

UDC 664.8

SCOPUS CODE 2201

## სუბლიმაციური შრობის გამოყენება კვების პროდუქტების ხარისხის შესანარჩუნებლად

- თ. მეგრელიძე** კვების ინდუსტრიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 68°  
E-mail: tmegrelidze@yahoo.com
- თ. ისაკაძე** კვების ინდუსტრიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 68°  
E-mail: tamazsakadze@gmail.com
- გ. გუგულაშვილი** კვების ინდუსტრიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მ. კოსტავას 68°  
E-mail: givi.gugulashvili@gmail.com

### რეცენზენტები:

- გ. ბერუაშვილი**, სტუ-ის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის ასისტენტ-პროფესორი  
E-mail: giorgiberual@mail.ru
- გ. კვირიკაშვილი**, შპს „ქართუნივერსალის“ ტექნიკური მენეჯერი, ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი  
E-mail: gocha1974@mail.ru

**ანოტაცია.** განხილულია შრობის მაღალტემპერატურული და სუბლიმაციური მეთოდები. ნაჩვენებია, რომ შრობის პროცესში მაღალი ტემპერატურის ზემოქმედება იწვევს გასაშრობ ნედლეულში შემავალი ცილების, ცხიმების, ნახშირწყლებისა და სხვა სასარგებლო ნივთიერებების დაშლას, რის გამოც ორგანიზმი მათ სათანადოდ ვეღარ ითვისებს. გარდა ამისა, მაღალი ტემპერატურის ზემოქმედებით იზრდება აღნიშნული სასარგებლო ელემენტების სითხეში ხსნადობა და უჯრედის წვენი მათი წილი. შრობის პროცესში კი უჯრედიდან აორთქლებულ სითხესთან ერთად იკარგება მასში

გახსნილი სასარგებლო ნივთიერებების მნიშვნელოვანი ნაწილი. ნედლეულში შემავალი სასარგებლო ნივთიერებების დაშლა და მათი ნაწილის სითხის ორთქლთან ერთად დაკარგვა კი განაპირობებს საბოლოო პროდუქტის ხარისხის გაუარესებას. სუბლიმაციური შრობის შემთხვევაში კი ნედლეული წინასწარ იყინება, რაც გამორიცხავს მასში არსებული სასარგებლო ნივთიერებების დაშლას. ამასთან, გაყინვის პროცესში უჯრედის წვენიდან ხდება წყლის გამოყინვა კრისტალების სახით, რადროსაც უჯრედში წარმოიქმნება წყლის კრისტალები, ხოლო გაყინავად დარჩენილ უჯრედის წვენი სასარგებლო ელემენტების კონცენტრაცია

იზრდება. სუბლიმაციური შრობის პროცესში სწორედ წყლის კრისტალები გადადის ორთქლის მდგომარეობაში, ხოლო უჯრედის წვენში არსებული სასარგებლო ელემენტები კვლავ პროდუქტის შედგენილობაში რჩება. ეს განაპირობებს სუბლიმაციური შრობის უპირატესობას მაღალი ტემპერატურის გამოყენებით შრობასთან შედარებით. სუბლიმაციური შრობისათვის პროდუქტის წინასწარ გაყინვის მეთოდებად შემოთავაზებულია სწრაფი და ზესწრაფი გაყინვის მეთოდები (გაყინვა თხევადი აზოტის გარემოში, ფლუიდიზაცია, სემიფლუიდიზაცია), რომლებიც განაპირობებს უჯრედში ისეთი მცირე ზომის კრისტალების წარმოქმნას, რომლებიც არ აზიანებს უჯრედის კედლებს და ადვილად ორთქლდება. სუბლიმაციური შრობის ოპტიმალურ პარამეტრებად შემოთავაზებულია 268-273 K ტემპერატურა და წნევა 133000-580 პა-ის ფარგლებში.

**საკვანძო სიტყვები:** აორთქლება; გაყინვა; სასარგებლო ნივთიერებები; სუბლიმაცია; შრომა.

## შესავალი

სუბლიმაციური შრომა, შრობის ერთ-ერთი თანამედროვე და პერსპექტიული მეთოდია, რომელსაც შეუძლია კვების პროდუქტების საწყისი სასარგებლო თვისებების (ფერი, გემო, არომატი, ვიტამინები ცილები, ცხიმები, ნახშირწყლები ან სხვა სასარგებლო ნივთიერებების და ფერმენტები) მაქსიმალურად შენარჩუნების უზრუნველყოფა. შრობის ეს მეთოდი გულისხმობს გაყინულ მდგომარეობაში გადაყვანილი პროდუქტის შრობას დაბალი წნევის მოქმედებით, როდესაც პროდუქტში არსებული გა-

ყინული სითხის კრისტალები მყარი მდგომარეობიდან უშუალოდ გადადის ორთქლის მდგომარეობაში ანუ ყინული განიცდის სუბლიმაციას.

## ძირითადი ნაწილი

სუბლიმაციური შრომა მოიცავს ორი სხვადასხვა პროცესის კომბინაციას: გაყინვას და შრობას. სუბლიმაციური შრობისათვის გაყინვას განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება, რადგან სწორედ გაყინვის შედეგად ინარჩუნებს პროდუქტი საწყისი სასარგებლო თვისებებს. ამ თვალსაზრისით იქმნება პროდუქტის გაყინვის ოპტიმალური ტექნოლოგიის შერჩევის აუცილებლობა. კერძოდ, პროდუქტის საწყისი თვისებების მაქსიმალურად შენარჩუნებისათვის, უპირველეს ყოვლისა, აუცილებელია ამ პროდუქტის საწყისი თვისებების გაყინვის გზით დაფიქსირება მანამ, სანამ არ დაიწყება ამ თვისებების გაუარესება გაყინვას მდგომარეობაში. გარდა ამისა, გაყინული კრისტალების სუბლიმაციის უკეთ წარმართვისათვის ძალიან მნიშვნელოვანია ამ კრისტალების პროდუქტის მთელ მოცულობაში განაწილების სახე და თვით კრისტალების ზომები: რაც უფრო მცირე ზომისაა კრისტალები და რაც უფრო თანაბრადაა ისინი განაწილებული პროდუქტის მოცულობაში, მით უფრო უკეთ მიმდინარეობს სუბლიმაცია. შესაბამისად, სუბლიმაციური შრობისათვის ოპტიმალურად შეიძლება ჩაითვალოს ისეთი ტექნოლოგია, რომელიც უზრუნველყოფს პროდუქტის გაყინვის დიდ სიჩქარეს, პროდუქტში წარმოქმნილი წყლის კრისტალების მცირე ზომებს და ამ კრისტალების მაქსიმალურად თანაბრად განაწილებას პროდუქტის მთელ მოცულობაში.

აღნიშნული შედეგის მიღწევა შეიძლება ე.წ. „შოკური“ გაყინვის პირობებში. სწრაფი ანუ „შოკური“ გაყინვისათვის ყველაზე თანამედროვე მეთოდია გაყინვა თხევადი აზოტის გარემოში, ფლუიდიზაცია და მისი ნაირსახეობა – სემიფლუიდიზაცია.

სუბლიმაციური შრობის პირობებში პროდუქტის ხარისხის მაქსიმალურად შენარჩუნების მექანიზმის ახსნა ასეთია:

შრობის პროცესში პროდუქტის ხარისხის გაუარესების ძირითადი მიზეზი არის მასზე მაღალი ტემპერატურის ზემოქმედება. ცნობილია, რომ ცილა უკვე 70°C-ზე შედედდება წყლის გამოყოფით. რაც უფრო ხანგრძლივია და მაღალი ტემპერატურა, მით უფრო მეტად შემკვრივდება ცილა და ორგანიზმი მას სრულად ვეღარ შეითვისებს. ცხიმი თერმული დამუშავების პროცესში იშლება გლიცერინად და ცხიმოვან მჟავად. მაღალი ტემპერატურა და შრობის პროცესის ხანგრძლივობა ამ პროცესსაც ზრდის, ხოლო 180°C-ზე ცხიმი საბოლოოდ იშლება და მიიღება მისი წვის პროდუქტები. ნახშირწყალი ტენის არსებობის შემთხვევაში 100°C-ზე წარმოქმნის კლეისტერს. პროცესი იწყება 55-60°C-ზე და ტემპერატურის მატებასთან ერთად ჩქარდება. კლეისტერიზაცია შეიძლება მიმდინარეობდეს პროდუქტში არსებული წყლის ზემოქმედებით. წყლის არარსებობის შემთხვევაში კი უკვე 100°C-ზე იწყება დექსტრინების წარმოქმნა, რომლებიც პროდუქტს აძლევს მოყვითალო-მოყავისფრო შეფერილობას. სხვადასხვა ვიტამინზე მაღალი ტემპერატურის ზემოქმედება განსხვავებულია, ზოგიერთი მათგანი (PP, E, B6) კარგად იტანს მაღალი ტემპერატურის ზემოქმედებას, თუმცა შეიძლება ითქვას, რომ უკვე 80-100°C ტემპერატურის პირო-

ბებში ვიტამინების უმრავლესობა ილუპება და საბოლოოდ კარგავს მოქმედების უნარს. იმავე ვიტამინებზე დაბალი ტემპერატურის ზემოქმედება კი განსხვავებულია. საერთო ჯამში შეიძლება ითქვას, რომ თუ მაღალი ტემპერატურის ზემოქმედება ვიტამინებს და ფერმენტებს კლავს, დაბალი ტემპერატურების მოქმედება მხოლოდ ამცირებს მათ აქტივობას. შესაბამისად, შეიძლება ითქვას, რომ მაღალტემპერატურული ზემოქმედებისაგან განსხვავებით გაყინულ მდგომარეობაში მყოფი პროდუქტის სუბლიმაციური შრობა უკეთ უზრუნველყოფს ნედლეულში შემავალი ცილების, ცხიმების, ნახშირწყლების, ვიტამინებისა და ფერმენტების შენარჩუნებას.

გარდა ამისა, წყალი არის ნედლეულისა და მზასაკვები პროდუქტების ძირითადი კომპონენტი. წყლის შემცველობა საკვებ პროდუქტში მერყეობს ფართო საზღვრებში: მცენარეულ პროდუქტებში 80%–95%, ხორცში 50%–75%, თევზში 53%–80%. წყალი არის გამხსნელი, რომელიც განაპირობებს დიფუზიური პროცესების მიმდინარეობას, აგრეთვე ქიმიურ და ბიოქიმიურ რეაქციებს. კვების პროდუქტების ქსოვილების შედგენილობაში შემავალ წყალში ორგანული და არაორგანული ნივთიერებები განაწილებულია დისპერსიულობის სხვადასხვა ხარისხით. საერთოდ, კვების პროდუქტი უნდა განვიხილოთ როგორც რთული პოლიდისპერსიული სისტემა, რომელშიც წყალი დისპერსიული გარემოა, ხოლო დისპერსიული ფაზა შეიცავს დიდი რაოდენობით ორგანულ და არაორგანულ ნივთიერებებს. ამრიგად, კვების პროდუქტი წყალს შეიცავს ხსნარების სახით.

კვების პროდუქტის ჩვეულებრივი მაღალტემპერატურული შრობის შემთხვევაში უჯრედში არ-

სებული წვენი თანდათან თბება და ცხელდება. ტემპერატურის ზრდის ხარჯზე აღნიშნულ წვენიშ შემავალი წყალი, სასარგებლო ნივთიერებები და ელემენტები ცხელდება და, შესაბამისად, მათი ურთიერთხსნადობა იზრდება. შედეგად, მაღალი ტემპერატურის ზემოქმედებით უჯრედის წვენიშ შემავალი ნივთიერებები წარმოქმნის ერთგვაროვან ხსნარს.

შრობის პროცესში მიმდინარეობს წყლის მოცილების პროცესი აორთქლებით. წყლის აორთქლების პროცესში კი წარმოქმნილ აორთქლს თან მიჰყვება მასში გახსნილი ორგანული და არაორგანული ნივთიერებების გარკვეული ნაწილი, რომლის რაოდენობა დამოკიდებულია პროცესის ტემპერატურასა და ხანგრძლივობაზე: რაც მეტია ტემპერატურა და შრობის ხანგრძლივობა, მით მეტია დანაკარგი. სწორედ აღნიშნული დანაკარგი განაპირობებს პროდუქტის ხარისხის გაუარესებას კვების პროდუქტების მაღალი ტემპერატურის პირობებში შრობის შემთხვევაში. შესაბამისად, შრობის პროცესის დასასრულს პროდუქტში არსებული წყალი პრაქტიკულად აორთქლებულია, მაგრამ ამასთანავე, პროდუქტიდან მოცილებულია ამ წყალში გახსნილი იმ სასარგებლო ორგანული ნივთიერებებისა და მიკროელემენტების ნაწილი, რომლებიც პროდუქტს სასარგებლო თვისებებს ანიჭებს. შესაბამისად, შეიძლება ითქვას, რომ მაღალტემპერატურული შრობის პროცესი განაპირობებს პროდუქტის ხარისხის გარკვეულ გაუარესებას.

სუბლიმაციური შრობის შემთხვევაში კი პროდუქტი წინასწარ იყინება. პროდუქტის გაყინვისას კრისტალიზაციის ცენტრები თავდაპირველად წარმოიქმნება უჯრედის კედლებზე, შემდეგ ყინულის კრისტალები თანდათან გამსხვილდება. ამ

დროს ხსნარიდან გამოკრისტალდება წყალი, რის გამოც გაუყინავი უჯრედული წვენის კონცენტრაცია თანდათან იზრდება და კიდევ უფრო რთულდება მისი კრისტალიზაცია. უჯრედში უჯრედის წვენიდან გამოცალკევდება წყლის კრისტალები, რაც განაპირობებს დარჩენილი თხევადი ნაწილის (უჯრედის წვენიშ არსებული სასარგებლო ორგანული ნივთიერებებისა და მიკროელემენტების) კონცენტრაციის გაზრდას.

სუბლიმაცია გულისხმობს ყინულის კრისტალების აორთქლებას თხევადი ფაზის გავლის გარეშე. შესაბამისად, სუბლიმაციისას აორთქლდება არა უჯრედის წვენი და მასში შემავალი სასარგებლო ნივთიერებები და ელემენტები, არამედ მხოლოდ წყლის გაყინული კრისტალები. სუბლიმაციის დასასრულს პროდუქტში შემავალი წყალი პრაქტიკულად აორთქლებულია, ხოლო ამავე პროდუქტის უჯრედებში არსებული უჯრედის წვენი ყველა სასარგებლო ნივთიერებითა და ელემენტებით – პრაქტიკულად შენარჩუნებულია.

ყოველივე ზემოთქმულის საფუძველზე შეიძლება გამოვიტანოთ დასკვნა, რომ შრობის საუკეთესო პირობად უნდა ჩაითვალოს პროდუქტში არსებული ტენის აორთქლება ამ ტენის მიერ თხევადი ფაზის გაუვლელად ანუ ტენის სუბლიმაცია. სუბლიმაციის პროცესს უზრუნველყოფს კამერაში არსებული ვაკუუმი, რომელიც ახორციელებს ყინულიდან წარმოქმნილი წყლის ორთქლის მყის გამოდევნას ამ კამერიდან.

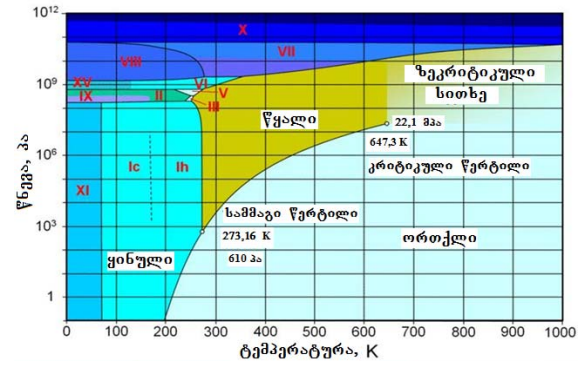
სუბლიმაციის პროცესის ოპტიმალური პირობების დასადგენად განვიხილოთ წყლის ფაზური დიაგრამა (იხ. სურათი), რომლის ვერტიკალურ ღერძზე მოცემულია კამერაში არსებული წნევა (პა),

ხოლო ჰორიზონტალურ ღერძზე – ტემპერატურა (K). როგორც დიაგრამიდან ჩანს, თხევადი ფაზის გაუვლელად ყინულის ორთქლადქცევა შესაძლებელია ტემპერატურულ დიაპაზონში 200-273 K (-73°C-დან 0°C-მდე). ტემპერატურის აღნიშნულზე უფრო მეტად შემცირება, როგორც დიაგრამიდან ჩანს, ორთქლადქცევას შეუძლებელს ხდის, ხოლო 0°C-ზე მეტად ტემპერატურის გაზრდა განაპირობებს ყინულის თხევად მდგომარეობაში გადასვლას. სწორედ ტემპერატურათა აღნიშნულ დიაპაზონში უნდა განხორციელდეს სუბლიმაციის პროცესი.

მეორე მხრივ, წყლის ფაზური დიაგრამიდან ნათლად ჩანს, რომ წყლის სამმაგი წერტილის (ანუ იმ წერტილის, როდესაც წყალი ერთდროულად იმყოფება ყინულის, სითხის და ორთქლის მდგომარეობაში) შესაბამისი წნევაა 610 პა, ხოლო ტემპერატურა – 273,16 K. ამასთან, ყინულის, სითხისა და ორთქლის ფაზების ერთმანეთისაგან გამყოფი ხაზი არის მრუდი. ამიტომ აღნიშნული მრუდის გათვალისწინებით რაც უფრო დაბალია ყინულის ტემპერატურა (რაც უფრო მეტად უახლოვდება -73°C-ს), მით უფრო მცირე წნევის პირობებშია შესაძლებელი სუბლიმაციის პროცესის განხორციელება და პირიქით, რაც უფრო მაღალია პროცესის ტემპერატურა (რაც მეტად უახლოვდება ყინულის დნობის 0°C ტემპერატურას), მით უფრო დიდი წნევის (ანუ ნაკლები სიღრმის ვაკუუმის) პირობებშია შესაძლებელი პროცესის განხორციელება.

როგორც ტემპერატურის შემცირება, ისე ვაკუუმის შექმნა მოითხოვს მნიშვნელოვან მატერიალურ და ენერგეტიკულ დანახარჯებს. ამიტომ როგორც ყინულის ტემპერატურის გაზრდა, ისე საჭირო ვაკუუმის შემცირება ხელსაყრელია ეკონომიკური თვალსაზრისით იმ პირობებში, როდესაც ეს ხელს არ უშლის ძირითადი ამოცანის – პროდუქტის შრობის – გადაწყვეტას.

მიკური თვალსაზრისით იმ პირობებში, როდესაც ეს ხელს არ უშლის ძირითადი ამოცანის – პროდუქტის შრობის – გადაწყვეტას.



წყლის ფაზური დიაგრამა. რომაული რიცხვებით ნაჩვენებია ყინულის განსხვავებული მოდიფიკაციები

აღნიშნულიდან გამომდინარე, პროდუქტის გაშრობის მიზნით შეიძლება გამოყენებული იყოს ტემპერატურული დიაპაზონი 268-273 K და წნევათა დიაპაზონი 100000-580 პა. სუბლიმაციური შრობის აღნიშნულ პარამეტრებს შეუძლია უზრუნველყოს როგორც მატერიალური და ენერგეტიკული რესურსების მნიშვნელოვანი ეკონომია დღეისათვის არსებულ რეჟიმებთან შედარებით, ისე ძირითადი ამოცანის – გამშრალ პროდუქტში სასარგებლო ნივთიერებებისა და, შესაბამისად, ხარისხის, მაქსიმალურად შენარჩუნება.

**დასკვნა**

ამრიგად, მაღალტემპერატურული შრობის პროცესი განაპირობებს მაღალი ტემპერატურის ზემოქმედებით გასაშრობ პროდუქტში შემავალი ცილების, ცხიმების, ნახშირწყლებისა და სხვა სასარგებლო ნივთიერებების დაშლას და ორგანიზმის მიერ მათი შეთვისების უნარის შემცირებას. ტემპე-

რატურის გაზრდა განაპირობებს ასევე სასარგებლო ნივთიერებების უჯრედის წვენში ხსნადობის გაზრდას და შრობის პროცესში აორთქლებულ წყალთან ერთად მათი მნიშვნელოვანი ნაწილის დაკარგვას. ყოველივე ეს იწვევს ნედლეულის სასარგებლო თვისებების გაუარესებას. სუბლიმაციური შრობის შემთხვევაში კი დაბალი ტემპერატურის ზემოქმედება არც სასარგებლო ელემენტების დაშლას უწყობს ხელს და არც მათ ხსნადობას ზრდის უჯრედის წვენში. პირიქით, გაყინვისას უჯრედის წვენიდან გამოიყოფა წყალი კრისტალების სახით. სუბლიმაციური შრობის პროცესში კი სწორედ წყლის კრისტალები გადადის ორთქლის მდგომარეობაში, ხო-

ლო უჯრედის წვენში დარჩენილი სასარგებლო ელემენტების მთელი კრებული ისევ პროდუქტის შედგენილობაში რჩება. ეს განაპირობებს სუბლიმაციური შრობის უპირატესობას ჩვეულებრივი მაღალტემპერატურული შრობის მეთოდებთან შედარებით. სუბლიმაციური შრობისათვის პროდუქტის გაყინვის ყველაზე უკეთესი მეთოდებია სწრაფი და ზესწრაფი გაყინვა: ფლუიდიზაცია, სემიფლუიდიზაცია და გაყინვა თხევადი აზოტის გარემოში. თვით სუბლიმაციური შრობის ეკონომიურად მისაღებ და ოპტიმალურ პარამეტრებად შეიძლება ჩაითვალოს ტემპერატურა 268-273 K და წნევა 100000-580 პა.

### ლიტერატურა

1. Megrelidze T., Sadagashvili E., Gugulashvili G. Experimental study of water-freezing process from some food-products. Tbilisi: "Teqnikuri Universiteti". # 1 (475). 2010, 108-110 pp. (in Georgian).
2. Megrelidze T., Mgebrishvili S., Sadagashvili E., Gugulashvili G. Chemical and biochemical changes in foodstuff freezing process. Collection of works of the international scientific conference "Energetic, Regional Problems and Perspectives". Kutaisi. 2010, 185-188 pp. (in Georgian).
3. Megrelidze T., Sadagashvili E., Mgebrishvili S., Gugulashvili G. Theoretical analysis of food products freezing and defrosting processes. Collection of works of the international scientific conference "New Technologies in Modern Industry". Tbilisi. 2010, 14-17 pp. (in Georgian).
4. Megrelidze T., Gugulashvili G., Sadagashvili E., Beruashvili G. The method for determination of the frozen water amount from foodstuff. Collection of works of the international scientific conference "The Problems of Natural Chemistry". Tbilisi. 2012, 206-210 pp. (in Georgian).

UDC 664.8

SCOPUS CODE 2201

## Use of sublimation drying for maintaining the quality of foodstuff

- T. Megrelidze** Department of Food Industry, Georgian Technical University, 68<sup>a</sup> M. Kostava str, 0175 Tbilisi, Georgia  
E-mail: tmegrelidze@yahoo.com
- T. Isakadze** Department of Food Industry, Georgian Technical University, 68<sup>a</sup> M. Kostava str, 0175 Tbilisi, Georgia  
E-mail: tamazisakadze@gmail.com
- G. Gugulashvili** Department of Food Industry, Georgian Technical University, 68<sup>a</sup> M. Kostava str, 0175 Tbilisi, Georgia  
E-mail: givi.gugulashvili@gmail.com

### Reviewers:

**G. Beruashvili**, Assistant Professor, Faculty of Transportation and Mechanical Engineering, GTU

E-mail: giorgiberual@mail.ru

**G. Kvirikashvili**, Candidate of Engineering Sciences, Technical Manager of LTD “Cartu Universal”

E-mail: gosha1974@mail.ru

**Abstract.** The article considers high-temperature and sublimation drying methods. It is shown, that process of drying with high temperature causes destruction of the proteins, fats, carbohydrates and other useful elements entering in a feed stock thus decreasing their usefulness for a human. High temperature promotes also solubility of the specified useful elements in liquid and correspondingly increases their share in cell fluid. In drying process the water evaporated from cells carries away the considerable proportion of the useful elements dissolved in it. Destruction of the useful elements entering in a feed stock and loss of their considerable proportion together with the steam which is taken away from a product causes deterioration of termination products at high-temperature drying. In case of sublimation drying raw materials beforehand are frozen that excludes a possibility of destruction of the useful elements which are in it. Besides, in the course of freezing in product cells, freezing of water in the form of crystals takes place, and concentration of the useful elements increases in unfrozen cell fluid. In sublimation drying process specified water crystals pass into a vaporous state, and the useful elements in cell fluid remain as a part of a product. It provides advantages of sublimation drying methods compared to high-temperature drying. For the product prefreezing before sublimation drying, are suggested freezing methods with high and ultrahigh speed (fluidization, semi-fluidization, freezing in liquid nitrogen environment) which produce such small

size crystals in product cells that don't destroy cell walls and are easily evaporated as well. The optimum parameters of sublimation drying are offered: temperature 268-273 K and pressure of 100000-580 pa.

**Key words:** Drying; evaporation; freezing; sublimation; useful elements.

---

UDC 664.8

SCOPUS CODE 2201

### Использование сублимационной сушки для сохранения качества пищевых продуктов

- Мегрелидзе Т.Я.** Департамент пищевой индустрии, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 68<sup>ა</sup>  
E-mail: tmegrelidze@yahoo.com
- Исакадзе Т.А.** Департамент пищевой индустрии, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 68<sup>ა</sup>  
E-mail: mai
- Гугулашвили Г.Л.** Департамент пищевой индустрии, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 68<sup>ა</sup>  
E-mail: givi.gugulashvili@gmail.com

#### Рецензенты:

**Г. Бериашвили**, ассистент-профессор факультета транспорта и машиностроения ГТУ

E-mail: giorgiberual@mail.ru

**Г. Квирикашвили**, кандидат технических наук, технический менеджер ООО «Картууниверсал»

E-mail: remeisi@mail.ru

**Аннотация.** Рассмотрены методы высокотемпературной и сублимационной сушки. Показано, что процесс воздействия сушки обуславливает разрушение входящих в исходное высокой температуры сырье белков, жиров, углеводов и других полезных элементов и уменьшение их усвояемости организмом человека. Высокая температура способствует также повышению растворимости указанных полезных элементов в жидкости и соответственному увеличению их доли в клеточном соке. В процессе сушки испаряемая из клеток вода уносит значительную часть растворенных в ней полезных элементов. Разрушение входящих в исходное сырье полезных элементов и потеря значительной их части вместе с отводимым из продукта паром обуславливают ухудшение качества конечного продукта при высокотемпературной сушке. В случае сублимационной сушки сырье предварительно замораживается, что исключает возможность разрушения находящихся в нем полезных элементов. Кроме того, в процессе замораживания в клетках продукта имеет

место вымораживание воды в виде кристаллов, а в незамороженном клеточном соке повышается концентрация полезных элементов. В процессе сублимационной сушки именно указанные водяные кристаллы переходят в парообразное состояние, а находящиеся в клеточном соке полезные элементы остаются в составе продукта. Это обеспечивает преимущество сублимационной сушки перед методами высокотемпературной сушки. Для предварительного замораживания продукта перед сублимационной сушкой предложены методы замораживания с высокой и сверхвысокой скоростью (флюидизация, семифлюидизация, замораживание в среде жидкого азота), которые обеспечивают образование в клетках продукта кристаллов с такими малыми размерами, которые не разрушают стенки клеток и при этом легко испаряются. Оптимальными параметрами сублимационной сушки предложены температура 268-273 К и давление 100000-580 Па.

**Ключевые слова:** замораживание; испарение; полезные элементы; сублимация; сушка.

*განხილვის თარიღი 15.06.2018*

*შემოსვლის თარიღი 25.06.2018*

*ხელმოწერილია დასაბეჭდად 28.12.2018*