

USCAREA SORIZULUI PRIN METODA CONVECTIVĂ CU APLICAREA MICROUNDURILOR

A. Dodon

Universitatea Tehnică a Moldovei

INTRODUCERE

O mare importanță în dezvoltarea progreselor tehnico-științifice la început de mileniu pentru Republica Moldova, au activitățile în sectorul agroindustrial, și anume ramura de prelucrare a cerealelor. Produsele cerealiere ocupă un loc de frunte în alimentația omului. Din gama largă de cereale o deosebită importanță o au crupele, fiind produse prețioase cu o valoare nutritivă înaltă, bogate în substanțe minerale și proteine. Pentru diversificarea gamei de produse alimentare, un moment important este elaborarea tehnologiei de producere a produselor cu fierbere redusă (concentrate alimentare).

Rolul concentratelor alimentare crește considerabil, ele devenind produsele veacului modern, deoarece ele posedă valoare biologică înaltă, proprietăți gustative deosebite, asimilare bună a substanțelor nutritive, cheltuieli reduse de transport și au o durată mai îndelungată de păstrare. Avantajul de bază al concentratelor alimentare este pregătirea rapidă a bucatelor din ele.

Un interes deosebit pentru cercetare au provocat crupele de soriz (orez moldovenesc), un nou soi din grupa cerealelor amidonoase, selectat de savanții de la Institutul de Cercetări Științifice Porumbeni. Actualmente în țară sorizul a început să se cultive în proporții industriale. Iată de ce problema conservării și valorificării lui este de importanță vitală.

1. MATERIALE ȘI METODE

Eta finală și cea mai principală a procesului tehnologic de prelucrare a crupelor de soriz în concentrate alimentare este **uscarea**, de aceea alegerea corectă a metodei de uscare a crupelor fierte apreciază în mare măsură valoarea și calitatea produsului finit. O preocupare deosebită și un interes practic reprezintă utilizarea metodelor netradiționale de uscare. Actualmente se atrage atenție metodelor electromagnetice de uscare prin radiație și prin conducție. Utilizarea câmpului electromagnetic cu unde de frecvență supraînaltă (SHF) permite intensificarea procesului de uscare a

produselor [1, 2]. Uscarea în SHF se bazează pe încălzirea dielectricilor prin efect de polarizare, care permite încălzirea volumică uniformă și perfect controlabilă pe baza transformării energiei electromagnetice în căldură. Efectul acestei metode constă în realizarea unei viteze mai mari de uscare. Această metodă de uscare posedă un șir de avantaje, dar pînă în prezent nu s-au elaborat baze științifice, în special pentru crupe. Totodată, lipsește analiza profundă a transferului de masă și căldură, care se desfășară în produsele supuse uscării.

În scopul reducerii consumului de energie și obținerii unui produs cu indici de calitate înalți, procesul de uscare a crupelor de soriz s-a realizat prin combinarea metodei convective cu cea prin radiație. Pentru determinarea regimului tehnologic optimal au fost efectuate cercetări a cineticii procesului de uscare, care s-au realizat la instalația de laborator prezentată în figura 1.

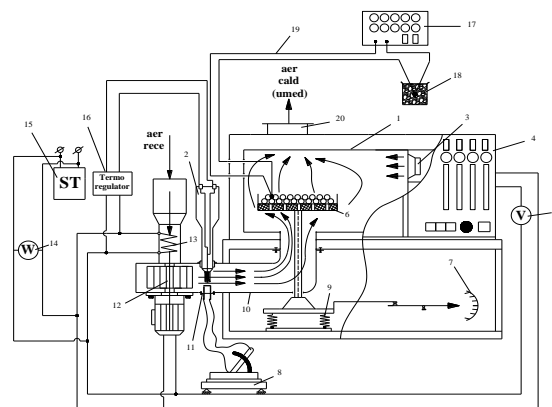


Figura 1. Instalația de laborator pentru studierea cineticii procesului de uscare a crupelor fierte de soriz: 1 – camera de uscare; 2 – termometru de contact; 3 – magnetron; 4 – panou de comandă; 5 – voltmetru; 6 – suport perforat; 7 – cântar mecanic; 8 – micromanometru; 9 – contragreutate; 10 – conducta de aer; 11 – tub piezometric de nito; 12 – ventilator; 13 – calorifer; 14 – contor; 15 – stabilizator de tensiune; 16 – termoregulator; 17 – potențiomteru; 18 – vas Dhiuar; 19 – termocuplu; 20 – gura de evacuare a vaporilor

Instalația de uscare, construită în baza cuptorului cu microunde cu puterea nominală de 1,5 kw, este compusă din camera de uscare, unde este

amplasat suportul perforat, unit cu contragreutățile, intrarea și evacuarea agentului de uscare are loc prin conducta de aer. Agentul de uscare este încălzit în caloriferul electric, iar prin intermediul ventilatorului este refulat din camera de uscare.

Pentru investigații au fost utilizate crupe de soriz soiul „Alimentar-1”. Compoziția chimică fiind următoarea: proteine-10,62%, amidon-74,2%, glucide-0,27%. Umiditatea inițială a fost 12,8%. Mostrele de crupe crude au fost supuse tratării hidrotermice, astfel obținând crupă fiartă, care a urmat să fie uscată.

2. REZULTATE ȘI DISCUȚII

În prima parte experimentală s-a studiat cinetica uscării prin convecție. Uscarea convectivă a crupelor fierte a fost efectuată la instalația de laborator (fig.1), în care viteza agentului de uscare a fost constantă și a constituit 1,1 m/s, iar temperatura a variat de la 60 până la 100°C, intervalul de reglare fiind de 10°C. Masa inițială a crupei fierte luată pentru fiecare experiență a constituit 70 gr. Au fost măsurate temperatura și umiditatea relativă a aerului înainte de intrare în calorifer și după ieșire din instalație.

În figura 2 sunt prezentate curbele de uscare și în figura 3 curbele vitezei de uscare la temperaturile agentului de uscare 60-100°C. Caracterul curbelor de uscare arată, că ele corespund curbelor teoretice, pentru corpurile capilar-poroase [3]. Observăm că cu creșterea temperaturii agentului de uscare de la 60 până la 100°C durata procesului se micșorează de 1,5 ori.

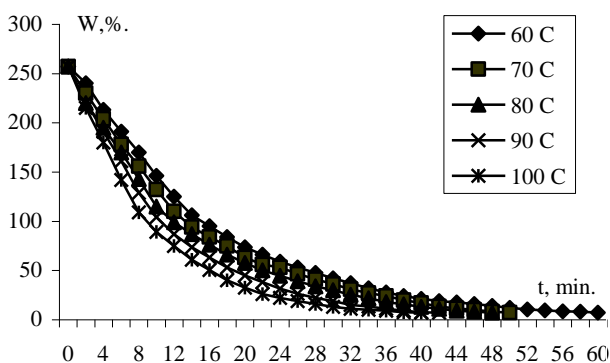
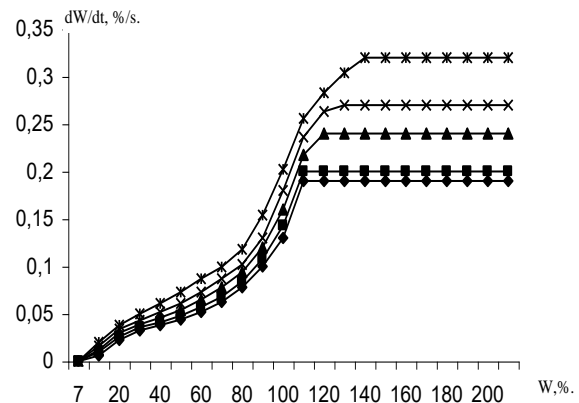


Figura 2. Curbele de uscare a crupelor fierte de soriz cu aplicarea microundelor.

Procesul de uscare convectivă, constă din două perioade. Prima perioadă este cu viteza constantă de și constituie în mediu 30% din durata totală a procesului de uscare. Valoarea vitezei maxime, după cum se vede din grafice se mărește odată cu creșterea temperaturii agentului de uscare.

Așa dar la $t=60^{\circ}\text{C}$, viteza este egală cu 0,19 %/sec, iar la $t=70,80,90,100^{\circ}\text{C}$ corespunzător 0,2; 0,24;



0,27; 0,32%/sec. După cum se observă viteza de **Figura 3.** Curbele vitezei de uscare a crupelor fierte de soriz cu aplicarea microundelor.

uscarea se mărește de 1,7 ori.

Când umiditatea ajunge valoarea critică, începe a doua perioadă de uscare ce se caracterizează printr-o viteză descrescândă și forma curbei în această perioadă depinde de structura materialului care și determină mecanismul de migrare a apei.

În a doua parte experimentală s-a realizat uscarea prin metoda combinată a crupei fierte de soriz, unde s-au efectuat concomitent două procese: convecție, la cinci regimuri de temperatură a agentului termic de uscare în limitele de la 60 °C până la 100 °C (cu pasul de 10 °C) și încălzire dielectrică la nivelul de putere magnetronului 25, 50, 75 și 100 % N.

În toate experiențele, viteza aerului cald a fost egală cu 0,17 m/s. Scăderea de masă s-a înregistrat peste fiecare două minute. În procesul uscării, umiditatea crupelor s-a micșorat de la 72 % până la 7%. Rezultatele experimentale obținute la cercetarea cineticii procesului de uscare combinat se prezintă în tabelul 1.

La aplicarea câmpului electromagnetic cu unde SHF intensitatea procesului crește semnificativ. De exemplu, dacă studiem atent datele din tabelul 1 observăm următorul tablou: la temperatura de 60 °C și la nivelul de putere de 25 % din puterea nominală a magnetronului, durata procesului de uscare a constituit 52 min, astfel conținutul de umiditate inițială s-a redus de la 225 % până la cea finală de 7 %, însă la temperatura de 100 °C la același nivel de putere durata procesului a constituit 26 minute. Observăm, că durata procesului se reduce în 2 ori. Iar odată cu creșterea puterii magnetronului de la 25 %N până la 100 %N durata procesului de uscare scade, pentru temperatura de 60°C, aproximativ de 2,4 ori, iar

Tabelul 1. Caracteristicile cinetice ale procesului de uscare a crupei fierte de soriz prin metoda combinată.

Nr.	$t, ^\circ\text{C}$	$u_{cr},$ %	$du/d\tau$ %/s	$K_1,$ $\frac{\%}{s \cdot m^2 \cdot kg/kg_{aerusc}}$	$K_2 \times 10^4,$ s^{-1}	$\tau_1,$ min	$\tau_2,$ min	$\tau_{tot},$ min
P=25%N								
6	60	132	0,192	526	12,9	10,5	41,5	52,0
7	70	128	0,198	543	13,7	10,0	34,0	44,0
8	80	122	0,223	612	16,0	9,5	26,5	36,0
9	90	118	0,271	744	20,7	8,5	19,5	28,0
10	100	115	0,283	777	22,5	8,0	18,0	26,0
P=100%N								
21	60	110	0,410	1125	30,8	4,5	15,5	20,0
22	70	97	0,480	1337	38,3	4,0	15,5	19,5
23	80	83	0,520	1427	46,4	4,0	15,0	19,0
24	90	67	0,585	1606	62,9	3,5	15,0	18,5
25	100	58	0,770	2112	101,3	3,0	14,0	18,0

pentru restul temperaturilor 70, 80, 90 și 100°C corespunzător 2,26; 1,89; 1,51 și 1,44. Creșterea puterii magnetronului provoacă și reducerea procesului de uscare. Așa dar ,odată cu mărirea temperaturii agentului de uscare de la 60 până la 100°C viteza procesului de uscare crește de la 0,192%/s până la 0,283%/s corespunzător pentru temperaturile 70,80,90°C viteza este egală cu 0,198; 0,223 și 0,271%/s,deci se mărește de 1,47 ori.

Perioada vitezei constante de uscare a crupelor fierte de soriz (tab.1)pentru temperatura de 60°C este de aproximativ 15% din durata totală a procesului, iar perioada vitezei descrescânde este de aproximativ 85 %. Observăm că perioada vitezei constante de uscare și încălzire a crupelor fierte de soriz pentru aceeași temperatură de 60°C este de aproximativ 20% din durata totală a procesului, iar perioada vitezei descrescânde este de aproximativ 80 %. De aici rezultă că la modificarea parametrilor procesului de uscare durata primei perioade se mărește de aproximativ în 1,3 ori, iar durata perioadei a doua se micșorează în 1,5 ori.

Așa deci ,sa constatat că cu creșterea puterii magnetronului de la 25%N, până la 100%N valoarea creșterii vitezei maximale, ce corespunde unei și aceleași temperaturi ale agentului de uscare, este variabilă. Așa pentru temperatura agentului de uscare 60°C valoarea creșterii vitezei maximale în comparație cu viteza la puterea magnetronului minimală a constituit corespunzător puterilor 1,33; 1,51 și 2,14 ori, iar pentru temperatura 100°C – 1,30; 1,65 și 2,72 ori.

Dacă de comparat datele de deshidratare la temperatura și puterea magnetronului minimală (60°C și nivelul de putere 25 %N.), cu temperatura și puterea magnetronului maximală (100°C și nivelul de putere 100%N), atunci procesul de deshidratare de la 225 % până la 7 % s-a redus de două ori. Acest fapt dovedește că viteza de încălzire

în straturile interioare este foarte rapidă și umezeala nu reușește să se transforme în abur ,astfel se petrece ca un proces de filtrare prin carcasa corpului celular a sorizului. Aceiași situație observăm și la utilizare agentului termic de 100°C.În timpul uscării sorizului la aplicarea aportului de căldură combinat intensitatea de deshidratare crește proporțional temperaturii aerului cald și puterii magnetronului.

Așa dar la temperatura de 60°C și puterea magnetronului de 25 %N ea a constituit 0,192 %/s, iar la temperatura 100°C și puterea magnetronului de 100 %N ea a crescut până la 0, 770%/s, adică s-a mărit de aproape 4 ori.

Rezultatele cercetărilor procesului de uscare a crupelor de soriz prin convecție și combinată (convecție cu microunde) au demonstrat că sorizul este un sistem compus .Caracterul procesului de uscare, reflectat de curbele de uscare, curbele vitezei de uscare se bazează, în general, pe proprietățile fizico-chimice și structural-mecanice ale materialului, de care depind formele de legătură a umidității cu materialul, de fenomenul de difuzie, de asemenea, de metoda aportului de energie. Durata procesului de deshidratare a sorizului de la umiditatea de 72% până la cea de 7% la uscare prin convecție la temperatura agentului de uscare de 100 °C a constituit 42 min. Iar la aplicarea microundelor în combinație cu uscare prin convecție la aceeași temperatură a agentului de uscare și 100% din puterea nominală a magnetronului a fost de 18 min. Tot pentru aceste cazuri putem caracteriza și viteza de uscare ,care odată ce mărirea temperaturii crește de la 0,32 %/sec. până la 0,770 %/sec, adică sa mărit de aproximativ. În comparație cu viteza de uscare minimală de 0,19 %/sec ea s-a mărit de 4 ori. La modificarea temperaturii agentului de uscare de la 60 la 100 °C constanta vitezei de uscare în prima perioadă pentru uscare convectivă crește de 1,86

ori, iar pentru uscarea combinată la nivelul de putere a magnetronului de 100%N - de 1,88 ori. Însă pentru temperatura de 60 °C constanta vitezei de uscare în prima perioadă pentru uscarea combinată la nivelul de putere al magnetronului de 100%N crește față de uscarea convectivă de 4,73 ori și pentru temperatura agentului de uscare 100°C de 4,76 ori. Totodată pentru temperatura agentului de uscare 100°C, constanta vitezei de uscare în a doua perioadă crește de 10,3 ori, pentru uscarea combinată la P=100%N față de uscarea convectivă.

Analiza modificării constantelor vitezei de uscare demonstrează că uscare mixtă a sorizului influențează semnificativ asupra transferului de căldură și masă. O încălzire mai rapidă se urmărește la aplicarea curenților lor de frecvență supraînaltă.

Datele experimentale privind înregistrarea consumului de energie pentru uscarea convectivă și combinată (convecție+SHF) a crupei de soriz sunt prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2. Consumul de energie electrică Q, kw·h/kg_{ap.ev.} pentru uscarea convectivă și combinată (convecție+SHF) a crupei fierte de soriz.

Puterea, SHF,%N	Temperatura agentului de uscare, °C				
	60	70	80	90	100
0(convecție)	37	35	32	25	20
25	26,5	22,4	18,4	14,3	13,3
100	13,0	12,6	12,2	10,8	10,4

Transferul de masă și căldură în procesul de uscare a crupelor fierte de soriz prin metoda convectivă este determinat de acțiunea gradientilor de temperatură și de umiditate, deoarece gradientul de temperatură la uscarea convectivă este îndreptat de la exterior spre interiorul produsului, iar cel de umiditate din interior spre exterior [3]. Astfel, poate fi explicată durată majorată a uscării convective, și prin urmare consumul majorat de energie electrică, Q. În acest caz, la temperatura agentului termic de uscare 60°C consumul de energie electrică Q a fost de 37 kW·h/kg_{ap.ev.}, iar la 100°C de 20 kW·h/kg_{ap.ev.}, adică consumul de energie electrică s-a micșorat de 1,8 ori. Pentru uscarea combinată (convecție+SHF) gradientul de temperatură și gradientul de umiditate sunt îndreptați în aceeași direcție, din interior spre exterior. Aceasta explică faptul că la uscarea combinată durată de uscare este mai scurtă față de durată de uscare la uscarea convectivă și deci consumul de energie va fi mai mic. Din tabelul 2 observăm că consumul de energie scade odată cu creșterea nivelului de putere al magnetronului de la 25 la 100%N, pentru temperatura de 60°C de 2,03

ori, iar pentru restul temperaturilor 70, 80, 90 și 100°C, corespunzător de 1,78; 1,51; 1,32 și 1,28 ori.

Rezultatele experimentale obținute evidențiază relația dintre consumul de energie Q și cei doi parametri modificați în timpul experimentelor: temperatura agentului termic de uscare, t și nivelul de putere al magnetronului, N.

Efectuând o comparație între uscarea convectivă și combinată, nivelul de putere al magnetronului de 100%N, la temperaturile de 60 și 100°C se poate de spus că consumul de energie s-a micșorat la aplicarea curenților SHF, corespunzător de 2,84 și 1,92 ori.

Din tabelul 2 se observă că obținerea unei valori scăzute pentru consumul de energie electrică, presupune utilizarea unui procedeu de uscare în care temperatura agentului termic și nivelul de utilizare a puterii magnetronului sunt caracterizate de valori mari.

3. CONCLUZII

Sistematizarea cercetărilor efectuate privind utilizarea microundelor în procesul de uscare a crupelor fierte de soriz demonstrează, că această tehnologie are câteva avantaje esențiale: Reducerea duratei procesului de uscare cu creșterea fluxului termic; încălzirea uniformă a produsului în tot volumul, nu numai în straturile periferice economisirea surselor electrice.

Astfel metoda de uscarea a sorizului în câmp electromagnetic în combinație cu aerul cald convectiv, o considerăm cea mai optimă, care poate fi folosită ca etapă de bază în tehnologia de producere a concentratelor alimentare din soriz.

Bibliografie

1. **Ginzburg A.S., Savina I.M.** *Maslovlagoobmennye karakteristiki pishchevyh produktov.* M.: Legkaya i pishchevaya promyshlennost', 1982.s.212.
2. **Ginzburg M.E.** *Tehnologiya krupyanogo proizvodstva.* M.: Pishchevaya promyshlennost', 1980.
3. **Lykov A.V.** *Teoriya sushki.* M.: Ènergiya, 1968. – 470s.