

UDC 66.047

SCOPUS CODE 2210

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2025-4-237-242>**გაყინული ხილისა და კენკრის გასაღებობი მოწყობილობა****ამირან****ლაზარაშვილი**

მექანიკის ინჟინერიისა და სამრეწველო ტექნოლოგიების დეპარტამენტი,
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი,
მ. კოსტავას 68^ა

E-mail: aka.lazarashvili@gmail.com

რეცენზენტები:

ვ. ქირია, სტუ-ის სატრანსპორტო სისტემებისა და მექანიკის ინჟინერიის ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: v.qiria@gtu.ge

ზ. ჯაფარიძე, სტუ-ის სატრანსპორტო სისტემებისა და მექანიკის ინჟინერიის ფაკულტეტის ემერიტუსი

E-mail: Z.Jafaridze@gmail.com

ანოტაცია. სასურსათო პროდუქტების შენახვისას შრომასთან შედარებით მათი ცივად დამუშავება გაცილებით უკეთესი და ეფექტურია, განსაკუთრებით ხილისა და კენკრის შემთხვევაში. პროდუქტების ცივად დამუშავების შედეგად მიღებული საბოლოო პროდუქტის ხარისხი კი პრაქტიკულად განისაზღვრება მათი გაღებობის პროცესის სწორად ჩატარების შესაძლებლობით. გაღებობისას პროდუქტების ხარისხის შენარჩუნების შემაფერხებელია პროდუქტის ზედაპირზე მიკროფლორის განვითარების შესაძლებლობა და მის უჯრედებში არსებული წყლის რეკრისტალიზაციის მოვლენა. პროდუქტის ხარისხის მაქსიმალური შენარჩუნების მიზნით დამუშავებულია გაყინული ხილისა და კენკრის გასაღებობი ახალი მოწყობილობის პრინციპული სქემა, რომელიც შეიძლება გამოყენებული იყოს პროდუქტის საწარმოო პირობებში გაღებობისათვის.

საკვანძო სიტყვები: აკუსტიკური გენერატორი; გაღებობა; კონვეიერი; მოწყობილობა; რეკრისტალიზაცია.

შესავალი

სასურსათო პროდუქტების მოხმარება სასურველია ნედლი, ახალი სახით, მაგრამ დღევანდელ პირობებში ამის უზრუნველყოფა პრაქტიკულად შეუძლებელია [1]. ამიტომ, ძირითადად მიმართავენ შენახული პროდუქტების გამოყენებას, რისთვისაც ხდება მათი შრობა ან სიცივით დამუშავება. სასურსათო პროდუქტების შენახვის საუკეთესო საშუალებაა მათი სიცივით დამუშავება, რაც გულისხმობს მათ გაცივებას, გადამეტცივებას ან გაყინვას [2, 3]. სამივე შემთხვევაში მოხმარების წინ აუცილებელი ხდება პროდუქტისათვის ისეთი ნორმალური ტემპერატურის მინიჭება, რომელიც მისაღები იქნე-

ბა ადამიანის ორგანიზმისათვის. ეს განაპირობებს როგორც გაცივებული ან გადამეტცივებული, ისე გაყინული პროდუქტის გათბობის აუცილებლობას, რაც, გაყინული პროდუქტის შემთხვევაში, გაღების პროცესით ხორციელდება [4, 5].

სამაცივრო პრაქტიკაში გაღობის მრავალი მეთოდი და შესაბამისი ტექნოლოგიური მოწყობილობა არსებობს [6, 7], მაგრამ ჯერჯერობით გაღობის იდეალური პროცესი მიუღწეველია. გაღობის პროცესის ძირითადი ნაკლი პროდუქტის ხარისხის გაუარესებაა, რაც გამოიხატება პროდუქტის შიგნით არსებული წყლის კრისტალების მიერ, უჯრედების დაზიანების შედეგად, უჯრედული წვენის დაკარგვაში, აგრეთვე გაღობის პროცესში პროდუქტის ზედაპირზე მიკროფლორის გავრცელებასა და გამრავლებაში.

გაღობის ერთ-ერთ მნიშვნელოვანი პრობლემაა გაღობისას მიკროორგანიზმების გამრავლება პროდუქტის ზედაპირზე, რადგან პროდუქტის გათბობისას მის სველ ზედაპირზე ამ მიკროორგანიზმების სიცოცხლისა და გამრავლებისათვის საუკეთესო პირობები წარმოიქმნება. ამ მოვლენის თავიდან აცილებისათვის მიმართავენ გაღობის პროცესის დაჩქარებას, ულტრაიისფერი სხივებით დამუშავებას, ჰაერის ან სითხის ნაკადის სიჩქარის გადიდებას და ა.შ.

გასაღობი პროდუქტის უჯრედებში არსებული წყლის კრისტალების ზომები განსხვავდება და დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე, რომელთაგან ძირითადია გაყინვის მეთოდი და სიჩქარე. ამ სიდიდეების შერჩევა იმ თვალსაზრისით ხდება, რომ უჯრედებში წარმოქმნილი კრისტალების ზომები რაც შეიძლება მცირე იყოს, რათა ამ უჯრედების გა-

რსი არ დააზიანოს. გაყინვის თანამედროვე მეთოდებიდან ყინულის კრისტალების ყველაზე მცირე ზომების უზრუნველყოფა შესაძლებელია მოდულირებული კრისტალების ტექნოლოგიის გამოყენებით, შოკური გაყინვის შემთხვევაში. ეს მეთოდი უზრუნველყოფს უჯრედების ზომებზე დაახლოებით 100-ჯერ უფრო მცირე ზომის წყლის კრისტალების წარმოქმნას. ასეთი ზომის კრისტალებით უჯრედების გარსის დაზიანება არ ხდება.

მაგრამ, პრაქტიკულად, პროდუქტის უჯრედებში წარმოქმნილი წყლის კრისტალების ზომები და მათი მიმართება ამ უჯრედების ზომებთან არსებითია არა გაყინვის თვალსაზრისით, არამედ გაღობის პროცესში და მისი დასრულების შემდეგ. გაყინვისას უჯრედების გარსის დაზიანების შემთხვევაშიც კი ამ უჯრედებიდან წვენის გარეთ გამოსვლას და დაკარგვას ადგილი ვერ ექნება, რადგან წვენი გაყინულია. შესაბამისად, თვით გაყინვის მეთოდის ვარგისობაზე საუბარი შესაძლებელია მხოლოდ პროდუქტის გაღობის შემდეგ. გაღობის პროცესში წარმოქმნილი ძირითადი პრობლემა კი რეკრისტალიზაციის მოვლენაა.

ჰისტოლოგიური გამოკვლევებით დადგენილია, რომ გაყინულ პროდუქტებში იცვლება კრისტალური სტრუქტურა, ტემპერატურაზე დამოკიდებულებით. ტემპერატურის ზრდასთან ერთად კრისტალები მსხვილი მარცვლების სახეს იღებს, რომლებიც თანდათან ერთიანდება ყინულის მონოლითური ფორფიტების სახით. შედარებით დაბალი ტემპერატურის პირობებში ეს პროცესი შედარებით ნელა მიმდინარეობს (რეკრისტალიზაცია ნელი ნაბიჯით). კრიოსკოპიულ წერტილთან მიახლოების შემდეგ პროცესის სიჩქარე იზრდება, ხოლო გალ-

ლობის წერტილთან ახლოს უკვე შეინიშნება დიდი კრისტალების ძალზე სწრაფი ზრდა მცირე ზომის კრისტალების ხარჯზე (რეკრისტალიზაცია გაღობის წინ). პროფესორ ნილსონის თეორიის თანახმად, აღნიშნული მოვლენის მიზეზი მცირე ზომის კრისტალების ზედაპირზე უფრო მაღალი წნევის არსებობაა, დიდი ზომის კრისტალებთან შედარებით. დიდი და მცირე ზომის კრისტალების ზედაპირებზე წნევათა სხვაობის ხარჯზე წყლის ნაწილაკები იწყებს გადასვლას პატარა კრისტალებიდან დიდებისკენ, წყლის ორთქლის სახით. მეორე თეორიის მიხედვით, რეკრისტალიზაციის მიზეზია ტემპერატურის ცვლილება. ლლობის ტემპერატურაზე მეტად ტემპერატურის გადიდების შემთხვევაში თავდაპირველად ლღვება მცირე ზომის კრისტალები, რადგან მათი გაღობის ტემპერატურა მცირეა. როდესაც ტემპერატურის ცვლილების შედეგად ისევ ხდება გაყინვა, უკვე წარმოქმნილი ნალღობი წყალი ზემოდან დაეყინება დიდ კრისტალებს და კიდევ უფრო დიდდება.

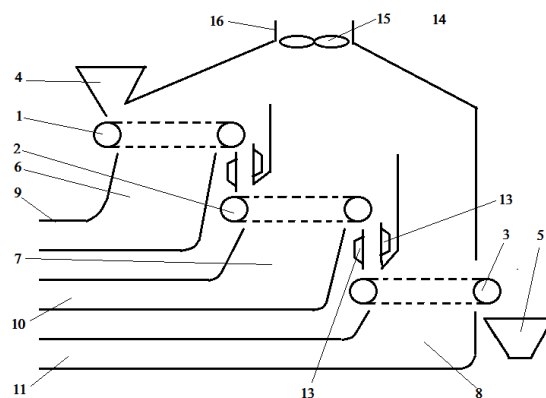
აღნიშნულიდან გამომდინარე, სასურსათო პროდუქტების გაღობა ძალზე მნიშვნელოვანი ტექნოლოგიური ოპერაციაა და მისი ნორმალურად ჩატარება პრაქტიკულად განსაზღვრავს სამაცივრო დამუშავების შედეგად მიღებულ მის საბოლოო ხარისხს.

ძირითადი ნაწილი

გაღობის პროცესის დიდი მნიშვნელობიდან გამომდინარე, დამუშავებულია ხილისა და კენკრის გასაღობი მოწყობილობა, რომლის პრინციპული სქემა წარმოდგენილია 1-ელ და მე-2 სურათებზე.

სასურსათო პროდუქტების გასაღობი მოწყობი-

ლობა შეიცავს პერფორირებული უწყვეტი ლენტით აღჭურვილ სამ კონვეიერს 1, 2, 3, რომლებიც ერთმანეთის თავზე ისეა განლაგებული, რომ ზედა კონვეიერის განმტვირთავი ნაწილი მოთავსებულია მის ქვემოთ განლაგებული კონვეიერის ჩამტვირთავი ნაწილის თავზე. ყველაზე ზედა კონვეიერის 1 თავზე განლაგებულია გასაღობი პროდუქტის მიმწოდებელი ბუნკერი 4, ყველაზე ქვედა კონვეიერის 3 გამომტვირთავი ნაწილის ქვემოთ კი განლაგებულია გაღობილი მზა პროდუქტის შემგროვებელი ბუნკერი 5. ყოველი კონვეიერის ქვემოთ განლაგებულია მუშა აგენტის (გაღობისათვის საჭირო პარამეტრების მქონე ჰაერის) მისაყვანი კოლოფი 6, 7, 8, რომლებშიც აღნიშნული მუშა აგენტი მიეწოდება შესაბამისი მილგაყვანილობების 9, 10, 11 გავლით.

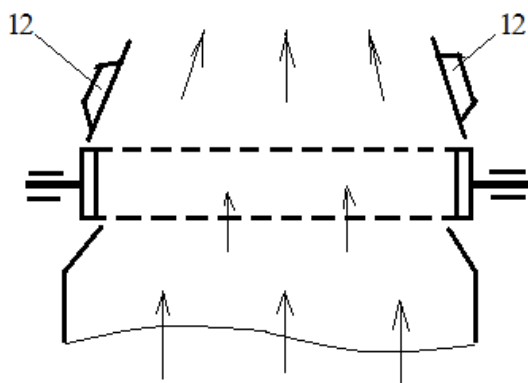


სურ. 1. გაყინული ხილისა და კენკრის გასაღობი მოწყობილობის პრინციპული სქემა

ყოველი კონვეიერის ლენტის ზედა მუშა შტოს ორივე გვერდზე განლაგებულია აკუსტიკური ბგერების გენერატორები 12. ასეთივე აკუსტიკური გენერატორები 13 განლაგებულია მეზობელ (ზედა და ქვედა) კონვეიერებს შორის პროდუქტის ჩამოცვლის დროს წარმოქმნილი ნაკადის ორივე მხრიდან კონვეიერის მთელ სიგანეზე. მოწყობილობის

თავზე განლაგებულია ნამუშევარი აგენტის შემგროვებელი ქოლგა 14 გამწოვი ვენტილატორით 15 და გამომყვანი მილით 16.

მოწყობილობა შემდეგნაირად მუშაობს: გასაღობი პროდუქტი ბუნკერიდან 4 ჩამოედინება ზედა კონვეიერში 1 და, კონვეიერის მოძრაობის გამო, თანაბრად ნაწილდება პერფორირებული ლენტის ზედა შტოზე. ამ შტოზე მოძრაობისას პროდუქტზე ერთდროულად მოქმედებს მილების 9 გავლით კოლოფიდან 6 ამომავალი მუშა აგენტი და გენერატორების 12 მიერ წარმოქმნილი აკუსტიკური ბგერები. ასეთი კომბინირებული ზემოქმედების პირობებში მიმდინარეობს პროდუქტის გაღობის პროცესი, რა დროსაც მუშა აგენტი პროდუქტს ათბობს და ალღობს, ხოლო აკუსტიკური ბგერები პროდუქტის შიგნით არსებული ყინულის კრისტალებში გამორიცხავს რეკრისტალიზაციის შესაძლებლობას და ამით ხელს უწყობს გაღობის პროცესის დაჩქარებას, რეკრისტალიზაციის შედეგად, პროდუქტის ხარისხის გაუარესების გარეშე.



სურ. 2. ხილისა და კენკრის გასაღობი მოწყობილობის პრინციპული სქემა (განივკვეთი)

ზედა კონვეიერის 1 გავლის შემდეგ უკვე ნაწილობრივ გაღობილი პროდუქტი ჩამოიყრება ქვე-

მოთ მოძრავ მეორე კონვეიერში 2. ჩამოყრის პროცესში ჰაერში ზემოდან ქვემოთ მოძრავი პროდუქტის ნაკადზე ზემოქმედებს ნაკადის მთელ სიგანეზე ორივე მხრიდან განლაგებული გენერატორების 13 მიერ წარმოქმნილი აკუსტიკური ბგერები. პროდუქტის ამ ნაკადზე მუშა აგენტი არ ზემოქმედებს. სამაგიეროდ, ემ ნაკადი თბება უშუალოდ აკუსტიკური ბგერების ზემოქმედებით. ამ შემთხვევაში აკუსტიკური ბგერები ასრულებს ორ როლს: 1) იწვევს პროდუქტის გათბობას აკუსტიკური ბგერების ენერგიის გადაცემის შედეგად და ამით ხელს უწყობს გაღობის პროცესის მიმდინარეობას; 2) აკუსტიკური რხევების ზემოქმედებით გამორიცხულია პროდუქტში არსებულ წყლის კრისტალებში რეკრისტალიზაციის მოვლენა და ამით უზრუნველყოფილია პროდუქტის ხარისხის მაქსიმალური შენარჩუნება.

მეორე კონვეიერზე 2 ჩამოყრილი პროდუქტი უკვე გადაადგილდება ამ კონვეიერის გასწვრივ და ზედა კონვეიერის 1 მსგავსად განიცდის ერთდროულად ამ კონვეიერზე დაყენებული გენერატორების 12 მიერ გენერირებული აკუსტიკური რხევებისა და მილის 10 გავლით კოლოფიდან 7 მიწოდებული მუშა აგენტის ზემოქმედებას. აქ მიმდინარეობს გაღობის მეორე სტადია.

აღნიშნული კონვეიერის გავლის შემდეგ პროდუქტი კვლავ ჩამოიყრება უფრო ქვემოთ განლაგებულ მესამე კონვეიერში 3 და მოხვდება პროდუქტის ამ ნაკადის გასწვრივ განლაგებულ გენერატორებს 13 შორის. აქ აკუსტიკური ბგერებით დამუშავებული (გამთბარი და გაღობილი) პროდუქტი მოხვდება ქვედა კონვეიერში 3 და კვლავ განიცდის აკუსტიკური რხევებისა და მუშა აგენტის კომბინირებულ ზემოქმედებას, რაც განაპირობებს მისი

გაღების პროცესის დასრულებას. გაღების პროდუქტი ქვედა კონვეიერიდან 3 ჩამოიყრება მზა პროდუქტის მიმღებ ბუნკერში 5.

პროდუქტის დამუშავების შემდეგ მუშა აგენტს დაკარგული აქვს მუშაუნარიანობა (შეცვლილია მისი ძირითადი პარამეტრები: ტემპერატურა, ტენიანობა, სიჩქარე). ამასთან, ნამუშევარი აგენტი შეიცავს პროდუქტის გაღებისას მის ზედაპირზე წარმოქმნილი ტენის გარკვეულ ნაწილს. ამიტომ, აღნიშნული ნამუშევარი აგენტი იკრიბება ქოლგაში 14 და ვენტილატორის 15 დახმარებით მილის 16 გავლით მანქანიდან ატმოსფეროში გაიდევნება. საჭიროების შემთხვევაში, შესაძლებელია ამ ნამუშევარი აგენტის რეგენერაცია.

ამგვარად, წარმოდგენილ მოწყობილობაში კონვეიერებზე მოძრავი პროდუქტის დამუშავება ხდება მათ ქვემოთ განლაგებული კოლოფებიდან ამომავალი მუშა აგენტის გამოყენებით სამ სტადიად, რისთვისაც ყოველ სტადიაზე მიეწოდება გაღებისათვის ოპტიმალური პარამეტრების (ტემპერატურა, ტენიანობა, სიჩქარე) მუშა აგენტი. ამასთან, პროდუქტის დამუშავება ხდება აგრეთვე კონვეიერებს შორის მისი ჩამოტვირთვის პროცესში, რისთვისაც ჰაერში ზემოდან ქვემოთ მოძრავი პროდუქტის

ნაკადზე ზემოქმედებს ამ ნაკადის ორივე მხრიდან განლაგებული გენერატორების 13 მიერ წარმოქმნილი აკუსტიკური ბგერები.

დასკვნა

წარმოდგენილი მოწყობილობა უზრუნველყოფს გაყინული პროდუქტის სამსაფეხურიან გაღებას, მუშა აგენტის დახმარებით. ეს მეთოდი საკმაოდ ეფექტურია, რადგან ყოველ საფეხურზე პროდუქტის გასაღებად საჭირო პარამეტრების (ჰაერის ტენიანობა, ტემპერატურა, სიჩქარე) მუშა აგენტი გამოიყენება. ასეთ მოწყობილობაში აკუსტიკური რხევების გენერატორების დამატება გაღებისას უზრუნველყოფს პროდუქტის ხარისხის უკეთ შენარჩუნებას, რადგან აკუსტიკური ბგერები პრაქტიკულად მთლიანად გამოირიცხავს პროდუქტის უჯრედებში არსებული წყლის კრისტალების ზომების გადიდებას, მათი რეკრისტალიზაციის ხარჯზე. ზომების არსებული სიდიდის შენარჩუნების პირობებში კი გამოირიცხება ამ კრისტალების მიერ პროდუქტის უჯრედების გარსის დაზიანება და იქიდან უჯრედული წვენის დანაკარგი. ეს კი პროდუქტის გაღების პროცესში ხარისხისა და მასის სრულად შენარჩუნებას განაპირობებს.

ლიტერატურა

1. Megrelidze, T., Gakhokidze, R., Gugulashvili, G., Sadaghashvili, E., & Grdzlishvili, G. (2013). *Thermophysical properties of food products during cold processing*. Tbilisi: Technical University.
2. Megrelidze, T., Sadaghashvili, E., & Gugulashvili, G. (2014). *Theoretical foundations of the freezing process of food products*. Tbilisi: Technical University.
3. Megrelidze, T., Goletiani, G., Gugulashvili, G., Isakadze, T., & Beruashvili, G. (2018). *Food products refrigeration technology: Electronic version of the lecture course* [CD-ROM]. Tbilisi: Technical University. Central Library of GTU. CD-4968.
4. Nelson, K. H. (1953). *Study of the freezing of sea water* (PhD thesis). University of Washington.
5. Nelson, K. H., & Thompson, T. G. (1954). Deposition of salt from sea water by frigid concentration. *Journal of Marine Research*, 13, [pages not provided].

6. Grover, Y., & Nedi, P. S. (2023). Recent developments in freezing of fruits and vegetables: Striving for controlled ice nucleation and crystallization with enhanced freezing rates. *Review Article*, Department of Fruit and Vegetable Technology, CSIR-Central Food Technological Research Institute, Mysuru, India.
 7. Cheng, X., Zhang, M., Xu, B., Adhikari, B., & Sun, J. (n.d.). The principles of ultrasound and its application in freezing-related processes of food materials: A review. *State Key Laboratory of Food Science and Technology, Jiangnan University*, Wuhu, Anhui, China.
-

UDC 66.047

SCOPUS CODE 2210

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2025-4-237-242>

Device for Thawing Frozen Fruits and Berries

Amiran Lazarashvili

Department of Mechanical Engineering and Industrial Technologies, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 68^a, M. Kostava str.
E-mail: aka.lazarashvili@gmail.com

Reviewers:

V. Kiria, Professor, Faculty of Mechanical Engineering of Transportation Systems, GTU

E-mail: v.qiria@gtu.ge

Z. Japaridze, Emeritus, Faculty of Mechanical Engineering of Transportation Systems, GTU

E-mail: Z.Jafaridze@gmail.com

Abstract. The issue of food storage is considered and it is shown that, unlike drying, their refrigeration is better and more effective, especially for fruits and berries. The quality of the final product obtained after refrigeration is practically determined by the possibilities of properly thawing it. Factors that negatively affect the quality of products during thawing are the proliferation of microflora on their surface and the phenomenon of recrystallization in the cells of the products. In order to preserve the quality of products as much as possible, a schematic diagram of a new device for thawing fruits and berries has been developed, which can be used for0 thawing in industrial conditions.

Keywords: Acoustic generator; Conveyor; Device; Recrystallization; Thawing.

განხილვის თარიღი 28.10..2024

შემოსვლის თარიღი 06.02.2025

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 24.12.2025