

## ASPECTE TEHNOLOGICE ALE USCĂRII CONVECTIVE A FRUCTELOR DE CAIS

A. Lupașco, G. Dicusar, O. Lupu, A. Moșanu  
Universitatea Tehnică a Moldovei

### INTRODUCERE

Una din sarcinile de bază ale industriei producătoare în condițiile actuale este creșterea continuă a productivității și îmbunătățirea calității producției finite.

Dezvoltarea stabilă a industriei Republicii Moldova depinde de nivelul de dezvoltare a sectorului agrar-industrial, care are o pondere mai mare în comparație cu alte ramuri. Un loc important în acest domeniu îl ocupă industria de prelucrare a fructelor. Moldova este bogată în fructe de caise, care pot fi utilizate cu succes în industria de cofetărie, dar pentru aceasta e necesară crearea tehnologiei respective.

Au fost desfășurate investigații în scopul elucidării influenței diverselor metode de uscare asupra calității caiselor uscate, care, după cum se știe, se caracterizează prin proprietăți gustative înalte, printr-o componentă largă de vitamine și minerale.

### 1. BAZELE TEORETICE ALE USCĂRII CONVECTIVE

După cum se știe, în cazul uscării convective căldura se transmite produsului de uscare prin intermediul unui agent termic. Baza teoriei de uscare o reprezintă legitățile de transfer de căldură și de masă în materialele umede la existența transformărilor de fază.

Teoria modernă de transfer de căldură și masă intern în corpurile umede ca un șir de fenomene termodinamice nestaționare ireversibile, legate organic între ele, derulându-se sub acțiunea unor forțe termodinamice.

În baza legilor teoriei lui A. Lîkov de transfer de căldură și masă [1,2] s-a obținut un sistem de ecuații diferențiale de transfer de căldură și masă în materialele umede la existența transformărilor de fază cu evidența transferului convectiv a căldurii antrenate de fluxul vaporilor și a lichidului din material. Sistemul ecuațiilor diferențiale care descriu procesele elementare menționate are următoarea formă:

$$c\rho_0 \frac{\partial t}{\partial \tau} = - \operatorname{div} J_q + \varepsilon \rho_0 \frac{\partial U}{\partial \tau}, \quad (1)$$

$$\rho_0 \frac{\partial U}{\partial \tau} = - \operatorname{div} J_m, \quad (2)$$

unde:  $c$  este capacitatea termică specifică a materialului umed, J/(kg·K);  $\rho_0$  – densitatea substanței uscate, kg/m<sup>3</sup>;  $r$  – căldura specifică a transformării de fază, J/kg;  $\varepsilon$  – criteriul transformării de fază;  $J_q$ ,  $J_m$  – reprezintă, respectiv, legitatea de transfer de căldură și masă;  $U$ ,  $\tau$  și  $t$  – respectiv umiditatea materialului, timpul de uscare și temperatura la care se desfășoară procesul de uscare.

### 2. DESCRIEREA INSTALAȚIEI EXPERIMENTALE ȘI METODA CERCETĂRII CINETICII PROCESULUI DE USCARE A CAISELOR

#### 2.1. Caracteristica generală a instalației de uscare

Pentru a avea o imagine mai amplă privind procesele de transfer de căldură și masă care decurg în interiorul fructelor la uscarea lor cu diferite metode ale aportului de energie este necesară existența curbelor de uscare și vitezei de uscare.

În scopul obținerii acestor dependențe a fost proiectată și construită o instalație experimentală de laborator. Această instalație dă posibilitate de a cerceta cinetica procesului de uscare a caiselor atât prin metoda convectivă, metoda curenților de frecvență înaltă, cât și prin ambele metode concomitent. În această lucrare se examinează doar uscarea caiselor prin metoda convectivă.

Cercetările s-au realizat cu ajutorul unei instalații, care include camera de uscare, caloriferul electric, alimentatorul cu agent termic și aparatul de măsurare.

Măsurarea temperaturii probei s-a efectuat cu o termocuplă crom-copel. Temperatura agentului termic s-a menținut constantă cu ajutorul unui sistem de reglare automată.

Viteza agentului de uscare în perioada efectuării experimentelor s-a menținut constantă și a fost determinată din condiția de antrenare minimă a particulelor de caise. Această viteză s-a fixat cu micromanometrul MMH.

## 2.2. Metoda înregistrării scăderii de masă a fructelor de caise

Pentru excluderea erorilor înregistrării diferenței de masă a probei în experiențe a fost utilizată balanța mecanică de tip VNȚ – 200 cu sensibilitatea de  $\pm 2\text{g/div}$  și precizia de  $\pm 5\%$ .

Celula de lucru de formă unui condensator coaxial încărcat cu caise s-a suspendat de balanță prin intermediul unei suspensii speciale și dădea posibilitate de a măsura scăderea de masă în continuu și peste un anumit interval de timp masa finală a produsului finit se determina anticipat prin calcul cu ajutorul formulei [3]:

$$M_2 = M_1 \cdot \frac{100 - W_1}{100 - W_2}, \quad (3)$$

unde:  $M_1$ ,  $M_2$  este masa inițială și finală a produsului, g;  $W_1$ ,  $W_2$  – umiditatea inițială și finală, %.

În baza rezultatelor obținute s-au trasat curbele de uscare. Curbele vitezei de uscare s-au determinat prin diferențierea discretă a funcțiilor tabelate conform relațiilor [4]:

$$\frac{dW}{d\tau}(W_0) = \frac{\sum_{m=-p}^p m \bar{W}_m}{n \sum_{m=-p}^p m^2}, \quad (4)$$

în care  $\frac{d\bar{W}}{d\tau}(W_0)$  este valoarea vitezei de uscare aferentă umidității medii a produsului, în %/s;  $\bar{W}_m$  - valoarea medie a conținutului de umiditate (în intervalul  $n$ ) până și după momentul în care conținutul de umiditate a fost  $W_0$ , în %:  $m = -2; -1; 0; 1; 2$ .

Valoarea vitezei de uscare pentru primele și ultimele două puncte s-a determinat cu formulele:

pentru primul punct

$$\frac{\partial W}{\partial \tau}(W_0) = \frac{-21W_1 + 13W_2 + 17W_3 - 9W_4}{20n};$$

pentru al doilea punct

$$\frac{\partial W}{\partial \tau}(W_1) = \frac{-21W_2 + 13W_3 + 17W_4 - 9W_5}{20n};$$

pentru penultimul punct

$$\frac{\partial W}{\partial \tau}(W_{n-1}) = \frac{-11W_{n-5} + 3W_{n-4} + 7W_{n-3} + W_{n-2}}{20n};$$

pentru ultimul punct

$$\frac{\partial W}{\partial \tau}(W_n) = \frac{-11W_{n-4} + 3W_{n-3} + 7W_{n-2} + W_{n-1}}{20n} \quad (5)$$

Variabilele corespund celor din (4).

## 2.3. Cercetarea cineticii procesului de uscare a caiselor

Cinetica procesului s-a studiat folosind aerul încălzit ca agent termic. Toate experimentele au fost efectuate la o viteză a agentului termic egală cu 0,65m/s.

Figura 1 reprezintă curbele uscării  $W = f(\tau)$

și figura 2 – viteza uscării  $\frac{\partial W}{\partial \tau} = f(W)$ .

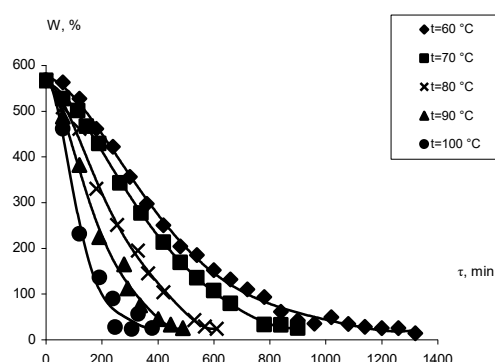
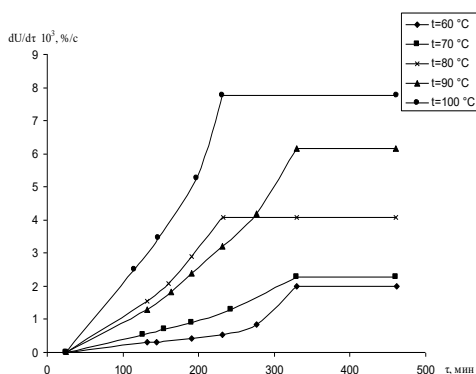


Figura 1. Curbele uscării convective a fructelor de caise

Temperatura agentului termic a fost de 60, 70, 80, 90 și 100°C. Din grafice (figura 1) se observă, că durata procesului de uscare a caiselor depinde, în mare măsură, de temperatura agentului termic. Rezultă, că durata dehidratării caiselor scade considerabil cu creșterea temperaturii agentului termic.



**Figura 2.** Curbele vitezei de uscare a fructelor de caise

Astfel, la temperatura de 60°C uscarea, însoțită de micșorarea umidității (la s.u.) de la 567% până la 25%, a durat 1317 min, însă la temperatura de 100°C durata a scăzut la 370 min.

Analiza curbelor prezentate mai sus demonstrează că la utilizarea convectivă se adevăresc noțiunile practice și teoretice existente în ce privește mecanismul transferului de masă în

procesul de uscare. Ca și în sursele citate se evidențiază trei perioade: cea de creștere, vitezei constante și a celei variabile.

Mărirea temperaturii agentului termic este însoțită de creșterea valorii maxime a vitezei de uscare, care sunt prezentate pe figura 2. Astfel, la temperatura de 60°C viteza maximă de uscare este de  $14,55 \cdot 10^{-3}$  %/s, iar la temperaturile 70, 80, 90 și 100°C, respectiv:  $16,29 \cdot 10^{-3}$  %/s,  $23,17 \cdot 10^{-3}$  %/s,  $25,07 \cdot 10^{-3}$  %/s și  $26,90 \cdot 10^{-3}$  %/s. Cu majorarea temperaturii de la 60°C până la 100°C viteza de deshidratare crește de 1,9 ori.

La conținutul mai redus de umiditate transferul de apă are loc preponderent sub formă de aburi. Astfel este înlăturată apa legată prin legăturile de absorbție. În perioada a doua forma curbei de uscare depinde de structura materialului care și determină mecanismul de migrare a apei. Pe baza datelor obținute au fost calculați coeficienții vitezei de uscare în I  $K_1$  și II perioadă  $K_2$  [2]. În tabelul 1 sunt prezentate temperatura uscării  $t^{\circ}\text{C}$ , umiditatea critică  $W_{cr}, \%$ , vitezele uscării în I-a perioadă,  $dW/dt, \%/min$ , durata încălzirii  $\tau_{inc}, min$ , și uscării în ambele perioade  $\tau_1$  și  $\tau_2, min$ .

Tabelul 1

No	$t^{\circ}\text{C}$	$W_{cr}, \%$	$dW/dt \cdot 10^3, \%/s$	$K_1, \%/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$	$K_2 \cdot 10^6, \text{s}^{-1}$	$\tau_{inc}, min$	$\tau_1, min$	$\tau_2, min$	$\tau_{tot}, min$
1	60	325	14,55	50,96	1,3	100	899	328	1317
2	70	325	16,29	51,73	1,6	92	621	161	874
3	80	235	23,17	54,96	1,7	71	402	137	610
4	90	325	25,07	56,98	2,4	60	328	92	480
5	100	235	26,90	58,02	3,0	42	268	60	370

Este cunoscut [3], că transferul de masă și căldură în procesul de uscare a caiselor prin metoda convectivă este determinat de acțiunea a celor doi gradienti: gradientul de temperatură și cel de umiditate. Orientarea opusă a gradientului de umiditate și a celui de temperatură prezintă un dezavantaj al uscării convective, deoarece conductibilitatea termică de apă împiedică procesul de uscare. Astfel poate fi explicată durata majorată a uscării convective.

Și ca urmare, putem să facem concluzie, că uscarea convectivă la temperatură majorată este mai avantajoasă, totodată obținând produs uscat a fructului de caise de calitate înaltă.

### Bibliografie

1. Lykov A., Mihailov Ū. *Teoria perenosa energii i vešestva. Minsk, AN BSSR, 1959. – 330p.*
2. Lykov A. *Teoria suški. – M.: Energiâ, 1968.-470p.*
3. Ghinzburg A. *Osnovy teorii i tehniki suški piševykh produktov. –M.: Piševaâ promyšlennosti, 1973.- 528p.*
4. Lancoș K. *Matematicheskie metody prikladnogo analiza. –M.: Fizmatgiz, 1961, - 524p.*