

STUDIUL HIDRATĂRII BOABELOR DE SORIZ

L. Popescu, lector superior, J. Ciumac, dr.ing.prof, O. Gutium, drd
Universitatea Tehnică a Moldovei

INTRODUCERE

Sorizul (*sorghum oryzoidum*) este o plantă cerealică - hibrid de sorg și iarbă de Sudan - obținută la sfârșitul anilor 90 din secolul trecut la Institutul de Fitotehnie „Porumbeni” (până în 2010 - Institutul de Cercetări Științifice pentru Porumb și Sorg). Boabele de soriz, asemănătoare cu cele de orez, sunt comestibile, bogate în proteine (10 – 12%), grăsimi (2,5 – 3,8%), amidon (70 – 75%) și alte substanțe nutritive și biologic active. Planta de soriz este puțin pretențioasă la fertilitatea solului și condiții meteorologice și asigură o roadă de cel puțin 6-8 t/ha.

Din aceste considerente cultura sorizului prezintă interes alimentar, boabele fiind o materie primă ieftină la producerea berii, produselor de panificație, amidonului, concentratelor alimentare și al (Moraru G. A., 1988, Belinschi V., Moraru G., 1988, Dodon A., 2007).

Prelucrarea industrială și culinară a boabelor și crupelor de soriz presupune o serie de operații tehnologice specifice, inclusiv hidratarea (imbibiția) preventivă a boabelor.

Obiectivul acestei lucrări este dublu:

- Studiul cineticii de hidratare în continuu a boabelor de soriz la diferite temperaturi;
- Evaluarea coeficientului de difuzie și energiei de activare a produsului.

1. MATERIALE ȘI METODE DE CERCETARE

1.1. Materiale

Au fost utilizate boabe de soriz (PT MD 65-05692327-002:1999) din recolta anului 2011. Înainte de a efectua experimentul de hidratare proba (boabe de dimensiuni uniforme) au fost curățate pentru a elimina materialele străine.

1.2. Metode de cercetare

Conținutul de umiditate inițială a probelor a fost determinat prin uscare aproximativ 5 g de boabe într-o etuvă termoreglabilă cu convecție la

103°C până la o greutate constantă. Umiditatea inițială a boabelor de soriz a constituit 13% (ori 0,15 raportată la substanța uscată).

Hidratarea boabelor de soriz a fost realizată în aparatul Dogadkin (figura 1.) care funcționează după principiul vaselor comunicante (Dogadkin B. A., Dontzov A. A., 1963, Gorbachuk V. V. ș. a., 2001).

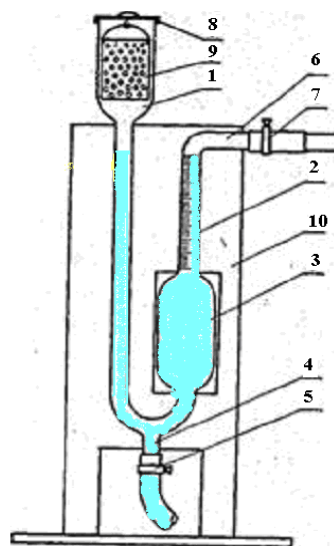


Figura 1. Schema aparatului Dogadkin
1 – pânlie; 2 – tub gradat de sticlă; 3 – bulă; 4 – tub de scurgere; 5 – clemă (ori robinet); 6 – tub de alimentare; 7 – robinet pentru reglarea presiunii în vasul din dreapta; 8 – capac; 9 – celulă metalică perforată cu produs; 10 – stativ.

Procedeele de înmuiere a inclus următoarele etape:

1. Plasarea probei (aproximativ 20g) în celula perforată (9);

Ridicarea nivelului de apă în vasul din stânga (și scăderea concomitentă a nivelului din vasul din dreapta) până la nivelul superior al celulei perforate și menținerea la acest nivel (prin închiderea robinetului (7) pentru 4 ore;

2. Anularea diferenței de nivel între cele două bazine (prin deschiderea robinetului după atingerea timpului necesar de înmuiere și stabilirea cantității de apă absorbită de boabe.

Procedura s-a repetat până la atingerea duratei totale de înmuiere de 14 ore. Înmuierea a fost

realizată la temperaturile de 15, 20, 25 și 35°C. Gradul de hidratare H s-a calculat conform formulei (1):

$$H = \frac{\rho \times v}{m_{su}}, \quad (1)$$

unde: m_{su} – masa substanței uscate a probei, g;
 ρ – densitatea apei, g/cm³;
 v – volumul apei îmbibate, cm³;

$$v = 2 \times \Delta h \times k, \quad (2)$$

unde: Δh - scăderea înălțimii coloanei de apă din tubul de sticlă gradat (2), cm;

k – coeficientul de recalculare, $k = 0,73$.

2. REZULTATE ȘI DISCUȚII

2.1. Efectul timpului de înmuiere asupra absorbției de apă

Evoluția gradului de hidratare H a boabelor de soriz în funcție de durata hidratării τ_h și temperatura mediului de hidratare sunt prezentate în Figura 2.

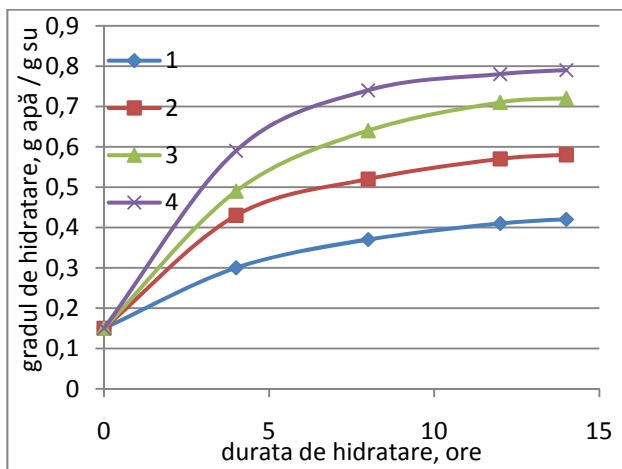


Figura 2. Evoluția gradului de hidratare H (g apă / g substanță uscată) a boabelor de soriz în funcție de durata hidratării τ_h (ore) și temperatura mediului de hidratare. Temperatura mediului de hidratare, °C: 1-15; 2-20; 3-25; 4-35.

Boabele de soriz înmuiate în apă la temperaturi mai mari au absorbit mai mult decât probele înmuiate la temperaturi mai mici. Conținutul de apă absorbită crește progresiv cu timpul, însă viteza de absorbție a apei este variabilă în timp la toate temperaturile. În primele 4 ore, conținutul de apă absorbită a crescut brusc. Între 4 și 12 ore rata de creștere scade progresiv și în cele din urmă ajunge la o valoare practic constantă (umiditatea de echilibru). Astfel tendința de

absorbție a apei a boabelor de soriz este similară cu hidratarea altor boabe cerealiere și semințe (Chaussat F., Ledaunff Y., 1975).

Specific pentru hidratarea sorizului este doar viteza de absorbție mică și durata mare de hidratare până la atingerea umidității de echilibru. Această particularitate este probabil determinată de structura învelișurilor bobului, care opune rezistență mare la difuzia apei.

2.2. Efectul temperaturii de înmuiere asupra absorbției de apă

La orice moment dat al înmuierii boabelor, conținutul de apă crește odată cu creșterea temperaturii. Este foarte semnificativă și creșterea umidității de echilibru care constituie cca 0,4 g apă/g su la 15°C și este practic dublă (cca 0,8 g apă/g su) la 35°C.

Creșterea vitezei de absorbție și a umidității de echilibru se datorează probabil schimbărilor în rezistență la difuzie a boabelor - pe de o parte, și reducerii vâscozității apei - pe de altă parte. Prin urmare, aplicarea temperaturilor înalte poate reduce esențial durata de înmuiere a boabelor pentru atingerea gradului de hidratare dorit.

2.3. Coeficientul de difuzie

Mai mulți autori consideră că hidratarea boabelor cerealiere la înmuiere se realizează prin difuzia apei sub acțiunea gradientului de concentrații, care se descrie de legea a doua a lui Fick:

$$\frac{\partial x^*}{\partial t} = D_{eff} \nabla^2 x^*, \quad (3)$$

unde: D_{eff} este coeficientul de difuzie moleculară efectivă (m²·s⁻¹), care depinde de temperatură, umiditatea produsului și este afectată de modificarea (imbibiția) matricei solide.

Soluția analitică a unor aplicații concrete din inginerie a acestei legi a fost propusă M. Haros (M. Haros, 1995) prin introducerea unor ipoteze simplificatoare:

- coeficientul de difuzie moleculară efectivă nu depinde de umiditatea bobului;
- volumul bobului rămâne neschimbat în timpul absorbției apei;
- umiditatea de echilibru a suprafeței bobului se instalează imediat (și nu gradat) după imersie în apă.

Expresia funcției propuse de Haros este următoarea:

$$HR = \frac{H-H_e}{H_0-H_e} = \frac{6}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \exp\left(-\frac{n^2 D_{eff} \pi^2}{r^2} t\right) \quad (4)$$

unde: HR este raportul de umiditate;

H - umiditatea în timpul τ , (g/g su);

H_0 - umiditatea inițială, (g/g su);

H_e - umiditatea de echilibru, (g/g su);

τ - durata de înmuiere, (sec);

D_{eff} - coeficientul de difuzie moleculară efectivă, ($m^2 \cdot s^{-1}$);

r - raza echivalentă a bobului, m (pentru soriz $r=1,125$ mm ori $1,125 \times 10^{-3}$ m).

Având cunoscute valorile HR putem scrie:

$$D_{eff} = \frac{k \times r^2}{\pi^2}, \quad (5)$$

Valoarea coeficientului k poate fi determinată din prezentarea grafică logaritmul neperien al raportului de umiditate $\ln(HR)$ în funcție de durata de înmuiere τ , care este o dreaptă, panta (tangenta) căreia este egală cu k .

Rezultatele calculelor efectuate sunt prezentate în figura 3.

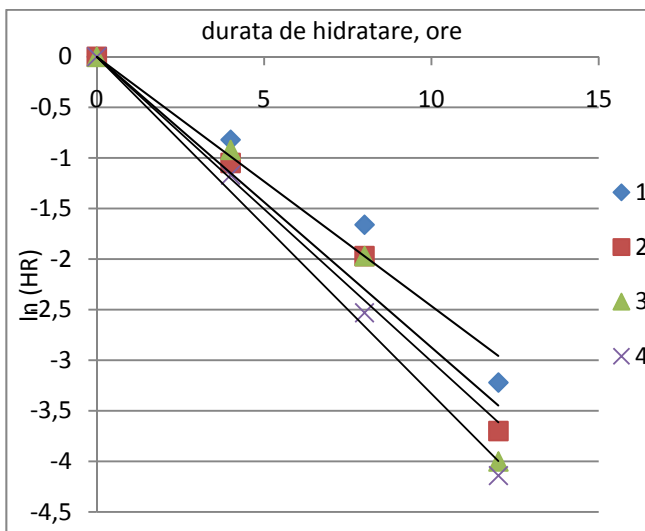


Figura 3. Relația $\ln(HR)=f(\tau)$ pentru diferite temperaturi a mediului de hidratare (Efectul temperaturii asupra coeficientului de difuzie moleculară efectivă a sorizului). Temperatura mediului de hidratare, $^{\circ}C$: 1-15; 2-20; 3-25; 4-35.

Valorile coeficientului de difuzie moleculară efectivă a bobelor de soriz sunt prezentate în tabelul 1.

Dependența coeficientului de difuzie a sorizului de temperatura mediului de hidratare este lineară și se descrie prin ecuația:

$$y = 0,0039x + 0,2028$$

Tabelul 1. Dependența coeficientului de difuzie a sorizului de temperatura mediului de hidratare

Temperatura mediului de hidratare, $^{\circ}C$	15	20	25	35
Coeficientului de difuzie, $k \times 10^{11}$, m^2/s	0.2464	0.2986	0.3011	0.333

2.4. Energia de activare

Coeficientul de difuzie depinde de temperatură conform legii Arrhenius:

$$D_{eff} = D_0 \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right), \quad (6)$$

unde: D_0 - factorul de frecvență;

E_a - energia de activare, ($kJ \cdot mol^{-1}$);

T - temperatura, $^{\circ}K$;

R - constanta universală a gazelor, $R = 8,314 \frac{kJ}{kmol \cdot K}$.

Prin logaritmare expresiei (6) obținem:

$$\ln(D_{eff}) = \ln(D_0) - \frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T}\right), \quad (7)$$

Energia de activare poate fi calculată prin reprezentarea grafică a logaritmului neperien a valorilor experimentale a coeficientului de difuzie moleculară efectivă ($\ln k$) în funcție inversă de temperatură absolută ($1/T$ $^{\circ}K$), care este o linie dreaptă (Figura 4).

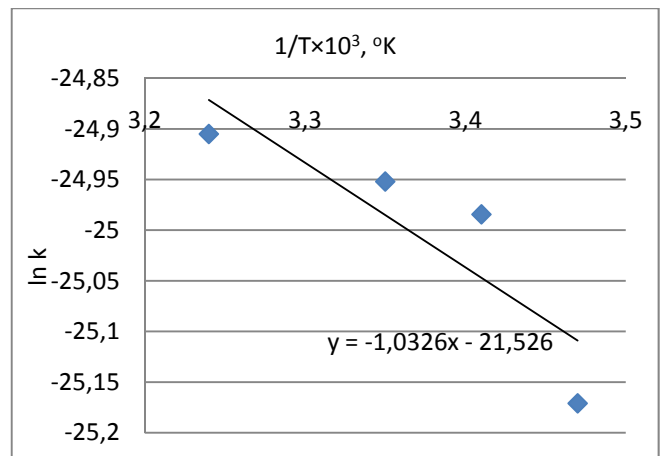


Figura 4. Influența temperaturii mediului de hidratare (T , $^{\circ}K$) asupra coeficientului de difuzie moleculară efectivă a bobelor de soriz.

Astfel energia de activare pentru boabele de soriz constituie $8,58$ $kJ \cdot mol^{-1}$.

Ordinul de mărime a valorilor coeficienților de difuzie și a energiei de activare pentru soriz este

comparabil cu valorile acestor indici pentru alte boabe cerealiere (M. Kashiri ș. a., 2010).

CONCLUZII

Experiențele de hidratare a boabelor de soriz în regim continuu în intervalul de temperaturi 15-35⁰C au arătat că creșterea temperaturii mediului de hidratare mărește viteza de absorbție a apei și umiditatea de echilibru (de cca 2 ori). Valorile coeficientului de difuzie calculate pentru temperaturile 15, 20, 25 și 35⁰C variază între (0.2625-0.3445)10⁻¹¹ m²/s și cresc odată cu creșterea temperaturii. Energia de activare calculată după ecuația lui Arrhenius constituie 8,58 kJ mol⁻¹. Rezultatele obținute pot fi folosite pentru calculul caracteristicilor de absorbție și optimizarea procesului de înmuiere a boabelor de soriz.

Bibliografie

1. **Moraru, G. A.** *Selectzia pishhevogo sorgo// J.: Kukuruză i sorgo, №2, Chishinev, s. 39-40, 1988.*
2. **Dodon, A.** *Contribuții privind studierea procesului de uscare a crupei soriz, pentru obținerea concentratelor alimentare// Autoreferat al tezei de doctor în științe tehnice, Chișinău, UTM, 2007.*
3. **Belschii, V., Moraru, G. ș. a.** *Blyuda iz crupy tonkostebel'nogo pishhevogo sorgo// Pishhevaya promyshlennost', № 10, s. 26-27, 1988.*
4. **Dogadkin, B. A., Dontzov, A. A.** *Vzaimodejstvie polietilena s seroj v prisutstvii merkaptoprobenzotiazola i tetrametiltiuramdisul'fida// Vysokomolekulyarnye soedinenia, № 1, 39, s. 1107-1117, 1963.*
5. **Gorbaciuc, V. V., Zagumennov, V. A. ș. a.** *Prakticheskoe rukovodstvo k laboratornym rabotam po kolloidnoj himii// Kazani, CGU, 2001.*
6. **Chaussat, F., Ledaunff, Y.** *La germination des semences// Ed. Gauthier Villard, Paris, 1975.*
7. **Haros, M., Viollaz, P.E., Suarez C.** *Effect of temperature and SO₂ on the rates of water absorption of three maize hybrids// J. Food Eng., 25, 473-482, 1995.*
8. **M. Kashiri, M. Kashaninejad, N. Aghajani.** *Modeling water absorption of sorghum during soaking// Lat. Am. appl. res., vol. 40 no.4, Bahía Blanca, oct. 2010.*