

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

გიორგი ანდრიაძე

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

სადოქტორო პროგრამა – „ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერია“

შიფრი 0711

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

წარდგენილი დისერტაციის

ავტორ ე ფ ე რ ა ტ ი

თბილისი

2024 წელი

სამუშაო შესრულებულია:

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტი, ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერიის დეპარტამენტში;

ტომატ-პასტის ნიმუშების მიკრობიოლოგიური ანალიზები შესრულებულია შპს მულტიტესტში;

პამიდვრის და ტომატ-პასტის ნიმუშების ქიმიური ანალიზები შესრულებულია სსიპ სოფლის მეურნეობის სამეცნიერო-კვლევით ლაბორატორიაში.

ხელმძღვანელი: პროფესორი გიორგი დანელია

რეცენზენტები: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

დაცვა შედგება 2024 წლის „-----“, -----, ----- საათზე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის სადისერტაციო ნაშრომის დაცვის კოლეგიის სხდომაზე, კორპუსი -----, აუდიტორია -----

მისამართი: 0160, თბილისი, მ. კოსტავას № 69.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ის ბიბლიოთეკაში,

ხოლო ავტორეფერატისა - ფაკულტეტის ვებგვერდზე

ფაკულტეტის სწავლული მდივანი -----

## შესავალი

**თემის აქტუალობა.** მსოფლიოში მიმდინარე ტენდენცია მიმართულია 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.

**მეცნიერული სიახლე.** მეცნიერულ სიახლეს წარმოადგენს ტომატ-პასტის დამზადების ინოვაციური მეთოდი, რომლის მთავარი უპირატესობა - დაბალ ტემპერატურაზე წარმოებაა, სადაც უცვლელად არის შენარჩუნებული ასკორბინის მჟავა. ულტრაბგერის მუდმივი ზემოქმედება იწვევს სტერილიზაციას 46°C ტემპერატურაზე, რის გამოც მიიღება მაღალი ხარისხის და ბიოლოგიურად უსაფრთხო პროდუქტი ნაკლები ენერგო დანახარჯებით. 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, ასკორბინის მჟავის კონცენტრაციის მოსამატებლად გამოყენებულია ტკბილი წითელი წიწაკა.

**სამუშაოს მიზანი.** კვლევის მიზანია შერჩეული ინოვაციური ტომატ-პასტის დამზადების არათერმული წარმოების მეთოდის ანალიზი, მისი ეფექტურობის დახასიათება ტომატ-პასტის ხარისხისა და შენახვის ვადის უზრუნველსაყოფად, წარმოების 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 ბოტულო- ტოქსინებით 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.

**კვლევის ობიექტი.** 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.

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.

რადგან ჩვენ შეხება გვაქვს ბიო სისტემასთან (აბიოტური ფაქტორები) და ვსწავლობთ 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.

**კვლევის მეთოდები.** ნიადაგების კოლოიდური სისტემის, პამიდვრის ნედლეულის და ტომატ-პასტის ქიმიური ანალიზები შევასრულეთ ბაზისური რაოდენობრივი ვალიდირებული მეთოდებით: ნიადაგების კარბონატობა განსაზღვრულია შეიბლერის კალციმეტრით %-ით; ჰიდროლიზური აზოტი მგ 100 გ ნიადაგზე ტიურინ-კონანოვის მეთოდით; მოძრავი ფოსფორი მაჩიგინის მეთოდით 1%-იანი ნახშირმჟავას გამონაწურში; გაცვლითი კალიუმი კირსანოვის მეთოდით. ნიადაგების განოყიერება მოხდა ფრეზირებული ნაკელით.

პამიდვრის და ტომატ-პასტის ქიმიური ანალიზები შესრულდა შემდეგი მეთოდებით: ნაცარი - მაღალი ტემპერატურის ზემოქმედებით, სხვაობის მეთოდით; მარტივი შაქრები - საველე 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.

ტომატ-პასტის ყველა ნიმუშს, რომლებიც ინახებოდა 5-8°C ტემპერატურულ ზღვრებში, დამზადებიდან 1 წლის შემდეგ ჩატარდათ მიკრობიოლოგიური ანალიზი (ISO4833-1-2013/2015) - ტომატ-პასტის შენახვის უნარიანობის დადგენის მიზნით.

**პრაქტიკული გამოყენების სფერო.** ინოვაციური მეთოდით ტომატ-პასტის დამზადება შესაძლებელია მომავალში საწარმოო მასშტაბით დაინერგოს კვების მრეწველობაში - მაღალი ხარისხის, ემულგატორებისგან და საღებავებისგან თავისუფალი, ქიმიურად და ბიოლოგიურად უსაფრთხო პროდუქტის შექმნის მიზნით. აღნიშნული მეთოდით პროდუქციის წარმოება უზრუნველყოფს ელექტროენერჯის ეკონომიას და წარმოადგენს ეკოლოგიურად სუფთა ტექნოლოგიას.

**ნაშრომის აპრობაცია.** ნაშრომის მასალები პამიდვრის კულტურის ქვემო ივერიის ბარზე გავრცელებული ყავისფერი ნიადაგების აკუმულაციურ ფენაში შესათვისებელი მოძრავი საკვები ელემენტების ქიმიზმზე წარმოდგენილია აკადემიკოს გივი ცინცაძის დაბადებიდან 90 წლისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო - სამეცნიერო კონფერენციაზე „ქიმია - მიღწევები და პერსპექტივები“. სტუ, თბილისი 2023.

**სადისერტაციო ნაშრომის სტრუქტურა.** დისერტაცია შედგება 126 გვერდისაგან, მათგან დანართს უჭირავს 15 გვერდი. ლიტერატურულ ნაწილში ყურადღება გამახვილებულია საქართველოში გავრცელებული პამიდვრის განვითარების ისტორიასა და მისი გავრცელების არეალზე ქვესახეობის მიხედვით. მიმოხილულია პამიდვრის და ტომატ-პასტის ხარისხის განმსაზღვრელი ძირითადი მაჩვენებლები. ნაშრომში აღწერილია მზა ტომატ-პასტის მინერალური და ბიოქიმიური შედგენილობა, პამიდვრის კულტურის ნედლეულის ქვემო არსებული (გორის რაიონი, მარნეული) ნიადაგურ-კლიმატური პირობები, პამიდვრის ნედლეულისგან ტომატ-პასტის დამზადების ინოვაციური მეთოდი, საკვები პროდუქტების უსაფრთხო შენახვისთვის განკუთვნილი ინოვაციური ტექნოლოგიები, საკვების უვნებლობასა და სტაბილურობაზე მოქმედი მიკროორგანიზმების ზოგადი დახასიათება.

ექსპერიმენტული შედეგების განსჯა, მოიცავს პამიდვრის კულტურის ქვემო გავრცელებული ნიადაგის კოლოიდური სისტემის ძირითადი ქიმიური პარამეტრების დახასიათებას (აღმოსავლეთ საქართველოს ყავისფერი და შავმიწისებრი ნიადაგები), პამიდვრში ეკოლოგიურად უარყოფითი რადიკალების განსაზღვრას, ინოვაციური ტექნოლოგიური სქემის დახასიათებას. ექსპერიმენტის შედეგები დამუშავებულია მათემატიკურად - გაზომვის ცდომილებების განსაზღვრის და განტოლების შედგენის გზით. მოყვანილია ინოვაციური მეთოდით მიღებულ ტომატ-პასტის ნიმუშების მეზოფილურ-აერობული, ფაკულტატურ-ანაერობული მიკროორგანიზმების განსაზღვრის შედეგები. შედარებულია ტომატ-პასტის დამზადების ინოვაციური და კლასიკური მეთოდების გავლენის შედეგები, რომლებიც მოქმედებენ - მიღებული ტომატ-პასტის ნიმუშებში შემავალი ასკორბინის მჟავას რაოდენობის ცვლილების

დინამიკაზე, აგრეთვე წარმოების პროცესისთვის საჭირო ელექტრო-ენერჯის დანახარჯებზე.

დისერტაცია მოიცავს 29 ცხრილს და 30 სურათს. ციტირებისთვის და ლიტერატურული მიმოხილვისთვის გამოყენებულია 119 ნაშრომი.

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

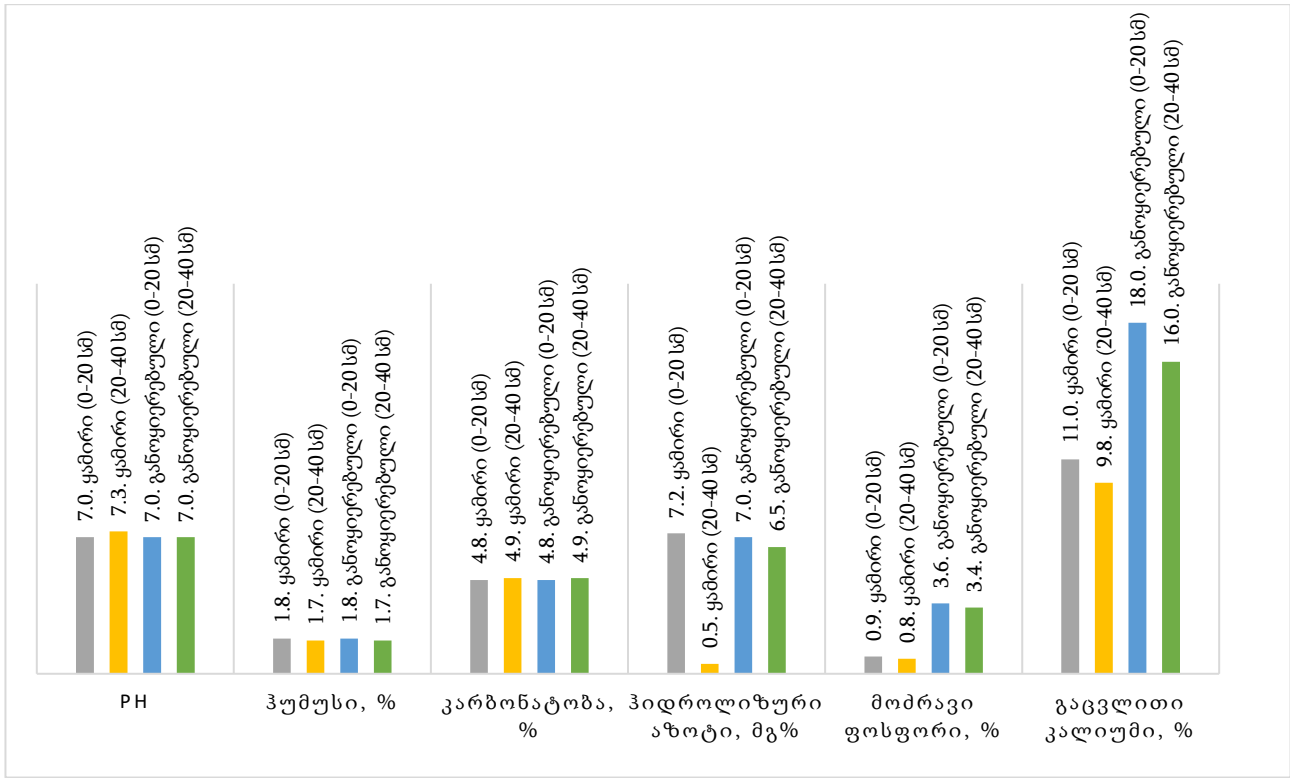
ჩვენს მიერ შესწავლილ იქნა ნიადაგები, ვინაიდან მისაღები პროდუქტის - ტომატ-პასტის შემადგენლობა და ხარისხი დამოკიდებულია ნედლეულის ხარისხზე, რომელიც თავის მხრივ დამოკიდებულია ნიადაგების შემადგენლობაზე.

გამოკვლეული ნიადაგების ქიმიური შემადგენლობა მოცემულია ცხრილში 1 და სურათებზე 1, 2.

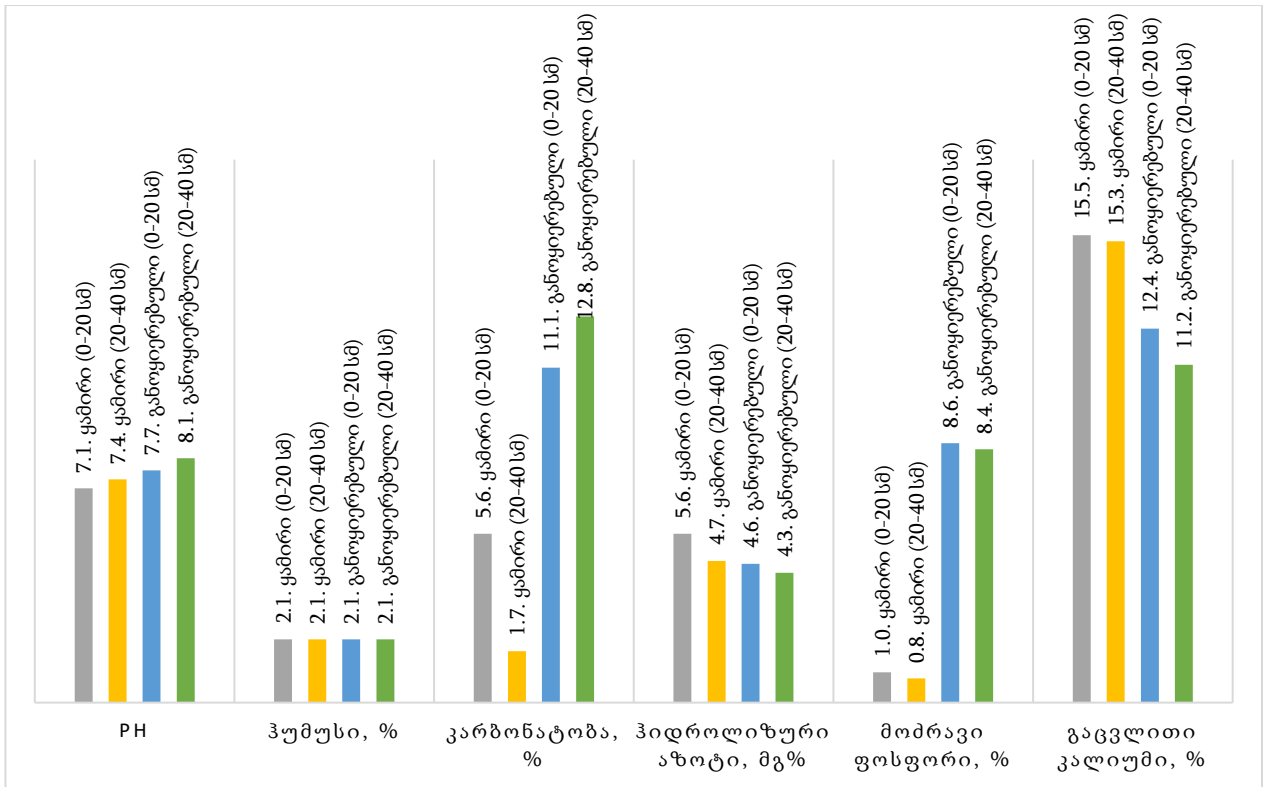
**ცხრილი 1. პამიდვრის ლოკალიზაციაზე გავრცელებული ნიადაგების შედგენილობა**

ლოკალიზაცია	ნიადაგის ტიპი	სინჯის აღების სიღრმე, სმ	pH	ჰუმუსი, %	კარბონატობა, %	ჰიდროლიზური აზოტი, მგ%	მომრავი ფოსფორი, %	გაცვლითი კალოუმი, %
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 ყავისფერი ნიადაგების აკუმულაციური ზონა (სვენეთი, ატენის რაიონი, ხიდისთავი)	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 1. მარნეულის შავმიწა ნიადაგების შედგენილობა 0-20 და 20-40 სმ სიღრმეში



სურათი 2. გორის რაიონის (სვენეთი, ატენი, ხიდისთავი) ყავისფერი ნიადაგების აკუმულაციური ზონის შედგენილობა 0-20 სმ და 20-40 სმ სიღრმეში

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

საქართველოს ნიადაგები საშუალოდ არის უზრუნველყოფილი შესათვისებელი K<sub>2</sub>O-თი, განსაკუთრებით ყავისფერი და კარბონატული ნიადაგები.

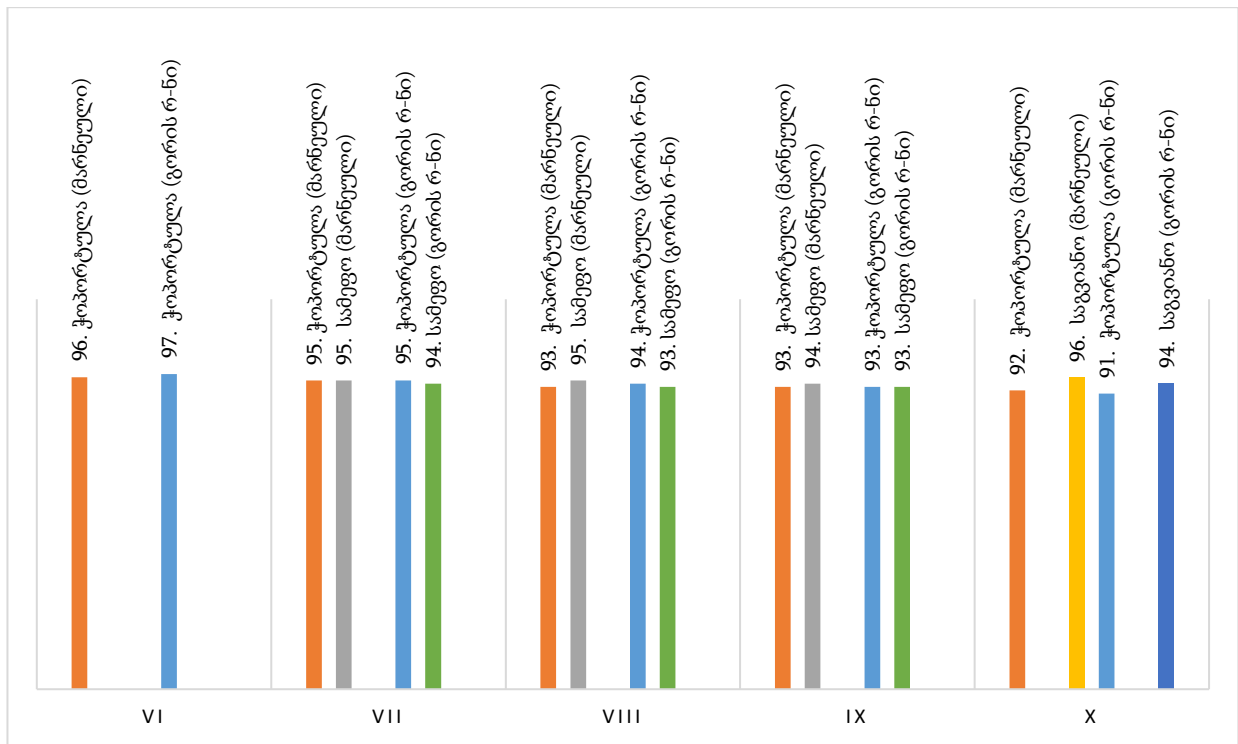
### 1.1. ეკოლოგიურად უარყოფითი რადიკალების განსაზღვრა ჰამიდორში

კვლევებმა აჩვენა, რომ ჰამიდორში ტექნიკურ სიმწიფეში მიმდინარეობს გარკვეული ცვლილებანი, რომლებიც ასახულია მე-2 ცხრილში და გრაფიკებზე 3, 4, 5, 6.

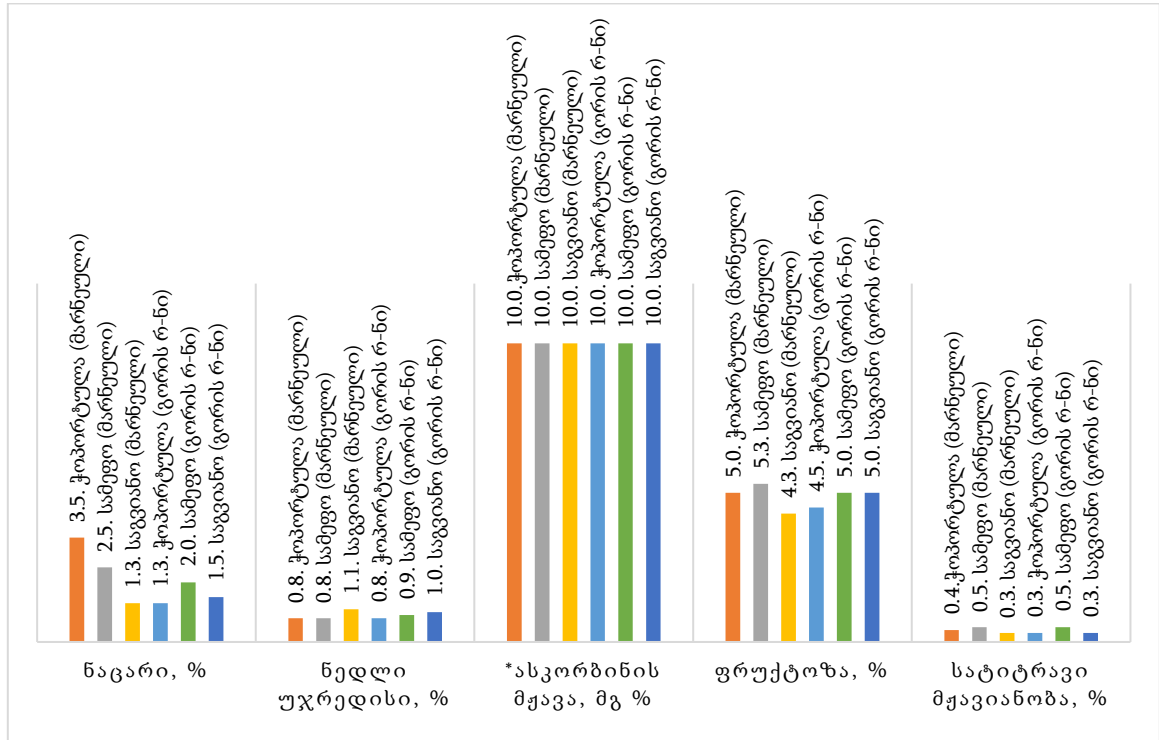
ნიტრატების ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია ჰამიდორში შეადგენს ღია გრუნტზე მოყვანილისთვის 150 მგ/კგ-ს ხოლო დახურულ გრუნტზე მოყვანილის-თვის 300 მგ/კგ.

**ცხრილი 2. ჰამიდვრის ნედლეულის მინერალური და ბიოქიმიური შედგენილობა**

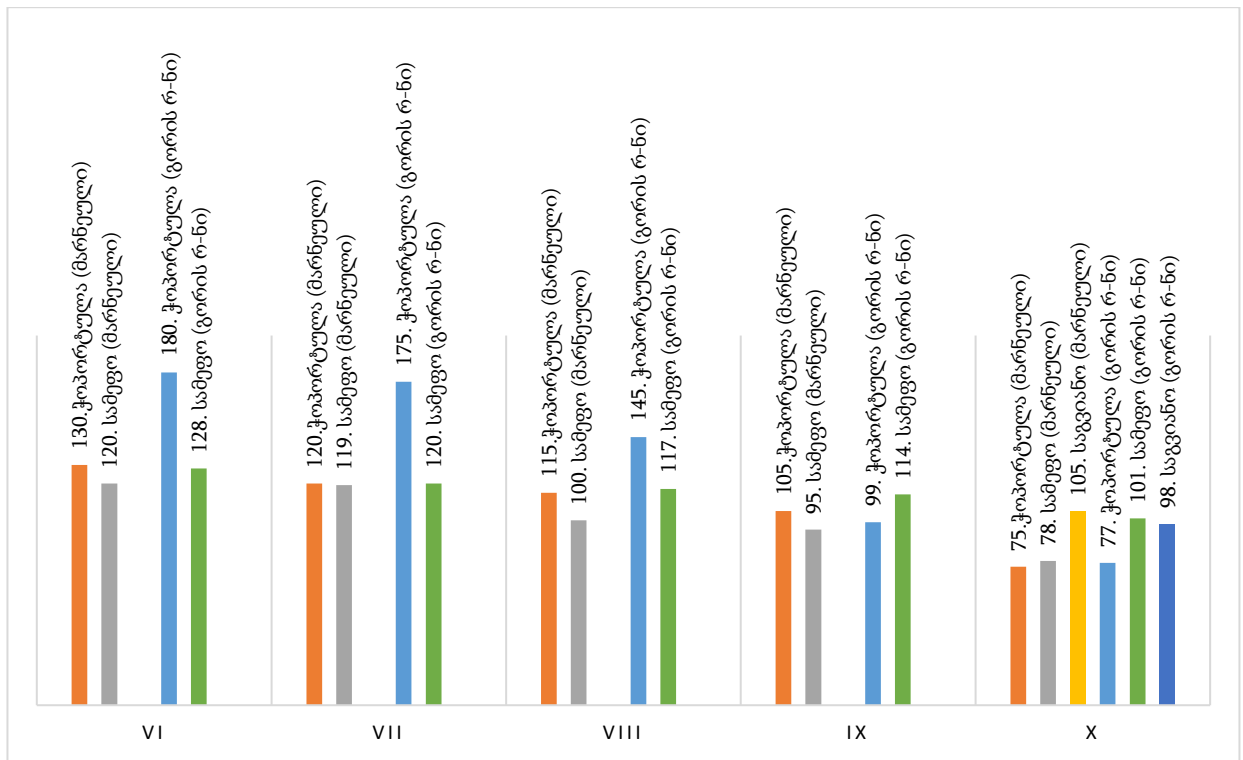
შტრიხ-კოდი	ლოკალიზაცია	ჰამიდვრის სახეობა	თავისუფალი წყალი თვეების მიხედვით, % სტანდარტიზაციის ზღვარი 96-85%					ნაცარი, %	ნედლი უჯრედისი, %	ასკორბინის მჟავა, მგ%	ფრუქტოზა, %	სატრავი მჟავიანობა, %	ნიტრატები თვეების მიხედვით, მგ/კგ (ზღვ 150 მგ/კგ)					Pb მგ/კგ (ზღვ 0,5 მგ/კგ)	As მგ/კგ (ზღვ 0,2 მგ/კგ)	Hg მგ/კგ (ზღვ 0,02 მგ/კგ)
			VI	VII	VIII	IX	X						VI	VII	VIII	IX	X			
			484	მარნეული,	ჭოპორტულა	96	95						93	93	92	3,5	0,8			
სამეფო	-	95			95	94	-	2,5	0,8	10	5,3	0,5	120	119	100	95	78	0,002	0,007	0,003
საგვიანო	-	-			-	-	96	1,3	1,1	10	4,3	0,3	-	-	-	-	105	0,001	0,005	0,002
გორის	ჭოპორტულა	ჭოპორტულა	97	95	94	93	91	1,3	0,8	10	4,5	0,3	180	175	145	99	77	0,008	0,006	0,009
		სამეფო	-	94	93	93	-	2,0	0,9	10	5,0	0,5	128	120	117	114	101	0,1	0,007	0,004
		საგვიანო	-	-	-	-	94	1,5	1,0	10	5,0	0,3	-	-	-	-	98	0,005	0,008	0,002



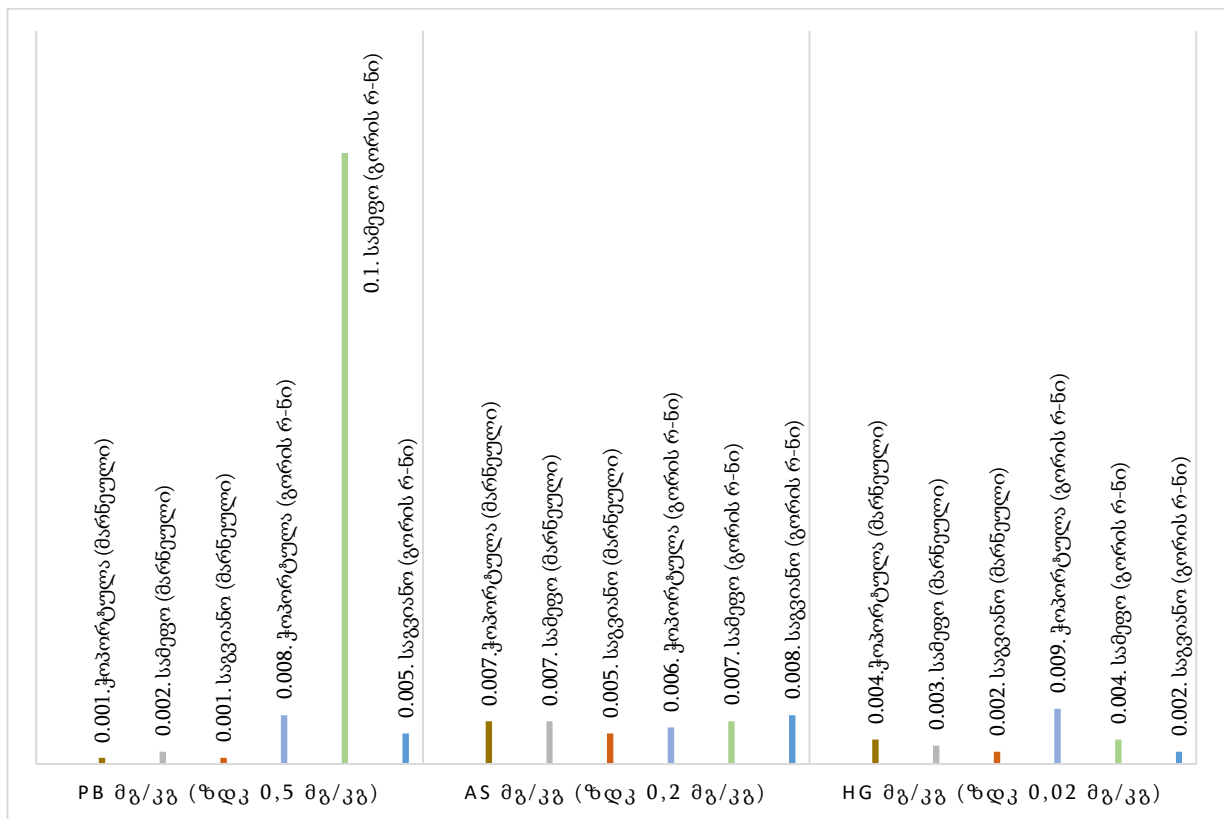
სურათი 3. პამიდორში თავისუფალი წლის პროცენტული შემცველობა ივნის-ოქტომბრის პერიოდში



სურათი 4. პამიდორის ბიოქიმიური შედგენილობა. \* - ასკორბინის მჟავა განსაზღვრულია სწრაფი ტესტ-სტრიპით, ამიტომ მოყვანილია მისი დამრგვალებული მნიშვნელობა.



სურათი 5. პამიდორში ნიტრატების შემცველობა (მგ/კგ) ივნის-ოქტომბრის პერიოდში



სურათი 6. პამიდორში მძიმე მეტალების შემცველობა (მგ/კგ)

### 1.3 ინოვაციური აპარატურის სქემა და მისი დახასიათება

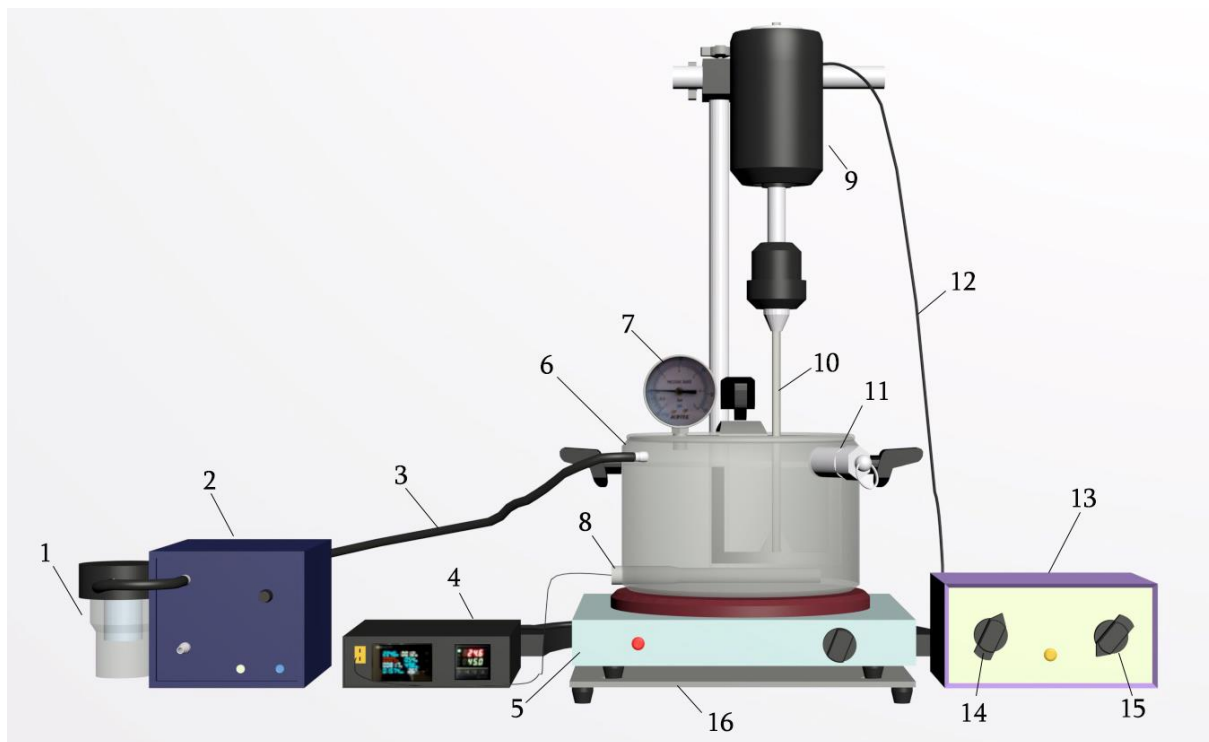
ტომატ პასტის დასამზადებელი ინოვაციური ექსპერიმენტულ-მოდელური დანადგარი, ტომატ-პასტის დამზადების საშუალებას იძლევა ისეთი სხვადასხვა მნიშვნელოვანი პარამეტრების ცვლილებით, რომლებიც გავლენას ახდენს ტომატ-პასტის ხარისხზე.

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 აღებულ ნიმუშებში C ვიტამინის შემცირება, რაც ასევე დადასტურებულია სხვადასხვა კვლევებით. 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.

მოდელური სისტემის აბსოლუტურად ყველა ნაწილი, რომელიც პირდაპირ შეხებაშია პამიდვრის წვეთთან, დამზადებულია 304 მარკის უჟანგავი ფოლადისგან და სხვადასხვა ინერტული მასალისგან, რომელიც არ ახდენს გავლენას პროდუქტის ქიმიურ შემადგენლობაზე.

ინოვაციური ფუნქცია რომელიც დავამატეთ მოდელურ დანადგარს (სურათი 7) და რომლის კვლევა ჩვენთვის დიდ ინტერესს წარმოადგენს, გახლავთ ულტრაბგერის გამოყენება, ტომატ-პასტის მომზადების პროცესში - პამიდვრის წვეთის კონცენტრირებისას, ასევე სტერილიზაციის პროცესში. ულტრაბგერის მოქმედებით მიმდინარეობს პამიდვრის წვეთის სტერილიზაცია, შესაბამისად აღარ ხდება მისი გაცხელების საჭიროება, რაც საშუალებას იძლევა ტომატ-პასტა დამზადდეს ვაკუუმში დაბალ ტემპერატურაზე, ხოლო მიღებულ პროდუქტში შენარჩუნებულია ასკორბინის მჟავა და სხვა მნიშვნელოვანი ნივთიერებები. გამოყენებული ულტრაბგერის სიხშირე არის 40 კილოჰერცი, პროცესის ტემპერატურა კი არის 46°C.

მოდელური სისტემა შედგება ორი ძირითადი ნაწილისგან: პამიდვრის წვენის კონცენტრირების (სურთი 7) და ტარაში მოთავსებული მზა-პროდუქტის სტერილიზაციის ნაწილი (სურათი 8), ამავე ნაწილში ხდება ცარიელი ტარას სტერილიზაცია მაღალ ტემპერატურასა და წნევაზე საჭიროების მიხედვით. ქვემოთ განხილულია თითოეული ნაწილი დეტალურად.



სურათი 7. 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  $45^{\circ}\text{C}$ , თერმორეგულატორის რეგულირების შედეგად სითხეში მუდმივად გვექნება  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  ანუ  $44-46^{\circ}\text{C}$ , რაც საშუალოდ  $45^{\circ}\text{C}$  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 დუდილის ტემპერატურა და ქვაბში შევინარჩუნოთ  $125^{\circ}\text{C}$  და 1,3 ბარი ჭარბი წნევა.

ქვაბში (6) მოთავსებულია უჟანგავი ფოლადის მომრევი (10), რომელსაც აბრუნებს ელექტო ძრავა (9). ელექტრო 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.

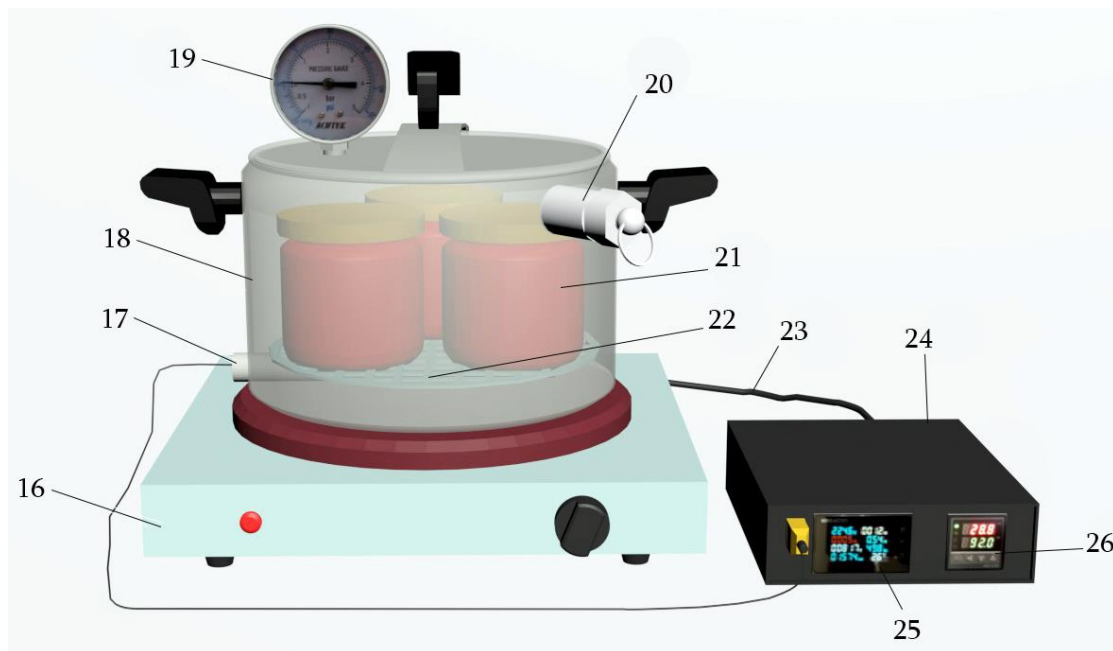
იმისათვის, რომ მოხდეს წყლის აორთქლების პროცესის დაჩქარება შედარებით დაბალ, მაგალითად 45°C ტემპერატურაზე, ქვაბზე (6) სპეციალური ვაკუუმ-შლანგით (3) მიერთებულია ვაკუუმ-ტუმბო (2), რომელიც ტუმბოს სიმძლავრის რეგულირების საშუალებასაც იძლევა. წნევის და ვაკუუმის კონტროლი ხდება უჟანგავი ფოლადისგან დამზადებული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

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

მე-8 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 წარმოწმნილი 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. 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 ენერგიის ანალიზატორი (25), რომელიც ითვლის დახარჯულ ელექტრო ენერგიას 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).



სურათი 8. ტომატ-პასტის დასამზადებელი მოდელური აპარატის სტერილიზატორი



**სურათი 9. ულტრაბგერის გენერატორით აღჭურვილი ტომატის წვენის კონცენტრირების ნაწილი**

ერთ-ერთი ინოვაციური ფუნქცია რომელიც დავამატეთ მოდელურ დანადგარს (სურათი 9) 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. ჩვენი 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.

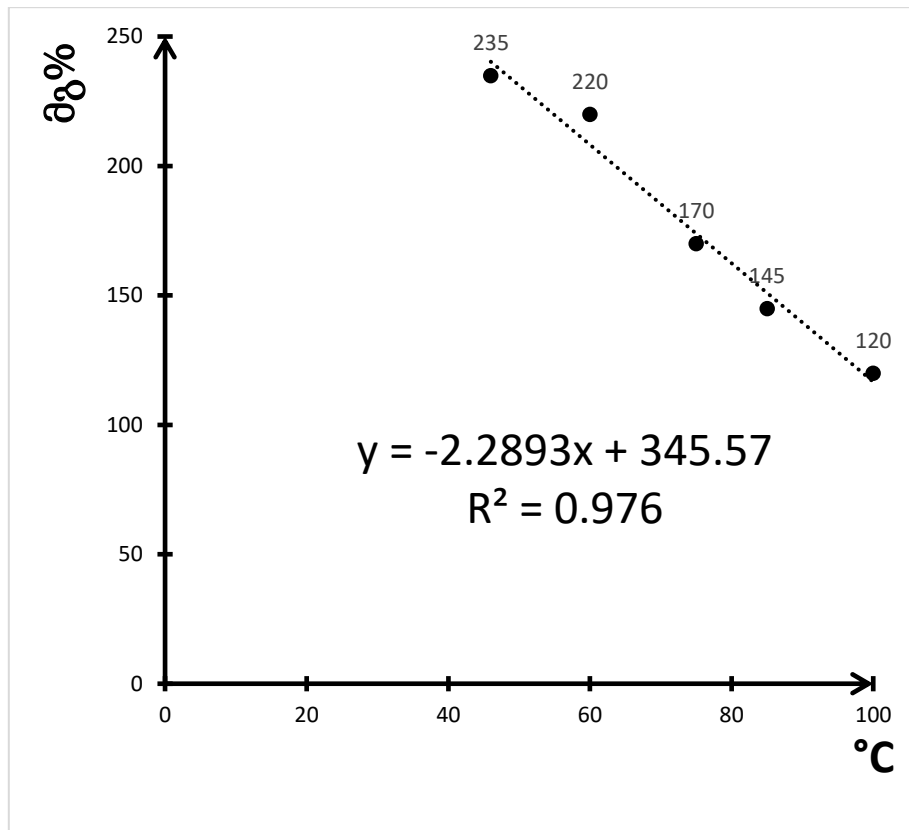
ტომატ-პასტის ექსპერიმენტულ მოდელურ აპარატს, დავამატეთ წონის მაკონტროლებელი მოწყობილობა. ქურა, რომელიც განკუთვნილია პამიდვრის წვენი კონცენტრირებისთვის მოთავსებულია მეტალის სადგარზე, რომელიც აღჭურვილია 4 ცალი წნევის სენსორით TAS501, რომელიც საშუალებას იძლევა ავწონოთ ქურაზე მოთავსებული ქვაბი და მასში მოთავსებული პამიდვრის წვენი (სურათი 10). სასწორის დაპროგრამება შესაძლებელია საწყისი და საბოლოო წონის მითითებით. 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.



სურათი 10. მოდელური აპარატის სასწორი

#### 1.4. მიღებული შედეგების კონსტანტაცია ნიშან-თვისებათა შენარჩუნების მიზნით

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 მე-8 სურათზე.



სურათი 8. იენისში ჭოპორტულა პამიდვრის 96% თავისუფალი წყლის შემცველი 1600გ ნედლეულისგან 25° ბრიქსის ტომატ-პასტის სხვადასხვა ტემპერატურაზე დამზადებისას ასკორბინის მჟავას ცვლილების დინამიკა

ცხრილში 3 მოცემულია ანალიზებით განსაზღვრული ასკორბინის მჟავას კონცენტრაცია სხვადასხვა ტემპერატურაზე დამზადებულ ტომატ-პასტაში და წრფივი განტოლებით მიღებული შედეგები:

ცხრილი 3. 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 4. 1000 გრამი ნედლეულიდან 46°C ულტრაბგერის თანხლებით და 100°C ტემპერატურებზე მიღებული ტომატ-პასტის და მისი ნედლეულის ხარისხის ძირითადი მაჩვენებლები

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

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 მე-4 ცხრილში. გასათვალისწინებელია საწყის ნედლეულში თავისუფალი წყლის შემცველობა, ვინაიდან სხვადასხვა შემცველობის ნედლეულის კონცენტრირებას ჭირდება სხვადასხვა დრო, რაც მოქმედებს როგორც ტომატ-პასტის დამზადებისთვის საჭირო ელექტროენერჯის ხარჯზე, ისე მიღებულ ტომატ-პასტაში ასკორბინის

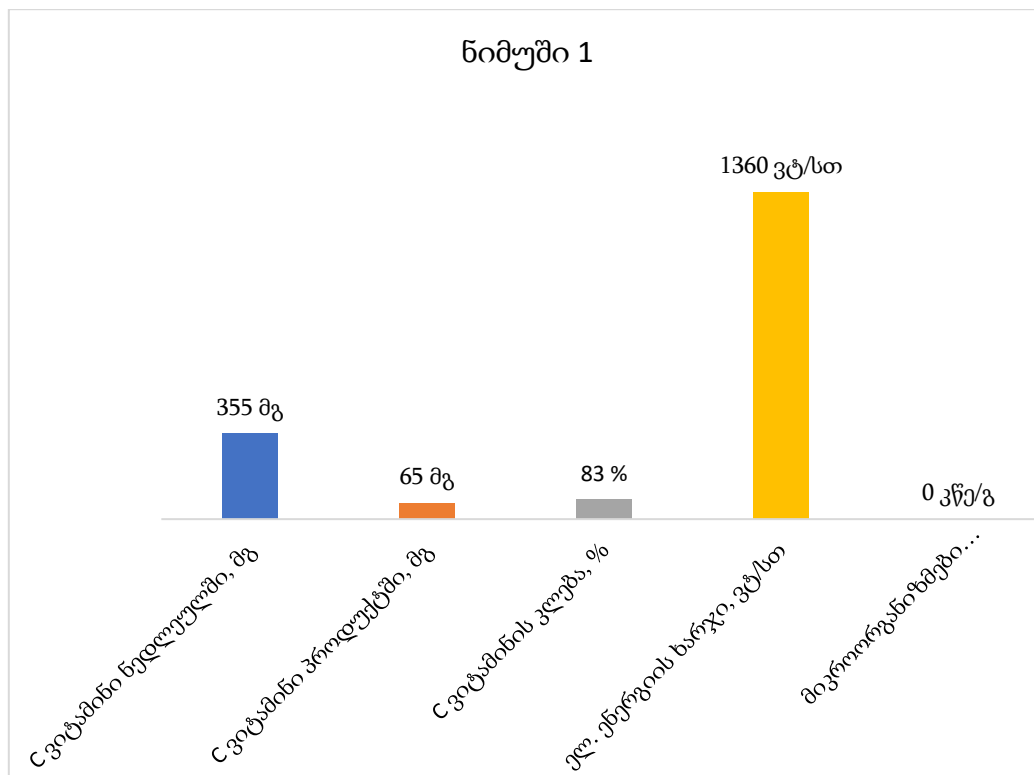
მჟავის რაოდენობაზე. გაცხელებისას რაც უფრო მეტი დრო ჭირდება კონცენტრირებას, მით უფრო ნაკლებია ასკორბინის მჟავა საბოლოო პროდუქტში.

### 1.5. ტომატ-პასტაში მეზოფილურ-აერობული, ფაკულტატურ-ანაერობული მიკროორგანიზმების განსაზღვრა

სხვადასხვა პირობებით მომზადებული ტომატ-პასტა, მოთავსებულ იქნა ქილებში შესანახად. ტომატ პასტით შევსებული ქილები ინახებოდა მაცივარში 5°C - 8°C ტემპერატურულ ზღვრებში. ოქტომბერში ტომატ-პასტის დასამზადებლად გამოყენებული იქნა პამიდვრის ქვესახეობა „საგვიანო“, ივნისში დამზადებული ტომატ-პასტის დასამზადებლად გამოყენებული იქნა პამიდვრის ქვესახეობა „სამეფო“ და ჭოპორტულა. ქვემოთ მოყვანილია ქილებში მოთავსებული ტომატ-პასტის ნიმუშების ანალიზების შედეგები:

**ნიმუში 1.** დამზადებული ოქტომბერში. პამიდვრის სახეობა „ჭოპორტულა“. პამიდვრის 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.

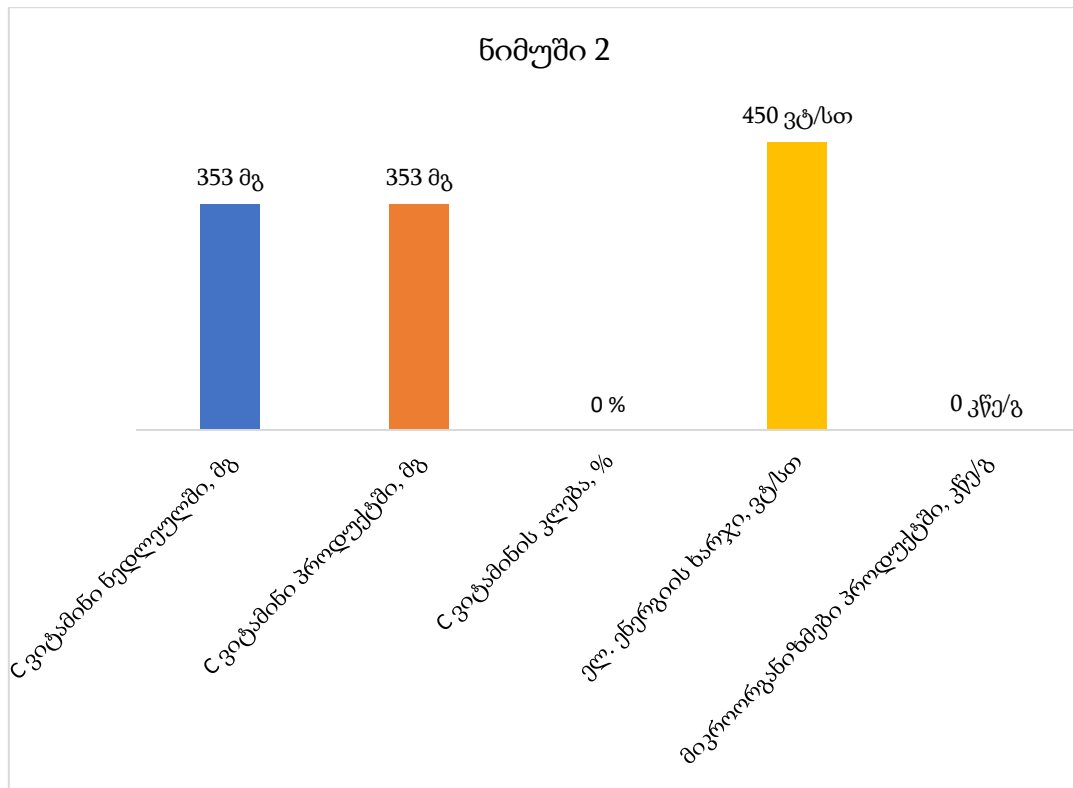
მე-9 სურათზე მოცემულია 1 ნიმუშში C ვიტამინის ცვლილების დინამიკა ტომატ-პასტის დამზადების პროცესში და ტომატ-პასტის დამზადებისას დახარჯული ელექტრო ენერჯია:



**სურათი 9.** C ვიტამინის ცვლილება და ელექტროენერჯის ხარჯი პირველ ნიმუშში.

**ნიმუში 2.** დამზადებული ოქტომბერში. პამიდვრის სახეობა „ჭოპორტულა“. პამიდვრის პიურეს დაემატა წითელი ტკბილი (ბულგარული) წიწაკა 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.

10-ე სურათზე მოცემულია მე-2 ნიმუშში C ვიტამინის ცვლილების დინამიკა ტომატ-პასტის დამზადების პროცესში და ტომატ-პასტის დამზადებისას დახარჯული ელექტრო ენერჯია:

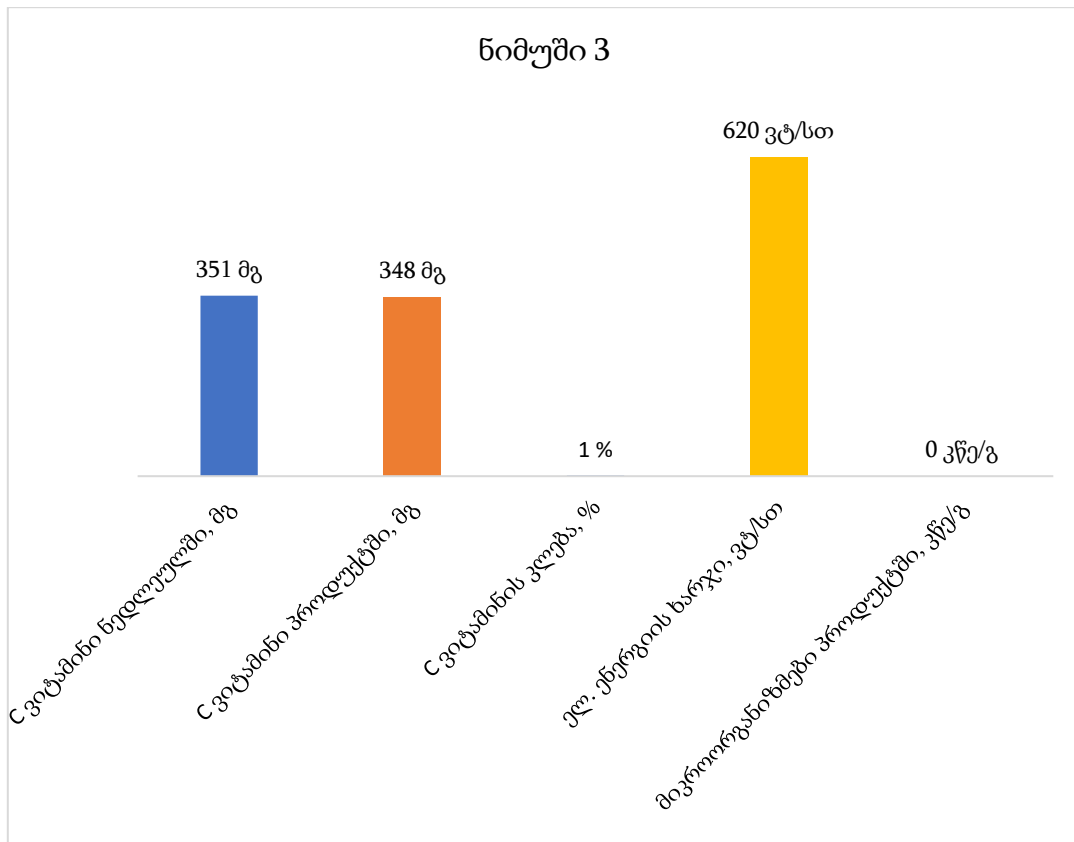


**სურათი 10.** C ვიტამინის ცვლილება და ელექტროენერჯის ხარჯი მე-2 ნიმუშში.

**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.

11-ე სურათზე მოცემულია მე-3 ნიმუშში C ვიტამინის ცვლილების დინამიკა ტომატ-პასტის დამზადების პროცესში და ტომატ-პასტის დამზადებისას დახარჯული ელექტრო ენერჯია:

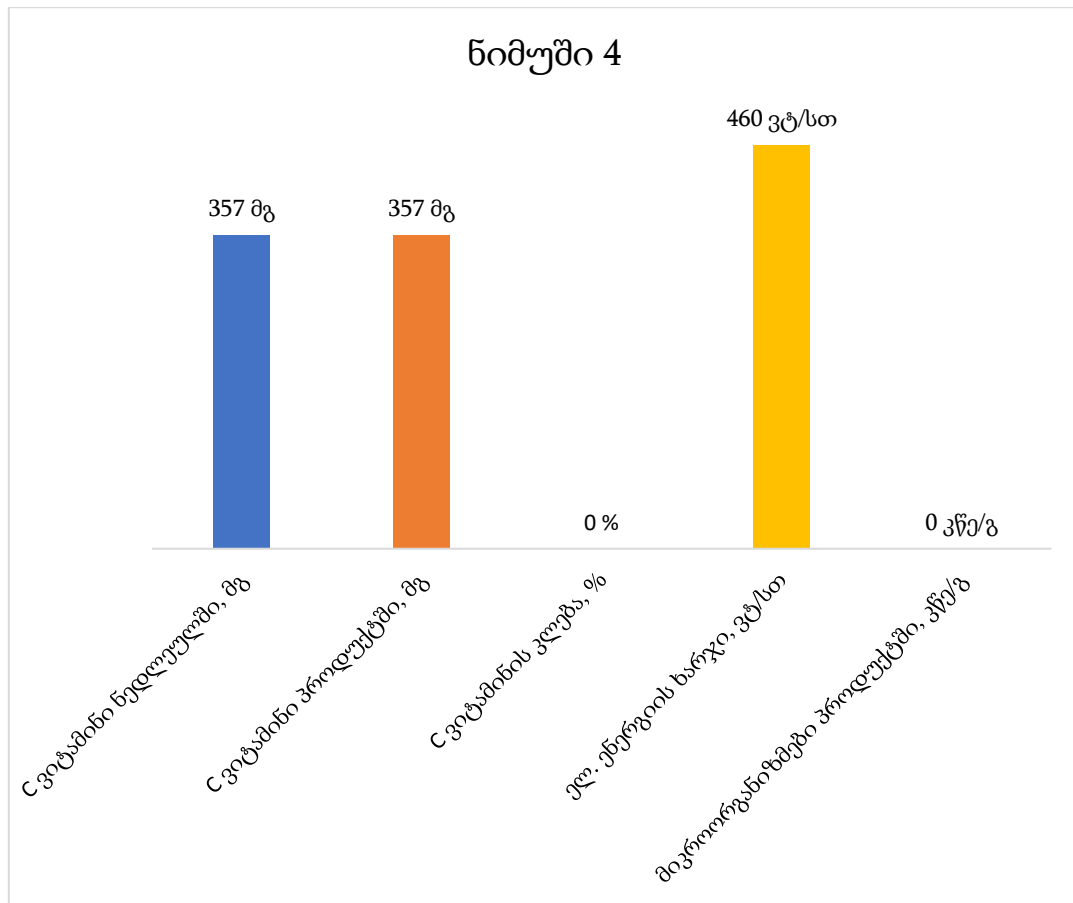




**სურათი 11.** C ვიტამინის ცვლილება და ელექტროენერჯის ხარჯი მე-3 ნიმუშში.

**ნიმუში 4.** დამზადებული ოქტომბერში. პამიდვრის სახეობა „საგვიანო“. წითელი ტკბილი წიწაკის დამატების გარეშე. საწყისი ნედლეულის pH=4,80. დამზადებულია 40 კპც 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.

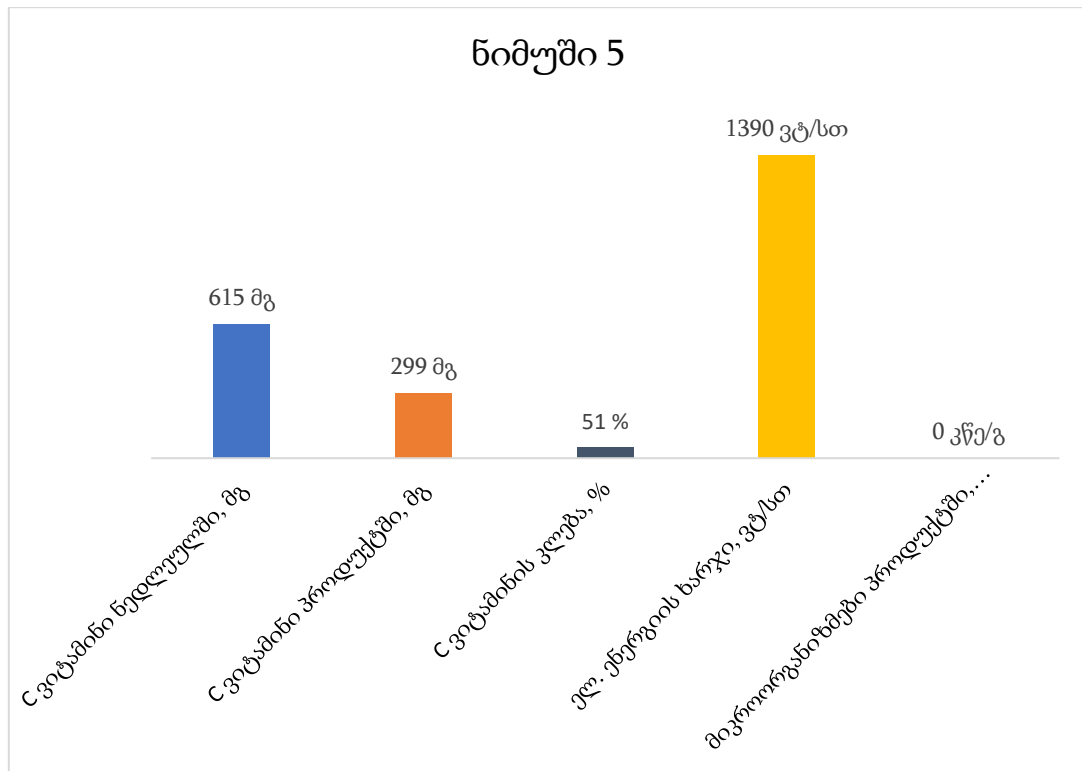
12-ე სურათზე მოცემულია მე-4 ნიმუშში C ვიტამინის ცვლილების დინამიკა ტომატ-პასტის დამზადების პროცესში და ტომატ-პასტის დამზადებისას დახარჯული ელექტრო ენერჯია:



**სურათი 12.** ც ვიტამინის ცვლილება და ელექტროენერჯიის ხარჯი მე-4 ნიმუშში.

**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.

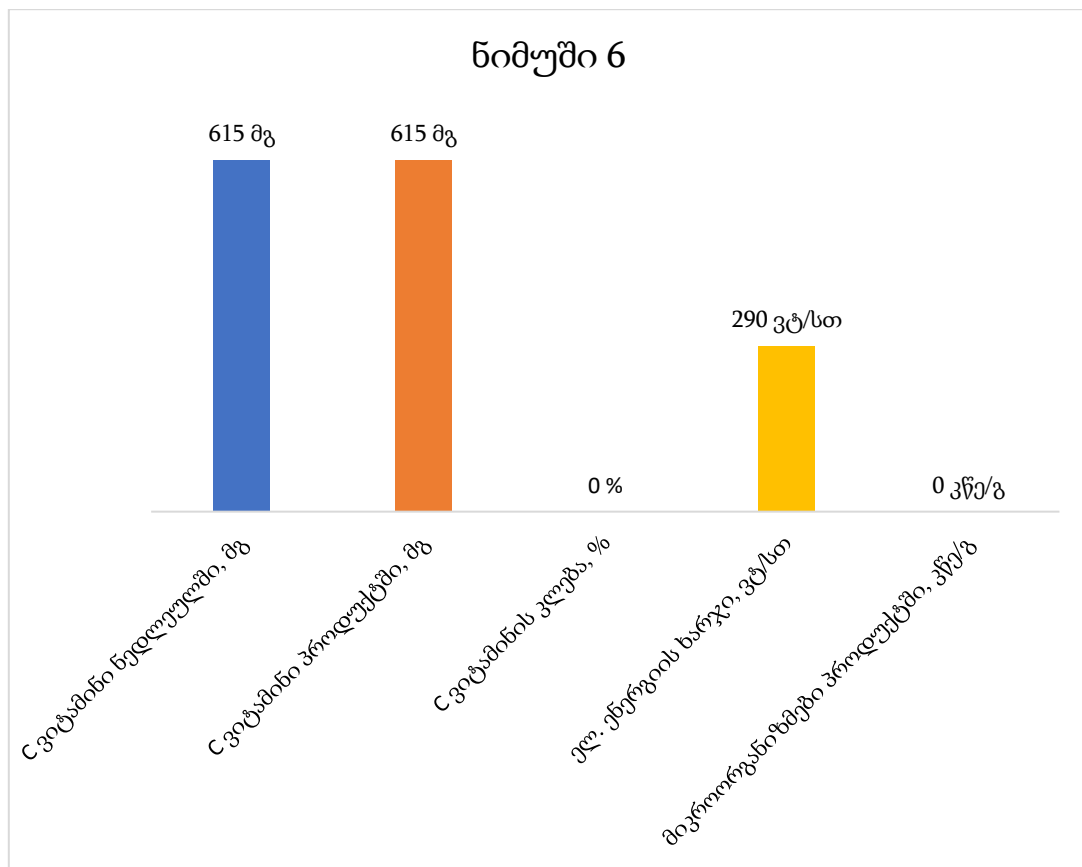
13-ე სურათზე მოცემულია მე-5 ნიმუშში ც ვიტამინის ცვლილების დინამიკა ტომატ-პასტის დამზადების პროცესში და ტომატ-პასტის დამზადებისას დახარჯული ელექტრო ენერჯია:



**სურათი 13.** ც ვიტამინის ცვლილება და ელექტროენერჯის ხარჯი მე-5 ნიმუშში.

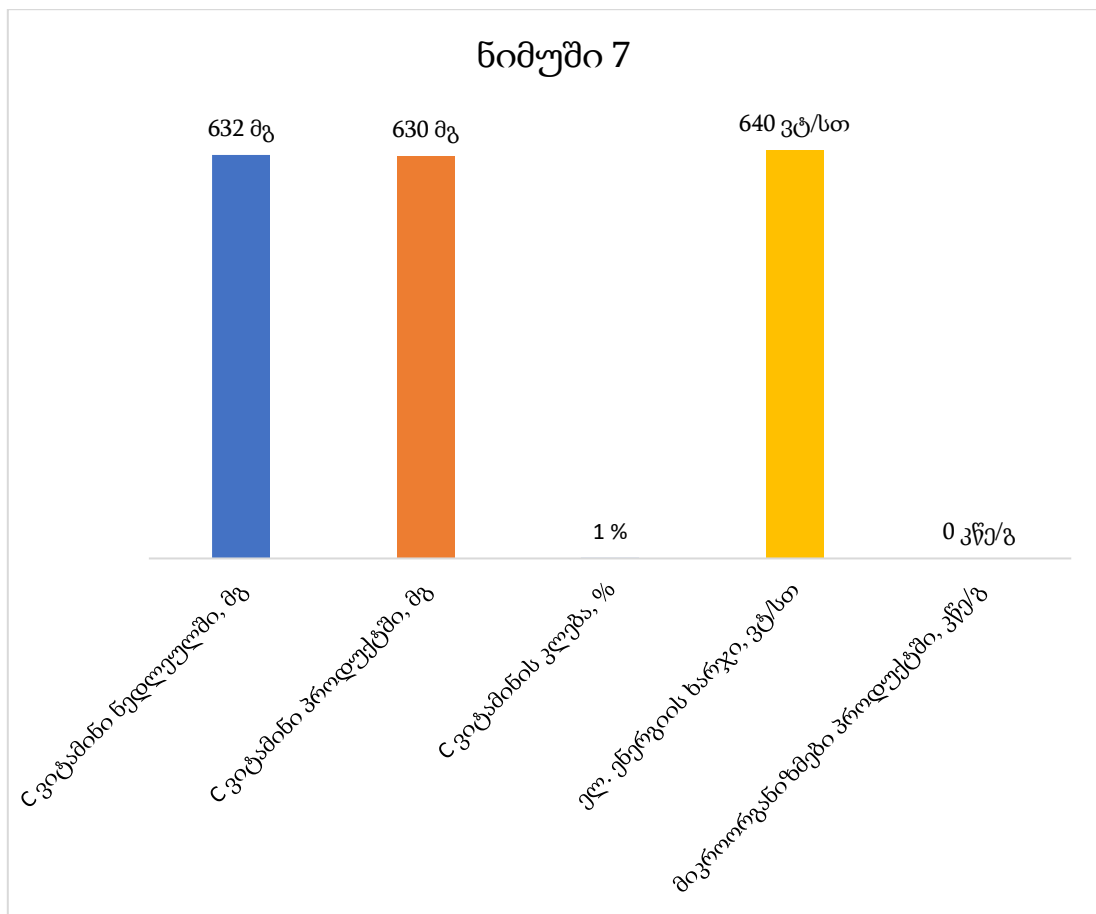
**ნიმუში 6.** დამზადებული ივნისში. კამიდვრის სახეობა „ჰოპორტულა“. კამიდვრის პიურეს დაემატა წითელი ტკბილი (ბულგარული) წიწაკა 21:1 თანაფარდობით. საწყისი ნედლეულის pH=4.65. დამზადებულია 40 კვც ულტრაბგერის თანხლებით, 46°C-ზე ამოშრობით, ვაკუუმის ხარისხი -0,9 ბარი, ტომატ-პასტას pH=4.64 დაემატა ლიმონმჟავა, 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.

14-ე სურათზე მოცემულია მე-6 ნიმუშში ც ვიტამინის ცვლილების დინამიკა ტომატ-პასტის დამზადების პროცესში და ტომატ-პასტის დამზადებისას დახარჯული ელექტრო ენერჯია:



**სურათი 14.** ც ვიტამინის ცვლილება და ელექტროენერჯის ხარჯი მე-6 ნიმუშში.

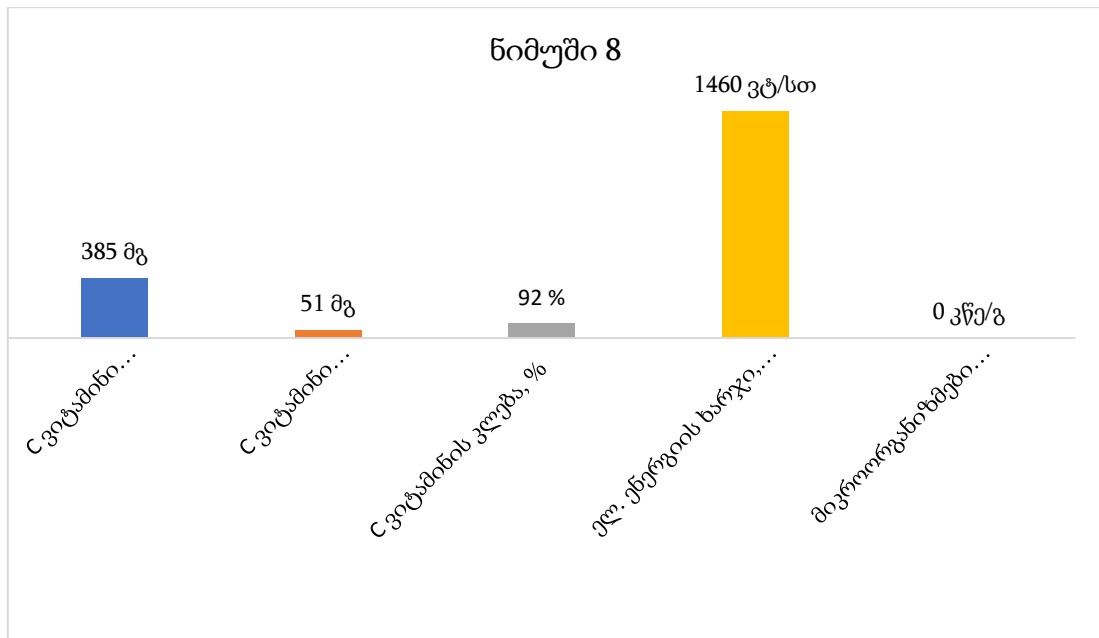
**ნიმუში 7.** დამზადებული ოქტომბერში. პამიდვრის სახეობა „კოპორტულა“. პამიდვრის პიურეს დაემატა წითელი ტკბილი (ბულგარული) წიწაკა 21:1 თანაფარდობით. საწყისი ნედლეულის pH=4.67. დამზადებულია 40 კვც ულტრაბგერის თანხლებით, 46°C-ზე ამოშრობით, ვაკუუმის ხარისხი -0,9 ბარი, ტომატ-პასტის pH=4.66, დაემატა ლიმონმჟავა, 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. 15-ე სურათზე მოცემულია მე-7 ნიმუშში ც ვიტამინის ცვლილების დინამიკა ტომატ-პასტის დამზადების პროცესში და ტომატ-პასტის დამზადებისას დახარჯული ელექტრო ენერჯია:



**სურათი 15.** C ვიტამინის 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.

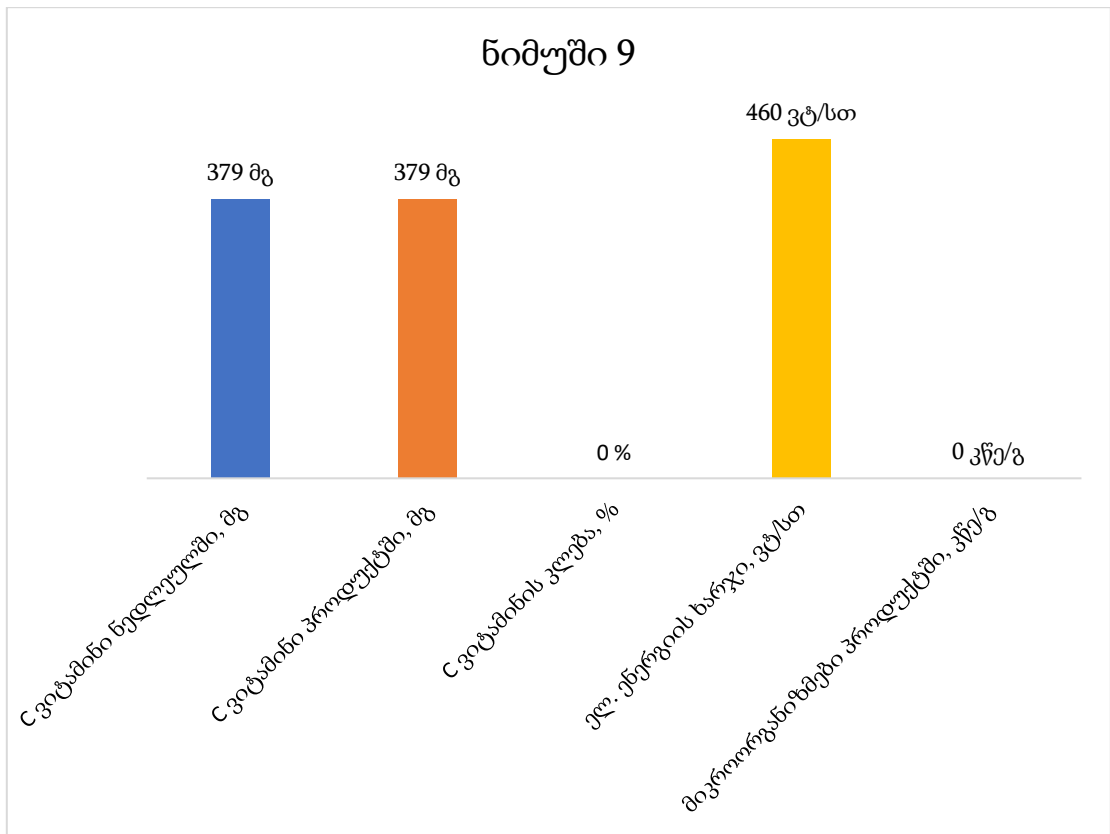
სურათზე 16 მოცემულია მე-8 ნიმუშში C ვიტამინის ცვლილების დინამიკა ტომატ-პასტის დამზადების პროცესში და ტომატ-პასტის დამზადებისას დახარჯული ელექტრო ენერჯია:



**სურათი 16.** C ვიტამინის ცვლილება და ელექტროენერჯის ხარჯი მე-8 ნიმუშში.

**ნიმუში 9.** დამზადებული ივლისში. პამიდვრის სახეობა „სამეფო“. პამიდვრის პიურეს დაემატა წითელი ტკბილი (ბულგარული) წიწკა 21:1 თანაფარდობით. საწყისი ნედლეულის pH=4.68. დამზადებულია 40 კკც 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.

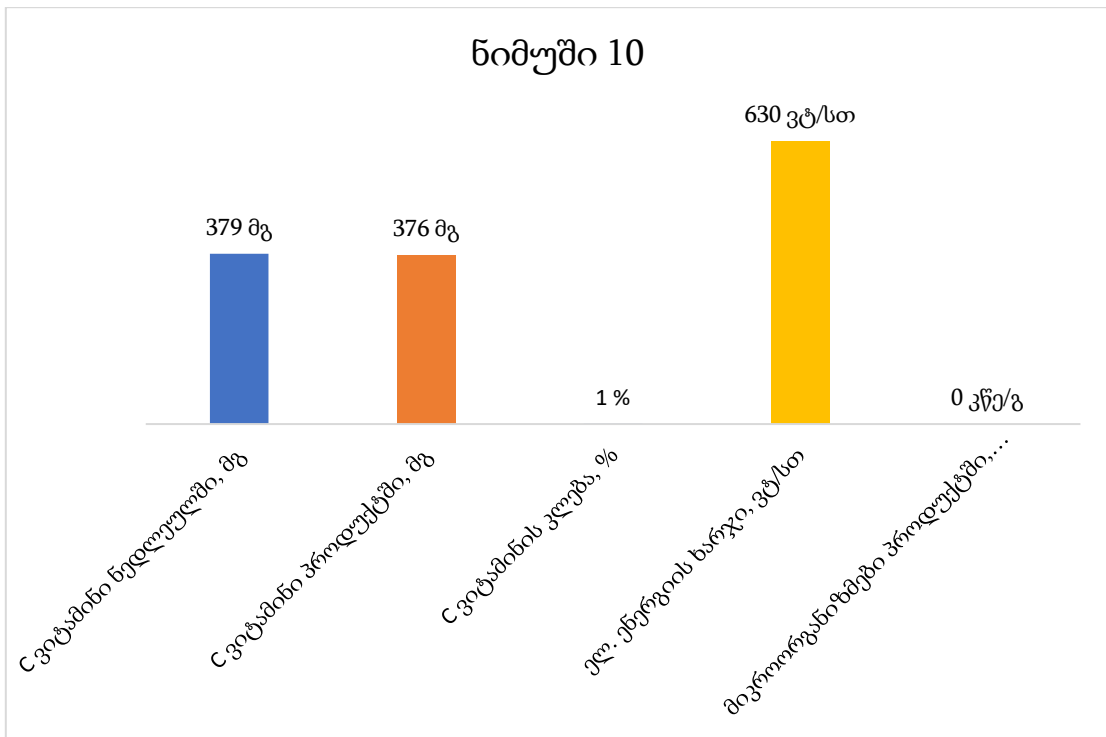
17-ე სურათზე მოცემულია მე-9 ნიმუშში C ვიტამინის ცვლილების დინამიკა ტომატ-პასტის დამზადების პროცესში და ტომატ-პასტის დამზადებისას დახარჯული ელექტრო ენერჯია:



**სურათი 17.** C ვიტამინის ცვლილება და ელექტროენერჯის 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.

18-ე სურათზე მოცემულია მე-10 ნიმუშში C ვიტამინის ცვლილების დინამიკა ტომატ-პასტის დამზადების პროცესში და ტომატ-პასტის დამზადებისას დახარჯული ელექტრო ენერჯია.



**სურათი 18.** ცვიტამინის ცვლილება და ელექტროენერჯიის 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 პამიდვრის წვენი 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.

## სადისერტაციო ნაშრომის პუბლიკაციათა ნუსხა

1. გ. ანდრიაძე, გ. დანელია. პამიდვრის კულტურის ქვეშ ივერიის ბარზე გავრცელებული ყავისფერი ნიადაგების აკუმულაციურ ფენაში შესათვისებელი მოძრავი საკვები ელემენტების ქიმიზმი. „ქიმია - მიღწევები და პერსპექტივები“, აკადემიკოს გივი ცინცაძის დაბადებიდან 90 წლისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო - სამეცნიერო კონფერენციის შრომების კრებული. ISBN 978-9941-28-970-5, ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი 2023, გვ. 198-202.
2. გ. ანდრიაძე, გ. დანელია. საქართველოში ივერიის ბარზე გავრცელებული პამიდვრის ნედლეულის ქიმიური პარამეტრების დადგენა დინამიკაში მოდელური აპარატით ტომატ-პასტის დამზადების მიზნით. საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის ჟურნალი მოამბე, 2(50), ISSN 1512-2743, თბილისი 2023, გვ. 59-66.
3. Danelia G., Andriadze G., Gelovani N., MICRO TOXINS AND ORGANOLEPTIC PROPERTIES OF PROCESSED TOMATO PASTE USING ULTRASOUND, DETERMINATION OF ULTRASOUND SPECIFICATIONS, World Journal of Pharmaceutical Research, 2023, Volume 12, Issue 21, pp. 55-66. DOI: 10.20959/wjpr202321-30440.
4. გ. ანდრიაძე. საქართველოში გავრცელებული პამიდვრის (SOLANUM LYCOPERSICUM) ნედლეულისაგან ინოვაციური ტექნოლოგიური გზით ბიოლოგიურად სრულფასოვანი და ეკოლოგიურად სუფთა ტომატ-პასტის მიღება. ტექნიკური უნივერსიტეტი, სამეცნიერო რეფერირებადი ჟურნალი მეცნიერება და ტექნოლოგიები 3(743), ISSN 0130-7061, Index 76127, თბილისი 2023. გვ. 66-71. DOI:<http://doi.org/10.36073/0130-7061>

## 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.