

# APLICAREA MICROUNDDELOR LA USCAREA SORIZULUI PRIN METODA CONVECTIVĂ

Doctor habilitat în tehnică, profesor universitar **Andrei LUPAȘCO**

Doctor în tehnică, conferențiar universitar **Adelina DODON**

Universitatea Tehnică a Moldovei

## THE APPLICATION OF MICROWAVES FOR THE CONVECTIVE DRYING METHOD OF SORISS CROUP

**Summary:** In this work the results of the experimental research of soriss croup drying process by means of the convection method and the combining method with using super high – Frequency Currents (SFC) fields have been presented. There have also been calculated the drying process kinetic characteristics: velocities and velocity constants in 1st and 2nd periods. As the result there has been conclude that the SFC fields overlap shortens the duration of drying process and the energy expenditures are reduced.

**Keywords:** soriss croup, drying, dry machines microwaves.

**Rezumat:** Sunt prezentate rezultatele cercetărilor experimentale privind uscarea crupelor de soriz prin metoda convectivă, precum și prin metoda combinată, folosindu-se curenți de frecvență supraînaltă. Sunt calculate caracteristicile cinetice ale procesului de uscare: vitezele și constantele în prima și-n a doua perioadă. S-a demonstrat că suprapunerea microundelor reduce durata uscării și consumul de energie.

**Cuvinte-cheie:** crupe de soriz, uscare, instalație de uscare, caracteristici cinetice ale procesului de uscare, microunde.

## INTRODUCERE

O mare importanță pentru progresul tehnico-științific la început de mileniu în Republica Moldova are cercetarea din sectorul agroindustrial, și anume din ramura de prelucrare a cerealelor. Produsele cerealiere ocupă un loc de frunte în alimentația omului. Din gama largă de cereale se impun în special crupele, acestea fiind produse prețioase cu o înaltă valoare nutritivă, bogate în substanțe minerale și proteine. Pentru diversificarea gamei de produse alimentare, este important de a elabora și promova tehnologii noi și eficiente de producere a produselor cu fierbere redusă (concentrate alimentare).

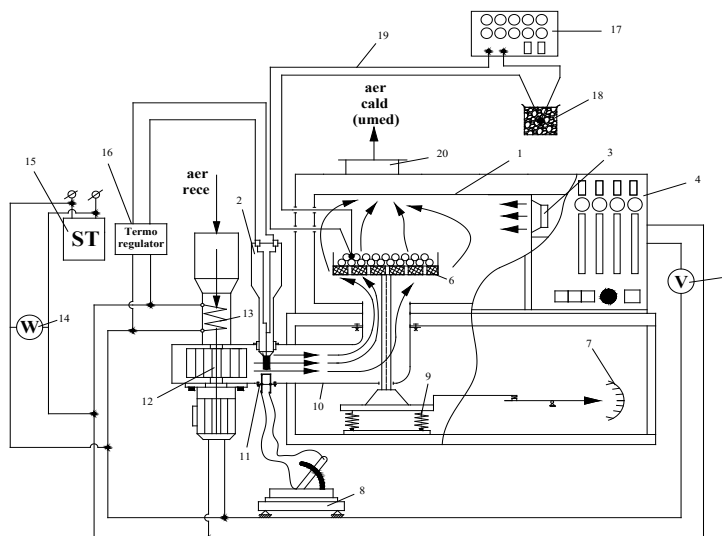
Rolul concentratelor alimentare crește considerabil, ele devenind produsele veacului modern prin valoarea biologică înaltă, proprietățile gustative deosebite, asimilarea bună a substanțelor nutritive, cheltuielile reduse de transport și durata mai îndelungată de păstrare. Avantajul de bază al concentratelor alimentare este pregătirea rapidă a bucatelor din ele.

Un interes deosebit pentru cercetare îl prezintă crupele de soriz (orez moldovenesc), un nou soi din grupa cerealelor amidonoase, selectat de savanții de la Institutul de Fitotehnie Porumbeni. Actualmente în Republica Moldova sorizul a început să se cultive în cantități industriale. Iată de ce problema conservării și valorificării lui este de importanță vitală.

## 1. MATERIALE ȘI METODE

Etapa finală și cea mai principală a procesului tehnologic de prelucrare a crupelor de soriz în concentrate alimentare este uscarea. Iată de ce alegerea corectă a metodei de uscare a crupelor fierte determină în mare măsură valoarea și calitatea produsului finit. O preocupare deosebită și un interes practic reprezintă utilizarea metodelor netradiționale de uscare. Actualmente se acordă 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. Astfel, se reușește obținerea unei viteze mai mari de uscare. Această metodă de uscare posedă un șir de avantaje, dar până în prezent nu s-au elaborat bazele 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



**Figura 1.** Instalația de laborator pentru studierea cineticii procesului de uscare a crupei 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.

determinarea regimului tehnologic optim au fost efectuate cercetări ale cineticii procesului de uscare, care s-au realizat la instalația de laborator prezentată în figura 1.

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” cu următoarea compoziție chimică: proteine – 10,62%, amidon – 74,2%, glucide – 0,27%, umiditatea inițială fiind de 12,8%. Mostrele de crupe crude au fost supuse tratării hidrotermice, astfel obținându-se crupă fiartă, care a urmat să fie uscată.

## 2. REZULTATE ȘI DISCUȚII

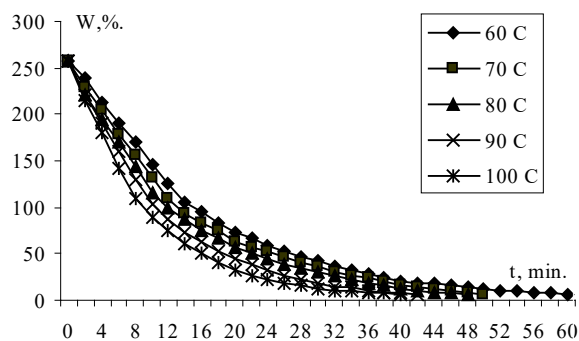
În prima parte experimentală s-a studiat cinetica uscării prin convecție. Uscarea convectivă a crupelelor fierte s-a efectuat la instalația de laborator (figura 1), în care viteza agentului de uscare a fost constantă și a constituit 1,1 m/s, iar temperatura a variat de la 60 până la 100 °C, intervalul de reglare fiind de 10 °C. Masa inițială a crupei fierte folosite pentru fiecare experiență a constituit 70 g. 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 odată cu creșterea temperaturii agentului de uscare de la 60 până la 100 °C, durata procesului se micșorează de 1,5 ori.

Procesul de uscare convectivă constă din două perioade de uscare [4]. Prima perioadă este cu viteza constantă și constituie în medie 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. Prin urmare, la  $t=60$  °C, viteza este egală cu 0,19 %/sec, iar la  $t=70, 80, 90, 100$  °C corespunzător 0,2; 0,24; 0,27; 0,32%/sec.

După cum se observă, viteza de uscare se mărește



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

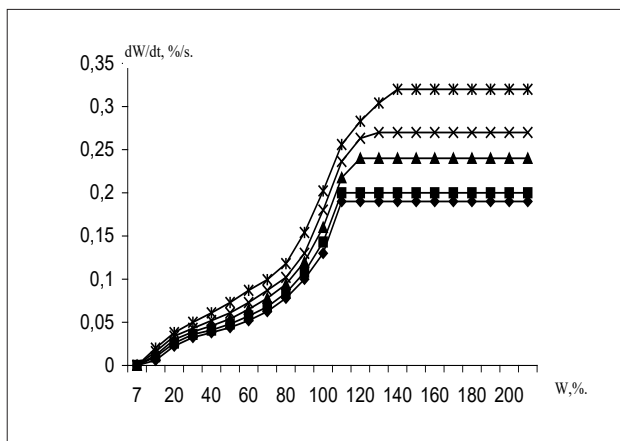


Figura 3. Curbele vitezei de uscare a crupelor fierte de soriz cu aplicarea microundurilor.

de 1,7 ori. Când umiditatea ajunge valoarea critică, începe a doua perioadă de uscare, caracterizată printr-o viteză descrescândă și forma curbei în această perioadă depinde de structura materialului care determină mecanismul de migrare a apei.

În a doua parte experimentală s-a realizat uscarea prin metoda combinată a crupei fierte de soriz, efectuându-se 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 a 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 tratate hidrotermic s-a micșorat de la 72% până la 7%.

La aplicarea câmpului electromagnetic cu unde SHF intensitatea procesului crește semnificativ [5]. Rezultatele experimentale obținute la cercetarea cineticii procesului de uscare combinat se prezintă în tabelul 1.

Analiza datelor iserate în tabelul 1, arată că 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 de două 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 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. Așadar, 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 (tabelul 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 constituie 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 1,3 ori, iar durata perioadei a doua se micșorează de 1,5 ori.

Prin urmare, odată cu creșterea puterii magnetronului de la 25%N, până la 100%N valoarea creșterii vitezei maxime ce corespunde aceleiași temperaturi ale agentului de uscare este variabilă. Astfel, pentru temperatura agentului de uscare 60 °C valoarea creș-

Tabelul 1

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

Nr.	t, °C	u <sub>cr</sub> , %	du/dτ, %/s	K1, % s·m <sup>2</sup> ·kg/kg aer usc.	K2 x 10 <sup>4</sup> , s <sup>-1</sup>	τ <sub>1</sub> , min	τ <sub>2</sub> , min	τ <sub>tot</sub> , min
<b>P=25%N</b>								
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
<b>P=100%N</b>								
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

Tabelul 2

Consumul de energie electrică  $Q$ , kw-h/kg<sub>apă.ev.</sub> 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

terii vitezei maxime în comparație cu viteza la puterea magnetronului minimă 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 e să comparăm 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), constatăm că 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, ca și cum ar avea loc un proces de filtrare prin carcasa corpului celular al sorizului. Aceeași situație observăm și la utilizarea 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. Așadar, 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 crupei 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 și de metoda aportului de energie. Durata procesului de deshidratare a sorizului de la umiditatea de 72% până la cea de 7% la uscarea prin convecție la temperatura agentului de uscare de 100 °C a constituit 42 min. Iar la aplicarea microundelor în combinație cu uscarea 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 crește odată cu creșterea temperaturii, de la 0,32 %/sec. până la 0,77 %/sec. În comparație cu viteza de uscare minimă de 0,19 %/sec, aceasta a crescut de 4 ori. La modifica-

rea temperaturii agentului de uscare de la 60 la 100 °C constanta vitezei de uscare în prima perioadă pentru uscarea 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 uscarea mixtă a sorizului influențează semnificativ asupra transferului de căldură și masă. O încălzire mai rapidă se urmărește la aplicarea curenților 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.

Transferul de masă și căldură în procesul de uscare a crupei 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 durata prelungită 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/kgap.ev., iar la 100 °C de 20 kw-h/kgap.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 durata de uscare este mai scurtă față de durata de uscare la uscarea convectivă și deci consumul de energie va fi mai mic. După cum se observă din tabelul 2, 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 de 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 cea combinată, nivelul de putere al magnetronului de 100%N, la temperaturile de 60 și 100 °C, se poate deduce că la aplicarea curenților SHF consumul de energie s-a micșorat de 2,84 și, respectiv, 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 crupelelor fierte de soriz demonstrează că această tehnologie are câteva avantaje esențiale: reducerea duratei procesului de uscare odată cu creșterea fluxului termic;

încălzirea uniformă a produsului în tot volumul, nu numai în straturile periferice, și economisirea surselor electrice.

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

### BIBLIOGRAFIE

1. Гинзбург А.С., Савина И.М. Маслoвлагообменные характеристики пищевых продуктов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 212 с.
2. Гинзбург М.Е. Технология крупянного производства. – М.: Пищевая промышленность, 1980.
3. Лыков А.В. Теория сушки. – М.: Энергия, 1968. 470 с.
4. Красников В.В. Закономерности кинетики сушки влажных материалов. ИФЖ. 1970. т. 19. №1, с. 34-41.
5. Бородин, И. Электрофизическая интенсификация сушки и обработки агросырья. В: Современные энергосберегающие тепловые технологии (сушка и термовлажностная обработка материалов). – М.: МГАУ, 2002.
6. Генин С.А, Крупяные концентраты не требующие варки. – М: Пищевая промышленность, 1975. 166 с.



Mărțișorul, inclus de UNESCO  
în Lista reprezentativă a patrimoniului cultural imaterial al umanității.