

Invenția se referă la industria alimentară, și anume la un procedeu de rehidratare a fructelor deshidratate de vișin și cireș.

Prin termenul „rehidratare” se înțelege procesul de cufundare a fructelor deshidratate într-un oarecare lichid, care să asigure absorbția și înlocuirea apei înlăturată anterior.

Uscarea (deshidratarea) fructelor este una dintre cele mai răspândite metode de conservare a fructelor proaspete care permite utilizarea lor pe tot parcursul anului. Pentru prevenirea alterării și pentru păstrarea fructelor o perioadă mai lungă de timp, de obicei, nu mai puțin de un an, fructele se usucă până la o umiditate relativ joasă. Fructele uscate până la o asemenea umiditate au o consistență tare. Deoarece consistența are un rol important în aprecierea organoleptică a fructelor uscate, fructele cu consistență tare nu sunt atractive pentru consumatori.

Pentru a înlătura acest neajuns, fructele uscate sunt supuse unei prelucrări suplimentare înainte de comercializare, care, de obicei, include o curățire suplimentară, rehidratarea parțială și ambalarea. Durata rehidratării se stabilește pe cale experimentală pentru fiecare lot de fructe deshidratate.

Procesul tehnologic de prelucrare suplimentară a fructelor deshidratate de vișin și cireș este puțin cunoscut. În același timp, fructele deshidratate ocupă un rol important pe piața produselor gata de consum. Această categorie de produse prezintă mai multe avantaje, prin faptul că sunt mai accesibile pentru consum, datorită texturii mai fine și mai moi (Șleagun G., Ceban E., Pavlinciuc M. Diversificarea sortimentului de produse deshidratate din vișine și cireșe și perfecționarea tehnologiilor pentru fabricarea acestora. Agricultură Moldovei, 2011, nr.12, p 17-20).

Pentru a păstra calitatea vișinelor și cireșelor pe o perioadă îndelungată, acestea se deshidratează până la umiditatea de aproximativ 15%. Conform SM 273:2012 „Vișine și cireșe uscate”, fructele uscate pot avea umiditatea de până la 30%, pentru a fi considerate produs gata pentru consum.

Cercetările efectuate asupra procesului de rehidratare a fructelor deshidratate de vișin și cireș pe calea cufundării lor în apă au arătat că acest proces depinde atât de calitățile materialului care se tratează, cât și de parametrii procesului. Cu toate acestea, durata rehidratării este determinată de mai mulți factori, dintre care cei mai semnificativi sunt următorii: 1) tipul fructelor, cu sau fără sâmburi; 2) mărimea fructelor; 3) umiditatea inițială a fructelor uscate; 4) temperatura mediului apos. Diversitatea acestor factori îngreunează procesul de rehidratare și obținerea produsului finit cu caracteristici prestabilite, totodată face ca dirijarea acestui proces să fie imposibilă.

Procedeu de rehidratare a fructelor deshidratate de vișin și cireș prevede cufundarea fructelor deshidratate cu sau fără sâmburi în apă cu temperatura de 20...80oC.

Un moment important în timpul efectuării rehidratării este determinarea corectă a duratei procesului. Ca urmare a alegerii greșite a duratei procesului de rehidratare devin inevitabile pierderile financiare, totodată nu se respectă indicii normativi ai produsului finit.

Se cunosc un șir de cercetări în acest domeniu.

În acest fel, este studiată absorbția apei, textura și cinetica culorii castanelor uscate la aer în timpul rehidratării [1].

S-a determinat că modelul empiric al lui Peleg (vezi formula 1 sau 2) poate fi aplicat pentru descrierea rehidratării castanelor uscate (modificarea conținutului umidității în funcție de umiditatea inițială (înainte de rehidratare) și de durata rehidratării:

$$X = X_o + \frac{t}{(K_1 + K_2 t)} \quad (1)$$

$$\frac{t}{(X - X_o)} = K_1 + K_2 t \quad (2)$$

în care K1 și K2 sunt parametri cinetici;

t – timpul rehidratării (s, min);

X – conținutul curent de umiditate (kg apă/kg s.u.);

Xo – conținutul de umiditate înainte de rehidratare (kg apă/kg s.u.).

S-au determinat valorile coeficienților empirici K1 și K2, precum și dependența lor empirică de temperatura de rehidratare în intervalul de temperaturi de 25...100oC. Datele empirice și dependențele obținute sunt reale pentru castanele uscate, prezentate în formă de prisme regulate cu dimensiunile de 10 x 10 x 15 mm și care au conținutul inițial de umiditate Xo = 0,66; 0,33; 0,24 și 0,15 kg/kg s.u. Cu toate acestea, nu a fost stabilită nici o dependență strictă a parametrului K1 în funcție de umiditatea inițială a castanelor uscate.

Coeficienții empirici obținuți sunt valabili pentru castane și nu pot fi aplicați în cazul fructelor sâmburoase uscate, deoarece fructele de castan au o consistență întru totul uniformă și conțin amidon. Amidonul, spre deosebire de zaharurile din fructe, practic nu este transferat în apă în procesul de tratare. Modelul empiric obținut nu se aplică fructelor de castan, ale căror formă de prezentare și dimensiuni se deosebesc de probele studiate.

Este cunoscut, de asemenea, procedeu de rehidratare a prunelor, merelor și căpșunelor uscate, obținute în condiții industriale [2].

S-a determinat că modificarea masei fructelor uscate (prune jumătăți, căpșune întregi, mere în felii cu grosimea de 12 mm) în timpul rehidratării lor în apă distilată poate fi descrisă adecvat cu ajutorul următoarei ecuații empirice:

$$\frac{m_\tau}{m_0} = a + b \left[ 1 - \frac{1}{1 + b \times c \times \tau} \right] \quad (3)$$

$$\frac{m_{\tau}}{m_0} = A[B - \exp(-C\tau)] \quad (4)$$

în care:

$m_{\tau}$  – masa produsului rehidratat în momentul de timp  $\tau$ , kg;

$m_0$  – masa inițială a produsului uscat, kg;

$\tau$  – timpul, h;

a, b, c, A, B, C – constante empirice.

S-a determinat valoarea constantelor a, b, c, A, B, C pentru rehidratarea la 20oC și la 100oC.

Modelele empirice pentru descrierea cineticii rehidratării fructelor uscate se aplică doar asupra probelor de dimensiuni determinate și nu se aplică asupra aceluiași fructe, dar de dimensiuni diferite. Coeficienții empirici obținuți se raportează probelor cu structură uniformă și nu pot fi utilizați în cazul vișinelor și cireșelor uscate (cu sau fără sâmburi). Datele din modelele empirice nu dau posibilitatea ca să fie descrisă cinetica modificării umidității probei, deoarece nu se iau în considerație pierderile de substanțe uscate din cauza extragerii lor în apă. Constantele empirice obținute sunt aplicabile doar pentru două valori ale temperaturii de 20oC și 100oC și nu pot fi aplicate pentru tot diapazonul de 20...100oC.

Este cunoscut modelul matematic de rehidratare a fructelor uscate prin sublimare, bazată pe circulația apei prin capilare [3].

Circulația apei prin fructe este reprezentată de circulația apei prin capilare și este descrisă de o ecuație a lui Lucas Washburn:

$$\frac{dh(t)}{dt} = \frac{k_1}{h(t)} - k_2 \quad (5)$$

în care:

$$k = \frac{r\gamma\cos\theta}{4\eta} \quad (6)$$

$$k_2 = \frac{r^2 g\rho}{8\eta} \quad (7)$$

$\rho$  – densitatea lichidului;

$\gamma$  – tensiunea superficială;

$\eta$  – viscozitatea lichidului;

$\theta$  – unghiul de contact al lichidului;

$t$  – timpul;

$g$  – constanta gravitațională,

$r$  – raza porilor,

$h(t)$  – nivelul înălțimii lichidului în capilare;

$k_1$  ( $m^2 \cdot s^{-1}$ ) și  $k_2$  ( $m \cdot s^{-1}$ ) – parametrii care reflectă viteza inițială și, respectiv, cea finală de rehidratare; ei reprezintă mărimi constante pentru unul și același tip de fructe, cu același grad de maturitate, uscate în aceleași condiții.

Pentru un șir de fructe (avocado, kiwi, mere și banane) au fost obținute valorile coeficienților constanți  $k_1$  și  $k_2$ .

Cu toate acestea, aplicarea modelelor este demonstrată doar pentru fructele uscate prin sublimare, pentru care particularitatea procesului de uscare permite fixarea capilarelor materiei prime și uscarea fructelor fără contracții. Fructele uscate prin metoda convectivă prezintă particularități coloidale într-un grad sporit și, ca urmare, aplicarea acestui model este pusă la îndoială. Modelul, de asemenea, neglijează umflarea produselor rehidratate, care determină modificarea razei capilarelor și, respectiv, a coeficienților  $k_1$  și  $k_2$ . Modelul neglijează și efectul difuziei substanțelor solubile asupra vitezei de rehidratare.

Este cunoscut procedeul (formula) după care se determină durata uscării fructelor, adică durata înlăturării umidității din fructele proaspete la un regim stabilit de uscare în funcție de modificarea dimensiunilor fructelor de un anumit soi pomologic [4]:

$$\tau = \frac{G_1 - G_2}{F_{cp} G_1 I_{cp}} \quad (8)$$

în care:

$\tau$  – durata uscării, h;

$G_1$  și  $G_2$  – respectiv, masa inițială și finală a fructelor pe vagoneta de uscare, kg;

$F_{cp}$  – suprafața medie a 1 kg de fructe,  $m^2$ ;

$I_{cp}$  – intensitatea medie a evaporării umidității pe durata întregului proces,  $kg/(m^2 \cdot h)$ .

În aceste condiții, suprafața fructelor este considerată sferică cu diametrul echivalent cu diametrul fructelor.

În formula (8) se utilizează intensitatea medie a evaporării umidității pe durata întregului proces de uscare până la o anumită valoare a umidității, obținută pe cale experimentală în condiții stabilite. Formula nu ține cont de influența umidității inițiale și finale asupra duratei procesului. Deoarece viteza de evaporare a apei nu este o mărime constantă pentru toate etapele uscării, modificarea umidității finale duce la modificarea esențială a intensității medii de evaporare a umidității pe durata procesului.

Procesul de rehidratare a fructelor uscate poate fi interpretat, ca atare, ca un proces de deshidratare inversă. Însă, trebuie de avut în vedere faptul că procesul de umectare este influențat de așa factori, ca pierderea de substanțe uscate din cauza transferului lor în apă și unele modificări ireversibile ale țesutului, care au loc în timpul deshidratării. Ca urmare, diferența ( $G_1 - G_2$ ) nu corespunde cantității de umiditate, absorbită de fructele uscate, iar aplicarea acestei formule (8) pentru calcularea duratei de rehidratare duce la denaturarea valorii umidității în produsul finit, a valorii intensității absorbției umidității, ca urmare, durata procesului crește, iar calitatea produsului finit se înrăutățește.

Problema pe care o soluționează invenția propusă este asigurarea posibilității de dirijare a procesului de rehidratare în diferite condiții, stabilizarea calității fructelor deshidratate și rehidratate în raport cu umiditatea finală și cu durata de păstrare.

Procedeul de rehidratare a fructelor deshidratate de vișin și cireș, conform invenției, prevede cufundarea fructelor deshidratate cu sau fără sămburi în apă cu temperatura de 20 ... 80oC, totodată durata cufundării se calculează conform formulei:

$$\tau = -\frac{G_1 - k_p G_2}{F \times S_1 \times k_1 I}, \quad (9)$$

unde:

$\tau$  – durata cufundării, h;

$G_1$  – masa fructelor deshidratate, cu excepția sămburilor, kg;

$G_2$  – masa fructelor rehidratate, cu excepția sămburilor, kg;

$F$  – suprafața fructelor deshidratate, raportată la o unitate de masă de substanță uscată din fructe, m<sup>2</sup>/kg;

$S_1$  – masa substanțelor uscate în fructele deshidratate, kg;

$I$  – viteza de acumulare a umidității, ce reprezintă media aritmetică în diapazonul modificării masei umidității absorbite de fructe într-o unitate de timp printr-o unitate de suprafață și raportată la o unitate de masă de substanțe uscate ale fructelor înainte și după rehidratare, kg/kg s.u./h·m<sup>2</sup>, determinată cu ajutorul dependenței funcționale empirice

$I = f(U_i - U_1)_{t=\text{const}}$  pentru temperaturile 20, 40, 60, 80oC, în care:

$U_i$  – masa curentă a umidității, raportată la o unitate de masă de substanțe uscate din fructe, g/g s.u.;

$U_1$  – masa umidității, raportată la o unitate de masă de substanțe uscate ale fructelor deshidratate, g/g s.u.;

$\kappa_t$  – coeficientul de corecție a vitezei de acumulare a umidității, ce reprezintă raportul vitezei de acumulare a umidității la temperatura apei către viteza de acumulare a umidității determinată empiric pentru valoarea de temperatură cea mai apropiată de temperatura apei;

$\kappa_p$  – coeficientul de corecție în funcție de pierderile de substanțe uscate solubile, care se calculează conform formulei:

$$k_p = \left[ G_1 + S_1 \left( U_2 \times \frac{100 - k_t' P}{100} - U_1 \right) \right] / G_2, \quad (14)$$

unde:

$U_2$  – masa umidității, raportată la o unitate de masă de substanțe uscate ale fructelor rehidratate, g/g s.u.,

$P$  – pierderile de substanțe uscate solubile, % în raport cu masa substanțelor uscate în fructele deshidratate ( $S_1$ ), determinată cu ajutorul dependenței funcționale empirice

$P = f(U_t - U_1)_{t=\text{const}}$  pentru temperaturile 20, 40, 60, 80oC;

$\kappa_t'$  – coeficientul de corecție a pierderilor de substanțe uscate, care reprezintă raportul pierderilor de substanțe uscate la temperatura apei determinate prin interpolare către pierderile de substanțe uscate determinate empiric pentru valoarea de temperatură cea mai apropiată de temperatura apei.

Suprafața specifică a fructelor deshidratate ( $F$ ) se determină pentru fructele cu sămburi ca fiind suprafața exterioară cu diametrul exterior echivalent cu diametrul fructului și pentru cele fără sămburi ca fiind suprafața totală, respectiv, a sferei goale în interior cu diametrul interior echivalent cu diametrul sămburelui, și suprafața exterioară cu diametrul exterior echivalent cu diametrul fructului, utilizând formula:

$$F = F'/S_1, \text{ m}^2/\text{kg s.u.}, \quad (20)$$

unde:

$F_1$  – suprafața medie a fructelor, m<sup>2</sup>;

totodată suprafața medie a fructelor fără sămburi se calculează conform formulei:

$$F_1 = \pi[(\text{dech}1)^2 + (\text{dech}2)^2], \quad (18)$$

iar suprafața medie a fructelor cu sămburi se calculează conform formulei:

$$F1 = \pi(\text{dech1})^2, (19)$$

în care:

dech1 – diametrul echivalent exterior al fructelor, m2, care se calculează utilizând formula:

$$G_1 / \rho_1 = (1/6)\pi[(d_{ech1})^3 - (d_{ech2})^3], (17)$$

în care:

$\rho_1$  – densitatea pulpei calculată conform formulei:

$$\rho_1 = 1 + (100 - W1)/250, \text{ unde:}$$

W1 – umiditatea fructelor deshidratate, %;

dech2 – diametrul echivalent al sâmburilor, care se calculează conform formulei:

$$d_{ech2} = \sqrt[3]{6G/\pi\rho}, (15)$$

unde:

G – masa medie a sâmburilor, kg,

$\pi$  – constantă matematică, egală cu 3,14,

$\rho$  – densitatea sâmburilor, kg/(m<sup>3</sup>·10<sup>-3</sup>), care se calculează conform formulei:

$$\rho = 1 + (100 - W)/250, (16)$$

unde:

W – umiditatea sâmburilor, %.

Masa substanțelor uscate în fructele deshidratate (S1) se determină utilizând formula:

$$S_1 = G_1 \times \frac{100 - W_1}{100}, \text{ kg.} (12)$$

Masa fructelor rehidratate (G2) se determină, utilizând formula:

$$G_2 = G_1 \times \frac{(100 - W_1) \times (100 - \kappa_t \cdot P)}{(100 - W_2) \times 100}, \text{ kg} (13)$$

unde:

W2 – umiditatea fructelor rehidratate, %.

Viteza de acumulare a umidității (I) reprezintă masa umidității, absorbită de fructe într-o unitate de timp printr-o unitate de suprafață și raportată la o unitate de masă de substanțe uscate ale fructelor și se determină ca media aritmetică ponderată în diapazonul modificării umidității de la U1 la U2, în care U1 și U2 este masa umidității, raportată la o unitate de masă de substanțe uscate ale fructelor, corespunzător, înainte și după rehidratare.

Pentru determinarea U1 și U2 se utilizează următoarele relații:

$$U_1 = \frac{W_1}{100 - W_1}, \text{ kg apă/kg s.u.,} (10)$$

$$U_2 = \frac{W_2}{100/W_2}, \text{ kg apă/kg s.u.,} (11)$$

în care:

W1 – umiditatea fructelor deshidratate, %;

W2 – umiditatea fructelor rehidratate, %.

Viteza de acumulare a umidității (I), se calculează utilizând formula:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n [I_i \times (U_i - U_{i-1})]}{\sum_{i=1}^n (U_i - U_{i-1})}, (21)$$

Utilizarea în procedeul propus a masei fructelor deshidratate după rehidratare (G2), a coeficientului de corecție privind pierderile de substanțe uscate (kp), precum și a vitezei de acumulare a umidității (I) cu coeficientul de corecție privind temperatura (kt), ia în considerare pierderea substanțelor uscate și temperaturile de umectare în diapazonul 20...80oC în determinarea duratei de rehidratare ( $\tau$ ). Mărimile I, P, kp, kt se determină cu ajutorul dependențelor empirice funcționale, prezentate sub formă de tabel pentru un șir de temperaturi, de tipul  $I = f(U_i - U_1)t = \text{const}$  și  $P = f(U_i - U_1)t = \text{const}$ , în care  $U_i$  – masa curentă a umidității atribuite unei unități de masă de substanțe uscate din fructe (kg apă/kg s.u.).

Apa pentru cufundare poate conține sorbat de potasiu în concentrație de 0,5...3,5%.

Rezultatul constă în asigurarea posibilității de dirijare a procesului de rehidratare în diferite condiții de realizare a acestuia.

Această invenție permite dirijarea procesului de rehidratare în condiții diferite: efectuarea rehidratării în apă cu temperatura cuprinsă în diapazonul de la 20 până la 80°C; determinarea duratei rehidratării pentru vișine și cireșe deshidratate cu caracteristici inițiale diferite (tipul și forma de prezentare, mărimea fructului, conținutul sămburilor, fracția masică de substanțe uscate) și stabilirea diferitor valori ale umidității produsului finit.

De tipul și forma de prezentare (cu sau fără sămături), precum și de mărimea fructelor și a sămburilor fructelor până la rehidratare se ține cont în formula propusă de determinare a duratei de rehidratare ( $\tau$ ), prin suprafața fructelor până la rehidratare (F), care se determină, respectiv, pentru fructele fără sămături sau cu sămături ca suprafața întreagă sau exterioară a sferei goale la interior, cu diametrul exterior echivalent cu diametrul fructelor și diametrul interior echivalent diametrului sămburelui.

Utilizarea în procedeul propus a vitezei de acumulare a umidității (I), care reprezintă masa umidității absorbite de fructe într-o unitate de timp printr-o unitate de suprafață, recalculată la o unitate de masă de substanțe uscate a fructelor și determinată ca valoare aritmetică medie ponderată a masei de umiditate în diapazonul de umiditate de la U1 și U2, în care U1 și U2 este masa umidității atribuite unei unități de masă a substanțelor uscate ale fructelor (kg apă/kg s.u.), înainte, și, respectiv, după rehidratare, permite luarea în considerație a umidității inițiale și finale.

Utilizarea în procedeul propus a caracteristicilor procesului de rehidratare (I, P, F, U<sub>i</sub>) se exprimă în mărimi specifice atribuite unei unități de masă de substanță uscată din fructe, ceea ce permite obținerea dependențelor cantitative  $I=f(U_i-U_1)t=const$  și efectuarea unui calcul corespunzător după formula propusă. Calculul corespunzător este posibil, deoarece masa substanțelor uscate din fructe (S1) este o mărime constantă în procesul de rehidratare (în condițiile în care se iau în considerație pierderile), pe când valorile masei și ale umidității fructelor se schimbă permanent.

Utilizarea temperaturilor de rehidratare în intervalul de 20...80°C permite adaptarea procesului de rehidratare la anumite condiții specifice de producție, care includ organizarea procesului de producție, prezența unui anumit utilaj și a aburului, calitatea materiei prime, pierderile admise etc.).

Pentru asigurarea unei perioade mai lungi de păstrare a vișinelor și cireșelor uscate după rehidratare, apa în care se face umectarea poate conține sorbat de potasiu (conservant) în concentrație de 0,5...3,5%.

Avantajul acestei invenții constă în posibilitatea utilizării ei pentru fructele cu caracteristici inițiale diferite (tipul și forma de prezentare, dimensiunile, conținutul sămburilor, fracția masică de substanțe uscate), care pot fi restabilite până la diverse valori ale umidității, precum și în sporirea exactității timpului calculat.

Rehidratarea vișinelor și a cireșelor deshidratate poate fi efectuată la orice întreprindere, inclusiv la cele care nu sunt dotate cu utilaj special și în lipsa aburului industrial.

În acest fel, la realizarea procedeului propus se ține cont de dimensiunile diverse și de tipul fructelor inițiale, cu sau fără sămături (prin modificarea suprafeței specifice a fructelor); de umiditatea inițială și finală (unde se include dependența principalelor componente ale formulei de diferența (U<sub>i</sub> - U<sub>1</sub>)); de regimul de temperatură aplicat la

rehidratare (prin includerea coeficienților de corecție  $k_t$  și  $k'_t$ ); de pierderile de substanțe uscate și de modificarea lor în funcție de temperatura de rehidratare și permite prelungirea termenului de păstrare a vișinelor și cireșelor uscate și rehidratate.

Procedeul propus se efectuează în modul următor.

Fructele deshidratate se analizează cu scopul determinării umidității inițiale (W1, %), a masei medii a sămburilor (G) și a masei medii a fructelor deshidratate, cu excepția sămburilor (G1).

Se stabilește temperatura de rehidratare.

Se fixează umiditatea finală a produsului finit (W2) și cu ajutorul formulelor (10) și (11) se determină valorile U1, U2 și diferența (U2 - U1).

Se calculează masa substanțelor uscate în fructele deshidratate (S1) după formula (12).

Se determină suprafața specifică a fructelor (F), raportată la o unitate de masă de substanță uscată inițială. Calculele se efectuează în ordinea:

a) se determină diametrul echivalent al sămburilor (dech2, m2):

$$d_{ech2} = \sqrt[3]{6G / \pi\rho} \quad (15)$$

în care:

G – masa medie a sămburilor, kg;

$\pi$  – constantă matematică, egală cu 3,14;

$\rho$  – densitatea sămburilor, kg/(m<sup>3</sup>·10<sup>-3</sup>), care se calculează conform formulei:

$$\rho = 1 + (100 - W) / 250 \quad ; \quad (16)$$

în care:

W – umiditatea sămburilor, %;

b) se determină densitatea pulpei și diametrul exterior echivalent al fructelor (dech1, m2) cu ajutorul următoarelor formule:

$$G_1 / \rho_1 = (1/6)\pi[(d_{ech1})^3 - (d_{ech2})^3] \quad , \quad (17)$$

$\rho_1$  – densitatea pulpei, calculată conform formulei (16), unde W=W1;

c) se calculează suprafața medie a fructelor (F)

- fără sâmburi:

$$F = \pi[(dech1)2 + (dech2)2], (18)$$

- cu sâmburi:

$$F = \pi(dech1)2; (19)$$

d) se determină suprafața specifică a fructelor (F), exprimată într-o unitate de masă de substanță uscată:

$$F = F'/S1, m2/kg \text{ s.u.} (20)$$

Se determină media aritmetică ponderată a vitezei de acumulare a umidității (I) în diapazonul conținutului de umiditate de la U1 la U2.

Pentru determinarea (I) se utilizează dependențele empirice funcționale  $I = f(U_i - U1)t = \text{const}$ , obținute pentru un șir de temperaturi în diapazonul 20...80°C și expuse în formă tabelară (Anexa B la IT 273-2012 „Instrucțiunea tehnologică pentru fabricarea vișinelor și a cireșelor uscate”), fig. 1, 2, 3, 4, în care U1 este conținutul curent de umiditate în fructe în procesul de rehidratare, kg/kg s.u.

Pentru temperatura determinată de rehidratare, din tabelul respectiv se iau toate valorile punctiforme ale vitezei de acumulare a umidității (Ii), ce corespund valorilor Ui de la U1 la U2.

Valoarea I se calculează după formula:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n [I_i \times (U_i - U_{i-1})]}{\sum_{i=1}^n (U_i - U_{i-1})} \quad (21)$$

în care:

i – valoarea punctiformă a parametrului, n – numărul de valori utilizate în calcul.

În cazul în care în tabel lipsesc datele cu privire la o anumită temperatură de rehidratare, acestea se obțin prin interpolarea datelor ce corespund pentru două valori apropiate ale temperaturii, diapazonul cărora include și valoarea temperaturii propuse. Rezultatul interpolării se prezintă prin includerea coeficientului de corecție kt.

Se determină pierderile estimative de substanțe uscate solubile (P, % la S1), care au loc la modificarea umidității produsului de la U1 la U2. Pentru determinarea pierderilor se utilizează ecuații empirice ale dependenței  $P = f(U_i - U1)$ , obținute pentru niveluri diferite de temperaturi constante și expuse în formă tabelară (fig. 1, 2, 3, 4) – (Anexa B la IT 273-2012 „Instrucțiunea tehnologică pentru fabricarea vișinelor și a cireșelor uscate”). În cazul când în tabel lipsesc anumite date, acestea se obțin prin interpolarea datelor ce corespund pentru două valori apropiate ale temperaturii, diapazonul cărora include și valoarea temperaturii stabilite. Rezultatul interpolării se prezintă prin includerea coeficientului de corecție kt’.

Se calculează valorile G1, G2 și kp după formulele (12), (13) și (14).

Valorile obținute G1, G2, kp, S1, F și ktI se includ în formula (9) pentru a putea determina durata rehidratării fructelor deshidratate.

Exemplul 1

Se supun prelucrării cireșele uscate cu sâmburi, cu următoarele caracteristici inițiale: W1 = 18,5%, mărimea medie a fructului – 80 bucăți în 100 g, conținutul de sâmburi – 20,0%.

Se propune ca rehidratarea cireșelor deshidratate să fie efectuată în apă cu temperatura de 20°C pentru a obține fructe rehidratate cu umiditatea (W2) egală cu  $28,0 \pm 2\%$ .

Cu ajutorul formulelor (10) și (11) se determină valorile U1, U2 și (U2 - U1).

$$U1 = 18,5 / (100 - 18,5) = 0,2270 \text{ g/g s.u.},$$

$$U2 = 28,0 / (100 - 28,0) = 0,3889 \text{ g/g s.u.},$$

$$(U2 - U1) = - 0,1619 \text{ g/g s.u.}$$

Aplicând formula (12), se calculează conținutul substanțelor uscate în masa inițială a fructelor uscate până la rehidratarea lor (S1, g).

Conform caracteristicilor fructelor deshidratate, masa medie a unor fructe este  $100/80 = 1,25$  g, masa medie a sâmburilor este  $1,25 \times 0,2 = 0,25$  g; masa medie a unui fruct fără sâmbure este  $G1 = 1,25 - 0,25 = 1,00$  g. Respectiv masa substanțelor uscate, conținute în pulpa unor fructe, este  $S1 = 1,00 \times (100 - 18,5)/100 = 0,815$  g.

Se determină suprafața specifică a fructelor, raportată la 1 g de substanță uscată inițială (F, cm<sup>2</sup>/g).

a) Cu ajutorul formulelor (15) și (16) se determină diametrul echivalent al sâmburilor dechg2.

$$ps = 1 + (100 - W)/250 = 1 + (100 - 12)/250 = 1,352 \text{ g/cm}^3;$$

în care 12 – umiditatea acceptată a sâmburilor, %.

$$(dech2)3 = 6 \times 0,25/3,14 \times 1,352 = 0,353334; \text{ dech2} = 0,706960 \text{ cm}^3.$$

b) Se determină diametrul exterior echivalent al unui fruct dech1.

Se calculează densitatea pulpei:

$$\rho1 = 1 + (100 - W1)/250 = 1 + (100 - 18,5)/250 = 1,326.$$

Valorile calculate G1, ρ1, dech2 și dech1 se includ în formula (17):

$$(1/1,326) + (3,14/6) \times 0,353334 = (1/6)\pi(dech1)3.$$

Din această formulă se obțin următoarele valori ale diametrului echivalent:

$$(dech1)3 = 1,794380; \text{ dech1} = 1,215173 \text{ cm.}$$

Se calculează suprafața medie a unui fruct (F1) conform (19):

$$F1 = \pi(\text{dech1})^2 = 3,14 \times 1,2151732 = 4,636665 \text{ cm}^2.$$

După care se determină F, incluzând valorile obținute F1, S1 în formula (20).

$$F = F1/S1 = 4,636665/0,815 = 5,689160 \text{ cm}^2/\text{g}.$$

Se determină media aritmetică calculată a vitezei de acumulare a umidității la temperatura de 20oC pentru intervalul de modificare a umidității (U2 - U1) = 0,1619 g/g s.u.

Pentru determinarea valorilor punctiforme ale Ii, se utilizează dependențele funcționale empirice  $I = f(U_i - U_1)_{t=\text{const}}$ , obținute pentru temperaturile 20, 40, 60 și 80oC care sunt exprimate în formă tabelară cu pasul (U<sub>i</sub> - U<sub>1</sub>) egal cu 0,01 kg/kg s.u. (fig.1) – (Anexa B la IT 273-2012 „Instrucțiunea tehnologică pentru fabricarea vișinelor și a cireșelor uscate”). Pentru temperatura aleasă de rehidratare de 20oC se ia din tabel tot șirul de valori punctiforme ale vitezei de acumulare a umidității (Ii), incluse în intervalul de umiditate de la 0 la 0,1619 g/g s.u., în total – 17 valori. În acest caz, formula (21) poate fi înlocuită cu calculul mediu aritmetic:

$$I = \left( \sum_{i=1}^{i=n} I_i \right) / n = \left( \sum_{i=1}^{i=17} I_i \right) / 17 = (0,000857893 + 0,000841087 + 0,000824232 + 0,000807190 + 0,000789825 + 0,000771998 + 0,000753575 + 0,000734415 + 0,000714383 + 0,000693341 + 0,00671153 + 0,000647680 + 0,000622786 + 0,000596334 + 0,000568185 + 0,000538041 + 0,000506253) / 17 = 0,000702257 (\text{g} / \text{g}) / (\text{min} \times \text{cm}^2).$$

Deoarece în tabel sunt incluse datele de la 20oC, coeficientul kt = 1.

Se determină pierderile estimative de substanțe uscate (P, % la S1), care corespund majorării umidității produsului la valoarea de 0,16 g/g s.u. Pentru determinarea pierderilor se utilizează datele din tabel pentru cireșele cu sămburi

pentru temperatura de 20oC, pentru  $k_t = 1$  și (U2 - U1) = 0,1619 g/g, valoarea P = 2,4694%.

Se calculează valorile G2 și kp după formulele (13) și (14):

$$G_2 = 1,0 \times \frac{(100 - 18,5) \times (100 - 1 \times 2,4694)}{(100 - 28,0) \times 100} = 1,103992 \text{ g}.$$

$$k_p = \left[ 1 + 0,815 \left( 0,3889 \times \frac{100 - 1 \times 2,4694}{100} - 0,2270 \right) \right] / 1,103992 = 1,018234 \text{ g}$$

Rezultatele obținute G1 = 1,00 g, G2 = 1,103992 g, kp = 1,018234, S1 = 0,815 g, F = 5,689160 cm<sup>2</sup>/g și kt x I = 0,000702257 (g/g)/(min x cm<sup>2</sup>) se substituie în formula (9).

$$\tau = - \frac{G_1 - k_p G_2}{F \times S_1 \times k_t I} = - \frac{1,00 - 1,018234 \times 1,103992}{5,689160 \times 0,815 \times 0,000702257} = 38 \text{ min}.$$

S-a efectuat umectarea în apă a acestui lot de cireșe cu sămburi. Parametrii de prelucrare: temperatura apei – 20oC, durata – 38 min. La produsul rehidratat s-a determinat conținutul de umiditate conform metodei standard. Conținutul efectiv de umiditate a constituit 27,2%, ceea ce corespunde intervalului propus.

Exemplul 2

Se supun prelucrării vișinele uscate fără sămburi, soiul Enri Urojainia, cu următoarele caracteristici inițiale: umiditatea W1 = 12,0%, mărimea medie a fructului – 116 bucăți în 100 g.

Rehidratarea vișinelor uscate se efectuează prin cufundare în apă cu temperatura de 55oC pentru a se obține fructe rehidratate cu umiditatea (W2) egală cu 23,0±2%.

$$U1 = 12,0 / (100 - 12,0) = 0,136364 \text{ g/g s.u.},$$

$$U2 = 23,0 / (100 - 23,0) = 0,298701 \text{ g/g s.u.},$$

$$(U2 - U1) = 0,162337 \text{ g/g s.u.}$$

Se calculează conținutul de substanțe uscate în masa inițială a fructelor deshidratate (S1, g).

$$\text{Se determină masa medie a unui fruct: } G1 = 100/116 = 0,862069 \text{ g},$$

$$S1 = 0,862069 \times (100 - 12,0) / 100 = 0,758621 \text{ g}.$$

Se determină suprafața specifică a fructului, raportată la 1 g de substanță uscată inițială (F, cm<sup>2</sup>/g):

a) cu ajutorul formulelor (15) și (16) se determină diametrul cavității, care este echivalent cu diametrul sămburilor dech2.

$$\rho_s = 1 + (100 - W) / 250 = 1 + (100 - 12) / 250 = 1,352 \text{ g/cm}^3,$$

În care 12 – umiditatea acceptată pentru sămburi, %.

Pentru acest soi de vișine, masa sămburilor în fructele proaspete este acceptată ca fiind 0,4 g, iar conținutul de umiditate – 30%. În acest caz, masa sămburilor în fructele deshidratate se determină  $0,4 \times (100 - 30) / 88 = 0,318182 \text{ g}.$

$$(\text{dech2})^3 = (6 \times 0,318182) / (3,14 \times 1,352) = 0,449697 \text{ cm}^3;$$

$$\text{dech2} = 0,766138 \text{ cm};$$

b) se determină diametrul exterior echivalent al fructelor dech1.

Se determină densitatea pulpei:

$$\rho_1 = 1 + (100 - W_1)/250 = 1 + (100 - 12,0)/250 = 1,352 \text{ g/cm}^3.$$

Valorile calculate  $G_1$ ,  $\rho_1$ ,  $dech_2$  și  $dech_1$  se includ în formula (17):

$$0,862069/1,352 = (1/6)\pi[(dech_1)^3];$$

$$(0,862069/1,352) + (3,14/6) \times 0,449697 = (1/6)\pi(dech_1)^3.$$

Din această formulă se obțin următoarele valori ale diametrului echivalent:

$$(dech_1)^3 = 1,218392; \text{ dech}_1 = 1,068060 \text{ cm}.$$

$F_1$  se calculează conform (19):

$$F_1 = \pi[(dech_1)^2 + (dech_2)^2] = 3,14(0,7661382 + 1,0680602) = 1,727719 \cdot 3,14 = 5,425039 \text{ cm}^2.$$

Se determină  $F$ , substituind valorile obținute  $F_1$ ,  $S_1$  în (20):

$$F = F_1/S_1 = 5,425039/0,758621 = 7,151185 \text{ cm}^2/\text{g}.$$

Pentru intervalul de modificare a umidității ( $U_2 - U_1$ ) = 0,162337 g/g  $\approx$  0,16 g/g se determină valoarea medie ponderată a vitezei de acumulare a umidității (fig. 3) – (Anexa B la IT 273-2012 „Instrucțiunea tehnologică pentru fabricarea vișinelor și a cireșelor uscate”):

- pentru temperatura de 40oC

$$I = \left( \sum_{i=1}^{i=n} I_i \right) / n = \left( \sum_{i=1}^{i=17} I_i \right) / 17 = (0,0024291 + 0,0023782 + 0,0023303 + 0,0022845 + 0,0022404 +$$

$$0,0021971 + 0,002154 + 0,0021105 + 0,0020657 + 0,0020191 + 0,00197 + 0,0019177 + 0,0018614 + 0,0016006 + 0,0017345 + 0,0016625 + 0,0015839) / 17 = 0,0020435 \text{ (g/g)/(min} \cdot \text{cm}^2);$$

- pentru temperatura de 60oC

$$I = \left( \sum_{i=1}^{i=17} I_i \right) / 17 = (0,0043057 + 0,0041863 + 0,0040703 + 0,0039574 + 0,0038477 + 0,003741 +$$

$$0,0036373 + 0,0035365 + 0,0034385 + 0,0033431 + 0,0032441 + 0,0031474 + 0,0030536 + 0,0029627 + 0,0028744 + 0,0027887 + 0,0027056) / 17 = 0,0034612 \text{ (g/g)/(min} \cdot \text{cm}^2).$$

Valoarea ponderată a vitezei de acumulare a umidității la temperatura de 55oC este obținută cu ajutorul mărimilor analogice, obținute pentru 40oC și 60oC, prin interpolare.

Unui grad de temperatură îi corespunde:

$$\Delta I/20 = (0,0034612 - 0,0020435)/20 = 0,00070885; \text{ pentru 5 grade de temperatură corespunde valoarea: } \Delta I = 0,00070885 \times 0,000354425, \text{ ca urmare, } I \text{ pentru } 55\text{oC va constitui } 0,0034612 - 0,000354425 = 0,00310678.$$

Temperatura de 60oC este cea mai apropiată de valoarea acceptată pentru procesul de rehidratare (55oC). De aceea, se acceptă valoarea aritmetică calculată  $I$ , stabilită pentru 60oC în calitate de valoare de bază și se determină  $kt$ :  $kt = 0,00310678/0,0034612 = 0,897601$ .

Conform tabelelor corespunzătoare, pentru vișinele fără sâmburi (fig. 3) – (Anexa B la IT 273-2012 „Instrucțiunea tehnologică pentru fabricarea vișinelor și a cireșelor uscate”), se determină valorile pierderilor de substanțe uscate ( $P$ , % la  $S_1$ ). Se caută valorile tabelare  $P$ , % pentru ( $U_2 - U_1$ ) = 0,16, care corespund temperaturii de 40oC – 3,1860 % și temperaturii de 60oC – 2,1275 %. Prin interpolare, se determină valoarea pierderilor la temperatura de 55oC: unui grad de temperatură îi corespunde  $\Delta P/20 = (3,1860 - 2,1275)/20 = 0,052925\%$ , iar pentru 5 grade de temperatură îi corespunde valoarea  $\Delta P = 0,052925 \times 5 = 0,264625\%$ , ca urmare,  $P$  pentru temperatura de 55oC va constitui  $2,1275 + 0,264625 = 2,3921\%$ .

În acest fel, dacă se acceptă valoarea pierderilor determinată pentru temperatura de 60oC în calitate de  $P$  în formula

$$(14), \text{ atunci coeficientul } k_t \text{ va constitui } 2,3921/2,1275 = 1,124371.$$

Se calculează valorile pentru  $G_2$  și  $k_p$  după formulele (13) și (14).

$$G_2 = 0,862069 \times \frac{(100 - 12,0) \times (100 - 1,124371 \times 2,1275)}{(100 - 23,0) \times 100} = 0,961655 \text{ g}$$

$$k_p = \left[ 0,862069 + 0,758621(0,298701 \times \frac{100 - 1,124371 \times 2,1275}{100} - 0,136364) \right] / 0,961655 = 1,018870 \text{ g}.$$

Valorile obținute  $G_1 = 0,862069 \text{ g}$ ,  $G_2 = 0,961654 \text{ g}$ ,  $k_p = 1,018870$ ,

$S_1 = 0,758621 \text{ g}$ ,  $F = 7,151185 \text{ cm}^2/\text{g}$  și  $kt = 0,897601$ ,

$I = 0,0034612 \text{ (g/g)/(min} \times \text{cm}^2)$  se substituie în formula (9):

$$\tau = - \frac{G_1 - k_p G_2}{F \times S_1 \times k_t I} = - \frac{0,862069 - 1,018870 \times 0,961635}{7,151185 \times 0,758621 \times 0,897601 \times 0,0034612} = 7,0 \text{ min}.$$

În urma rehidratării acestui lot de fructe uscate în apă cu temperatura de 55oC și cu durata de 7 minute au fost obținute fructe cu umiditatea de 23,7%, ceea ce corespunde intervalului propus.



## Exemplul 3

Procedeeul se efectuează conform exemplului 1. Se deosebește prin aceea că produsul rehidratat trebuie să conțină sorbat de potasiu în cantitate de 950 mg/kg.

Rehidratarea se efectuează în soluție apoasă de sorbat de potasiu cu concentrația de 0,84%.

Calcularea concentrației soluției apoase de conservant se efectuează în modul următor:

a) se utilizează valorile  $G_1$ ,  $G_2$  și  $k_p$ , obținute în exemplul 1, se determină masa apei acumulate ( $M$ ), care se conține în 1 kg de produs rehidratat:

$$M = \frac{1000 \times (G_1 - k_p \times G_2)}{G_2} = \frac{1000 \times (1,00 - 1,018234 \times 1,103992)}{1,103992} = 112,430335 \text{ g.}$$

b) Se determină concentrația soluției apoase de conservant ( $C$ ):

$$C = \frac{100 \times 950 \times 10^{-3}}{M} = \frac{100 \times 950 \times 10^{-3}}{112,430335} = 0,84\%.$$