

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ილია ჩაჩავა

კვების პროდუქტების შრობის ინოვაციური სისტემების დამუშავება

სადოქტორო პროგრამა: მანქანათმშენებლობა, მანქანათმშენებლობა  
და საწარმოო ტექნოლოგიური პროცესები

შიფრი 0408

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

წარდგენილი დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

თბილისი

2018 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტში  
სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტი  
კვების ინდუსტრიის დეპარტამენტი

ხელმძღვანელი: საქართველოს საინჟინრო აკადემიის წევრი,  
ტ.მ.დ., პროფესორი თამაზ მეგრელიძე

რეცენზენტები: ტ.მ.დ. რევაზ მელქაძე

ტ.მ.კ. გივი გუგულაშვილი

დაცვა შედგება 2018 წლის 12 ივლისს 15 საათზე საქართველოს  
ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო და  
მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის საუნივერსიტეტო  
სადისერტაციო საბჭოს სხდომაზე, კორპუსი I აუდიტორია 665  
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ის ბიბლიოთეკაში,  
ხოლო ავტორეფერატისა - ფაკულტეტის ვებგვერდზე

საუნივერსიტეტო სადისერტაციო საბჭოს მდივანი

## ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

**თემის აქტუალურობა.** სითბოსა და მასის გადაცემის პროცესის შესწავლამ, მისი თეორიის, ტექნიკისა და ტექნოლოგიის განვითარებამ შექმნა შესაფერისი პირობები სამეცნიერო მიდგომისათვის, რომელიც უზრუნველყოფს სოკოებისა და სხვა სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის გაშრობასა და საშრობი დანადგარების რაციონალურ კონსტრუირებას სითბოსა და ელექტროენერჯის მინიმალური დანაკარგით.

აღსანიშნავია, რომ დღეს მთელს მსოფლიოს აწუხებს ცილის დეფიციტი. ამ პრობლემის გადასაჭრელად საკამარისი არ არის მცენარეული ცილების მიღების არსებული წყაროები. შესაბამისად, აუცილებელია მცენარეული ცილების ალტერნატიული წყაროების მოძიება. ცილის დამატებითი წყარო შეიძლება იყოს სხვადასხვა სახის სოკო.

კვების მრეწველობის, ფარმაცევტული ინდუსტრიისა თუ გამოყენებითი ბიოტექნოლოგიის დარგები სულ უფრო ხშირად მიმართავენ საკვები პროდუქტების ვაკუუმური გაშრობის ტექნოლოგიებს.

სუბლიმირებული პროდუქტები შეადგენს კოსმონავტების რაციონის მნიშვნელოვან ნაწილს, ისინი გამოიყენება ჯარში და საზღვაო ფლოტში; მათი გამოყენება აგრეთვე ძალიან მოსახერხებელია ტურისტებისთვის და ყველა ადამიანისთვის, ვინც ძნელად მისადგომ ადგილას მუშაობს.

სუბლიმაციური დანადგარები შემუშავებულია ვიწრო სპექტრის პრობლემების გადასაჭრელად. მათი გამოყენების ძირითადი სფეროები მოიცავს: ბავშვთა და სხვა სპეციალიზებული კვების მრეწველობებს, ხორცისა და რძის პროდუქტების წარმოებას, ფარმაცევტიკას, პარფიუმერიას, საკონდიტრო საქმიანობასა და გამოყენებით ბიოტექნოლოგიას.

### **სუბლიმაციური საშრობების გამოყენების უპირატესობები:**

- არარსებობსარომატიზატორების, კონსერვანტებისადასაღებავების საჭიროება;
- ფორმის, ფერის, გემოსა და ბიოლოგიურად ღირებული - მნიშვნელოვანი ნივთიერებების შენარჩუნება;
- პროდუქტის ზომის მინიმალური შემცირება და პირველადი მდგომარეობის სწრაფი აღდგენა;
- ტრანსპორტირების ხარჯების შემცირება 80-90% პროცენტით, პროდუქტის წონის შემცირების ხარჯზე;
- საბოლოო პროდუქტის ტენიანობის 2-5%;
- 5 წლამდე შენახვის ვადა.

### **სადისერტაციო ნაშრომის მიზანი:**

შრობის პროცესის ეფექტიანობის გაზრდა ახალი საშრობი დანადგარების მეშვეობით, რაც უზრუნველყოფს, ენერგორესურსების დაზოგვასთან ერთად, მზა პროდუქტის სასურველი ხარისხის შენარჩუნებას.

**კვლევის ობიექტებს წარმოადგენს სასოფლო მეურნეობის პროდუქტები: სოკო, ბადრიჯანი, ასკილი, კივი.**

### **ნაშრომის მეცნიერული სიახლე:**

- დამუშავებულია სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის გამოშრობის ახალი ტექნოლოგია რაც ეფუძნება სუბლიმაციური და ჰელიო საშრობების დიზაინს და უზრუნველყოფს პროდუქტის შრობის ხარისხის ამაღლებას

– დადგენილია სოფლის მეურნეობის პროდუქტების შრობის რეჟიმები ახალი ტექნოლოგიური სქემის მიხედვით;

– გამოვლენილია სოკოს პროდუქციაზე მოთხოვნა და დასაბუთებულია მისი მიწოდების გაზრდის შესაძლებლობა გარე ბაზარზე.

**პრაქტიკული ღირებულება:** სამუშაოს პრაქტიკული ღირებულება განისაზღვრება მისი ორიენტაციით, ათვისოს კონკურენტუნარიანი ტექნოლოგიები სოფლის მეურნეობის ნედლეულის გამოსაშრობად და მათი საშუალებით შეასრულოს პრაქტიკული ამოცანები.

– ამ ტექნოლოგიით გამოშრობილი პროდუქტი არ საჭიროებს წინასწარ დამუშავებას სულფიტაციის, ბლანშირების მეშვეობით და არ საჭიროებს გაშრობის პროცესში მის შემოწმებას (პროდუქციის გადაბრუნება გაშრობის დროს).

– სუბლიმაციური გაშრობით გამოშრობილ პროდუქტს გააჩნია უფრო მაღალი სამომხმარებლო (ვიტამინების შემცველობა და გემოვნებითი) თვისებები, ვიდრე სხვა სახის შრობით დამზადებულ პროდუქტს;

**სამუშაოს აპრობაცია და პუბლიკაციები:** ნაშრომის ძირითადი შედეგები განხილული იყო საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის კვების ინდუსტრიის დეპარტამენტის სხდომაზე

ნაშრომის შედეგები მოხსენებულ იქნა საერთაშორისო კონფერენციებზე: „კვების პროდუქტების ხარისხის გაუმჯობესების პრობლემები“ (თბილისი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2016წ.) და კავკასიის მეხუთე საერთაშორისო სიმპოზიუმი „პოლიმერები და მოწინავე მასალები“ (თბილისი 2017წ.)

## ნაშრომის მოკლე შინაარსი

შესავალ ნაწილში აღნიშნულია, რომ სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის შრობა არის წარმოების უმნიშვნელოვანესი ნაწილი. სუბლიმაციური შრობა უზრუნველყოფს პროდუქტის თავდაპირველი მაჩვენებლების შენარჩუნებას მაღალ დონეზე. სუბლიმირებული პროდუქტის ხარისხი ძალიან მაღალია, მას ხანგრძლივი შენახვის ვადა აქვს.

ლიტერატურულ მიმოხილვაში გაანალიზებულია სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის შრობის მეთოდები. აღწერილია სოკოს თვისებები და სარგებლიანობა, ასევე ჩირის და სხვა გამომშრალი პროდუქტებისა; ნაჩვენებია სუბლიმაციური შრობის უპირატესობები სხვა შრობის მეთოდებთან შედარებით.

**შედეგები და მათი განსჯა:** დისერტაციის კვლევით ნაწილში მოცემულია მასალები ინოვაციური საშრობი აპარატების შექმნისა და მათი საშუალებით რეალიზებული ახალი ტექნოლოგიური პროდუქტების ეფექტიანობის შესახებ.

მაღალ ღირებული სუბლიმაციური აპარატურის ნაცვლად ავტორის მიერ დამუშავებულია მნიშვნელოვნად იაფი და მარტივი მაგრამ საკმარისად მაღალეფექტური ვაკუუმური სუბლიმატორი.

იგი შედგება შემდეგი ნაწილებისგან: ვაკუუმური ტუმბო (ნახ.1), პროდუქციის საშრობი ჭურჭელი (ნახ.2.), ხუფიჩამონტაჟებული ბარომეტრით (ნახ.3), სუბლიმატორი (ნახ. 4.)



ნახ. 1. ვაკუუმური სუბლიმატორი



ნახ. 2. პროდუქტის საშრობი ჭურჭელი



ნახ. № 3. ხუფი ჩამონტაჟებული ბარომეტრით



ნახ. 4. ვაკუუმური ტუმბო



ჭურჭელიჰერმეტიულადიხურებახუფით,  
სადაცამონტაჟებულიაბარომეტრი. ვაკუუმურიტუმბოქმნისდაბალწნევას,  
დაახლოებით 0,008ატმ.

სილიკაგელის გამოყენება ტენის შთანთქვის მიზნით. სითხის  
აბსორბენტის ფუნქციით გამოყენებულია სილიკაგელი - მყარი  
ჰიდროფილური სორბენტი, რომელიც ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა  
ინდუსტრიაში და ყოველდღიურ ცხოვრებაში. ნახ. №5.



ნახ. 5. სილიკაგელი

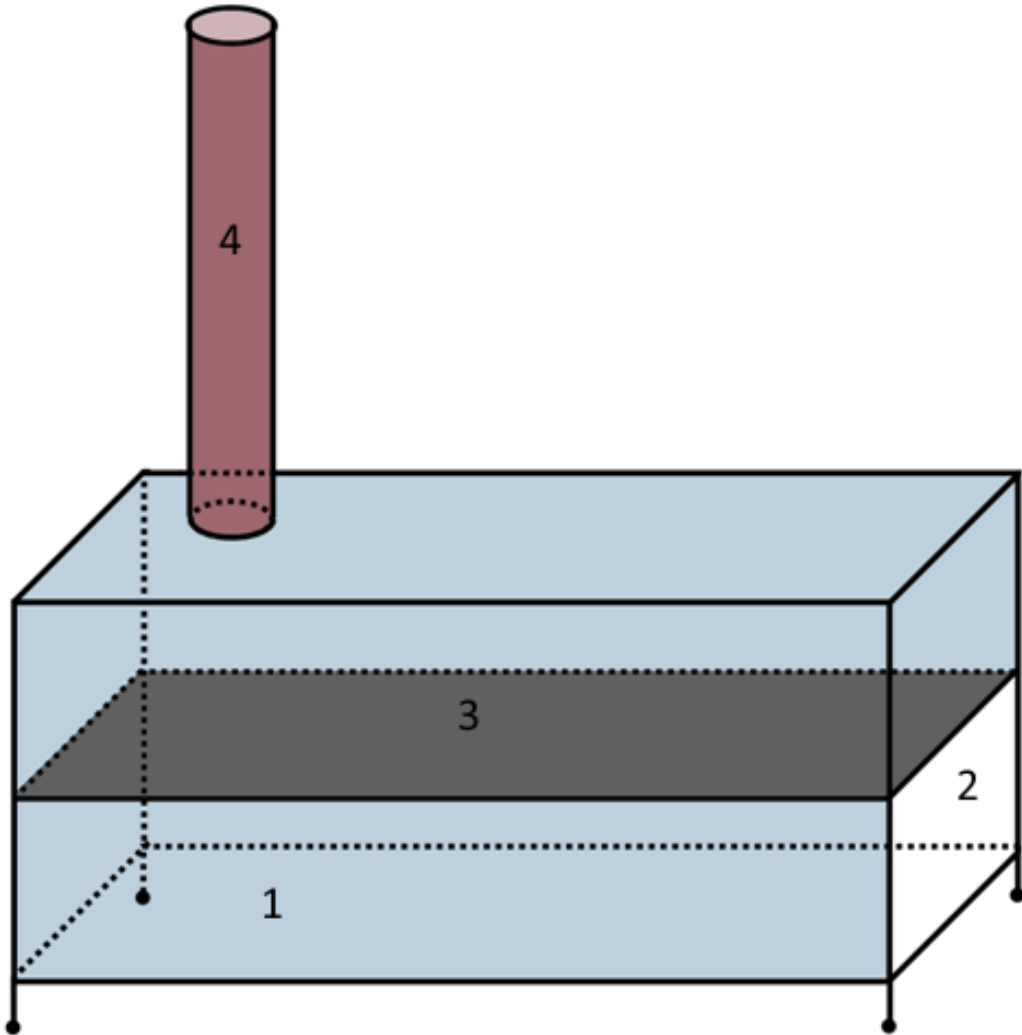
სილიკაგელი არ იწვის, არ ფეთქდება და თერმულად გამძლეა. იგი უსაფრთხოდ ითვლება ცოცხალი ორგანიზმებისათვის. მეტად მნიშვნელოვანია, რომ სილიკაგელი არ არის ტოქსიკური ნივთიერება; მართალია, ზოგჯერ მისი წარმოებისას გამოიყენება ტოქსიკური დანამატები, მაგალითად, კობალტის ქლორიდი, მაგრამ ეს კეთდება სილიკაგელის აბსორბირებელი თვისებების გასაძლიერებლად. ჩვეულებრივ, სილიკაგელის გრანულები გამჭვირვალე ან თეთრი ფერისაა; თუ სილიკაგელს აქვს ტოქსიკური დანამატები, როგორც წესი, მას მოცისფრო ფერი აქვს, ხოლო სითხის შეწოვისას გრანულები გავარდისფრდება.

სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის გაშრობის კინეტიკის შესასწავლად ექსპერიმენტულ დანადგარში - პოლიკარბონატულ ჰელიოსაშრობში - რეალიზებულია პროდუქტის გადამუშავების მზის რადიაციულ-კონვექციური მეთოდი. „სათბურის ეფექტი“ უზრუნველყოფს გარემოს ტემპერატურაზე 15-25°C -ით მეტ ტემპერატურას ჰელიოსაშრობში.

მზის დანადგარი დაფარულია პოლიკარბონატით (ნახ.№ 7.) ჰაერი კამერაში უშუალოდ მზისგან ცხელდება, რომელიც შემოდის ზედა და გვერდითი ზედაპირების გავლით.

კამერის ზედა ნაწილში 1 განთავსებულია გამწოვი მილი 4 კონვექციის გასაძლიერებლად, ხოლო ქვედა ნაწილში არის სუფთა ჰაერის მიწოდების ადგილი 2. მუშაობის რეჟიმი დიდწილად განისაზღვრება სავენტილაციო მილის სიგანითა და სიმაღლით, რომელიც არეგულირებს ჰაერის მიმოქცევის ინტენსივობას. სიმაღლეების სხვაობა ჰაერის ქვედა შესასვლელისა და მილის ზედა დაბოლოებას შორის დაახლოებით 1,5 მეტრია. ტემპერატურისა და წნევის სხვაობის გამო, მოცემულ კონსტრუქციაში კონვექცია იზრდება. თერმული ეფექტის გასაძლიერებლად მთელი კორპუსი დაფარულია პოლიკარბონატით. კამერაში არის საცერის მსგავსი ქვესადგამი 3, სადაც ხდება გამშრალი პროდუქციის ჩატვირთვა. ნედლეულის განთავსება ხდება დანადგარის შიგნით. ჰაერი, რომელიც

ცხელდება და ცირკულირებს ჰელიო საშრობში, უზრუნველყოფს გამრობის მაღალ სიჩქარესა და ხარისხს. მის მიერ უშუალოდ ხდება მზის ენერგიის შთანთქმა.

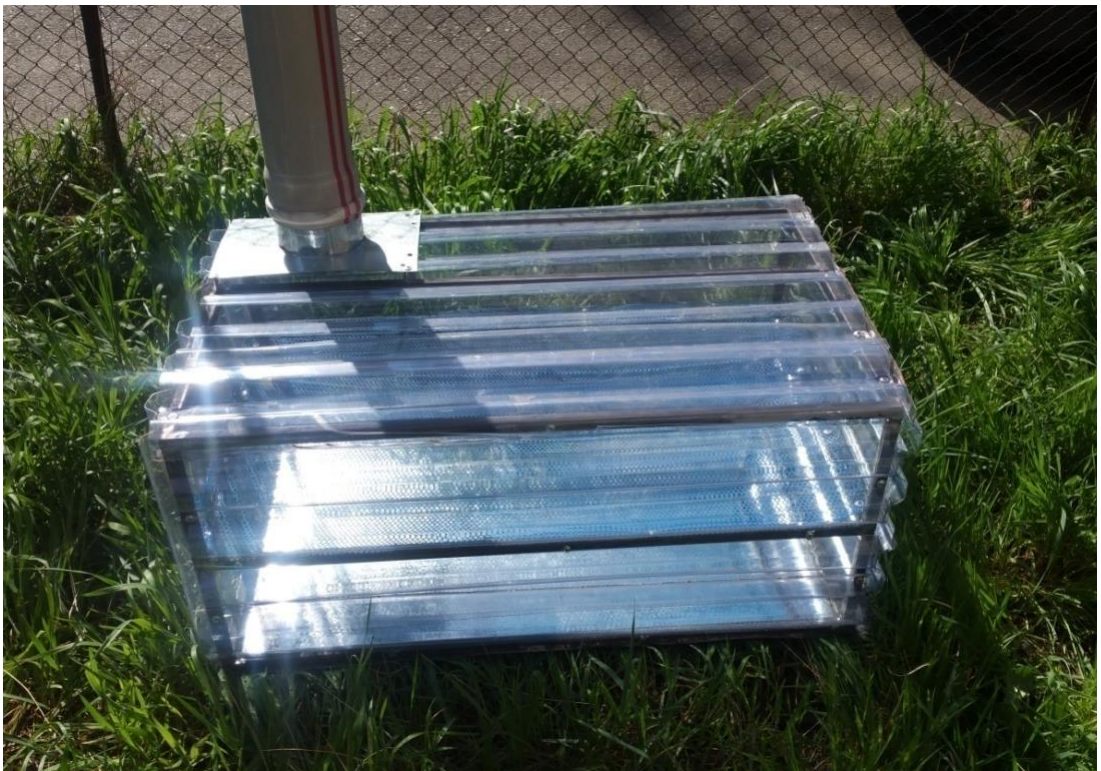


ნახ. 6. პოლიკარბონატული ჰელიო საშრობი.სქემა

- 1- საშრობი კამერა;
- 2 - შემავალი ხვრელი;
- 3 - ქვესადგამი პროდუქტით;
- 4 - გამწოვი მილი.

რადგან ქვემოდან საშრობი ღიაა, სავენტილაციო ხვრელის 2 გამო, ხოლო ზემოთ იგი უკავშირდება ვერტიკალურ მილს 4, საშრობის შიგნით შექმნილია ჰაერის წევა. ჰაერის ცირკულაცია ბუნებრივი წევის ხარჯზე ხორციელდება, ხოლო აორთქლებული სინოტივე ატმოსფეროში ჰაერთან ერთად ადის. როდესაც ქარის სიჩქარე მილის შემავალ ხვრელთან იზრდება, ამ ადგილას წნევა ვარდება. უფრო მაღალი წნევა ხოკერის შიგნით ახდენს ჰაერის "ამოგდებას" საშრობიდან მილში. ჰაერის გამლიერებული კონვექციისა და გაცხელების მეშვეობით გაშრობის პროცესი ხდება მეტად ეფექტური. სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციისა და სამკურნალო მცენარეების ზოგიერთი სახეობისათვის დროის მოკლე მონაკვეთის განმავლობაში საჭიროა შრობის შედარებით დაბალი ტემპერატურა.

ჰელიო საშრობი მთლიანად დაფარულია ფიჭური პოლიკარბონატით



ნახ. 7. პოლიკარბონატული ჰელიოსაშრობი

დამუშავებულია ახალი აპარატურის გამოყენებადი კვების პროდუქტების შრობის ახალი ტექნოლოგია რომლის ეტაპები მოყვანილია ცხრილ 1-ში ხოლო მისი კვლევის შედეგები მოტანილია ცხრილებში 2, 3, 4 და ნახაზებზე 8-13

### ცდის ჩატარების კვლევის მეთოდიკა

1	ნედლეულის გასაშრობად მომზადება
2	დახარისხება
3	დაკალიბრება
4	დაჭრა (საჭიროების შემთხვევაში) ან კურკის გამოცლა
5	პროდუქტის აწონა
6	პროდუქტის გაყინვა
7	ნედლეულის საშრობად განთავსება სუბლიმატორში გარკვეული დროით და პროდუქტის სილიკაგელით დაფარვა
8	ატმოსფერული წნევის და ტემპერატურის გაზომვა ვაკუუმურ საშრობში
9	შრობის ბოლომდე მისაყვანად ნედლეულის განთავსება პოლიკარბონატულ ჰელიოსაშრობში
10	პროდუქტის აწონა შრობის დამთავრების შემდეგ,
11	გამომშრალი პროდუქციის ასეპტიკური დამუშავება და შენახვა

- პროდუქტის მასა იზომებოდა სასწორით „Wei Heng -A05“ ცდომილება +/- 1გრ.
- ჰაერის ტემპერატურა იზომებოდა თერმომეტრით „DIGITAL MULTIMETER DT 9208A“, ცდომილება +/- 0,5°C.
- ჰაერის შეფარდებითი სინოტივე იზომებოდა ჰიგრომეტრით Hama TH-100“, ცდომილება +/- 1%.

ნედლეულის შრობის პროცესი განისაზღვრება მისი ქიმიური შემადგენლობით. გამოსაშრობი პროდუქტის ერთი პარტიის მასა 100-დან 900-მდე გრ.

### ექსპერიმენტის მსვლელობა

პროდუქტიწინასწარ უნდა გაიყინოს საყინულეში-25 -28 °C ტემპერატურამდე. გაყინვის პროცესი გრძელდება 6-8 საათის განმავლობაში და დამოკიდებულია პროდუქტის სისქეზე. პროდუქტი თავსდება ჭურჭლის ქვედანაწილში ვაკუუმურ საშრობში, პროდუქტის ზემოთ, ხელსახოცზე მოთავსებულია სილიკაგელი, ჭურჭელი ჰერმეტიკულად იხურება ხუფით, სადაც ჩამონტაჟებულია ბარომეტრი.

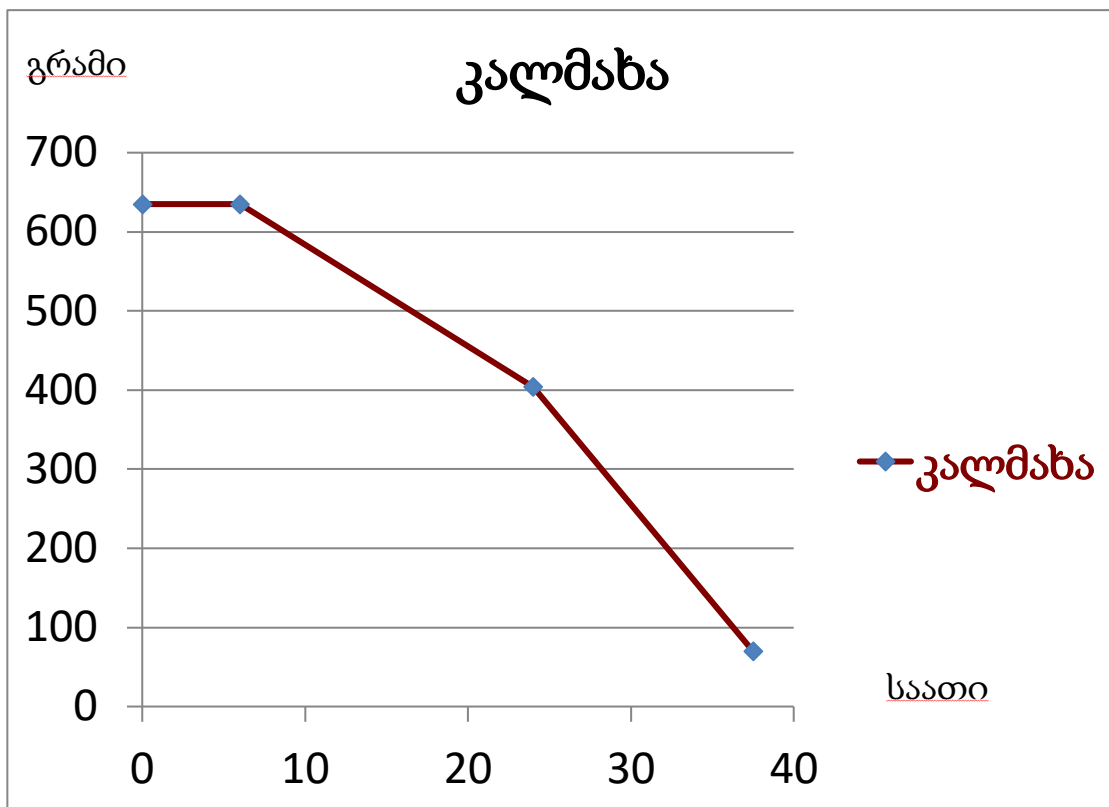
ამსახით ჭურჭელს თავსებენ საყინულეში 12-18 საათით -20 -25 °C ტემპერატურაზე. შემდეგ ხდება პროდუქტის საბოლოო გაშრობა პოლიკარბონატის ჰელიო საშრობში. გაშრობის დრო დამოკიდებულია პროდუქტის სახეობაზე, მის ზომაზე და ა.შ.

სოკო „კალმახას“ შრობა

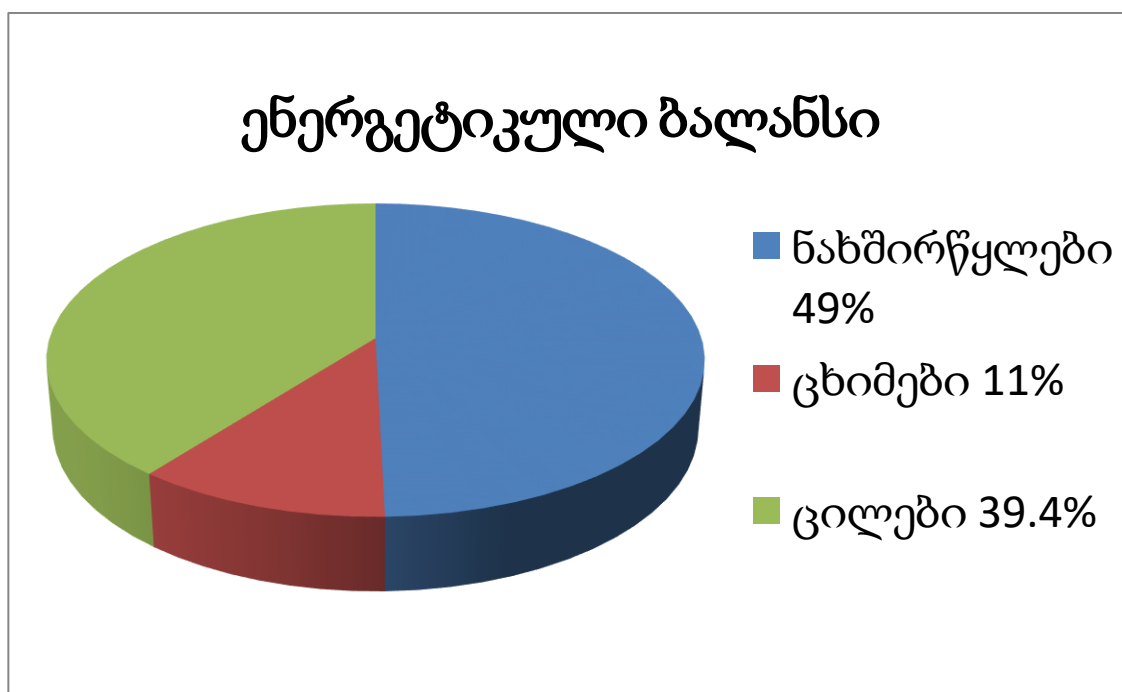
ცხრილი 1. სოკო "კალმახას" შრობის ანალიზი

პროდუქტის დასახელება	სოკო "კალმახა"
საწყისი მასა	635 გრ
პროდუქტის მასა სუბლიმაციური შრობის შემდეგ	403.82 გრ
პოლიკარბონატული საშრობში შრობის შემდგომი მასა (საბოლოო მასა)	70 გრ
მასის შემცირება	9-ჯერ
გაყინვის დრო	6 სთ
გაყინვის ტემპერატურა	-25°C
სუბლიმატორში შრობის დრო	18 სთ
წნევა სუბლიმატორში	0.08 მჰსაკალი
შრობის ბოლომდე მიყვანის დრო (პოლიკარბონატულ საშრობში შრობის დრო)	13 სთ 30 წთ
ტემპერატურა პოლიკარბონატულ საშრობში	41-45°C





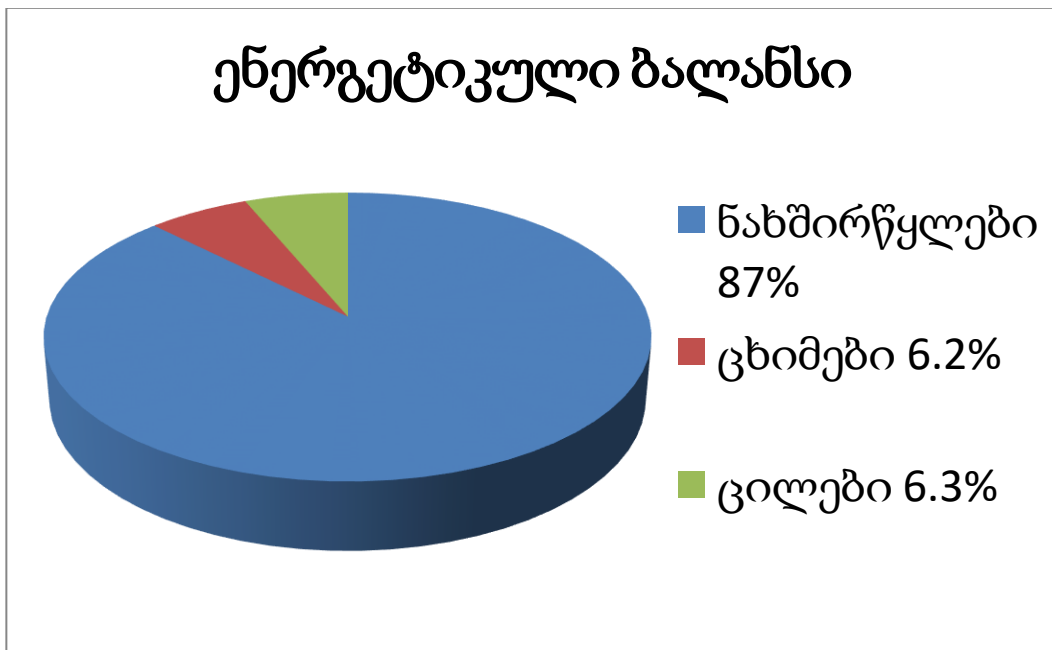
ნახ. № 8. კალმახა სოკოს მასის ცვლილება



ნახ. № 9. სოკო"კალმახას" ენერგეტიკული ბალანსი



## ასკილის შრობა

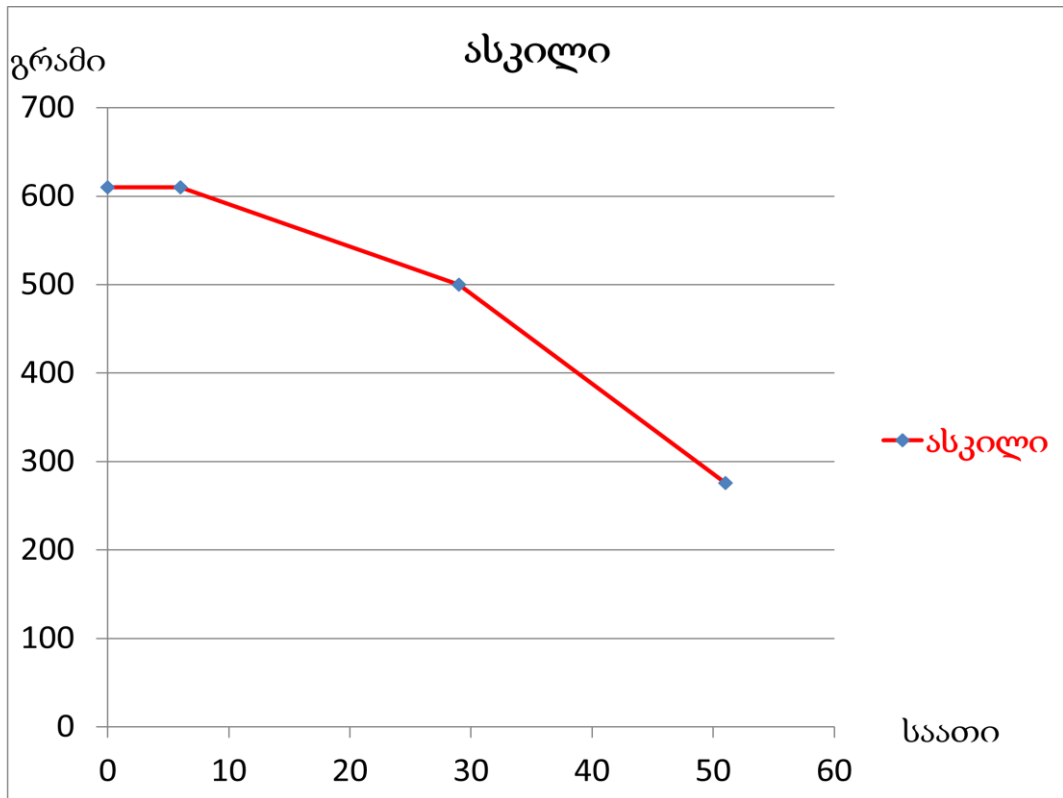


ნახ. №11. ასკილის ენერგეტიკული ბალანსი

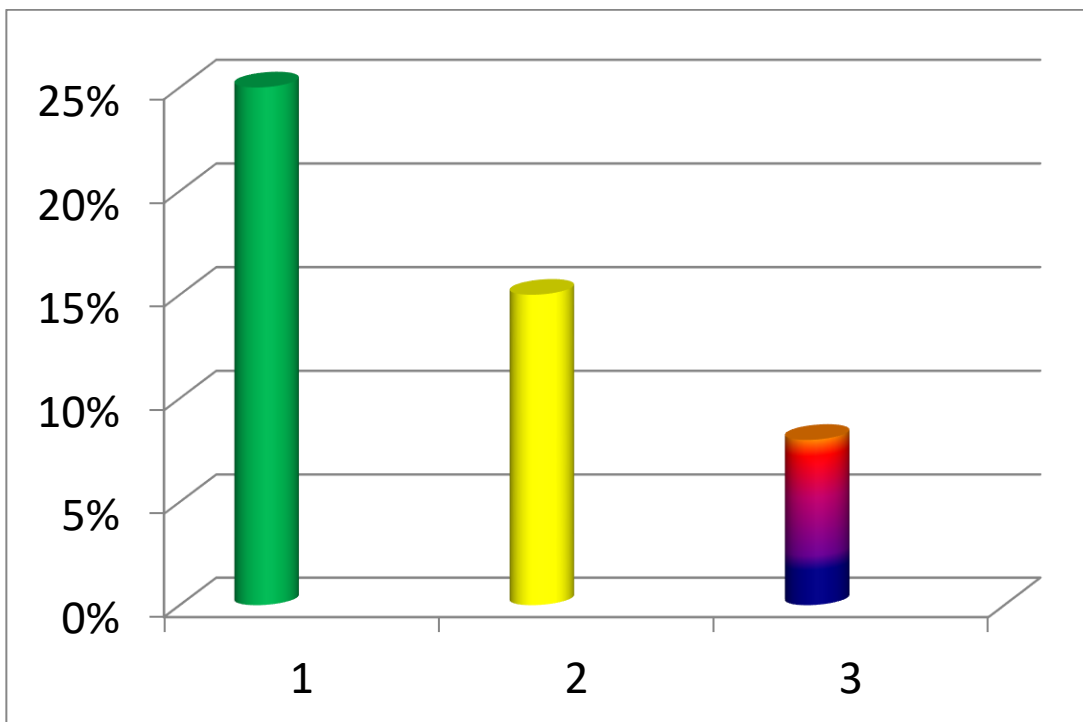
როგორც პროდუქტის ვიტამინურ შემადგენლობაზე - გაშრობის წინ და გაშრობის შემდეგ - ჩატარებული ანალიზის შედეგებმა აჩვენა (ცხრილი 3), ვიტამინი "C"- ს დანაკარგი ასკილში, რომლის გაშრობის დროს გამოყენებულია: ჰელიო საშრობი მოწყობილობა, შეადგენს 15%, ბუნებრივი შრობა - 25% -მდე და შემოთავაზებული ტექნოლოგიით შრობა - 8%.

ცხრილი 3. ასკილის შრობის ანალიზი

პროდუქტის დასახელება	ასკილი
საწყისი მასა	610 გრ
პროდუქტის მასა სუბლიმაციური შრობის შემდეგ	500.2 გრ
პოლიკარბონატულ საშრობში შრობის შემდგომი მასა (საბოლოო მასა)	276.2 გრ
მასის შემცირება	2.25-ჯერ
გაყინვის დრო	7 სთ
გაყინვის ტემპერატურა	-25°C
სუბლიმატორში შრობის დრო	22 სთ
წნევა სუბლიმატორში	0.08 მპასკალი
შრობის ბოლომდე მიყვანის დრო (პოლიკარბონატულ საშრობში შრობის დრო)	22 სთ
ტემპერატურა პოლიკარბონატულ საშრობში	45-50°C



ნახ. №12.ასკილის მასის ცვლილება



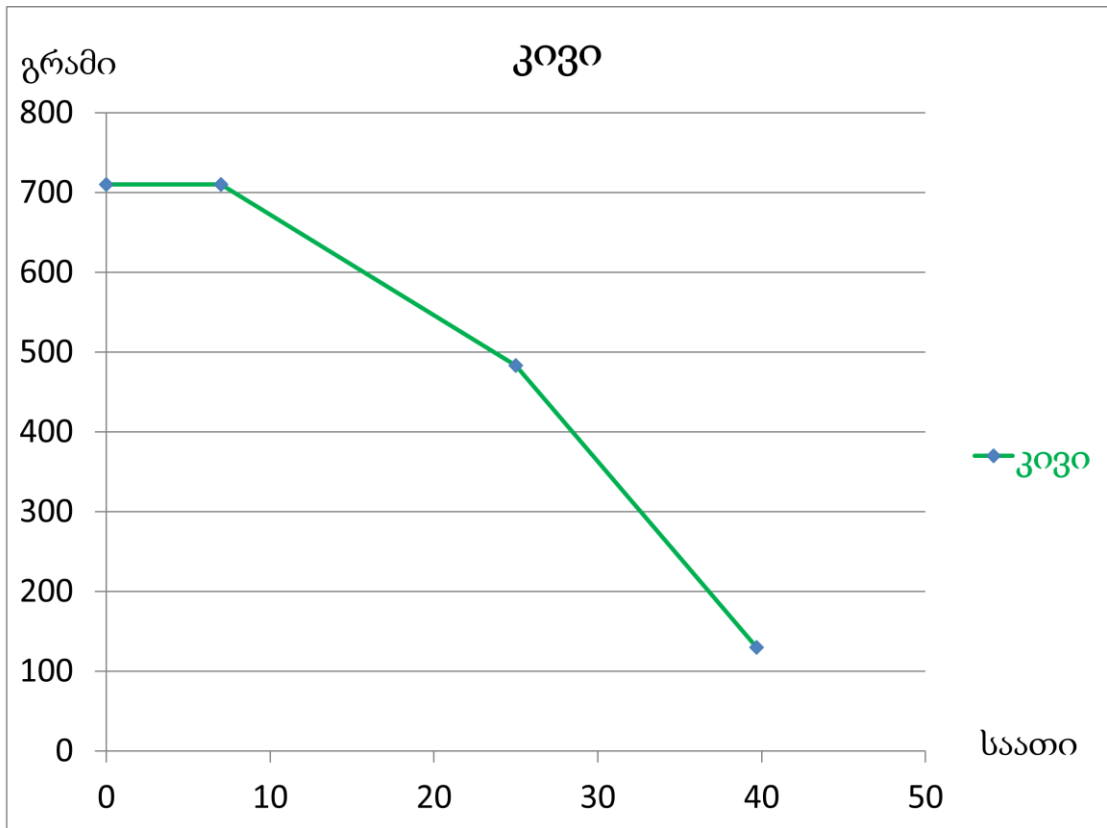
ნახ. № 13. "C" ვიტამინის ცვლილება ასკილში:

1. ბუნებრივი შრობა;
2. ჰელიოსაშრობში შრობა;
3. მითითებული ტექნოლოგიური სქემით შრობა.

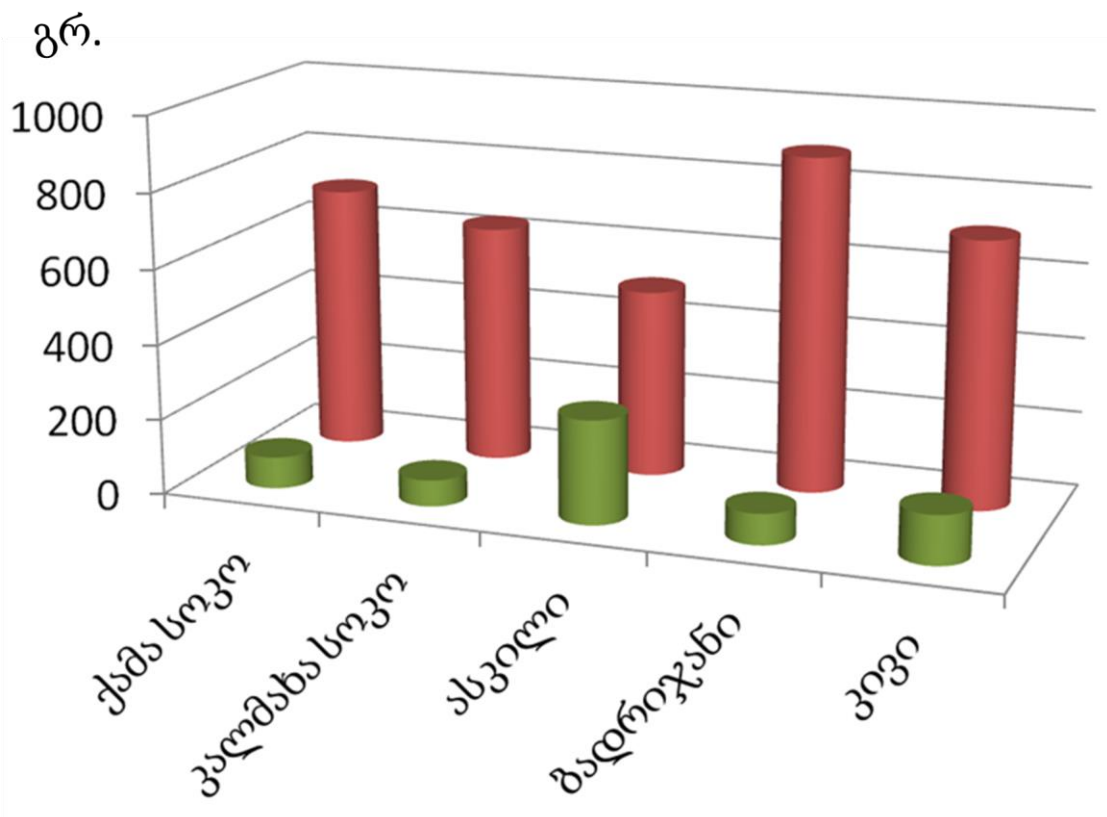
## კივის შრობა

### ცხრილი 4. კივის შრობის ანალიზი

პროდუქტის დასახელება	კივი
საწყისი მასა	710 გრ
პროდუქტის მასა სუბლიმაციური შრობის შემდეგ	483.4 გრ
პოლიკარბონატული საშრობში შრობის შემდგომი მასა (საბოლოო მასა)	130 გრ
მასის შემცირება	5.47-ჯერ
გაყინვის დრო	7 სთ
გაყინვის ტემპერატურა	-25°C
სუბლიმატორში შრობის დრო	18 საათი
წნევა სუბლიმატორში	0.08 მპასკალი
შრობის ბოლომდე მიყვანის დრო (პოლიკარბონატულ საშრობში შრობის დრო)	14 სთ 45 წთ
ტემპერატურა პოლიკარბონატულ საშრობში	40-45°C



ნახ. №14. კივის მასის ცვლილება



ნახ.№ 17. პროდუქტის საწყისი და საბოლოო მასა

გაშრობის დროს ტენის მოცილება პროდუქტიდან ხდება, როგორც ცნობილია, მისი ორთქლისებრი მდგომარეობაში გადაყვანის მეშვეობით. ეს პროცესი შეიძლება განხორციელდეს ორი სქემით: ა) სითხე - ორთქლი; ბ) სითხე - მყარი ფაზა (ყინული) - ორთქლი. ჩვეულებრივი თერმული გაშრობა ხორციელდება პირველი სქემის მიხედვით, სუბლიმაციური - მეორე სქემის მიხედვით. სუბლიმაციური გაშრობისთვის დამახასიათებელია მეტად სრულყოფილი ტექნიკის, თანამედროვე ტექნოლოგიური პროცესების, მაღალი წარმოების ავტომატიზაციის, ღრმა ვაკუმის, სწრაფი გაღობის, პროდუქციის მომდევნო გამოშრობის წყაროების გამოყენება. ამავდროულად, სუბლიმაციური გაშრობა, როგორც მალფუჭებადი პროდუქტების კონსერვაციის პრობლემის გადაწყვეტის ახალი, უფრო მაღალი თანამედროვე დონე, უზრუნველყოფს:

- პროდუქციის მაღალხარისხიან მახასიათებლებს, მათი ბიოლოგიურ სრულყოფას (კერძოდ, ფერის, მოცულობის, ფორმის, გემოს, არომატის, ვიტამინური და ფერმენტული შემცველობის შენარჩუნებას და სხვა);
- წყალგაცლილი პროდუქტების ჰიგროსკოპულობას, რაც უზრუნველყოფს მათ სწრაფ და ყველაზე სრულ აღდგენას;
- დაბალ მასას (საწყისი მასის 1/5 – 1/10);
- როგორც სხვადასხვა პროდუქტების, ასევე სპეციალურ შეფუთვაში დაფასოებული მზა სუბლიმირებული კერძების გრძელვადიანი შენახვის შესაძლებლობას, ნებისმიერ კლიმატურ ზონაში სიცივის გამოყენების გარეშე.

### დასკვნები:

1. შემუშავებული და დამზადებულია პოლიკარბონატის ჰელიო საშრობი, რომელიც მიზნად ისახავს პროდუქტის ბოლომდე გამოშრობას;
2. აწყობილია და ტესტირება გაიარა ვაკუუმ- სუბლიმაციურმა დანადგარმა;

3. შემოთავაზებულია სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის გამოშრობის ახალი ტექნოლოგიური სქემა;

4. დადგენილია სოფლის მეურნეობის პროდუქტების გაშრობის ოპტიმალური რეჟიმები მითითებული ტექნოლოგიური სქემით;

5. შემოთავაზებული ტექნოლოგიური სქემით გამშრალ პროდუქტებს გააჩნია უფრო მაღალი სამომხმარებლო თვისებები, ვიდრე შრობის სხვა ტიპის ან ბუნებრივი შრობით დამზადებულ პროდუქციას; კერძოდ, პროდუქტის გაშრობის წინ და გაშრობის შემდეგ ვიტამინურ შემადგენლობაზე ჩატარებულმა ანალიზებმა აჩვენა, რომ ვიტამინი "C"-ს დანაკარგი ასკილში, რომლის გაშრობის დროს გამოყენებულია: ჰელიო საშრობი მოწყობილობა შეადგენს 15%, ბუნებრივი გაშრობა - 25% -მდე და შემოთავაზებული ტექნოლოგიით შრობა - 8%;

6. შრობის წარმოდგენილი ტექნოლოგიის გამოყენების შემთხვევაში სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტს წინასწარი დამუშავება (ბლანშირება, სულფირაცია) არ სჭირდება; შესაბამისად, მიიღება ეკოლოგიურად სუფთა და მაღალი ხარისხის პროდუქცია საღებავების, არომატიზატორების და კონსერვანტების გარეშე;

7. აღნიშნული ტექნოლოგიური სქემა იძლევა, გაყინვის გარეშე - ასეპტიკურად დამუშავებული სუბლიმირებული პროდუქტების გრძელვადიანი შენახვის შესაძლებლობას. სუბლიმაციური გაშრობით დამზადებული სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტების შენახვის ვადა 5 წელია, ხოლო სხვა მეთოდებით გამოშრობილისა - 1-1,5 წელი;

დისერტაციის ძირითადი შინაარსი ასახულია შემდეგ პუბლიკაციებში:

**1. "Drying of agriculture products by using solar dryers",** ( *K. Archvadze, I. Chachava*)

Проблемы улучшения пищевых продуктов, стр. 48 -53. Международная научная

конференция, посвященная 70-летию основания кафедры " Оборудование предприятий пищевой промышленности". Тбилиси, 2016;

**2. „Перспективы проведения сублимационной сушки продуктов питания“, (ო.ჩაჩავა)**

Проблемы улучшения пищевых продуктов, стр. 198-203. Международная научная конференция посвященная 70-летию основания кафедры " Оборудование предприятий пищевой промышленности". Тбилиси, 2016;

**3. Results of Testing of Helio-Drying Apparatus with Polycarbonate Covering. PART IV: SPECIAL TOPICS, K. T. Archvadze, T. I. Megrelidze, L. V. Tabatadze, and I. R. Chachava;**

Applied Chemistry and Chemical Engineering, Volume 4 Experimental Techniques and Methodical Developments, 2017, -343 -353 p.

**4. Mushroom dry in combined solar dryer with polycarbonate cover. (K . T. Archvadze, T. I. Megrelidze, I. R. Chachava)**

Fifth Caucasion International Symposium on Polymers and Advanced Materials, 46 p., Tbilisi, 2017;

**5. სუბლიმაციური შრობის ანალიზი. (ო. ჩაჩავა)**

ჟურნალი « ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა», # 1 (41). გვ. 178 – 192, თბილისი, 2018



## Abstract

Drying of agricultural products is the most important process of production. It should also be noted that at the present time there is a deficit of protein all over the world. The existing sources of production of vegetable protein can not fully solve the existing problem. Therefore, the search for alternative sources of vegetable protein is topical. In Georgia, in an Orthodox country where more than 200 days a year of fasting days, consumption of mushrooms should be given more attention. An additional source of protein may be different types of fungi. The mushrooms contain special  $\beta$ -glucan polysaccharides, which are prescribed by the oncobacteria, and the systematic consumption of fungi, especially dry ones, is a preventive measure in the fight against cancer.

Sublimation drying provides a high level of preservation of the original properties of the product (up to 90 - 98% allows you to preserve nutrients, vitamins, trace elements, the original form, natural smell, taste and color). As a result, the quality of freeze-dried products is very high. They have long storage times at irregular temperatures, are easily rehydrated before further use, have a much smaller specific gravity (of the order of 1 / 5-1 / 10 of the weight of fresh products).

Sublimated products make up a significant part of the cosmonauts' diet, they are used in the army and the navy, they are very convenient for catering tourists, as well as for all people working in remote, inaccessible locations. Advantages of using freeze dryers:

- There is no need for flavors, preservatives and dyes;
- preservation of the form, color, taste and key biologically valuable substances;
- minimal shrinkage and rapid recovery of the primary state of products;
- Reducing transportation costs by reducing the weight of the product by 80-90%;
- 2-5% of the moisture content of the final product;
- an acceptable shelf life of up to 5 years.

Products of sublimation-vacuum drying have very wide possibilities for use in the food industry.

To this end, a vacuum sublimator for drying agricultural food was assembled,

which consists of a vacuum pump, dishes for drying food, a lid with an installed barometer. Silica gel was used as the desiccant.

For the drying process of agricultural products, a polycarbonate solar drying apparatus was designed, constructed and tested.

The solar installation consists of a box covered with polycarbonate. The air in the chamber is heated directly from the sun through the glass and the side surfaces. In the upper part of the chamber there is a chimney for strengthening convection, and in the lower part there is an inlet for fresh air. The operating mode is largely determined by the width and height of the ventilation pipe, which regulates the intensity of air exchange. The difference in height between the lower air inlet and the upper end of the pipe is approximately 1.5 m. Due to the difference in temperature and pressure, the convection is increased in this construction.

A new technological scheme for drying agricultural products is proposed: Pre-freeze the product in the freezer at a temperature of -25 -28 degrees. The process of freezing lasts depending on the thickness of the product for 6-8 hours, the product is placed in a vacuum dryer at the bottom of the vessel, silicagel is put on top of the product on a napkin, it is hermetically sealed with a lid with an installed barometer. In this form, the vessel is placed in the freezer for 12-18 hours at a temperature of -20 -25 deg. After that, the product is dried in a polycarbonate solar dryer. The drying time depends on the type of product, its size, and the like. For storage, the prepared product undergoes aseptic treatment.

According to this technological scheme, 5 varieties of agricultural products were dried. Products dried according to the indicated technological scheme have higher consumer properties than products prepared by other types of drying or natural drying in the open air. As the results of tests on the vitamin composition of products showed before and after drying, the loss of vitamin "C" in rosehip, dried in a solar dryer is 15%, natural drying - up to 25%, and according to the proposed technology - 8%.