

საკვები პროდუქტების შრობის ახალი მეთოდი

გივი გუგულაშვილი, თამაზ ისაკაძე, ლუიზა პაპავა, ეთერ სადალაშვილი, მარინე რაზმაძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: განხილულია პროდუქტების შრობის პროცესი. ამ პროცესში არსებული ცნობილი მეთოდები ვერ უზრუნველყოფს ვერც პროდუქტიდან ტენის აორთქლების ინტენსიურად წარმართვას და ვერც პროდუქტში არსებული სასარგებლო ელემენტების შენარჩუნებას. შემოთავაზებულია შრობის ახალი მეთოდი, რომელიც ითვალისწინებს ჩვეულებრივი ტემპერატურის მქონე ატმოსფერული ჰაერის გამოყენებას. საშრობ კამერაში ჰაერის მიწოდების წინ ხდება მასში მყოფი ტენის სრული მოცილება. გასაშრობი პროდუქტისა და მუშა აგენტის ტემპერატურების ტოლობა გამორიცხავს პროდუქტში ტემპერატურული ცვლილებებით გამოწვეულ სასარგებლო ელემენტების დაშლას და მათი ფუნქციების შეცვლას. შრობისათვის სრულიად ტენგამოცლილი ჰაერის გამოყენება განაპირობებს შრობის პროცესის წარმართვას მხოლოდ ტენიანობათა სხვაობის, ანუ ტენგამტარობის ხარჯზე, რაც უზრუნველყოფს პროცესის მაქსიმალურ ინტენსიურობას. ამასთან, იქმნება პროდუქტის ტენიანობის მაქსიმალურად შემცირების შესაძლებლობა, რადგან პროდუქტის ტენიანობა უახლოვდება მუშა აგენტის ტენიანობას, რომელიც ჩვენს შემთხვევაში ახლოსაა ნულოვან მნიშვნელობასთან.

საკვანძო სიტყვები: მუშა აგენტი; სასარგებლო ელემენტები; ტემპერატურა; ტენიანობა; შრობა.

შესავალი

შრობა რთული ტექნოლოგიური პროცესია, რომლის დროსაც ხდება ნედლეულისაგან ტენის მოცილება ისე, რომ მასში მყოფი ყველა სასარგებლო ელემენტი და თვისება მაქსიმალურად იქნეს შენარჩუნებული. მაგრამ შრობის დროს აუცილებლად მიმდინარეობს ისეთი პროცესები, რომლებიც იწვევს ნედლეულში არსებული გარკვეული თვისებების ცვლილებებს. კვების პროდუქტები ერთმანეთისაგან მკვეთრად განსხვავებული თვისებებით გამოირჩევა. ამ განსხვავებებს განაპირობებს მათი ბუნება, სტრუქტურა, ქიმიური შედგენილობა, გადამუშავების ტექნოლოგია და შრობისათვის მომზადების მეთოდები. შრობის თვალსაზრისით ძალზე განსხვავებულია აგრეთვე პროდუქტების დამახასიათებელი თვისებებები (ბიოლოგიური, სტრუქტურულ-მექანიკური, ფიზიკურ-ქიმიური, თბოფიზიკური, ელექტროფიზიკური და სხვ.). ყოველი კონკრეტული პროდუქტისათვის ესა თუ ის თვისება შეიძლება გადამწყვეტი აღმოჩნდეს მისი ხარისხობრივი მახასიათებლების განსაზღვრისათვის. აქედან გამომდინარე, შრობის ტექნოლოგიისათვის ძალზე მნიშვნელოვანია ის, რომ სწორედ ხა-

რისხის განმსაზღვრელი ეს თვისებები უნდა იქნეს მაქსიმალურად შენარჩუნებული გადა-
მუშავების პროცესში, ხოლო სხვა დანარჩენი თვისება, როგორც წესი, გადამუშავების შე-
დეგად აუცილებელ ცვლილებებს ექვემდებარება.

ძირითადი ნაწილი

ტენიანი პროდუქტების შრობის მექანიზმი ძირითადად განისაზღვრება მშრალ ნაწილ-
თან ტენის (წყლის) დამოკიდებულებით და შრობის რეჟიმით, ანუ პროდუქტის ზედაპირიდან
გარემომცველ სივრცეში ტენის გადაცემის პირობებით. პროდუქტის შრობის პროცესი მოი-
ცავს პროდუქტის შიგა ფენებიდან გარე ფენებისაკენ ტენის მიგრაციას და პროდუქტის
ზედაპირიდან ტენის აორთქლებას. შესაბამისად, შრობის პროცესის სიჩქარე დამოკიდებუ-
ლია როგორც პროდუქტის შიგა ფენებიდან ზედაპირისაკენ ტენის გადაადგილების ინტენსი-
ურობაზე, ისე ზედაპირიდან ამ ტენის აორთქლების სიჩქარეზე. სწორედ ესაა მიზეზი, რომ
შრობის პირველ ეტაპზე (პროდუქტის ზედაპირიდან თავისუფალი წყლის აორთქლების პრო-
ცესში) აორთქლებული წყლის რაოდენობა მუდმივია. ამ დროს მიმდინარეობს ტენის ადი-
აბატური აორთქლება. შრობის მეორე ეტაპზე (როდესაც იწყება შეჭიდული წყლის აორ-
თქლება) შეინიშნება აორთქლებული წყლის რაოდენობის შემცირება. ამ პერიოდში პროდუქ-
ტის ტემპერატურა იზრდება და უახლოვდება მუშა აგენტის ტემპერატურას.

ტენიანი პროდუქტების შრობის პროცესის ანალიზისათვის მნიშვნელოვანია ა. ლიკო-
ვის მიერ 1934 წელს შემოთავაზებული თხევადი ტენის თერმოდინამიკის, ანუ თერმოდინამი-
კის გამტარობის ფაქტორი, რომელიც განაპირობებს პროდუქტის შიგნით ტენის გადაადგილებას.
თერმოდინამიკის, ანუ თერმოდინამიკის კოეფიციენტს შეესაბამება ტემპერატურული
გრადიენტი. დაბალი ტემპერატურების პირობებში კონვექციური შრობის შემთხვევაში პრო-
დუქტების უმრავლესობისათვის იგი მნიშვნელოვან გავლენას არ ახდენს შრობის სიჩქარეზე,
მაგრამ თბომასაგადაცემის პროცესების ინტენსიფიკაციის შემთხვევაში (მაღალი ტემპე-
რატურების გამოყენების პირობებში) თერმოდინამიკის დიდ გავლენას ახდენს შრობისას
ტენის მიგრაციის პროცესზე. აღნიშნული თეორიის მიხედვით შრობის მაქსიმალური ეფექტი
(თხევადი ტენის გადატანა პროდუქტის შიგა ფენებიდან ზედაპირისაკენ) მიიღწევა იმ შემ-
თხვევაში, როდესაც ტენგამტარობისა და თერმოდინამიკის მიმართულებები ერთმანეთს
ემთხვევა. პროდუქტის კონვექციით გაცხელების შემთხვევაში ტემპერატურა და სითბო ვრცე-
ლდება გარე ზედაპირიდან შიგა ფენებისაკენ. შესაბამისად, თერმოდინამიკის მიმარ-
თულია პროდუქტის გარე ზედაპირიდან შიგა ფენებისაკენ მაშინ, როდესაც ტენგამტარობა
მიმართულია შიგა ფენებიდან გარე ზედაპირისაკენ. ტენგამტარობისა და თერმოდინამი-
კის ურთიერთსაპირისპირო მიმართულება ამუხრუჭებს ტენის მიგრაციის პროცესს და
ამცირებს შრობის სიჩქარეს. აღნიშნული მოვლენის თავიდან აცილების მიზნით ა. ლიკოვის
მიერ შემოთავაზებული იყო შრობის ოსცილირებული (წყვეტილი) რეჟიმი, როდესაც სითბოს
მიწოდების შეწყვეტის შემდეგ (გაცივების ციკლში) ტემპერატურისა და ტენიანობის გრა-
დიენტები ერთმანეთს ემთხვევა და ამით მიიღწევა ტენის მიგრაციის ინტენსიფიკაცია.

აქედან გამომდინარე, შეიძლება გამოვიტანოთ დასკვნა, რომ შრობის პროცესის ინტენ-
სიფიკაციის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორია ტენგამტარობისა და თერმოდინამიკის
მიმართულებათა ურთიერთდამთხვევა, რაც უნდა განხორციელდეს ნედლეულზე მუშა
აგენტის შესაბამისი ზემოქმედებით. დღეისათვის ცნობილი შრობის მეთოდების განხილვამ
ცხადყო, რომ ნებისმიერი მეთოდი ემყარება შრობის პროცესში ნედლეულის კონტაქტს მუშა
აგენტთან. უმეტეს შემთხვევაში (კონვექცია, ფსევდოგათხვედადებულ ფენაში შრობა და სხვ.)
მუშა აგენტი (ჰაერი) ახორციელებს ნედლეულზე სითბოს მიწოდებას და აორთქლებული

ტენის გამოტანას. შეიძლება ითქვას, რომ შრობის თითქმის ყველა მეთოდი ტენგამტარობისა და თერმოტენგამტარობის ურთიერთსაპირისპირო მიმართულებაზეა დამყარებული, რაც განაპირობებს შრობის პროცესში ტენის ინტენსიური მიგრაციის დამუხრუჭებას. პროდუქტის კონტაქტი მუშა აგენტთან (ჰაერთან) გამორიცხებულია მხოლოდ სუბლიმაციური შრობის შემთხვევაში, როდესაც კამერაში ვაკუუმია შექმნილი. შესაბამისად, შეიძლება გამოვიტანოთ დასკვნა, რომ დღეისათვის ჩვენთვის ცნობილი შრობის მეთოდები ვერ უზრუნველყოფს ნედლეულისაგან ტენის ინტენსიურ მოცილებას.

შრობის პროცესში ნედლეულში შემავალი სასარგებლო ელემენტების შენარჩუნების თვალსაზრისით გასათვალისწინებელია, რომ ტემპერატურის როგორც გაზრდა, ისე შემცირება განაპირობებს ცილების, ცხიმების, ნახშირწყლებისა და სხვა სასარგებლო ელემენტების დაშლასა და თვისებების გაუარესებას. კერძოდ, ტემპერატურის მომატებისას უკვე 70 °C-ზე იწყება ცილების შედედება წყლის გამოყოფით. თერმული დამუშავების პროცესში ცხიმები იშლება გლიცერინად და ცხიმოვან მჟავებად, ხოლო 180 °C-ზე მიიღება მათი წვის პროდუქტები. ნახშირწყლების კლეისტერიზაციის პროცესი 55–60 °C-ზე იწყება და 100 °C-ზე კლეისტერები უკვე სახეზეა. პროდუქტში წყლის არარსებობის შემთხვევაში კი წარმოიქმნება დექსტრინები, რომლებიც მას მოყვითალო-მოყავისფრო შეფერილობას აძლევს. მაღალი ტემპერატურების ზემოქმედება სხვადასხვა ვიტამინზე განსხვავებულია, თუმცა საერთო ჯამში მათი უმრავლესობა კარგავს სასარგებლო თვისებებს. აღსანიშნავია ისიც, რომ, რაც უფრო დიდია ტემპერატურის მნიშვნელობა და მოქმედების ხანგრძლივობა, მით უფრო უარყოფითია მისი გავლენა პროდუქტში შემავალი ელემენტების სასარგებლო თვისებების შენარჩუნებაზე [1, 2, 3].

არსებობს მოსაზრება, რომ ვიტამინები კრიომედეგობით ხასიათდება. მაგრამ კვლევებით დადგენილია, რომ ფერმენტებზე (განსაკუთრებით მეოთხეულ სტრუქტურებზე) დაბალი ტემპერატურებიც უარყოფითად მოქმედებს. მაგალითად, უკვე 4 °C-ზე იცვლება წყლის სიმკვრივე და სიბლანტე, რაც განაპირობებს ბიოპოლიმერების (ცილების) შიგამოლეკულურ რღვევებს და ფუნქციების ცვლილებებს: ირღვევა როგორც ცილის პოლიპეპტიდური ჯაჭვის სიმტკიცე და მისი ცალკეული მონაკვეთების სივრცითი განლაგება, ისე სტრუქტურა და, შესაბამისად, იცვლება თვისებებიც. კვლევებით [4, 5, 6] დადასტურებულია ისიც, რომ გაყინვისას მშრალი ნივთიერებების, შაქრებისა და ორგანული მჟავების შემცველობა მცირდება 5–7 %-ით. შენახვის პროცესში ეს ცვლილებები კიდევ უფრო აშკარაა. როგორც დადგენილია, C ვიტამინი -18 °C-ზე შენახვის შემთხვევაში მცირდება საშუალოდ 20–22 %-ით. ასკორბინის მჟავას დანაკარგები შენახვის ხანგრძლივობის პროპორციულია და იზრდება ლოგარითმული დამოკიდებულებით. B და PP ვიტამინები მედეგია სიცივისადმი და ხანგრძლივი შენახვის პირობებში არ იცვლება, თუმცა შაქრების დანაკარგები გაყინულ მდგომარეობაში შენახვისას შეადგენს 6,4 %-ს. საერთო ჯამში შეიძლება ითქვას, რომ დაბალი ტემპერატურების მოქმედება ამცირებს ვიტამინების და ფერმენტების აქტიურობას.

შესაბამისად, ნედლეულში შემავალი სასარგებლო ელემენტების შენარჩუნების თვალსაზრისით, არასასურველია როგორც ამ ნედლეულის გაცხელება (მაღალტემპერატურული შრობა), ისე მისი გაყინვა (სუბლიმაციური შრობა). ცხადია, დღეისათვის არსებული შრობის მეთოდები ვერ უზრუნველყოფს ვერც ტენის ინტენსიურ მიგრაციას ნედლეულის შიგა ფენებიდან ზედაპირისაკენ (ანუ შრობის პროცესის ინტენსიურად წარმართვას) და ვერც ამ ნედლეულში არსებული ყველა სასარგებლო ელემენტისა და თვისების, ანუ ხარისხის მაქსიმალურ შენარჩუნებას.

აქედან გამომდინარე, სასურველია შეირჩეს შრობის ისეთი რეჟიმი, რომელიც არ მოითხოვს ნედლეულის არც გაცხელებას და არც გაყინვას. ასეთ მეთოდად შეიძლება ჩაითვალოს პროდუქტის შრობა ჩვეულებრივი ტემპერატურის პირობებში წინასწარ მთლიანად გამშრალი მუშა აგენტის (ჰაერის) გამოყენებით.

მეთოდის არსი ისაა, რომ შრობისათვის გამოყენებული უნდა იქნეს ჩვეულებრივი ტემპერატურის მქონე ატმოსფერული ჰაერი, რომელიც საშრობ კამერაში მიწოდების წინ სრულიად გამომშრალი იქნება, ანუ თვით მუშა აგენტი გაშრება გამოყენების წინ. ჰაერის გამოშრობა ხდება მასში არსებული წყლის ორთქლის სრული მოცილების პირობებში. ჰაერიდან მოსაცილებელი ტენის რაოდენობის გასაანგარიშებლად ჰიგროსკოპის საშუალებით განისაზღვრება ატმოსფერული ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა, ხოლო თერმომეტრით – მისი ტემპერატურა. აღნიშნული მონაცემების მიხედვით განისაზღვრება 1 კგ ჰაერის ტენშემცველობა. მიღებული სიდიდით კი შეიძლება განისაზღვროს საშრობ კამერაში მისაწოდებელი ჰაერის საათობრივი მოცულობიდან ასარინებელი წყლის საერთო რაოდენობა

$$G_{\text{წმ.}} = \frac{\rho \cdot V \cdot d}{1000} \text{ კგ/სთ,}$$

სადაც ρ ჰაერის სიმკვრივეა, კგ/მ³;

V – საშრობ კამერაში მისაწოდებელი ჰაერის მოცულობითი ხარჯი, მ³/სთ;

d – ჰაერის ტენშემცველობა, გ/კგ.

მთლიანად ტენგაცილილი, გამშრალი ჰაერი მიეწოდება საშრობ კამერას, სადაც მიმდინარეობს შრობის პროცესი კონვექციური, ვიბრომდულარე ან რომელიმე სხვა მეთოდით.

მაშინ, როდესაც პროდუქტი ტენიანია, გასაშრობი ნედლეულის გარე ზედაპირთან მოხვედრილი ჰაერის ტენიანობა პრაქტიკულად ნულის ტოლია, რაც განაპირობებს ტენიანობათა სხვაობის ხარჯზე პროდუქტის ზედაპირიდან ტენის ძალზე ინტენსიურ გადასვლას მუშა აგენტში. პროდუქტის ზედაპირიდან ტენის აორთქლების პირობებში ზედაპირსა და შიგა ფენებს შორის შექმნილი ტენიანობათა სხვაობა იწვევს ტენის მიგრაციას შიგა ფენებიდან ზედაპირისაკენ. შესაბამისად, პროდუქტში იქმნება ტენგამტარობის გრადიენტი, რომელიც მიმართულია შიგა ფენებიდან გარე ზედაპირისაკენ. ამ შემთხვევაში მუშა აგენტი (ჰაერი) ისეთივე ტემპერატურისაა, როგორც პროდუქტი, ამიტომ თერმოტენგამტარობა არ ფიქსირდება. აქედან გამომდინარე, არ არსებობს ტენგამტარობისა და თერმოტენგამტარობის ურთიერთსაპირისპირო მიმართულებების გრადიენტებიც და სითბოს გადაცემა ხელს არ უშლის ტენის მიგრაციას შიგა ფენებიდან ზედაპირისაკენ, რაც უზრუნველყოფს ამ პროცესის (და მთლიანად შრობის) მაღალ ინტენსიურობას.

აღსანიშნავია ისიც, რომ მუშა აგენტი (ჰაერი) ისეთივე ტემპერატურისაა, როგორც გასაშრობი პროდუქტი. ამიტომ შრობის პროცესში არ ხდება პროდუქტის არც გაცხელება და არც გაცივება, რის გამოც მაღალი და დაბალი ტემპერატურების გავლენა ამ პროდუქტში შემავალ სასარგებლო ელემენტებზე გამორიცხებულია. ეს კი, თავის მხრივ, გამორიცხავს ცილებში, ცხიმებში, ნახშირწყლებში, ფერმენტებსა და სხვა სასარგებლო ელემენტებში ტემპერატურის ცვლილებით გამოწვეულ რაიმე ცვლილებებს, რითაც უზრუნველყოფს პროდუქტის ხარისხის საწყისი მაჩვენებლების მაქსიმალურად შენარჩუნებას.

შრობის წარმოდგენილი მეთოდი, ტემპერატურის თვალსაზრისით, ბუნებრივ შრობას მოგვაგონებს, რადგან არ ხდება ნედლეულის ტემპერატურის ცვლილება. მაგრამ რეალურად მისგან ძალიან განსხვავებულია. ბუნებრივი შრობისას ნედლეული შრება ტენიანი ატმოსფერული ჰაერის დახმარებით, რაც ხანგრძლივი პროცესია და გაცილებით მეტ დროს მოითხოვს. შემოთავაზებული მეთოდის პირობებში კი შრობა მიმდინარეობს აბსოლუტურად ტენგაცილილი მუშა აგენტის (ჰაერის) გამოყენებით. პროდუქტის ტენიანობა უტოლდება ტენ-

შემცველობათა სხვაობას მუშა აგენტსა და პროდუქტს შორის. შესაბამისად, შრობის პროცესის მამოძრავებელი ძალა, ანუ ტენშემცველობათა სხვაობა, პროცესს მნიშვნელოვნად აჩქარებს. ამასთან, პროდუქტის საბოლოო ტენიანობა, საჭიროების შემთხვევაში, შეიძლება დაყვანილ იქნეს მუშა აგენტის ტენიანობამდე, ანუ, პრაქტიკულად, ნულამდე.

დასკვნა

ამრიგად, წარმოდგენილი მეთოდი, რომელიც გასაშრობი პროდუქტის ტემპერატურის მქონე მთლიანად ტენგაცლილი მუშა აგენტით (ჰაერით) პროდუქტის შრობას ითვალისწინებს, ერთდროულად უზრუნველყოფს როგორც შრობის პროცესის ინტენსიფიკაციას, ისე გასაშრობ პროდუქტში შემავალი სასარგებლო ელემენტების მაქსიმალურად შენარჩუნებას. აღნიშნული მეთოდის გამოყენება არ მოითხოვს არსებული საშრობი მოწყობილობების გადაკეთებას. საჭიროა მხოლოდ ამ საშრობი მანქანებისათვის მუშა აგენტის მოსამზადებელი ისეთი მოწყობილობის შერჩევა, რომელიც უზრუნველყოფს ამ მუშა აგენტიდან ტენის სრულ მოცილებას.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. <https://foodteor.ru/.../143-vlijanie-temperatury-na-obrab>.
2. www.takzdorovo.ru/.../kak-razrushautsya-pitatelnye-ves.
3. www.missfit.ru/likbez/teplovay_obrabotka/
4. <https://books.ifmo.ru/file/pdf/1212.pdf>
5. <https://www.prosushka.ru> › ... › Сублимационная сушка
6. www.comodity.ru/agricultural/branchstructure/11.html

NEW METHOD FOR DRYING OF FOOD PRODUCTS

G. Gugulashvili, T. Isakadze, L. Papava, E. Sadaghashvili, M. Razmadze

(Georgian Technical University)

Resume: There is considered process of drying of products. There is shown, that the existing known methods of drying do not provide high intensity of evaporation of moisture from the product, preservation of all useful elements and properties of a product. There is presented the new method of drying of products, at which free air with the temperature, the equal temperature of a product, which before giving in a drying chamber, is exposed to the complete withdrawal of everything, the moisture, which is available in it is used and offered. The flatness of temperatures of a product and working substance excludes possibility of destruction of the useful elements and change of their properties, the bound to change of temperature. Use for drying of absolutely dehydrated working substance provide possibility of carrying out process of drying due to difference of humidity, i.e. in the conditions of moisture pro-water content, than the high intensity of process is reached. At the same time, the possibility of the maximal decrease of humidity of a product appears in view of the fact, that the humidity of a product always seeks for achievement of humidity of working substance.

Key words: drying; humidity; temperature; useful elements; working substance.

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

НОВЫЙ МЕТОД СУШКИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Гугулашвили Г. Л., Исакадзе Т. А., Папава Л. Т., Садагашвили Э. З., Размадзе М. Д.

(Грузинский технический университет)

Резюме. Рассмотрен процесс сушки продуктов. В этом процессе существующие известные методы не обеспечивают ни высокую интенсивность испарения влаги из продукта, ни сохранение всех полезных элементов и свойств продукта. Предложен такой метод сушки продуктов, при котором используется атмосферный воздух с температурой, равной температуре продукта, который перед подачей в сушильную камеру, подвергается полному отводу всей, имеющейся в нем влаги. Равность температур продукта и рабочего агента исключает возможность разрушения полезных элементов и изменения их свойств, связанных с изменением температуры. Использование для сушки абсолютно осушенного рабочего агента обеспечивает возможность проведения процесса сушки именно за счет перепада влажностей, т.е. в условиях влажностности, чем достигается высокая интенсивность процесса. При этом, появляется возможность максимального уменьшения влажности продукта ввиду того, что влажность продукта всегда стремится к достижению влажности рабочего агента.

Ключевые слова: влажность; полезные элементы; рабочий агент; сушка; температура.