G.F. Gutiérrez-López, U. Osuna-Martínez, E. García-Armenta. A comprehensive study from the micro-to the nanometric scale: Evaluation of chilling injury in tomato fruit (*Solanum lycopersicum*). *Food Research International*, 2024, 176, p.113822. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113822>.
47. E. Eslami, S. Carpentieri, G. Pataro, G. Ferrari. A comprehensive overview of tomato processing by-product valorization by conventional methods versus emerging technologies. *Foods*, 2022, 12(1), p.166. <https://doi.org/10.3390/foods12010166>.
48. M. S. Kalamaki, N. G. Stoforos, S. P. S. Taoukis. Pectic Enzymes in Tomatoes. *Food Biochemistry and Food Processing*. Editor Benjamin K. Simpson. Wiley-Blackwell, A John Wiley & Sons, Ltd., Publication. Iowa, USA, 2012. pp 235-242. <https://doi.org/10.1002/9781118308035.ch12>.
49. J. Dias, "Nutritional Quality and Health Benefits of Vegetables: A Review," *Food and Nutrition Sciences*, Vol. 3 No. 10, 2012, pp. 1359-1361. doi: 10.4236/fns.2012.310179.
50. Srinivasan Damoradan, Kirk L. Parkin, Owen R. Fennema. *Fennema's Food Chemistry*, Fourth Edition. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, Taylor & Francis Group. 2008. გვ. 1020-1021.
51. Cheung, Peter Chi Keung, and Bhavbhuti M. Mehta. 2020. *Handbook of Food Chemistry*. Springer Nature Living Reference. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <https://link.springer.com/10.1007/978-3-642-41609-5>. Pages 684-685.
52. What Is Tomato Paste? Food Network Kitchen. <https://www.foodnetwork.com/how-to/packages/food-network-essentials/what-is-tomato-paste>. უკანასკნელად გადამოწმებულია - 16/03/2024.
53. Tomato paste, canned. <https://itemscatalogue.redcross.int/relief--4/food--5/canned-food--15/tomato-paste-canned--FCANTOMA.aspx>. უკანასკნელად გადამოწმებულია - 16/03/2024.

54. D. P. Aykas, K. Rodrigues Borba, L. E. Rodriguez-Saona. Non-Destructive Quality Assessment of Tomato Paste by Using Portable Mid-Infrared Spectroscopy and Multivariate Analysis. *Foods* 2020, 9(9), 1300, pp. 1-14; <https://doi.org/10.3390/foods9091300>.
55. Xylia, P., Ioannou, I., Chrysargyris, A., Stavrinides, M. C., & Tzortzakis, N. Quality Attributes and Storage of Tomato Fruits as Affected by an Eco-Friendly, Essential Oil-Based Product. *Plants (Basel, Switzerland)*, 2021, 10(6), p. 1125. <https://doi.org/10.3390/plants10061125>.
56. Mondal, K., Sharma, N., Malhotra, S. *et al.* Antioxidant Systems in Ripening Tomato Fruits. *Biologia Plantarum* **48**, 49–53 (2004). <https://doi.org/10.1023/B:BIOP.0000024274.43874.5b>.
57. Botella, M.Á.; Hernández, V.; Mestre, T.; Hellín, P.; García-Legaz, M.F.; Rivero, R.M.; Martínez, V.; Fenoll, J.; Flores, P. Bioactive Compounds of Tomato Fruit in Response to Salinity, Heat and Their Combination. *Agriculture* **2021**, *11*, 534. <https://doi.org/10.3390/agriculture11060534>.
58. M. N. Frías-Moreno, M. Espino-Díaz, J. Dávila-Aviña, G. A. Gonzalez-Aguilar, J. F. Ayala-Zavala, F. J. Molina-Corral, R. A. Parra-Quezada, G. I. Olivas Orozco. Preharvest nitrogen application affects quality and antioxidant status of two tomato cultivars. *SOIL AND PLANT NUTRITION*, Articles. *Bragantia* 79 (1). Jan-Mar 2020. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20190247>
59. გ. დანელია, თ ფალავანდიშვილი. ლაბორატორიული პრაქტიკუმი ნიადაგის ეკოქიმიაში. საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი 2013, გვ. 3-22.
60. Massantini, R., Radicetti, E., Frangipane, M.T. and Campiglia, E., 2021. Quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) changes under different cover crops, soil tillage and nitrogen fertilization management. *Agriculture*, 11(2), p.106. <https://doi.org/10.3390/agriculture11020106>.
61. F. Al-Mohammadi, Y. Al-Zu'bi. Soil Chemical Properties and Yield of Tomato as Influenced by Different Levels of Irrigation Water and Fertilizer. *Journal of Agricultural Science and Technology* 13(2), December 2011. pages 289-296. DOR: 20.1001.1.16807073.2011.13.2.6.1.

62. FME-Training Manual on Processing of Tomato Products. PROCESSING OF TOMATO PRODUCTS. Indian Institute of Food Processing Technology Ministry of Food Processing Industries, Govt. of India Thanjavur, Tamil Nadu, 2020. 83 15-18.
63. Gatahi, D.M., 2020. Challenges and opportunities in tomato production chain and sustainable standards. International journal of horticultural science and technology, 7(3), pp.235-262. <https://doi.org/10.22059/ijhst.2020.300818.361>.
64. Sudhir Gupta. Modern Technology of Tomato Processing and Dehydration (Ketchup, Juice, Paste, Puree, Soup and Drying). Engineers India Research Institute Board of Consultants & Engineers. New Delhi: 2015. pp.139-203.
65. Heldman, D.R., Lund, D.B., & Sabliov, C. (Eds.). (2019). Handbook of Food Engineering (3rd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429449734>
66. R.N. Arshad, Z. Abdul-Malek, U. Roobab, M.A. Munir, A. Naderipour, M.I. Qureshi, A.E.D. Bekhit, Z.W. Liu, R.M. Aadil. Pulsed electric field: A potential alternative towards a sustainable food processing. Trends in Food Science & Technology, 2021, 111, pp.43-54. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.041>.
67. Xiang Li, Mohammed Farid, A review on recent development in non-conventional food sterilization technologies, Journal of Food Engineering, Volume 182, 2016, Pages 33-45, ISSN 0260-8774, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.02.026>.
68. 3. D. Rego, L.M. Redondo, V. Geraldés, L. Costa, J. Navalho, M.T. Pereira, Control of predators in industrial scale microalgae cultures with Pulsed Electric Fields, Bioelectrochemistry, Volume 103, 2015, Pages 60-64, ISSN 1567-5394, <https://doi.org/10.1016/j.bioelechem.2014.08.004>.
69. 4. M. Niakousari, H. Gahruie, M. Razmjooei, S. Roohinejad, R. Greiner, Chapter 5 - Effects of Innovative Processing Technologies on Microbial Targets Based on Food Categories: Comparing Traditional and Emerging Technologies for Food Preservation, Innovative Technologies for Food Preservation, Academic Press, 2018, Pages 133-185, ISBN 9780128110317, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811031-7.00005-4>.
70. 5. atarina Moreirinha, Adelaide Almeida, Jorge A. Saraiva, Ivonne Delgadillo, High-pressure processing effects on foodborne bacteria by mid-infrared spectroscopy analysis, LWT, Volume 73, 2016, Pages 212-218, ISSN 0023-6438, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.05.041>.

71. 6. N. Rivalain, J. Roquain, G. Demazeau, Development of high hydrostatic pressure in biosciences: Pressure effect on biological structures and potential applications in Biotechnologies, *Biotechnology Advances*, Volume 28, Issue 6, 2010, Pages 659-672, ISSN 0734-9750, <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2010.04.001>.
72. 7. B. Yang, Y. Shi, X. Xia, M. Xi, X. Wang, B. Ji, J. Meng. Inactivation of foodborne pathogens in raw milk using high hydrostatic pressure. *Food Control*, Volume 28, Issue 2, 2012, Pages 273-278, ISSN 0956-7135, <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.04.030>.
73. 8. H-W. Huang, S-J. Wu, J-K. Lu, Y-T. Shyu, C-Y. Wang. Current status and future trends of high-pressure processing in food industry. *Food Control*, Volume 72, Part A, 2017, Pages 1-8, ISSN 0956-7135, <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.07.019>.
74. 9. H.M.H. Mohamed, B.H.S. Diono, A.E. YOUSEF. STRUCTURAL CHANGES IN LISTERIA MONOCYTOGENES TREATED WITH GAMMA RADIATION, PULSED ELECTRIC FIELD AND ULTRA-HIGH PRESSURE. *Journal of Food Safety*, (2012), 32: 66-73. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4565.2011.00345.x>.
75. 10. Y. Liu, M. Betti, M. G. Gänzle. High Pressure Inactivation of *Escherichia coli*, *Campylobacter jejuni*, and Spoilage Microbiota on Poultry Meat. *Journal of Food Protection*, Volume 75, Issue 3, 2012, Pages 497-503, ISSN 0362-028X, <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-11-316>.
76. M. Jandová, M. Fišerová, P. Paterová, L. Cacková, P. Měřička, J. Malý, M. Kacerovský, E. Kovaříková, J. Strohalm, K. Demnerová, J. Kadavá. High-Pressure Inactivation of *Bacillus cereus* in Human Breast Milk. *Foods*, 2023, 12(23), p.4245. <https://doi.org/10.3390/foods12234245>.
77. C. Aouadhi, H. Simonin, H. Prévost, M. de Lamballerie, A. Maaroufi, S. Mejri, Optimization of pressure-induced germination of *Bacillus sporothermodurans* spores in water and milk. *Food Microbiology*, Volume 30, Issue 1, 2012, Pages 1-7, ISSN 0740-0020, <https://doi.org/10.1016/j.fm.2011.12.006>.
78. K.J. Pou. Applications of high pressure technology in food processing. *International Journal of Food Studies*, 2021, 10(1). <https://doi.org/10.7455/ijfs/10.1.2021.a10>.
79. Sudarsan Mukhopadhyay, Kimberly Sokorai, Dike Ukuku, Xuetong Fan, Vijay Juneja. Effect of high hydrostatic pressure processing on the background microbial loads and

- quality of cantaloupe puree. *Food Research International*, Volume 91, 2017, Pages 55-62, ISSN 0963-9969, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.11.029>.
80. B. Chapman, E. Winley, A.S.W. Fong, A.D. Hocking, C.M. Stewart, K.A. Buckle, Ascospore inactivation and germination by high pressure processing is affected by ascospore age. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, Volume 8, Issue 4, 2007, Pages 531-534, ISSN 1466-8564, <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2007.04.011>.
 81. Y. Zhang, X. C. Liu, Y. Wang, F. Zhao, Z. Sun, X. Liao. Quality comparison of carrot juices processed by high-pressure processing and high-temperature short-time processing. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, Volume 33, 2016, Pages 135-144, ISSN 1466-8564, <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.10.012>.
 82. Anna C.S. Porto-Fett, Jeffrey E. Call, Bradley E. Shoyer, Dolores E. Hill, Claudette Pshebniski, George J. Cocoma, John B. Luchansky. Evaluation of fermentation, drying, and/or high-pressure processing on viability of *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* spp., and *Trichinella spiralis* in raw pork and Genoa salami. *International Journal of Food Microbiology*, 2010, Volume 140, Issue 1, Pages 61-75, ISSN 0168-1605, <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.02.008>.
 83. D. S. Lindsay, M. V. Collins, D. Holliman, G. J. Flick, J. P. Dubey. Effects of High-Pressure Processing on *Toxoplasma gondii* Tissue Cysts in Ground Pork. *Journal of Parasitology* 92(1), 195-196, (1 February 2006). <https://doi.org/10.1645/GE-631R.1>.
 84. 19. P Butz, B Tauscher. Emerging technologies: chemical aspects. *Food Research International*, Volume 35, Issues 2–3, 2002, Pages 279-284, ISSN 0963-9969, [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(01\)00197-1](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(01)00197-1).
 85. M. Shafur Rahman. *Handbook of Food Preservation*, Second Edition. Food Science and Technology, CRC Press, London 2007, pp 602-721.
 86. Mustafa Z. Mahmoud, Rob Davidson, Walid Kamal Abdelbasset, Moram A. Fagiry, The new achievements in ultrasonic processing of milk and dairy products, *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, Volume 15, Issue 1, 2022, Pages 199-205, ISSN 1687-8507, <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2022.03.005>.
 87. R. Kaavya, R. Pandiselvam, S. Abdullah, N.U. Sruthi, Y. Jayanath, C. Ashokkumar, A.C. Khanashyam, A. Kothakota, S.V. Ramesh, Emerging non-thermal technologies for

- decontamination of Salmonella in food. *Trends in Food Science & Technology*, 2021, 112, pp.400-418. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.04.011>.
88. Roger K. Abrahamsen, Judith A. Narvhus. Can ultrasound treatment replace conventional high temperature short time pasteurization of milk? A critical review, *International Dairy Journal*, Volume 131, 2022, 105375, ISSN 0958-6946, <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2022.105375>.
89. Alexandre José Cichoski, Cristine Rampelotto, Marianna Stefanello Silva, Heloisa Cristina de Moura, Nelcindo Nascimento Terra, Roger Wagner, Cristiano Ragagnin de Menezes, Erico Marlon Moraes Flores, Juliano Smanioto Barin, Ultrasound-assisted post-packaging pasteurization of sausages, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, Volume 30, 2015, Pages 132-137, ISSN 1466-8564, <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.04.011>.
90. Anita L. Sikes, Raymond Mawson, Janet Stark, Robyn Warner, Quality properties of pre- and post-rigor beef muscle after interventions with high frequency ultrasound, *Ultrasonics Sonochemistry*, Volume 21, Issue 6, 2014, Pages 2138-2143, ISSN 1350-4177, <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2014.03.008>.
91. Danshi Zhu, Yueyi Zhang, Chengcheng Kou, Pushun Xi, He Liu, Ultrasonic and other sterilization methods on nutrition and flavor of cloudy apple juice, *Ultrasonics Sonochemistry*, Volume 84, 2022, 105975, ISSN 1350-4177, <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.105975>.
92. Bermudez-Aguirre, D.; Niemira, B.A. Pasteurization of Foods with Ultrasound: The Present and the Future. *Appl. Sci.* 2022, 12, 10416. <https://doi.org/10.3390/app122010416>.
93. Lone Gram, Lars Ravn, Maria Rasch, Jesper Bartholin Bruhn, Allan B Christensen, Michael Givskov, Food spoilage—interactions between food spoilage bacteria, *International Journal of Food Microbiology*, Volume 78, Issues 1–2, 2002, Pages 79-97, ISSN 0168-1605, [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(02\)00233-7](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(02)00233-7).
94. Myo Min Aung, Yoon Seok Chang, Traceability in a food supply chain: Safety and quality perspectives, *Food Control*, Volume 39, 2014, Pages 172-184, ISSN 0956-7135, <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.11.007>.

95. Akkerman, R., Farahani, P. & Grunow, M. Quality, safety and sustainability in food distribution: a review of quantitative operations management approaches and challenges. *OR Spectrum* 32, 863–904 (2010). <https://doi.org/10.1007/s00291-010-0223-2>.
96. David Acheson, Joseph S. Bresee, Marc-Alain Widdowson, Stephan S. Monroe, Roger I. Glass, Foodborne Viral Gastroenteritis: Challenges and Opportunities, *Clinical Infectious Diseases*, Volume 35, Issue 6, 15 September 2002, Pages 748–753, <https://doi.org/10.1086/342386>.
97. Mark Achtman, Giovanna Morelli, Peixuan Zhu, Thierry Wirth, Ines Diehl, Barica Kusecek, Amy J. Vogler, David M. Wagner, Christopher J. Allender, W. Ryan Easterday, Viviane Chenal-Francisque, Patricia Worsham, Nicholas R. Thomson, Julian Parkhill, Luther E. Lindler, Elisabeth Carniel, and Paul Keim. Microevolution and history of the plague bacillus, *Yersinia pestis*. December 14, 2004, *Journal PNAS* 101 (51) 17837-17842 <https://doi.org/10.1073/pnas.0408026101>.
98. Pitt, J.I. and Hocking, A.D., 2009. *Fungi and food spoilage* (Vol. 519, p. 388). New York: Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-0-387-92207-2>.
99. Manas Ranjan Ray, Sanghita Roychoudhury, Gopeshwar Mukherjee, Senjuti Roy, Twisha Lahiri, Respiratory and general health impairments of workers employed in a municipal solid waste disposal at an open landfill site in Delhi, *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, Volume 208, Issue 4, 2005, Pages 255-262, ISSN 1438-4639, <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2005.02.001>.
100. Facultative anaerobic organism. https://en.wikipedia.org/wiki/Facultative_anaerobic_organism.
უკანასკნელად გადამოწმებულია 16/03/2024.
101. Mesophilic Bacteria. <https://www.encyclopedia.com/science/encyclopedias-almanacs-transcripts-and-maps/mesophilic-bacteria>.
უკანასკნელად გადამოწმებულია: 16/03/2024.
102. CANNED FOODS. <https://faculty.weber.edu/coberg/class/3853/3853%20Canned%20Foods%20Handout.htm>.
უკანასკნელად გადამოწმებულია: 17/03/2024.

103. Clostridium botulinum. United States Department of Agriculture Food Safety and Inspection Service, Safety Information. https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2021-02/Clostridium_botulinum.pdf.
უკანასკნელად გადამოწმებულია: 17/03/2024.
104. Košenina, Sara; Masuyer, Geoffrey; Zhang, Sicai; Dong, Min; Stenmark, Pål (June 2019). "Crystal structure of the catalytic domain of the Weissella oryzae botulinum-like toxin". FEBS Letters. 593 (12): 1403–1410. doi:10.1002/1873-3468.13446. ISSN 0014-5793. PMID 31111466.
105. Ryan K.J., Ray C., Clostridium, Peptostreptococcus, Bacteroides, and Other Anaerobes. Sherris Medical Microbiology, 5th ed. (2010). Chapter 19, ISBN 978-0-07-160402-4.
106. Botulism. World Health Organization. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/botulism>. უკანასკნელად გადამოწმებულია: 11/12/2023.
107. About Botulism. <https://www.cdc.gov/botulism/general.html#:~:text=organisms.,butyricum%20and%20Clostridium%20baratii%20bacteria>.
უკანასკნელად გადამოწმებულია: 17/03/2024.
108. ISO 4833-1:2013. Microbiology of the food chain Horizontal method for the enumeration of microorganisms. <https://www.iso.org/standard/53728.html>.
უკანასკნელად გადამოწმებულია: 17/03/2024.
109. Jose M. Lorenzo, Paulo E. Munekata, Ruben Dominguez, Mirian Pateiro, Jorge A. Saraiva, Daniel Franco, Chapter 3 - Main Groups of Microorganisms of Relevance for Food Safety and Stability: General Aspects and Overall Description, Editor(s): Francisco J. Barba, Anderson S. Sant'Ana, Vibeke Orlien, Mohamed Koubaa, Innovative Technologies for Food Preservation, Academic Press, 2018, Pages 53-107, ISBN 9780128110317, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811031-7.00003-0>.
110. <https://www.preclaboratories.com/product/ascorbic-acid-test-strip/> უკანასკნელად გადამოწმებულია 16/03/2024.
111. <https://www.preclaboratories.com/wp-content/uploads/2015/01/ASC-Test-Strip-Technical-Fact-Sheet.pdf>. უკანასკნელად გადამოწმებულია 16/03/2024.
112. <https://www.preclaboratories.com/wp-content/uploads/2012/03/The-Influence-of-Citric-Acid-on-Ascorbic-Acid-Strips.jpg>. უკანასკნელად გადამოწმებულია 16/03/2024.

113. <https://www.sigmaaldrich.com/GE/en/product/sial/denwat>. უკანასკნელად
გადამოწმებულია 16/03/2024.
114. გ. დანელია, თ. ფალავანდიშვილი ლაბორატორიული პრაქტიკუმი კვების
პროდუქტების ექსპერტიზაში. სტუ. 2011. გვ. 3-168.
115. გ. დანელია, თ. ფალავანდიშვილი. კვების პროდუქტების სასაქონლო
ექსპერტიზა და სამართლებრივი საფუძვლები. გამომცემლობა ტექნიკური
სახლი, 2017 წ. თავი 9, გვ. 253-275.
116. P. Essodolom, B. Ekpetsi Chantal, M. Mamatchi, A. Kousanta. EFFECT OF
TEMPERATURE ON THE DEGRADATION OF ASCORBIC ACID (VITAMIN C)
CONTAINED IN INFANT SUPPLEMENT FLOURS DURING THE PREPARATION
OF PORRIDGES Int. J. of Adv. Res. 8 (2020). 116-121 (ISSN 2320-5407). DOI:
10.21474/IJAR01/10605.
117. Zainal Abidin, Ana & Kifli, Mohamad & Jamali, Annisa & Muslimen, Rasli. (2020).
Development of Black Pepper Rotary Drum Dryer System. International Journal of
Integrated Engineering. 12. 10.30880/ijie.2020.12.07.002.
118. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminC-HealthProfessional/>.
უკანასკნელად გადამოწმებულია 16/03/2024.
119. Anitra C. Carr & Jens Lykkesfeldt. Discrepancies in global vitamin C
recommendations: a review of RDA criteria and underlying health perspectives,
Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2021, 61:5, 742-755, [DOI:
10.1080/10408398.2020.1744513](https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1744513).

დანართი

ქიმიური ანალიზების ცხრილები, მიკრობიოლოგიური ანალიზების
ოქმები, ასკორბინის მჟავის სწრაფი ტესტის სერტიფიკატი