

APLICAREA CÂMPURILOR ELECTROMAGNETICE DE FRECVENȚĂ ÎNALTĂ ÎN PROCESUL DE USCARE A CĂTINII ALBE

M. Răducan

Universitatea Tehnică a Moldovei

INTRODUCERE

Permanent interes deosebit au prezentat problemele utilizării produselor de destinație multiplă: atât alimentară, cât și medico-biologică. În multe cazuri prelucrarea tehnologică a acestor produse presupune și operațiile de uscare a lor. De aceea, pentru astfel de produse este necesară o tratare termică în urma căreia va fi posibilă nu numai obținerea scopurilor tehnologice necesare, dar și a unor efecte utile, capabile să influențeze pozitiv sănătatea consumatorului. Astfel de produs, răspândit pe larg în R. Moldova este și cătina albă.

După cum este menționat în [1], este o plantă medicinală foarte apreciată. Prezența uleiului în fruct și semințe permite de a utiliza cătina albă în scopuri alimentare și de tratament. Uleiul de cătina albă este folosit cu succes la tratarea rănilor corporale, canalului respirator, etc.

Uleiul se extrage din cătina prin două metode cunoscute: prin presare (la cald sau la rece) și prin extracție adăugând uleiuri vegetale ale altor plante.

1. MATERIALE ȘI METODE

Este cunoscut, că prezența umidității în plante diminuează eficiența procesului de extragere a uleiurilor. De aceea, pentru ameliorarea condițiilor de extragere a uleiurilor din astfel de produse, ele prealabil se usucă.

La momentul actual procesul de uscare a cătinii albe, ca regulă, se realizează în uscătoriile naturale fără acțiunea directă a razelor solare. Acest proces de uscare are loc pe suprafețe deschise umbrite. Procesul menționat posedă un șir de dezavantaje esențiale: necesitatea de suprafețe mari; încălzire neuniformă, necesitate în afânare a produsului pe parcursul uscării, poluare înaltă a produsului, apariția macro- și microflorei. Înlăturarea parțială a unora din aceste dezavantaje se poate realiza prin utilizarea unor metode de tratare termică a produselor care pe lângă intensificarea procesului ar permite obținerea și efectului de sterilizare.

Unele perspective în realizarea scopurilor menționate le trasează metoda de uscare cu utilizarea curenților de frecvență înaltă (U.H.F.). Conform concepțiilor teoretice, căldura degajată în

produs sub acțiunea câmpurilor electromagnetice de frecvență înaltă se determină cu formula [2]:

$$P = 0,555 \cdot 10^{-3} \cdot E^2 \cdot f \cdot \varepsilon' \cdot \operatorname{tg} \delta; \text{ KwT/m}^3 \quad (1)$$

în care E este intensitatea câmpului electromagnetic, în KwT/m;

f - frecvența câmpului electromagnetic, în Hz;

ε' - permitivitatea dielectrică relativă;

$\operatorname{tg} \delta$ - tangenta unghiului de pierderi.

Reieșind din formula (1) se observă, că cantitatea de căldură degajată în produs este direct proporțională frecvenței f , intensității E ale câmpului și proprietăților electrofizice ale produsului:

Proprietățile electrofizice ale cătinii albe au fost determinate prin metoda de rezonanță cu concursul a trei măsurări [3]. Determinarea ($\operatorname{tg} \delta$) și (ε') s-a realizat cu ajutorul Q-metrului. Calculul s-a realizat conform metodei perfecționate de prof. A. Lupașco și are forma următoare:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{(Q_2 - Q_3) \cdot C_1}{Q_2 \cdot Q_3 (C_3 - C_3)}; \quad (2)$$

$$\varepsilon' = \frac{C_2 - C_3}{C_0}; \quad (3)$$

în care Q_2 și Q_3 sunt factorii Q ai cătinii albe în regim de rezonanță pentru cazul condensatorului măsurător fără product (Q_2) și pentru cazul condensatorului măsurător cu product (Q_3);

C_1 , C_2 și C_3 - capacitatea conturului în regim de rezonanță pentru cazul când lipsește condensatorul (C_1), condensatorului măsurător fără product (C_2) și pentru cazul condensatorului măsurător cu product (C_3), în pF;

C_0 - capacitatea condensatorului măsurător în vid, în pF.

$$C_0 = 6,95 \cdot \frac{D^2}{d}; \quad (4)$$

în care D este diametrul plăcilor condensatorului, în m;

d - distanța dintre plăcile condensatorului, în m.

Caracterul variației $\operatorname{tg} \delta$ și ε' în funcție de frecvența câmpului electromagnetic a fost determinat în intervalul de frecvențe 15÷45 MHz.

Intensitatea câmpului electromagnetic a fost calculată prin formula [5]:

$$E = \frac{U}{(D_1 - d_1) \ln \frac{D_1}{d_1}}, \quad (5)$$

în care U este tensiunea aplicată plăcilor condensatorului, în V ;

D_1 și d_1 – corespunzător diametrul exterior și diametrul interior al celulei de lucru, în m .

În scopul determinării regimului tehnologic optimal de uscare a cătinii albe prin aplicarea combinată a energiei termice: prin convecție în combinație cu U.H.F. au fost efectuate cercetări a cineticii procesului de uscare. Cercetările s-au realizat la instalația de laborator descrisă în [5].

2. REZULTATE ȘI DISCUȚII

1.1. Uscarea prin convecție

În fig. 1. sunt prezentate curbele de uscare $W=f(\tau)$ ale cătinii albe cu aport de căldură prin convecție la temperaturile agentului de uscare 60, 70, 80, 90, 100 și 110°C. După cum se observă (fig. 1.), durata procesului de uscare a cătinii albe de la umiditatea inițială de 89 % și până la cea finală de 2% în mare măsură este dependentă de temperatura agentului de uscare. Astfel, la temperatura agentului de uscare de 60°C durata uscării a constituit 760 min., iar la temperatura 110°C - 260 min. În acest mod se observă, că cu creșterea temperaturii agentului de uscare durata procesului de uscare a cătinii se reduce.

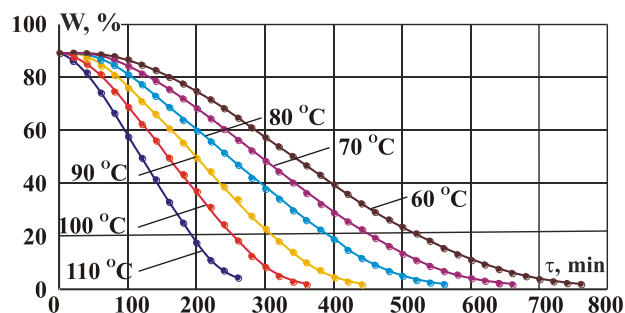


Figura 1. Curbele de uscare ale cătinii albe cu aport de energie prin convecție

Analiza curbelor arată că caracterul lor este practic același și corespunde cu caracterul curbelor descrise în literatură.

Curbele vitezei de uscare (fig.2) ne indică, că pentru procesul de uscare al cătinii albe, ca și pentru toate materiile naturale, sunt caracteristice trei perioade de uscare: perioada de încălzire, apoi perioada cu viteză de uscare constantă și perioada cu viteză de uscare în descreștere.

Conform teoriei lui A.V. Lîcov, pentru sistemele eterogene complexe, către care se referă și produsul nostru, perioada vitezei de uscare în descreștere poate fi divizată în două etape, adică mai apare încă un punct critic în acest sector. După

cum se observă și din grafic, pentru cătina albă de asemenea este caracteristic acest punct.

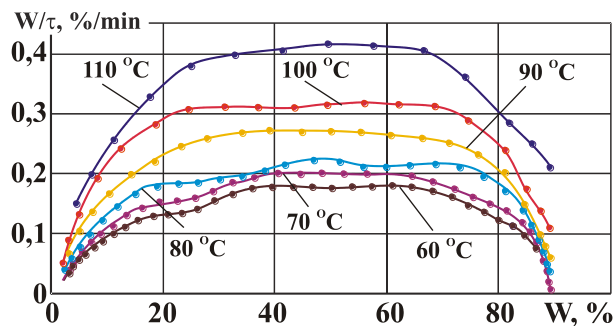


Figura 2. Curbele vitezei de uscare ale cătinii albe cu aport de energie prin convecție

Ca regulă, odată cu creșterea temperaturii agentului de uscare valoarea umidității cătinii, la care apare punctul critic se deplasează în direcția umidității mai mari. Deci, pentru temperatura agentului de uscare 60, 70 și 80°C ea constituie 20, 24 și 30%.

Apariția celui de al doilea punct critic, după cum se vede, este cauzată de prezența în fructele de cătină a cojii dure, elastice greu de pătruns.

La adâncirea zonei de evaporare, ieșirea aburului format este destul de dificilă din cauza cojii. Ca rezultat, în fructele de cătină crește rapid valoarea presiunii, care într-o anumită perioadă de timp conduce la ieșirea umidității.

Cu creșterea temperaturii cătinii până la 110°C punctul de intorsiune practic dispare.

Valoarea vitezei de uscare maxime, după cum se vede din grafic, se mărește odată cu creșterea temperaturii agentului de uscare (fig.2). Așa dar, la temperatura 60°C ea constituie 0,25 %/min, iar la temperaturile 70, 80, 90, 100 și 110°C corespunzător 0,2; 0,22; 0,27; 0,32 și 0,41 %/min.

1.2. Uscarea combinată: prin convecție în combinație cu câmpurile U.H.F.

Studiul parametrilor electrofizici ai cătinii albe au demonstrat că utilizarea energiei U.H.F. poate fi acceptată începând cu umiditatea de 25 la sută. De aceea, până la atingerea acestei umidități cătina s-a uscat numai prin convecție și numai în continuare au fost aplicate câmpurile U.H.F.

Uscarea prin metoda combinată s-a realizat la diferite intensități ale câmpului U.H.F.: 17,8; 22,0; 24,2; 28,2 KV/m.

La aplicarea câmpului electromagnetic de frecvență înaltă intensificarea procesului de uscare crește semnificativ. De exemplu, dacă la intensitatea câmpului electromagnetic $E=17,8$ KV/m și tempe-

ratura de 60 °C (fig. 3.) umiditatea de echilibru a fost atinsă în 120 min., apoi la intensitatea $E=28,2$ KV/m aceeași umiditate se atinge în 90 min., adică procesul de uscare se reduce de 1,3 ori.

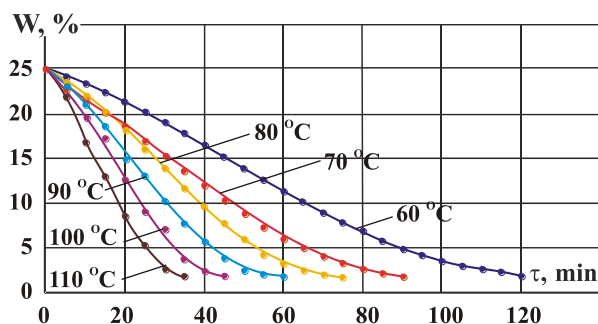


Figura 3. Curbele de uscare ale cătinii albe cu aport de energie combinat (prin convecție+UHF), $E=17,8$ KV/m

Pe curbele vitezei de uscare de observă, că prima perioadă a vitezei de uscare constante practic lipsește. Aceasta se datorează intensității sporite a degajării de căldură.

Creșterea intensității câmpului electromagnetic provoacă și reducerea procesului de uscare. Astfel, în fig. 3 se observă, că la temperatura agentului de uscare 110°C durata procesului de uscare a cătinii albe până la umiditatea finală 2% a constituit pentru $E=17,8$ KV/m 35 min., iar pentru $E=28,4$ KV/m (fig.5) – de acum 25 min. După cum observăm, odată cu creșterea intensității câmpului electromagnetic, durata procesului de uscare se reduce de aproximativ 1,4 ori.

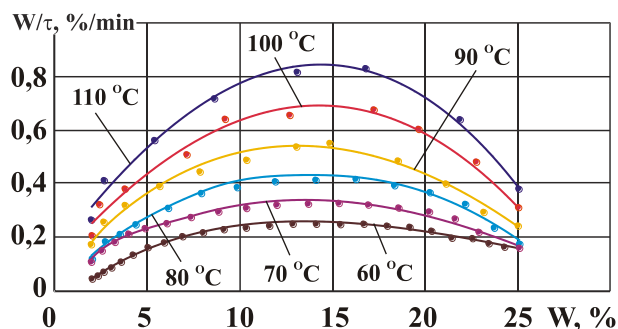


Figura 4. Curbele vitezei de uscare ale cătinii albe cu aport de energie combinat (prin convecție +UHF), $E=17,8$ KV/m

Cu creșterea temperaturii agentului de uscare, duratele procesului pentru unele și aceleași valori ale intensității câmpului electromagnetic se reduc. La intervale de variație a temperaturii agentului de uscare egale cu 10°C, durata de reducere a procesului de uscare nu este constantă. Astfel, pentru intensitatea $E=28,2$ KV/m reducerea duratei procesului de uscare în raport cu temperatura agentului termic de 60°C (fig.5.) a fost de 1,33 ori, pentru 70, 80, 90, 100 și 110 °C corespunzător de 1,28; 1,27; 1,37;

1,33 și 1,20 ori, adică diferențele dintre două cifre vecine nu sunt egale între ele pentru tot spectrul de temperaturi ale agentului de uscare.

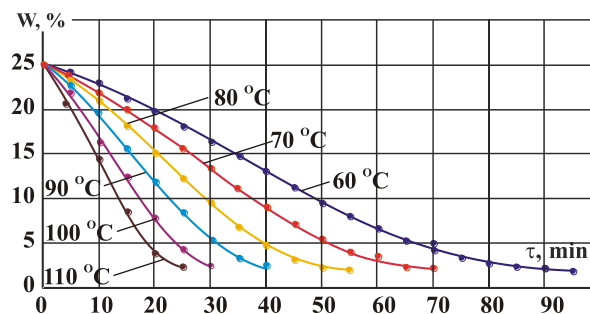


Figura 5. Curbele de uscare ale cătinii albe cu aport de energie combinat (prin convecție+UHF), $E=28,2$ KV/m

După cum se observă, „gradul” de intensificare al procesului de uscare are tendința de a se mări odată cu creșterea temperaturii până la 90°C, iar apoi, la creșterea în continuare a temperaturii, se micșorează. Aceasta se explică prin faptul, că cu creșterea temperaturii materialului, în cazul aplicării câmpurilor electromagnetice de frecvență înaltă crește și gradul lui de polarizare, dar acesta la rândul său mărește cantitatea de căldură internă emanată. Micșorarea intensificării după temperatura de 90 °C corespunde gradului de polarizate.

După cum se observă din fig. 4 și 5 pentru aportul de energie combinat: prin convecție îi în câmp electromagnetic de frecvență înaltă perioada cu viteză constantă practic nu se urmărește. Procesul de uscare decurge doar în perioada vitezei în descreștere.

La intensități mari ale procesului de uscare, care se obțin prin combinarea diferitor tipuri ale aportului de energie cu câmpurile electromagnetice ale curenților de frecvență înaltă, pe curba vitezei de uscare, sectorul ce corespunde vitezei constante de uscare lipsește, viteza de uscare după o creștere rapidă trece lent în perioada vitezei în descreștere (fig. 4 și 6.).

La temperatura constantă a agentului de uscare cu creșterea intensității câmpului electric viteza procesului de uscare se mărește. Așa dar, la temperatura agentului de uscare 70°C și intensitatea câmpului electric de 17,8 KV/m (fig. 4) viteza maximă a procesului de uscare a constituit 0,33%/min, iar la intensitatea câmpului electric 28,2 KV/m și aceeași temperatură a agentului de uscare constituie 0,44%/min (fig. 6). Un astfel de tablou se observă și pentru alte temperaturii ale agentului de uscare. Așa dar, la temperatura 110°C și intensitatea câmpului electric 17,8 KV/m valoarea maximală a vitezei a constituit 0,83 %/min, iar la intensitatea câmpului electric 28,2 KV/m - 1,09 %/min (fig. 6). Pentru temperatura de 80°C intensitatea câmpului electric

17,8 KV/m – corespunzător 0,42 %/min (fig. 4) și 0,57 %/min (fig. 6).

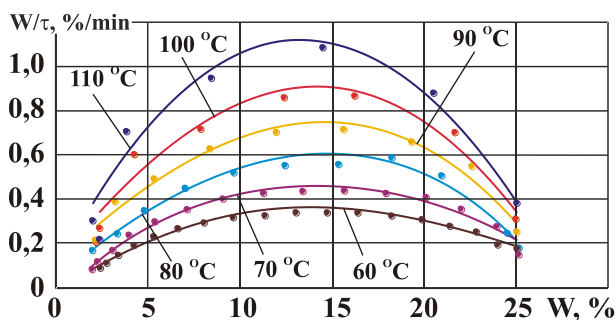


Figura 6. Curbele vitezei de uscare ale cătinii albe cu aport de energie combinat (prin convecție +UHF), $E=28,2$ KV/m

La mărirea discretă a intensității câmpului electromagnetic și anume: 17,80; 24,2; 24,2 și 28,2 KV/m și menținerea temperaturii agentului de uscare constante valoarea creșterii vitezei maxime de uscare, nu este aceeași. Astfel, pentru temperatura agentului de uscare 60°C valoarea creșterii vitezei maxime în comparație cu viteza de uscare la intensitatea minimală a câmpului electromagnetic a constituit corespunzător de 1,2 ori (fig. 4 și 6).

O creștere mai însemnată a valorii vitezei maxime de uscare se urmărește la temperatura agentului de uscare 110°C și intensitatea câmpului electromagnetic $28,2$ KV/m și a constituit de 3,6 ori.

Dacă de comparat datele de deshidratare la temperatura și intensitatea câmpului electromagnetic minimală ($T=60^{\circ}\text{C}$ și $E=17,8$ KV/m în fig. 4), cu temperatura și intensitatea câmpului electromagnetic maxime ($T=110^{\circ}\text{C}$ și $E=28,2$ KV/m în fig. 5), atunci procesul de deshidratare de la 25 % până la 2 % s-a redus de 4,36 ori. În cazul dat reducerea duratei procesului de uscare a cătinii albe este cauzată de eliminarea mai intensă a căldurii într-o unitate de volum sun acțiunea intensității câmpului electromagnetic și obținerii unor gradienti de temperatură și de presiune mai pronunțate.

După cum se remarcă în [2], aceasta este caracteristic pentru intensificări mari ale procesului de uscare, care sunt posibile numai la aplicarea câmpurilor electromagnetice de frecvență înaltă.

De aceea, viteza procesului de uscare a cătinii albe cu aplicarea curenților de frecvență înaltă crește rapid pe baza încălzirii materialului și după atingerea valorii maxime, începe să se micșoreze. După cum este prezentat în figurile 6, la temperatura agentului de uscare constantă de 60°C , cu cât este mai mare intensitatea câmpului electromagnetic, cu atât este mai mică perioada de creștere a și apoi de micșorare a vitezei procesului de uscare. Astfel, pentru intensitatea câmpului electromagnetic $E=17,8$ KV/m, durata perioadei de creștere a vitezei de uscare a constituit 25

min. și 50 min. de micșorare a vitezei de uscare (fig. 3), iar pentru $E=28,2$ KV/m – a constituit corespunzător 15 și 40 min. (fig. 5).

Cu creșterea intensității câmpului electromagnetic se mărește valoarea vitezei maxime de uscare. Astfel, dacă la intensitatea câmpului electromagnetic $E=17,8$ KV/m viteza maximală a procesului de uscare a cătinii albe la temperatura agentului de uscare $T=110^{\circ}\text{C}$ a constituit 0,83%/min (fig. 4), atunci la aceeași temperatură a agentului de uscare și pentru intensitatea câmpului electromagnetic de $28,2$ V/m constituie 1,17 %/min.

1.3. Compararea metodelor de uscare a cătinii albe

Rezultatele cercetărilor procesului de uscare a cătinii albe prin convecție (fig. 1 - 2) și combinată: prin convecție și în câmp electromagnetic de frecvență înaltă, (fig. 3 – 6) au demonstrat că cătina albă este un produs biologic complex. De aceea studiarea metodei de uscare pentru astfel de produse, după cum este și cătina, este necesar de efectuat luând în considerație și aceste caracteristici.

Durata procesului de deshidratare a cătinii de la umiditatea de 89% până la cea de 2 % la uscare prin convecție cu temperatura agentului de uscare 110°C (fig. 1) a constituit 260 min., iar la aplicarea curenților de frecvență înaltă în combinație cu uscarea prin convecție la aceeași temperatură a agentului de uscare (fig. 5) și intensitatea câmpului electromagnetic $E=28,2$ KV/m a fost de 25 minute.

La aportul de căldură prin convecție curba vitezei de uscare este alcătuită din două perioade – perioada cu viteza de uscare constantă și perioada cu viteza de uscare în descreștere. La uscare prin convecție în combinație cu curenții de frecvență înaltă, perioada cu viteza de uscare constantă practic lipsește.

Întreg procesul de uscare, de regulă, decurge în perioada vitezei de uscare în descreștere (fig.4 și 6). Aceasta demonstrează, că aplicarea metodelor de uscare a cătinii mai intensive, cum este uscarea cu curenți de frecvență înaltă, intensitatea procesului este atât de înaltă, încât nu influențează asupra caracterului curbelor vitezelor de uscare.

După cum se observă din fig. 2, la aportul de căldură prin convecție, odată cu mărirea temperaturii agentului de uscare crește și viteza de uscare de la 0,18 %/min. până la 0,42%/min. La aplicarea energiei termice prin metoda combinată intensitatea deshidratării crește proporțional temperaturii aerului cald și intensității câmpului electromagnetic. Astfel, la temperatura agentului de uscare $T=60^{\circ}\text{C}$ și intensitatea câmpului electromagnetic $E=17,8$ KV/m ea a constituit 0,25 %/min. (fig. 4), iar la $T=110^{\circ}\text{C}$ și $E=28,2$ KV/m (fig. 6) ea a crescut până

la 1,17 %/min., adică s-a mărit de aproximativ de 4,7 ori. În comparație cu viteza de uscare minimală 0,18 %/min. ea s-a mărit de 6,5 ori.

Din graficele curbelor vitezei de uscare se observă, că la una și aceeași temperatură a agentului de uscare, pentru toate metodele de aport de energie prin metoda combinată descrise mai sus, viteza procesului se mărește de câteva ori. Astfel, pentru temperatura agentului de uscare $T=110^{\circ}\text{C}$ viteza de uscare la aportul de energie combinat s-a mărit de aproape de 3,0 ori (fig. 2 și 6).

Cu aplicarea metodelor mai intensive de uscare durata de încălzire până la o anumită temperatură se reduce. O încălzire mai rapidă se urmărește la aplicarea curenților de frecvență înaltă.

Este cunoscut că perioada vitezei în descreștere este însoțită de un consum maxim de energie, adică pentru cazul când zona de formare a aburului se adâncește în interiorul produsului apare necesitatea de energie suplimentară pentru a-l deplasa spre periferie. În general, aceasta se referă la produsele, ce posedă o coajă greu de pătruns. Către ele, în particular se referă și cătina albă.

1.4. Influența parametrilor procesului de uscare asupra calității produsului uscat

La aprecierea uneia sau altei metode de prelucrare termică în scopul uscării, valoare decisivă revine indicilor calitativi ai produsului uscat.

Raționale pot fi numite numai acele metode și regimuri de uscare, în urma cărora alături de efectul economic necesar asigură și calitatea bună a produsului finit. La prelucrarea termică a fructelor de cătină albă împreună cu înlăturarea umidității se produc și un șir de schimbări fizico – chimice, chimice și biochimice. Anume ele și determină indicii calitativi ai produsului finit uscat.

Aceste schimbări ale componenței fizico-chimice depind în mare măsură de metoda aplicării temperaturii, temperatura materialului și durata acțiunii termice.

După cum s-a menționat mai anterior, substanțele de bază ce determină indicii calitativi ai cătinii sunt uleiul și acidul ascorbic (vitamina C).

În particular, s-a constatat că creșterea temperaturii agentului de uscare provoacă micșorarea cantității de vitamina C. Totodată, s-a observat că la temperatura maximală a agentului termic de 110°C cea mai mică pierdere a vitaminei C se depistează la regimul de uscare combinat cu intensitatea $E=28,2\text{ KV/m}$. Aceasta s-a obținut prin reducerea considerabilă a procesului de uscare și deci a duratei de tratare termică.

După cum este cunoscut o substanță destul de valoroasă în cătină este uleiul. Conform datelor din

literatură conținutul de ulei în miez este până la 8 %, iar în sămbure până la 12 %.

Dinamica micșorării uleiului în cătină în procesul de uscare este prezentată în tabelul 1.

Comparând datele migrației uleiului în procesul de uscare a cătinii la diferite aporturi de energie se poate de spus că cercetarea aportului de energie combinat (convecție și UHF) este unul din cel mai rentabil. Pierderile cele mai mici de ulei din semințele de cătină în procesul ei de uscare au fost la $E=28,2\text{ KV/m}$ și temperatura 110°C .

Tabelul 1. Migrarea uleiului în semințele de cătină la diferite aporturi de energie pentru conținutul inițial de 11,81%.

T, °C	Metoda de uscare/ migrarea uleiului,%					
	convecție		Convecție +UHF			
			E=17800V/m		E=28200V/m	
Absol.	Relat.	Absol.	Relat.	Absol.	Relati.	
60	33,58	30,3	3,37	28,5	3,16	26,8
70	3,15	26,7	3,03	25,6	2,80	23,7
80	2,63	22,3	2,49	21,1	2,25	19,1
90	2,33	19,7	2,21	18,7	1,67	14,1
100	2,06	17,4	1,87	15,8	1,29	10,9
110	1,80	15,2	1,53	13,0	1,01	8,6

3 CONCLUZII

Din cercetările efectuate se observă, că uscare a cătinii albe prin metoda combinată: prin convecție în câmp de frecvență înaltă este cea mai perspectivă. Parametrii optimali de uscare sunt temperatura agentului de uscare 110°C , intensitatea câmpului electromagnetic $28,2\text{ KV/m}$. Procesul de uscare se efectuează în două etape. În prima etapă, până la umiditatea de 25 % uscarea se realizează prin convecție

Bibliografie

1. Borovaia, E. *Oblepiha.M.*:Izd. ACT, 1999,336 p.
2. Lupașco, A., Bernic M., Răducan M. *Influența variației umidității asupra parametrilor electrofizicii ai cătinii albe.*// *Culegere de lucrări științifice „Tehnologii moderne, calitate, restructurare”*. – Chișinău, 2005. –p. 180-184.
3. Gluhanov, N.P. *Fizicescye osnovi vîsokocastotnogo nagreva.* –L.: Mașinostroenie, 1989. 56 p.
4. Meinche, H., Gundlah, F. *Radiotehničeskii spravocnic.* –M.-L.: Gosănergoizdat, 1962. V.2. 576 p.
5. Lupașco, A., Dicusar G., Lupu, O., Tarlev, V., Osoianu G. *Instalație experimentală pentru uscarea fructelor prin metoda combinată – convecția + U.H.F.* // *Meridian Ingineresc.* –Nr.1. -2005. –p.36-39.

Aprobat spre publicare: 05.04.2006