

**UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI**

Cu titlul de manuscris

C.Z.U.: 66.047.41-911.3:634.13(043)

**MELENCIUC MIHAIL**

**USCAREA PERELOR ÎN ATMOSFERĂ MODIFICATĂ DE  
CO<sub>2</sub>**

**253.05 Procese și aparate în industria alimentară**

Rezumatul tezei de doctor în științe inginerești

**CHIȘINĂU 2023**

Teza a fost elaborată în cadrul *Departamentului Inginerie Mecanică* al  
Universității Tehnice a Moldovei

**Conducător științific:**

ȚISLINSKAIA Natalia, dr., conf. univ., UTM

**Referenți oficiali:**

GHENDOV – MOȘANU Aliona, dr. hab., conf. univ., UTM

CECLU Liliana, dr., conf. univ., USC,

**Consiliul științific specializat:**

STURZA Rodica, dr.hab., prof.univ., membru corespondent UTM,  
*președinte*

BOEȘTEAN Olga, dr., conf. univ., UTM, *secretar științific*

SAVA Parascovia, dr. hab., IȘPHT, *membru  
membru*

DESEATNICOVA Olga, dr., conf. univ., UTM, *membru*

MACARI Artur, dr., conf. univ, UTM, *membru*

GHENDOV – MOȘANU Aliona, dr. hab., conf. univ., UTM, *referent  
oficial*

CECLU Liliana, dr., conf. univ., USC, *referent oficial*

Susținerea va avea loc la **29.06.2023, ora 14:00**, în ședința Consiliului științific specializat D 253.05-23-16 din cadrul Universității Tehnice a Moldovei, FTA, str. Studenților 9/9, blocul de studii nr.5, aud. 120, MD-2045, Chișinău, Republica Moldova.

Teza de doctor și rezumatul pot fi consultate la biblioteca Universității Tehnice a Moldovei și pe pagina web a ANACEC.

Rezumatul a fost expediat la 29.05.2023

Secretar științific al Consiliului științific specializat

BOEȘTEAN Olga, dr., conf. univ.



Conducător științific:

ȚISLINSKAIA Natalia, dr., conf. univ.



Autor

MELENCIUC Mihail



© MELENCIUC Mihail, 2023

## CUPRINS

|  |    |
|--|----|
| REPERELE CONCEPTUALE ALE CERCETĂRII.....   | 4  |
| Capitolul 1. Stadiul cercetărilor actuale privind uscarea produselor alimentare.....           | 8  |
| Capitolul 2. Materiale și metode de cercetare.....   | 10 |
| Capitolul 3. Optimizarea procesului de uscare a semințelor de struguri în strat suspendat..... | 12 |
| Capitolul 4. Cinetica procesului de uscare în strat suspendat a semințelor de struguri .....   | 16 |
| CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI.....   | 20 |
| BIBLIOGRAFIE.....  | 23 |

## Reperete conceptuale ale cercetării

Una din cele mai actuale și acute probleme în prezent este aprovizionarea populației globului cu suficiente produse alimentare pentru a combate foamea. Conform datelor raportate de către Organizația pentru Alimentație și Agricultură (OAA), numărul de oameni afectați de foame, către anul 2021 a fost de 828 mln., ceea ce indică o creștere de 46 mln., comparativ cu anul 2020 și 150 mln. cu anul 2019 (Gustavsson, 2011). Prevenirea pierderilor de alimente, la fiecare etapă de producere ale acestora, începând cu recoltarea materiei prime și finisând cu comercializarea produsului finit, are mai multe efecte benefice pentru întreaga economie, mai ales în cazul țărilor în dezvoltare. Mai mult ca atât, la efectul economic negativ, producerea alimentelor neconsumate duce la sporirea nivelului de emisii de CO<sub>2</sub>, la fel ca și creșterea nivelului de deșeuri în general. Astfel risipa de alimente are un efect negativ considerabil atât pentru venitul producătorilor de produse cât și pentru consumatori (FAO, 2019). Uscarea reprezintă o alternativă potrivită pentru aspectele organizatorice și de control a recoltei, mai ales în țările unde nu există sisteme de distribuire și menținere a producției la temperaturi joase. Cercetătorii au determinat că cca. 20 % din recolta perisabilă globală este supusă uscării pentru a mări perioada de păstrare și a promova securitatea alimentară (Chakraverty et al., 2003). În acest context, o metodă nouă de uscare a fructelor și legumelor, cu un potențial sporit de implementare, este utilizarea atmosferei modificate. Utilizarea unui gaz inert ca substituent al agentului convențional de uscare, are beneficii importante pentru păstrarea calității produsului inițial supus uscării și pentru sporirea calității produsului uscat, comparativ altor metode.

**Scopul lucrării** constă în elaborarea instalației și a tehnologiei de uscare a perelor în mediu modificat de dioxid de carbon.

**Obiectivele cercetării** au fost stabilite în felul următor:

**Obiectivul 1:** Cercetarea procesului de uscare a produselor vegetale în atmosferă modificată de CO<sub>2</sub>.

**Obiectivul 2:** Analiza perelor „Conferința” ca obiect al uscării și a bioxidului de carbon ca agent de uscare

**Obiectivul 3:** Elaborarea instalației experimentale de uscare a perelor în atmosferă modificată de CO<sub>2</sub>.

**Obiectivul 4:** Optimizarea procesului de uscare a perelor în atmosferă modificată de CO<sub>2</sub> prin modelarea matematică.

**Obiectivul 5:** Elaborarea diagramei I-d de stare a bioxidului de carbon, pentru uscarea în mediu modificat.

**Obiectivul 6:** Studierea cineticii procesului de uscare a perelor în mediu modificat de CO<sub>2</sub>.

**Noutatea și originalitatea științifică:** În premieră au fost uscate perele în mediu modificat de CO<sub>2</sub> și determinat conținutul de acid L-ascorbic și conținutul de polifenoli pentru perele uscate în mediu modificat de CO<sub>2</sub>; a fost întocmită diagrama stării dioxidului de carbon pentru procesul de uscare în mediu modificat de CO<sub>2</sub>; a fost creat un model matematic pentru procesul de uscare a perelor în mediu modificat de CO<sub>2</sub>.

**Ipoieza de cercetare** reiese din analiza stării din domeniul de cercetare și constă în a găsi metode de tratare și de prelungire a perioadei de păstrare a materiei prime perisabile și a subproduselor acesteia, fără necesități în utilaje avansate și costisitoare, spații mari de lucru și depozitare a produselor. Uscarea în mediu modificat de CO<sub>2</sub> conduce la sporirea duratei de păstrare a produselor vegetale ușor perisabile prin limitarea contactului dintre produs și oxigen, care în cele mai dese cazuri provoacă dezintegrarea substanțelor biologice active, iar proiectarea utilajului necesar pentru uscarea cu atmosferă modificat, datorită sistemele de reciclare a CO<sub>2</sub>, nu este costisitoare.

**Metodologia de cercetare** cuprinde o analiză profundă a metodelor de uscare existente cu evidențierea punctelor forte; analiza dioxidului de carbon în calitate de agent de uscare; modelarea matematică și optimizarea tehnologiei; proiectarea și elaborarea instalației de uscare; stabilirea regimurilor optime de uscare în mediu modificat de CO<sub>2</sub>; determinarea indicilor de calitate a produselor.

**Problema științifică soluționată** constă în elaborarea unei tehnologii noi de uscare a perelor, care permite de a obține un produs uscat de calitate superioară.

**Semnificația teoretică.** Pentru prima dată a fost stabilită diagrama de stare a dioxidului de carbon în procesul de uscare. Diagrama permite determinarea parametrilor de bază, ce influențează proprietățile gazului pe parcursul procesului de uscare; elaborarea modelelor matematice ale transferului de masă și căldură și ale vitezei agentului de uscare conform cărora pot fi calculate temperatura și umiditatea produsului pe parcursul procesului de uscare.

**Valoarea aplicativă a lucrării.** A fost propusă metodologia de uscare a fructelor de pere în mediu modificat de CO<sub>2</sub>; a fost construită diagrama stării dioxidului de carbon pentru procesul de uscare în mediu modificat de CO<sub>2</sub>; a fost elaborată instalația de uscare prototip pentru uscarea fructelor și legumelor în mediu modificat de CO<sub>2</sub>.

**Implementarea rezultatelor științifice.** Rezultatele cercetărilor au fost publicate în culegeri științifice, conferințe naționale și internaționale și au fost prezentate la conferințe și expoziții. Au fost obținute brevete de invenție nr. MD 1295 Z din 31.12.2018 cu titlul „Instalație de uscare a fructelor și legumelor”.

**Aprobarea rezultatelor.** Rezultatele științifice din teză au fost discutate la diverse simpozioane, expoziții și conferințe, printre ele: „Modern Technologies in the Food Industry”, Chișinău (MTFI 2014, 2016, 2018); ”Biotechnologies, present and perspectives”, Suceava (2018); Simposiumul Internațional „EuroAliment – 2017”, Galați (2017); Simposiumul Internațional European Exhibition of Creativity and Innovation „EuroInvent”, Iași (2018, 2019); Salonul Internațional al Cercetării Științifice, Inovării și Inventicii „Pro-Invent”, Cluj-Napoca (2018); Târgul Internațional de Invenție și Educație Creativă pentru Tineret, ediția a II-a, Suceava (2018); Simposiumul Internațional „Innovation and Creative Education Fair for Youth” ICE – USV, Suceava (2019); Simposiumul Internațional „European Exhibition of Creativity and Innovation” „Inventica”, Iași (2019); Simposiumul Internațional „UGAL Invent – 2019”, Galați (2019); Simposiumul Internațional „INFOINVENT”, Chișinău (2019).

**Sumarul tezei.** Lucrarea cuprinde patru capitole de bază: 1. Studiul cercetărilor actuale privind uscarea produselor alimentare; 2. Materiale și metode

utilizate la cercetare; 3. Analiza parametrilor higrotermici la uscare cu bioxid de carbon, modelarea matematică a proceselor și elaborarea instalației de uscare a fructelor; 4. Studiul cineticii procesului de uscare și calității produsului.

**Introducere.** Cuprinde scopul și obiectivele lucrării, argumentarea metodologiei de cercetare, problema științifică soluționată și sumarul tezei.

**Studiul cercetărilor actuale privind uscarea produselor alimentare** – conține analiza tendințelor în domeniul uscării produselor alimentare și analiza proprietăților higrotermice și efectul lor asupra proprietăților fizice și chimice ale produselor supuse uscării și/sau deshidratării. Informația prezentată permite formularea problemei actuale în domeniul uscării produselor alimentare și metode propuse de cercetători pentru a limita acțiunea nocivă a diverselor reacții de deteriorare, care pot interveni pe parcursul procesului de uscare, sau în perioada de depozitare a produselor finite uscate.

**Materiale și metode utilizate la cercetare** – cuprinde informație despre materialele și metodologia utilizate pentru a atinge scopul lucrării și obiectivele stipulate. În capitoul dat sunt prezentate informații despre dioxidul de carbon și posibilitatea utilizării acestuia în calitate de gaz substituent pentru gazul convențional utilizat în procesele de uscare în industria alimentară – aerul. Este prezentată informația despre pere, care prezintă obiectul uscării.

**Analiza parametrilor higrotermici la uscare cu bioxid de carbon, modelarea matematică a proceselor și elaborarea instalației de uscare a fructelor** – conține informație desfășurată despre calculul și construirea diagramelor de stare ale mediului de CO<sub>2</sub> și modelele matematice ale procesului de uscare în mediu modificat de CO<sub>2</sub>.

**Studiul cineticii procesului de uscare și calității produsului** – capitoul dat prezintă informații despre rezultate experimentelor efectuate asupra perelor uscate cu aplicarea metodelor de uscare prin convecție cu aer și CO<sub>2</sub>, la diferite temperaturi ale agenților termici de uscare și diferite concentrații ale dioxidului de carbon în camera de uscare.

## Conținutul tezei

### Capitolul 1. Stadiul cercetărilor actuale privind uscarea produselor alimentare

Temperatura, conținutul de umiditatea și activitatea apei sunt factori fizici importanți în ceea ce privește influențarea proprietăților chimice și biochimice ale produselor alimentare în timpul procesării termice (uscarea) și a depozitării ulterioare. Modificările higrotermice ale proprietăților materialelor pot apărea din cauza absorbției umidității și variației temperaturii, ca rezultat, având un impact mare asupra procesării termice a produselor alimentare (Jangam et al., 2010). Apa este un mediu important de transmitere și stocare a căldurii, la fel participă în diverse reacții biochimice din produsele alimentare. Prezența apei și starea în care ea se află în componența produselor alimentare deshidratate este foarte importantă, deoarece aceasta afectează diverse reacții de deteriorare, care pot avea loc în alimente, cum ar fi brunificarea neenzimatică, oxidarea lipidelor, degradarea vitaminelor, activitatea enzimatică, activitatea microbiană și stabilitatea pigmentilor (Jangam et al., 2010), iar speciile dizolvate, odată cu eliminarea apei din produs pe parcursul uscării, se concentrează în matricea produsului alimentar. Majoritatea parametrilor calitativi care sunt asociați cu produsele alimentare uscate includ culoarea, aspectul vizual, forma produsului, aroma, sarcina microbiană, păstrarea substanțelor nutritive, porozitatea, densitatea în vrac, textura, proprietățile de rehidratare, activitatea apei, prezența paraziților, utilizarea conservanților și prezența aromelor străine (Cristina Ratti, 2005). Toți parametrii calitativi, importanți în caracterizarea produselor uscate, pot fi împărțite în patru categorii mari: 1. fizici; 2. chimici; 3. microbiologici; 4. nutriționali.

Uscare fructelor și legumelor în general este efectuată prin metoda uscării convective. Numeroase studii au analizat problemele care apar pe parcursul procesului de uscare prin convecție convențională. Aceste constau în schimbarea unor proprietăți fizice importante ale produselor supuse uscării cum sunt



pierderea culorii (Chua et al., 2000), modificarea texturii, schimbări chimice care afectează în rezultat aroma produsului, conținutul și calitatea substanțelor nutritive și provoacă efectul de zbârcire (Mayor et al., 2004). Temperatura înaltă a procesului de uscare reprezintă și ea o cauză majoră de pierdere a calității produsului finit uscat. Micșorarea temperaturii procesului reprezintă un potențial pentru mărirea calității produsului. Totuși în așa condiții, timpul de procesare și costurile asociate devin prea mari. Metodele convenționale de uscare utilizează ca agent de uscare aerul. În uscarea convectivă cu aer produsele suferă reacții de degradare, care duc la diminuarea calității, cauzate de diverse modificări nedorite de natură fizică, chimică, care au loc în timpul procesului de uscare. Cele mai des întâlnite reacții duc la apariția efectelor de brunificare și zbârcire (Mujumdar, 2006). Brunificarea poate fi cauzată de reacțiile enzimatiche sau neenzimatiche, care pot avea loc în produs. Enzima, cel mai des întâlnită în fructe și legume, care cauzează apariția acestor efecte, este polifenoloxidaza. O acțiune nedorită asupra produselor supuse uscării, o are și prezența oxigenului.

Pentru a evita oxidarea materialului supus uscării și distrugerea ingredientelor sale bioactive, aerul, utilizat ca agent termic uscare fierbinte, care conține 21 % oxigen, poate fi înlocuit cu azot sau dioxid de carbon. Prin eliminarea oxigenului, se evită astfel oxidarea și unele reacții nedorite care necesită oxigen. La rândul său, aceasta reduce brunificarea produselor și îmbunătățește păstrarea substanțelor bioactive. În plus, uscarea în atmosferă modificată mărește difuzivitatea eficientă a unor produse alimentare. (O'Neill et al., 1998), au studiat aplicarea uscării în atmosferă modificată pentru unele produse alimentare, cu utilizarea pompei de căldură. O serie de studii experimentale au fost efectuate cu privire la uscarea în atmosferă modificată, cu utilizarea pompei de căldură, pentru diferite tipuri de produse alimentare și au demonstrat o îmbunătățire deosebită a calității produsului finit uscat (Hawladar et al., 2006b; 2006a).

## Capitolul 2. Materiale și metode de cercetare

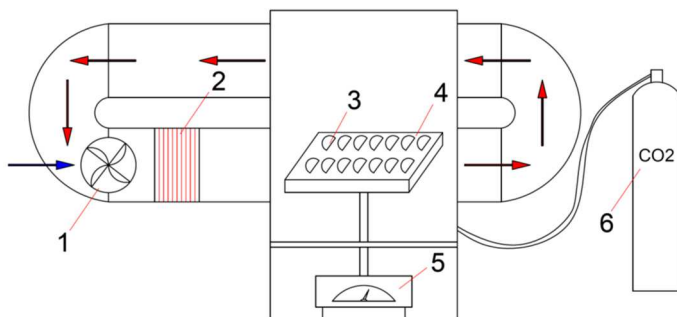
Cerințele pentru fructele proaspete de pere sunt stipulate în (HOTĂRÎRE Nr. 929, 2009), Capitolul XI, Secțiunea a 2-a și Anexa 4. În conformitate cu aceste cerințe perele de soi „Conferința”, utilizate ca obiect de studiu fac parte din fructele de „Categoriea I”. Pentru pregătirea perelor de soi „Conferința” către procesul de uscare și determinarea calităților organoleptice a fructelor uscate, a fost analizată (HOTĂRÎRE Nr. 1523, 2007), Anexa 1 – 5. În conformitate cu Hotărîrea dată, perele selectate au fost tăiate în runde (HOTĂRÎRE Nr. 1523, 2007), care pentru facilitarea procesului de uscare și ambalare, au fost secționare perpendicular în două jumătăți, la fel conform sursei (HOTĂRÎRE Nr. 1523, 2007), a fost stabilită umiditatea finală a perelor uscate de 20 % (umiditatea curentă, 22 % maximum).

Dioxidul de carbon, utilizat în industria alimentară, este cunoscut ca aditiv alimentar sub codul E 290. Conform (HOTĂRÎRE Nr. 229, 2013), Anexa 1, dioxidul de carbon este un aditiv alimentar, care face parte din categoria „Aditivi alimentari, alții decât coloranții și îndulcitorii”. Pentru aplicațiile din industria alimentară, dioxidul de carbon trebuie adus la un nivel de puritate cuprins între valorile 99,8 % și 99,9 % (Brownsort, 2019; COMMISSION REGULATION (EU) No 231/2012, 2012; ГОСТ 8050-85, 2006).

Pentru a efectua uscarea perelor, produsul a fost spălat, cu scopul eliminării impurităților de pe suprafață și apoi uscat, pentru a reduce probabilitatea dezvoltării microorganismelor și a nu mări umiditatea totală. În continuare, perele au fost tăiate în runde, cu o ulterioară secționare perpendiculară, cu grosimea de 3 mm, cu o masă inițială medie a probei supuse uscării de  $100 \pm 0,87$ g, după care produsul a fost supus fiecărei metode de uscare cu aplicarea a mai multor regimuri.

Pentru procesul de uscare (Figura 2.1) au fost selectate perele de soiul „Conferința”, cu umiditatea inițială a produsului de  $84,0 \pm 0,75$  %. Ca agent de uscare a fost utilizat aerul din mediul ambiant. Uscarea s-a realizat la diferite

temperaturi ale agentului de uscare, și anume: 60, 70, 80, 90 și 100 °C. Viteza agentului de uscare în toate experiențele a fost constantă, de  $1,5 \pm 0,13$  m/s.



**Figura 2.1** Schema procesului de uscare a perelor de soi „Conferința” în instalația experimentală de uscare: 1 – ventilator; 2 – generator de căldură; 3 – pere „Conferința” feliate semirondele; 4 – tavă; 5 – cântar electric; 6 – rezervor cu CO<sub>2</sub>.

Pentru determinarea modificării calității perelor, au fost determinați indicii de calitate: determinarea conținutului total de polifenoli și determinarea conținutului de acid L-ascorbic.

### Capitolul 3. Optimizarea procesului de uscare a semințelor de struguri în strat suspendat

A fost întocmit modelul matematic a fenomenelor de transfer de masă și căldură pentru uscarea în mediu modificat de CO<sub>2</sub>, pentru care au fost stabilite condițiile de limită de speța a treia (3.1), (3.2). (Берник et al., 2015; Melenciuc, 2023)

$$\lambda_q \frac{\partial t(H, \tau)}{\partial \tau} + \alpha [t_m - t(H, \tau)] - (1 - \varepsilon) r' \beta (\Theta(H, \tau) - \Theta_p) = 0 \quad (3.1)$$

$$\lambda_q \frac{\partial \Theta(H, \tau)}{\partial x} + \lambda_m \delta \frac{\partial t(H, \tau)}{\partial x} + \beta (\Theta(H, \tau) - \Theta_p) = 0 \quad (3.2)$$

În continuare a fost determinată dependența intensității transferului de masă și căldură de principalii parametri care dirijează procesele respective (coeficientul conductivității termice, capacitatea termică specifică, coeficientul difuzivității termice).

În urma calculului efectuat, au fost primite ecuațiile condițiilor de limită pentru mediul modificat de CO<sub>2</sub> (3.3), (3.4):

$$(0,0008 \cdot t_m + 0,0149) \cdot \frac{\partial t(H, \tau)}{\partial \tau} + \left[ \frac{Nu \cdot (0,0008 \cdot t_m + 0,0149)}{d} \right] \cdot [t_m - t(H, \tau)] - (1 - \varepsilon) \cdot r' \cdot [0,167 \cdot \frac{0,13 \cdot 10^{-9} \cdot (-0,0004 \cdot t_m^2 + 0,8252 \cdot t_m + 163,69)}{d} \cdot \rho_{co_2} \cdot Re^{0,74} \cdot Pr^{0,33} \cdot \left[ \frac{l}{d} \right]^{-0,47}] (\theta(H, \tau) - \theta_p) = 0 \quad (3.3)$$

$$(0,0008 \cdot t_m + 0,0149) \cdot \frac{\partial \theta(H, \tau)}{\partial x} + \lambda_m \delta \cdot \frac{\partial t(H, \tau)}{\partial x} + [0,167 \cdot \frac{0,13 \cdot 10^{-9} \cdot (-0,0004 \cdot t_m^2 + 0,8252 \cdot t_m + 163,69)}{d} \cdot \rho_{co_2} \cdot Re^{0,74} \cdot Pr^{0,33} \cdot \left[ \frac{l}{d} \right]^{-0,47}] (\theta(H, \tau) - \theta_p) = 0 \quad (3.4)$$

$$\cdot \left[ \frac{l}{d} \right]^{-0.47} ] (\theta(H, \tau) - \theta_p) = 0$$

În continuare a fost utilizată transformata Laplace, care a stabilit o legătură între funcțiile originale:  $L[t(x, \tau)]$  – temperatura și  $L[\Theta(x, \tau)]$  – umiditatea și și imaginile lor:  $tL(x, s)$  – temperatura și  $\Theta L(x, s)$  – umiditatea. Trecerea de la imagine la original a permis de a obține ecuațiile (3.5), (3.6), cu ajutorul cărora este posibil să se calculeze și să fie prezisă temperatura și umiditatea în orice moment și orice punct din spațiul geometric al produsului în condițiile uscării produselor în mediu modificat de  $\text{CO}_2$ .

$$T = \frac{t(x, \tau) - t_0}{t_c - t_0} = 1 - \sum_{k=1}^{\infty} \left( C_{k2} \cos v_1 \mu_k \frac{x}{H} - C_{k1} \cos v_2 \mu_k \frac{x}{H} \right) \exp(-\mu_k^2 F_0') \quad (3.5)$$

$$U = \frac{U_0 - U(x, \tau)}{U_0 - U_p} = 1 - \sum_{k=1}^{\infty} \left[ C_{k1}^* (1 - v_2^2) \cos v_2 \mu_k \frac{x}{H} - C_{k2}^* (1 - v_1^2) \cos v_1 \mu_k \frac{x}{H} \right] \exp(-\mu_k^2 F_0') \quad (3.6)$$

Cunoașterea parametrilor de stare a atmosferei în care are loc uscarea este de importanță majoră pentru desfășurarea corectă a procesului. Cu acest scop a fost întocmită diagrama stării dioxidului de carbon (I-d) (Țislinscaia et al., 2017) cu elaborarea dependențelor și interdependențelor tuturor parametrilor de stare (entalpia, temperatura, conținutul de umiditate). Diagrama stării bioxidului de carbon permite preluarea parametrilor termofizici ai gazului pentru proiectarea instalațiilor și proceselor de uscare în atmosferă modificată de  $\text{CO}_2$ .

Cu scopul determinării vitezei optime de uscare a fost construit modelul matematic al vitezei agentului de uscare (3.7) la transferul de masă dintre produs și mediu care a permis de a stabili dependența dintre viteza de uscare și parametrii vaporilor de apă deasupra suprafeței produsului dar și de însași parametrii agentului de uscare (umiditatea relativă, presiunea parțială, etc) (UTM et al., 2019).

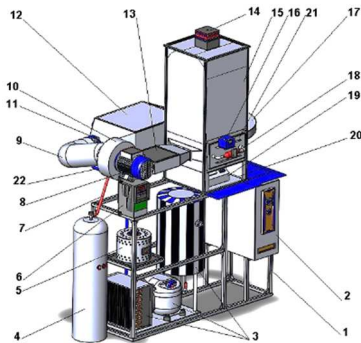
$$\begin{aligned}
& 0,347Re^{0,65}Pr^{0,33}Gu^{0,135}\frac{D}{l} \\
& \cdot \left[ 0,622 \cdot \frac{\varphi_{sat} \cdot (0,159 \cdot t^3 - 8,7018 \cdot t^2 + 285,3 \cdot t - 593,27) \cdot 0,0075}{745 - \varphi_{sat} \cdot (0,159 \cdot t^3 - 8,7018 \cdot t^2 + 285,3 \cdot t - 593,27) \cdot 0,0075} - 0,622 \right. \\
& \cdot \left. \frac{\varphi_{int} \cdot (0,159 \cdot t^3 - 8,7018 \cdot t^2 + 285,3 \cdot t - 593,27) \cdot 0,0075}{745 - \varphi \cdot (0,159 \cdot t^3 - 8,7018 \cdot t^2 + 285,3 \cdot t - 593,27) \cdot 0,0075} \right] \\
& \cdot \left[ 1,6 \cdot 10^{-6}((0,159 \cdot t^3 - 8,7018 \cdot t^2 + 285,3 \cdot t - 593,27) \cdot 0,0075 \right. \\
& \left. - \frac{0,622 \cdot \frac{\varphi \cdot (0,159 \cdot t^3 - 8,7018 \cdot t^2 + 285,3 \cdot t - 593,27) \cdot 0,0075}{745 - \varphi \cdot (0,159 \cdot t^3 - 8,7018 \cdot t^2 + 285,3 \cdot t - 593,27) \cdot 0,0075} \cdot 745}{0,622 \cdot \frac{\varphi \cdot (0,159 \cdot t^3 - 8,7018 \cdot t^2 + 285,3 \cdot t - 593,27) \cdot 0,0075}{745 - \varphi \cdot (0,159 \cdot t^3 - 8,7018 \cdot t^2 + 285,3 \cdot t - 593,27) \cdot 0,0075} + 0,622} \right)^{-2}
\end{aligned} \tag{3.7}$$

Pentru simplificarea soluției primite, ecuația (3.7) a fost notată prin  $K$ :

$$v = {}^{0,8}\sqrt{K} \tag{3.8}$$

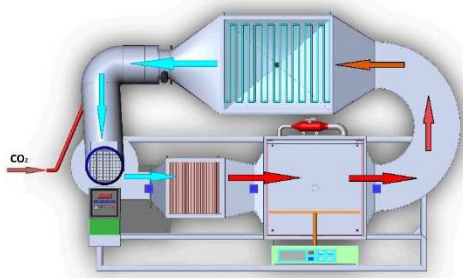
Viteza optimă de uscare pentru mediul modificat de CO<sub>2</sub> (3.8) este de 1,5±0,13 m/s.

Pentru efectuarea experimentelor a fost proiectată și confecționată instalația experimentală de uscare în mediu modificat de CO<sub>2</sub>, cu ciclu închis a agentului termic, cu posibilitatea modificării concentrației dioxidului de carbon în interiorul camerei de lucru și preluării automate a datelor experimentale în timpul procesului (UTM et al., 2019).



**Figura 3.1** Instalația experimentală de uscare pentru fructe și legume

Instalația este constituită din: (Figura 3.11) carcasa 1, pe care este instalată camera de lucru 15, conectată la un generator de căldură 13 și un ventilator centrifugal 10, cuplat cu motorul electric 8. La motorul electric este conectat invertorul 6. Tot la camera de uscare 15 este unit un canal de reciclare 17, care este ajustat la un condensator 12, unit cu ventilatorul centrifugal 10 printr-un canal intermediar 9, dotat cu un ștuț 11. Pe partea superioară a camerei de uscare 15 este montat un magnetron 14, care generează microunde, iar în partea inferioară a ei se află camera intermediară 20 în care este amplasată o balanță electronică 19; camera de lucru a instalației de uscare se închide cu capacul 21 pe care este amplasat indicatorul concentrației de CO<sub>2</sub> 16 și receptorul de CO<sub>2</sub> 18.



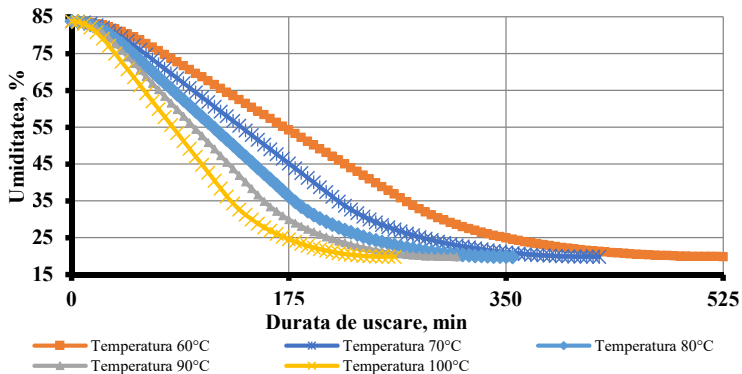
**Figura 3.2** Sistemul de reciclare a gazului al instalației experimentale de uscare pentru fructe și legume

Pentru a reduce cantitățile de dioxid de carbon emanate în mediul înconjurător în urma procesului de uscare în mediu modificat de CO<sub>2</sub>, atât din considerente economice cât și de ecologie, instalația experimentală de laborator de uscare a produselor alimentare de natură vegetală a fost dotată cu un sistem de reciclare a dioxidului de carbon eșapat din camera de lucru, după preluare umidității din produs (Figura 3.2).

## Capitolul 4. Cinetica procesului de uscare în strat suspendat a semințelor de struguri

A fost elaborată tehnologia de uscare a perelor în mediu modificat de CO<sub>2</sub> și efectuată analiza senzorială a perelor proaspete, uscate cu aer (60, 70, 80, 90, 100 °C) și în mediu modificat de CO<sub>2</sub> (60, 70, 80, 90, 100 °C, 80 % CO<sub>2</sub>). S-a constatat că perele uscate prin metoda convențională, în aer au avut un aspect exterior mai puțin atractiv (culoare chihlimbării închis) în comparație cu perele uscate în mediu modificat de CO<sub>2</sub> (culoare crem), ca rezultat al proceselor de brunificare (Melenciuc, 2023).

În urma procesului de uscare au fost construite curbele de uscare și a vitezei de uscare atât pentru uscarea convențională – cu aer (Figura 4.1, Figura 4.2) cât și pentru uscarea în mediu modificat de CO<sub>2</sub> (Figura 4.3, Figura 4.4).

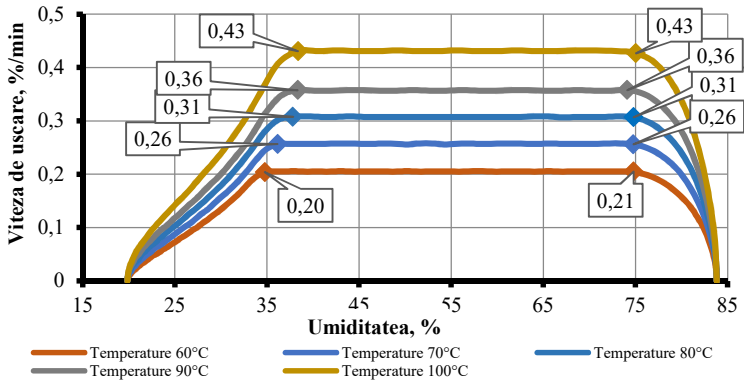


**Figura 4.1** Curbele de uscare a perelor prin convecție,  $U=f(\tau)$ , agent de uscare – aerul

S-a constatat că intensificarea procesului de uscare este direct dependentă de creșterea temperaturii agentului de uscare, astfel la temperatura de 60 °C durata de uscare a fost de 525 min., iar la temperatura de 100 °C – de 260 min., arătând o intensificare a procesului de cca. 2 ori.

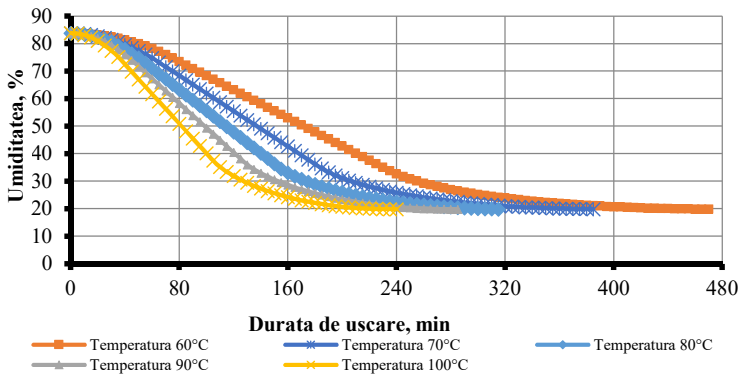
Curbele vitezei de uscare, prezentate în figura 4.2, au forma universală, descrisă pe larg în literatura de specialitate (Bernic, 2005; 2011; Das et al., 2018; Melenciuc, 2023).





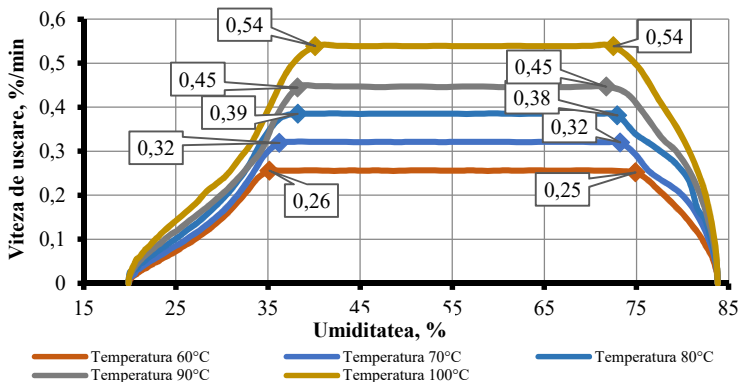
**Figura 4.2** Curbele vitezei de uscare prin convecție a perelor,  $dU/d\tau=f(U)$ , agent de uscare – aerul

Astfel, sunt bine evidențiate toate perioadele de uscare: perioada de încălzire, care a avut loc până la atingerea unei umidități de cca 74 %; perioada vitezei constante de uscare – de la 73÷75 % până la 34÷38 % și perioada vitezei în scădere – de la 34÷38 % până la umiditatea finală de 20 %.



**Figura 4.3** Curbele de uscare prin convecție ale perelor,  $U=f(\tau)$ , agent de uscare – bioxid de carbon ( $CCO_2 = 80\%$ )

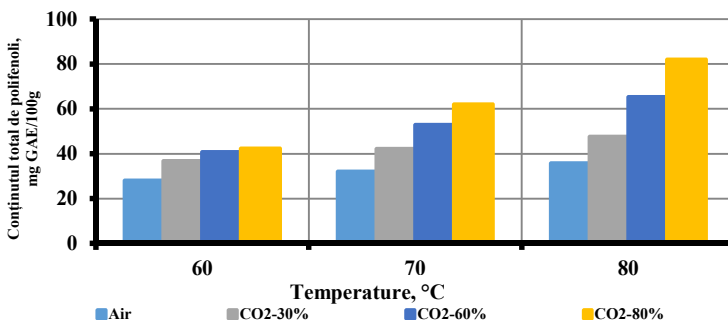
Curbele de uscare a perelor în mediu modificat de  $CO_2$  (Figura 4.3) și-au păstrat forma similară celor din figura 4.1, caracteristice uscării prin convecție, cu aer, ceea ce confirmă că procesul de uscare prin convecție mai mult este influențat de structura materialului și forma de legătură a umidității cu scheletul, (Bernic, 2005; 2011; Das et al., 2018; Melenciuc, 2023).



**Figura 4.4** Curbele vitezei de uscare prin convecție ale perelor,  $dU/dt=f(U)$ , agent de uscare – bioxid de carbon ( $CO_2 = 80\%$ )

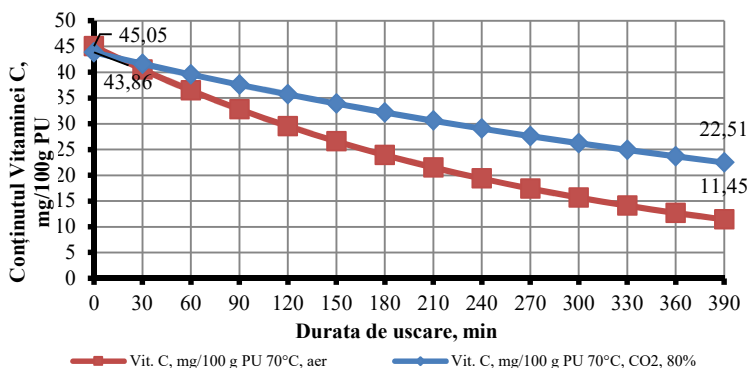
Curbele vitezei de uscare în mediu modificat de  $CO_2$  (Figura 4.4) poartă același caracter ca și la uscarea în aer (Figura 4.2) cu excepția valorilor mărite în perioada vitezei de uscare constantă (Figura 4.8).

Din analiza curbelor (Figura 4.1, Figura 4.2, Figura 4.3, Figura 4.4) s-a stabilit că, pentru aceeași temperatură de  $70\text{ }^\circ\text{C}$ : durata de uscare în mediu modificat de  $CO_2$  s-a redus de  $9,4\%$ , sau de  $1,1$  ori ( $385\text{ min} - CO_2\ 80\%$ ,  $425\text{ min} - \text{aer}$ ); viteza de uscare în mediu modificat de  $CO_2$  este de  $1,25$  mai mare, decât la uscarea convențională cu aer ( $0,32\ \%/min - CO_2\ 80\%$ ;  $0,26\ \%/min - \text{aer}$ ); consumul de energie la uscarea în mediu modificat de  $CO_2$  a scăzut în mediu cu  $1,1$  ori ( $1,370\text{ kWh} - \text{aer}$ ;  $1,313\text{ kWh} - CO_2\ 80\%$ ) (Melenciuc, 2023).



**Figura 4.5** Conținutul total de polifenoli în funcție de temperatura de uscare: Pere „Conferința”; convecție – aer ( $60, 70, 80\text{ }^\circ\text{C}$ );  $CO_2$  ( $60, 70, 80\text{ }^\circ\text{C}$  /  $30, 60$  și  $80\%$   $CO_2$ )

A fost determinat conținutul total de polifenoli (Figura 4.5), care arată că creșterea concentrației de dioxid de carbon în camera de lucru duce la mărirea cantității de polifenoli păstrată în perele supuse uscării. Pentru aceeași temperatură de 70 °C: 32 ± 1,66 mg GAE/100 g – aer, 42,10 ± mg GAE/100 g – CO<sub>2</sub> 30 %; 52,88 ± 2,74 mg GAE/100 g – CO<sub>2</sub> 60 %; 62,01 ± 3,21 mg GAE/100 g – CO<sub>2</sub> 80 %) (Melenciuc, 2023).



**Figura 4.6** Conținutul de Vitamină C în perele de soi „Conferința”: Vitamina C=f(τ); convecție – 70 °C aer și 70 °C, 80 % CO<sub>2</sub>

S-a stabilit conținutul de acid L-ascorbic pentru probele de pere proaspete și uscate în aer și mediu modificat de CO<sub>2</sub>, unde s-a depistat că concentrația de acid păstrat în probele uscate este invers proporțională temperaturii și concentrației de oxigen în camera de lucru. Pentru perele uscate în mediu modificat de CO<sub>2</sub> valorile de acid ascorbic au fost mai mari de cca. 1,5 ori decât cele uscate în aer (pentru temperatura de 70 °C: 22,51 ± 1,24 mg/100 g produs uscat – CO<sub>2</sub> 80 %; 11,45 ± 0,63 mg/100 g produs uscat – aer) (Melenciuc, 2023).

## Concluzii generale și recomandări

Problema risipii alimentelor și menținerii calității produselor vegetale ușor perisabile, este una din cele mai acute în secolul nostru. Uscarea, este una din cele mai accesibile procedee de conservare a produselor alimentare. Alegerea corectă a metodei și a regimului de deshidratare sunt cele mai importante Pentru elaborarea tezei au fost efectuate cercetări teoretice și experimentale, care au condus la formularea următoarelor concluzii:

1. A fost efectuată o analiză amplă a metodelor de uscare a produselor de natură vegetală și în special a fost studiată posibilitatea de utilizare a atmosferei modificate cu dioxid de carbon pentru uscarea perelor. Studiile bibliografice au permis de a confirma că metoda de uscare a perelor în mediu modificat poate aduce rezultate benefice din punct de vedere al calității produsului finit uscat, iar dioxidul de carbon, ca mediu de uscare, nu va avea efecte nocive asupra perelor.
2. A fost aplicată modelarea matematică cu implicarea transformatei Laplace pentru optimizarea procesului de uscare a perelor în mediu modificat de CO<sub>2</sub>. A fost determinată dependența intensității transferului de masă și căldură de principalii parametri care dirijează procesele de transfer în mediu modificat de CO<sub>2</sub>: coeficientul conductivității termice, capacitatea termică specifică, coeficientul difuzivității termice, Capitolul 3, Subcapitolul 3.2, (Берник et al., 2015; Melenciuc, 2023).
3. Pentru prima dată a fost întocmită diagrama stării dioxidului de carbon pentru uscare în mediu modificat, ceea ce permite determinarea parametrilor de bază care influențează agentul de uscare la etapa inițială și în timpul procesului: entalpia, temperatura termometrului uscat și umed, conținutul total de umiditate, umiditatea și presiunea parțială, Capitolul 3, Subcapitolul 3.3, (Țislinscaia et al., 2017; Melenciuc, 2023).
4. A fost construit modelul matematic al vitezei agentului de uscare la transferul de masă dintre produs și mediu, care a permis de a stabili

dependența dintre viteza de uscare și parametrii vaporilor de apă deasupra suprafeței produsului dar și de însuși parametrii agentului de uscare (umiditatea relativă, presiunea parțială, etc). Studiul cinetic a permis de a stabili viteza optimă a agentului de uscare ( $\text{CO}_2$ ) –  $1,5 \pm 0,13$  m/s, Capitolul 3, Subcapitolul 3.4, (UTM et al., 2019).

5. Pentru uscarea perelor a fost proiectată și confecționată instalația experimentală de uscare în mediu modificat de  $\text{CO}_2$ , cu ciclul închis al agentului de uscare, cu posibilitatea modificării concentrației dioxidului de carbon în interiorul camerei de uscare și preluării automate a datelor experimentale în timpul procesului de uscare. Instalația experimentală a fost realizată din inox și dotată cu un sistem care permite în timpul reciclării gazului de a condensa vaporii de apă, preluați din camera de uscare și de a redirecționa dioxidul de carbon spre sursa de căldură Capitolul 3, Subcapitolul 3.5, (UTM et al., 2019).
6. Cinetica procesului de uscare a perelor în mediu modificat de  $\text{CO}_2$  a fost examinată pentru diferite concentrații de dioxid de carbon – 30, 60 și 80 %. S-a constatat o reducere a duratei procesului de uscare: la 60 °C cu 10,5 %, la 70 °C cu 9,4 %, la 80 °C cu 11,27 %, acest lucru fiind argumentat în special prin intensificarea procesului de transfer de masă de la produs spre mediu. Intensificarea transferului de masă în mediu modificat de  $\text{CO}_2$  este cauzată de creșterea energiei cinetice proprii a moleculelor de  $\text{CO}_2$  în raport cu aerul, precum și de creșterea energiei cinetice obținută de o sursă externă a moleculelor de  $\text{CO}_2$ , Capitolul 4, Subcapitolul 4.1, 4.2 (Melenciuc, 2023).
7. Au fost analizați parametrii de calitate ai perelor „Conferința”, atât în stare proaspătă, cât și uscată prin metoda convențională și în mediu modificat de  $\text{CO}_2$ . Perele uscate în mediu modificat de  $\text{CO}_2$  au fost mai puțin supuse proceselor oxidative, ceea ce poate fi explicat prin reducerea contactului cu oxigenul și, respectiv, reducerea efectului de brunificare enzimatică.

Conținutul de vitamină C în fructe uscate s-a redus cu cca 50 % în cazul uscării convective cu aer, luat în raport față de conținutul din fructe proaspete. În cazul uscării în mediu modificat de CO<sub>2</sub> reducerea conținutului de vitamina C a fost de cca 25 %. Substituirea parțială a oxigenului cu dioxid de carbon a limitat efectele oxidative, asigurând o calitate superioară perelor uscate în mediu modificat de CO<sub>2</sub> în raport cu perele uscate în aer, Capitolul 4, Subcapitolul 4.4.1, 4.4.2 (Melenciuc, 2023).

### **Recomandări:**

1. Pentru menținerea calității produselor vegetale uscate se recomandă aplicarea metodei de uscare în mediu modificat de CO<sub>2</sub>, cu viteza agentului de uscare de  $1,5 \pm 0,13$  m/s; temperatura agentului termic de 70 °C; concentrația dioxidului de carbon în camera de lucru de 80 %, Capitolul 3, Subcapitolul 3.4, (UTM et al., 2019), Capitolul 4, Subcapitolul 4.1, 4.2, 4.4.1, 4.4.2 (Melenciuc, 2023).
  2. Diagrama stării dioxidului de carbon, ca agent de uscare, poate fi utilizată pentru calculele ingineresti dar și pentru proiectarea și elaborarea utilajului tehnologic destinat proceselor de uscare, Capitolul 3, Subcapitolul 3.3 (Țislinscaia et al., 2017; Melenciuc, 2023).
- Se recomandă utilizarea modelului matematic a fenomenelor de transfer de masă și căldură pentru uscarea în mediu modificat de CO<sub>2</sub>, care are aplicabilitate practică pentru proiectarea utilajului din domeniu, cât a proceselor de uscare în mediu modificat de CO<sub>2</sub> Capitolul 3, Subcapitolul 3.2, (Берник et al., 2015; Melenciuc, 2023).

## Bibliografie

- BERNIC, M. *Contribuții în studiul cineticii procesului de uscare a ardeiului iute*. U.T.M., 2005.
- . *Uscarea produselor oleaginoase în câmp U.H.F. cu aport de energie prin impuls*. „Tehnica-Info” SRL, 2011. <http://cris.utm.md/handle/5014/105>.
- BROWNSORT, D.P.A. 1st Report of the Thematic Working Group on: CO2 Transport, Storage and Networks, noiembrie, 2019, 27.
- CHAKRAVERTY, A., MUJUMDAR, A.S., și HOSAHALLI, S.R., ed. *Handbook of postharvest technology: cereals, fruits, vegetables, tea, and spices*. Books in soils, plants, and the environment, v. 93. New York: Marcel Dekker, 2003.
- CHUA, K.J., MUJUMDAR, A.S., CHOU, S.K., et al. Convective Drying of Banana, Guava and Potato Pieces: Effect of Cyclical Variations of Air Temperature on Drying Kinetics and Color Change. *Drying Technology* 18 (4–5), 2000: pp.907–36. <https://doi.org/10.1080/07373930008917744>.
- COMMISSION REGULATION (EU) NO 231/2012. laying down specifications for food additives listed in Annexes II and III to Regulation (EC) No 1333/2008 of the European Parliament and of the Council. Official Journal of the European Union, 2012. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC111209>.
- CRISTINA RATTI. Freeze drying of plant products: where we are and where we are heading to. *Stewart Postharvest Review* 1 (4), 2005: pp.1–5. <https://doi.org/10.2212/spr.2005.4.5>.
- DAS, M., și AKPINAR, E. Investigation of Pear Drying Performance by Different Methods and Regression of Convective Heat Transfer Coefficient with Support Vector Machine. *Applied Sciences* 8 (2), 2018: pp.215. <https://doi.org/10.3390/app8020215>.
- FAO, ed. *Moving Forward on Food Loss and Waste Reduction*. The State of Food and Agriculture 2019. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019.
- GUSTAVSSON, J., ed. *Global Food Losses and Food Waste: Extent, Causes and Prevention; Study Conducted for the International Congress Save Food! At Interpack 2011, [16 - 17 May], Düsseldorf, Germany*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2011.
- HAWLADER, M.N.A., PERERA, C.O., și TIAN, M. Comparison of the Retention of 6-Gingerol in Drying of Ginger Under Modified Atmosphere Heat Pump Drying and Other Drying Methods. *Drying Technology* 24 (1), 2006a: pp.51–56. <https://doi.org/10.1080/07373930500538675>.
- HAWLADER, M.N.A., PERERA, C.O., și TIAN, M. Properties of Modified Atmosphere Heat Pump Dried Foods. *Journal of Food Engineering* 74 (3), 2006b: pp.392–401. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.03.028>.
- HOTĂRÂRE NR. 229. pentru aprobarea Regulamentului sanitar privind aditivii alimentari. Publicat: 05-04-2013 în Monitorul Oficial Nr. 69-74 art. 283, 2013. [https://www.legis.md/cautare/getResults?doc\\_id=109707&lang=ro](https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=109707&lang=ro).

- HOTĂRÎRE NR. 929. cu privire la aprobarea „Cerințelor de calitate și comercializare pentru fructe și legume proaspete”. Publicat : 19-01-2010 în Monitorul Oficial Nr. 5-7 art. 26, 2009.  
[https://www.legis.md/cautare/getResults?doc\\_id=110404&lang=ro#](https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=110404&lang=ro#).
- HOTĂRÎRE NR. 1523. cu privire la aprobarea Reglementării tehnice ”Fructe și legume uscate (deshidratate)”. Publicat : 18-01-2008 în Monitorul Oficial Nr. 11-12 art. 65, 2007.  
[https://www.legis.md/cautare/getResults?doc\\_id=111725&lang=ro](https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=111725&lang=ro).
- JANGAM, S.V., LAW, C.L., și MUJUMDAR, A.S., ed. *Drying of Foods, Vegetables and Fruits*. Vol. 1. Singapore, 2010.
- MAYOR, L., și SERENO, A.M. Modelling Shrinkage during Convective Drying of Food Materials: A Review. *Journal of Food Engineering* 61 (3), 2004: pp.373–86. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(03\)00144-4](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00144-4).
- MELENCIUC, M. Drying of pears in CO<sub>2</sub> modified atmosphere. *Journal of Engineering Science* 30 (1), 2023: pp.154–64.  
[https://doi.org/10.52326/jes.utm.2023.30\(1\).13](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2023.30(1).13).
- MUJUMDAR, A.S. Some Recent Developments in Drying Technologies Appropriate for Postharvest Processing. *International Journal of Postharvest Technology and Innovation* 1 (1), 2006: pp.76.  
<https://doi.org/10.1504/IJPTI.2006.009185>.
- O’NEILL, M.B., RAHMAN, M.S., PERERA, C.O., et al. Color and Density of Apple Cubes Dried in Air and Modified Atmosphere. *International Journal of Food Properties* 1 (3), 1998: pp.197–205.  
<https://doi.org/10.1080/10942919809524577>.
- ȚISLINSCAIA, N., BERNIC, M., LUPAȘCO, A., et al. The Modeling of Graphical and Analytical Drying Process Parameters Relations in CO<sub>2</sub> Environment. *Journal of Engineering Studies and Research* 23 (3), 2017: pp.36–40.  
chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/http://repository.utm.md/bitstream/handle/5014/18968/Journal\_ofEngineering\_Studies\_andResearch\_2017\_V23\_N3\_p36\_40.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- UTM, BERNIC, M., ȚISLINSCAIA, N., et al. Instalație de uscare a fructelor și legumelor. *Brevet de invenție* MD 1295 Z (iulie), 2019: pp.8.  
<http://www.db.agepi.md/Inventions/details/s%202018%200014/LinkTitluElib>.
- БЕРНИК, М.П., ЛУПАШКО, А.С., ЦИСЛИНСКАЯ, Н.Я., et al. Математическое моделирование процесса сушки влажных материалов в модифицированной среде CO<sub>2</sub>. *Промышленная Теплотехника* 37 (7), 2015: pp.212–16.
- ГОСТ 8050-85. Двуокись углерода газообразная и жидкая. Москва: Стандартинформ, 2006. <https://files.stroyinf.ru/Data/41/4114.pdf>.



## Lista publicațiilor

### I. LUCRĂRI ȘTIINȚIFICE:

#### 2. Articole în reviste științifice

##### 2.1. în reviste din bazele de date Web of Science și SCOPUS

1. Popescu V., Tirsu M., Balan M., Tislinscaia N., Visanu V., **Melenciu M.** Increasing the Efficiency of the Drying Process of Fruits Treated Using SHF Method. Problems of the Regional Energetics, n. 3 (55), 2022, p. 130-139, DOI: <https://doi.org/10.52254/1857-0070.2022.3-55.10>.

##### 2.2. în reviste din străinătate recunoscute

2. Берник М. П., Лупашко А. С., Цислинская Н. Я., **Меленчук М. Г.** Математическое моделирование процесса сушки влажных материалов в модифицированной среде CO<sub>2</sub>. Industrial Heat Engineering. Volume 37, № 7, 2015, Kiev, Ukraine, pag. 212 – 216, ISSN 0204-3602.
3. Natalia Tislinscaia, Mircea Bernic, Andrei Lupasco, Vladimir Zavialov, **Mihail Melenciu**. The Modeling of graphical and analytical drying process parameters relations in CO<sub>2</sub> environment. // Journal of Engineering Studies and Research. Volume 23, No. 3, July – September 2017. – pp. 36-40, ISSN 2068-7559.

##### 2.3. în reviste din Registrul Național al revistelor de profil, cu indicarea categoriei

4. Popescu V., Tislinscaia N., Popa S., BALAN M., Vișanu V., Balan M., **Melenciu M.**, Malai C. Sistem pentru deshidratarea fructelor cu eficiență energetică înaltă. În: *Știința agricolă*, UASM, Chișinău, 2022, nr. 1, p. 97-102, 0,25 c.a. ISSN 1857-0003. (cat. B).
5. Tislinscaia N., Popescu V., Vișanu V., Tofan G., Balan M., **Melenciu M.** Metodă de deshidratare a fructelor cu consum redus de energie. În: *Intellectus*, nr. 1, 2022, p. 113-117, 0,27 c.a. ISSN 1810-7079. (cat. B).
6. **Melenciu Mihail**. Drying of pears in CO<sub>2</sub> modified atmosphere, *Journal of Engineering Science*, Issue 1, 2023, p 154-164. ISSN 2587-3474, eISSN 2587-3482. DOI: [https://doi.org/10.52326/jes.utm.2023.30\(1\).13](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2023.30(1).13). (cat. B+).

#### 3. Articole în lucrările conferințelor și altor manifestări științifice

1. Lupasco A., Bernic M., Rotari E., Bantea-Zagareanu V., **Melenciu M.**, Kuleva L. Studiarea procesului de uscare a rădăcinilor de pădărie cu aport

- de energie convectivă și combinată. Conferința Națională cu Participare Internațională a Universității Alma Mater din Sibiu, 2013, ISSN 2067-1423.
2. Bernic M., Țislinscaia N., Răducan M., Balan M., Vișanu V., **Melenciuc M.** Grape seeds drying agent velocity optimization. "BIOTECHNOLOGIES, PRESENT AND PERSPECTIVES" Suceava UNIVERSITY PRESS 2017. – p.10- ISSN, 2068-0819.
  3. Bernic M., Țislinscaia N., Deseatnicova O. Vișanu V., Balan M., **Melenciuc M.** Peaches drying process particularities. "BIOTECHNOLOGIES, PRESENT AND PERSPECTIVES" Suceava UNIVERSITY PRESS 2017. – p.11- ISSN, 2068-0819.
  4. Țislinscaia N., Bernic M., Lupașco A., Răducan M., **Melenciuc M.** CO<sub>2</sub> environment drying process parameters relations graphical and analytical modeling. "Biotechnologies, Present and perspectives" Suceava UNIVERSITY PRESS 2017. – p.17- ISSN, 2068-0819.
  5. Bernic M., Lupașco A., Țislinscaia N., Ivanov L., Vișanu V., Balan M., **Melenciuc M.** Fruits and vegetables drying process with renewable energy sources application. International Conference MTFI – 2014, 16 - 18 October, Chișinău, Moldova, pag. 20 – 23, ISBN 978-9975-80-840-8.
  6. Lupașco A., Bernic M., **Melenciuc M.**, Istratii D. New tendencies in meat drying technologies. International Conference MTFI – 2014, 16 - 18 October, Chișinău, Moldova, pag. 78 – 80, ISBN 978-9975-80-840-8.
  7. Bernic M., Țislinscaia N., Zavialov V., Vișanu V., Balan M., **Melenciuc M.**, Drying – efficient method of peaches storage. International Conference MTFI – 2016, 20 - 22 October, Chișinău, Moldova, pag. 19 – 24, ISBN 978-9975-87-138-9.
  8. Bernic M., Uzun V., Coșman S., Balan M., Vișanu V., **Melenciuc M.** Winemaking domain wasteless technologies application. International Conference MTFI – 2016, 20 - 22 October, Chișinău, Moldova, pag. 25 – 26, ISBN 978-9975-87-138-9.
  9. Guțul A., **Melenciuc M.**, Suhodol N., Bernic M., Deseatnicova O. The impact of different drying methods on pears quality. International Conference MTFI – 2016, 20 – 22 October, Chișinău, Moldova, pag. 54 – 59, ISBN 978-9975-87-138-9.
  10. Țislinscaia N., Bernic M., Balan M., Vișanu V., **Melenciuc M.** Plums drying process auxiliary operations mechanization. International

Conference MTFI – 2016, 20 – 22 October, Chişinău, Moldova, pag. 95 – 98, ISBN 978-9975-87-138-9.

11. Bernic M., Țislinscaia N., Balan M., Guțu M., Vişanu V., **Melenciuc M.** Drying instalation for granular products in the suspension layer /Proceedings of international conference ” Modern Technologies in the Food Industry” Ch.: Tehnica Info 2018. – p.19 – 22 – ISBN, 978–9975–87–428-1.
  12. Ivanov L., **Melenciuc M.**, Gidei I., Cartofeanu V. UHF drying with longitudinal interaction /Proceedings of international conference ”MODERN TECHNOLOGIES IN THE FOOD INDUSTRY” Ch.: Tehnica Info 2018. – p.57 – 60 – ISBN, 978–9975–87–428-1.
  13. Țislinscaia N., Bernic M., **Melenciuc M.**, Răducan M., Vişanu V., Balan M. Le sechage despoires sous une atmosphere modifiee de CO<sub>2</sub> /Proceedings of international conference ” MODERN TECHNOLOGIES IN THE FOOD INDUSTRY” Ch.: Tehnica Info 2018. – p.297 – 302 – ISBN, 978–9975–87–428-1.
  14. Lupaşco A., Bantea-Zagareanu V., Rotari E., **Melenciuc M.** Influența metodelor de uscare la rehidratarea rădăcinilor de brusture uscate. Anale Conf. Tehnico-Ştiinţifice a Colaboratorilor, Doctoranzilor şi Studenţilor. Chişinău 2011, vol. II, p. 38-39. ISBN 978-9975-45-159-8.
- 4. Brevete de invenție și alte obiecte de proprietate intelectuală (OPI)**
1. Bernic M., Lupaşco A., Țislinscaia N., Ivanov L., Balan M., **Melenciuc M.**, Vişanu V. „Dispozitiv pentru distribuirea uniformă a aerului în uscătorul tunel”, Brevet de invenție MD 935 Z 2016.02.29; <http://www.db.agepi.md/Inventions/details/s%202014%200158>
  2. Bernic M., Țislinscaia N., Balan M., Popescu V., Vişanu V., **Melenciuc M.** „Instalație de uscare a produselor granulate în strat de suspensie”, Brevet de invenție MD 1249 Z 2018.11.30  
<http://www.db.agepi.md/Inventions/details/s%202017%200097>
  3. UTM., Bernic M., Țislinscaia N., Balan M., Popescu V., Vişanu V., **Melenciuc M.** „Electroplasmolizator pentru materie primă vegetală”, Brevet de invenție MD 1244 Z 208.11.30  
<http://www.db.agepi.md/Inventions/details/s%202017%200116>
  4. UTM., Bernic M., Țislinscaia N., Balan M., Vişanu V., **Melenciuc M.** „Instalație de uscare a produselor granulate în strat de suspensie”, Brevet de invenție MD 1278 Z 2019.03.31  
<http://www.db.agepi.md/Inventions/details/s%202018%200028>

5. UTM., Bernic M., Țislinscaia N., Balan M., Vișanu V., **Melenciuc M.** „Instalație de uscare a fructelor și legumelor”, Breve de invenție MD 1295 Z 2019.07.31  
<http://www.db.agepi.md/Inventions/details/s%202018%200014>
  6. UTM., Bernic M., Țislinscaia N., Balan M., Vișanu V., **Melenciuc M.** „Instalație de uscare a produselor granulate în strat de suspensie”, Brevet de invenție MD 1481 Z 2021.08.31  
<http://www.db.agepi.md/Inventions/details/s%202019%200094>
  7. Bernic M., Țislinscaia N., Balan M., Vișanu V., **Melenciuc M.**, Sandu A.-V., Țurcanu D. „Instalație de uscare a produselor granulate în strat suspendat”, Hotărâre de acordare a Brevetului de invenție MD 1558 Y 2021.08.31  
<http://www.db.agepi.md/Inventions/details/s%202020%200142>
  8. Balan M., Țislinscaia N., Vișanu V., **Melenciuc M.**, Țurcanu D., Popescu V. „Instalație de uscare modulară”, Hotărâre de acordare a Brevetului de invenție MD 1638 Y 2022.08.31
- 1.1. <http://www.db.agepi.md/Inventions/details/s%202021%200082>

## ADNOTARE

**Melenciuc Mihail:** Uscarea perelor în atmosferă modificată de CO<sub>2</sub>, teză de doctor în științe inginerești, Chișinău, 2023.

**Structura tezei:** constă din introducere, 4 capitole, concluzii și recomandări, bibliografie cu 193 titluri, 4 anexe. Textul de bază conține 116 pagini, inclusiv 37 de figuri și 7 tabele.

**Cuvinte-cheie:** uscare, dioxid de carbon, pere, acid L-ascorbic, polifenoli, antioxidant.

**Scopul lucrării:** Elaborarea tehnologiei și a instalației pentru uscarea fructelor de pere în atmosferă controlată de dioxid de carbon.

**Obiectivele lucrării:** Cercetarea procesului de uscare a perelor în atmosferă controlată de CO<sub>2</sub>; optimizarea procesului de uscare a perelor în atmosferă modificată de CO<sub>2</sub>, prin modelarea matematică; studiul parametrilor higrotermici pentru procesul de uscare a perelor în atmosferă modificată de CO<sub>2</sub>; elaborarea instalației experimentale de uscare a perelor în atmosferă modificată de CO<sub>2</sub>; analiza parametrilor de calitate a fructelor de pere uscate în atmosferă controlată de CO<sub>2</sub> în vederea elaborării recomandărilor.

**Noutatea și originalitatea științifică:** În premieră au fost uscate perele în mediu modificat de CO<sub>2</sub> și determinat conținutul de acid L-ascorbic și conținutul de polifenoli pentru perele uscate în mediu modificat de CO<sub>2</sub>; a fost întocmită diagrama stării dioxidului de carbon pentru procesul de uscare în mediu modificat de CO<sub>2</sub>; a fost creat un model matematic pentru procesul de uscare a perelor în mediu modificat de CO<sub>2</sub>.

**Rezultatele principale:** S-a determinat efectul uscării în atmosferă modificată de CO<sub>2</sub> asupra fructelor de pere și păstrării indicilor de calitate ale acestora; a fost determinată metodologia de uscare a perelor în mediu modificat de CO<sub>2</sub>; a fost elaborată instalația experimentală de uscare a fructelor și legumelor în mediu modificat de CO<sub>2</sub>.

**Semnificația teoretică:** Pentru prima dată a fost elaborată diagrama de stare a dioxidului de carbon; pentru prima dată a fost întocmit modelul matematic pentru calculul procesului de uscare a perelor în mediu modificat de CO<sub>2</sub>; au fost determinate concentrația de acid L-ascorbic și conținutul de polifenoli pentru fructele de pere uscate în mediu modificat de CO<sub>2</sub>.

**Valoarea aplicativă:** A fost propusă metodologia de uscare a fructelor de pere în mediu modificat de CO<sub>2</sub>; a fost construită diagrama stării dioxidului de carbon pentru procesul de uscare în mediu modificat de CO<sub>2</sub>; a fost elaborată instalația de uscare prototip pentru uscarea fructelor și legumelor în mediu modificat de CO<sub>2</sub>.

**Implementarea rezultatelor științifice:** este realizată în proiectarea instalației experimentale de laborator de uscare a fructelor și legumelor și metodologiei de uscare a perelor prin metoda convecției în mediu modificat de CO<sub>2</sub>, fapt confirmat prin elaborarea brevetului de invenție MD 1295 Z din 31.12.2018 cu titlul „Instalație de uscare a fructelor și legumelor”.

## АННОТАЦИЯ

**Меленчук Михаил:** Сушка груш в атмосфере, модифицированной  $\text{CO}_2$ , кандидатская диссертация по техническим наукам, Кишинев, 2023.

**Структура диссертации:** состоит из введения, 4 глав, выводов и рекомендаций, библиографии из 193 названий, 4 приложений. Основной текст содержит 116 страниц, в том числе 37 рисунков и 7 таблиц.

**Ключевые слова:** сушка, углекислый газ, груши, аскорбиновая кислота, полифенолы, антиоксидант.

**Цель статьи:** Разработка технологии и установки для сушки плодов груши в атмосфере с контролируемым содержанием углекислого газа.

**Задачи работы:** Исследование процесса сушки груш в атмосфере с контролируемым содержанием  $\text{CO}_2$ ; оптимизация процесса сушки груш в атмосфере, модифицированной  $\text{CO}_2$ , путем математического моделирования; исследование гигротермических параметров процесса сушки груш в атмосфере, модифицированной  $\text{CO}_2$ ; разработка экспериментальной установки для сушки груш в атмосфере, модифицированной  $\text{CO}_2$ ; анализ показателей качества сушеных плодов груши в атмосфере с контролируемым содержанием  $\text{CO}_2$  с целью разработки рекомендаций.

**Научная новизна и оригинальность:** впервые груши были высушены в среде, модифицированной  $\text{CO}_2$ , и определены содержание полифенолов и аскорбиновой кислоты для сушеных груш в среде, модифицированной  $\text{CO}_2$ ; была подготовлена диаграмма состояния углекислого газа для процесса сушки, модифицированного  $\text{CO}_2$ ; впервые создана математическая модель процесса сушки в атмосфере, модифицированной  $\text{CO}_2$ .

**Основные результаты:** определено влияние сушки в атмосфере, модифицированной  $\text{CO}_2$  на плоды груши и сохранение их качественных показателей; определена методика сушки груш в модифицированной среде  $\text{CO}_2$ ; построена экспериментальная установка для сушки фруктов и овощей в среде, модифицированной  $\text{CO}_2$ .

**Теоретическая значимость:** Впервые разработана диаграмма состояния углекислого газа; впервые составлена математическая модель для расчета процесса сушки груш в модифицированной среде  $\text{CO}_2$ ; определены

содержание полифенолов и аскорбиновой кислоты в плодах груши сушеных в среде, модифицированной CO<sub>2</sub>.

**Практическое значение:** предложена методика сушки груш в среде, модифицированной CO<sub>2</sub>; построена диаграмма состояния диоксида углерода для процесса сушки, в атмосфере, модифицированной CO<sub>2</sub>; изготовлен прототип сушильной установки для сушки фруктов и овощей в среде, модифицированной CO<sub>2</sub>.

**Внедрение научных результатов:** осуществлено в конструкции экспериментальной лабораторной установки для сушки овощей и фруктов и методике сушки груш методом конвекции в модифицированной среде CO<sub>2</sub>, что подтверждено разработкой патента №. MD 1295 Z от 31.12.2018 с названием «Сушильная установка для овощей и фруктов».



## ANNOTATION

**Melenciuc Mihail:** CO<sub>2</sub>-modified atmosphere pears drying, PhD thesis in engineering sciences, Chisinau, 2023.

**Thesis structure:** consists of introduction, 4 chapters, conclusions and recommendations, bibliography with 193 titles, 4 annexes. The basic text contains 116 pages, including 37 figures and 7 tables.

**Keywords:** drying, carbon dioxide, pears, L-ascorbic acid, polyphenols, antioxidant.

**Purpose of the paper:** Development of technology and installation for drying pear fruits in a carbon dioxide controlled atmosphere.

**Objectives of the paper:** Research on the process of drying pears in a CO<sub>2</sub>-controlled atmosphere; optimizing the process of drying pears in CO<sub>2</sub>-modified atmosphere, by mathematical modeling; study of hygrothermal parameters for the process of drying pears in CO<sub>2</sub>-modified atmosphere; elaboration of the experimental installation for drying pears in a CO<sub>2</sub>-modified atmosphere; analysis of the quality parameters of dried pear fruits in a CO<sub>2</sub> controlled atmosphere in order to develop recommendations.

**Scientific novelty and originality:** For the first time, pears were dried in a CO<sub>2</sub>-modified medium and the polyphenol and L-ascorbic acid content for dried pears in a CO<sub>2</sub>-modified medium were determined; a diagram of carbon dioxide state for the CO<sub>2</sub>-modified drying process has been prepared; for the first time, the mathematical model for the CO<sub>2</sub>-modified drying process was created.

**Main results:** The effect of CO<sub>2</sub>-modified drying on pear fruit and keeping its quality indices was determined; the methodology for drying pears in a modified CO<sub>2</sub> environment was determined; the experimental installation for drying fruits and vegetables in a CO<sub>2</sub>-modified environment was built.

**Theoretical significance:** For the first time, the carbon dioxide state diagram was developed; for the first time the mathematical model for the calculation of the process of drying pears in a modified CO<sub>2</sub> environment was drawn up; polyphenol and L-ascorbic acid content content for dried pear fruit in CO<sub>2</sub>-modified medium were determined.

**Applicative value:** The methodology for drying pears in a CO<sub>2</sub>-modified environment has been proposed; the carbon dioxide state diagram for

the CO<sub>2</sub>-modified drying process was constructed; the prototype drying installation for drying fruits and vegetables in a CO<sub>2</sub>-modified environment was made.

**Implementation of scientific results:** it is carried out in the design of the experimental laboratory installation for drying fruits and vegetables and the methodology of drying pears by the method of convection in a modified environment of CO<sub>2</sub>, fact confirmed by the elaboration of the patent no. MD 1295 Z of 31.12.2018 with the title “Drying installation for fruits and vegetables”.

**MELENCIUC MIHAIL**

**USCAREA PERELOR ÎN ATMOSFERĂ MODIFICATĂ DE CO<sub>2</sub>**

**253.05 Procese și aparate în industria alimentară**

Rezumatul tezei de doctor în științe tehnice

---

Aprobat spre tipar: 26.05.2023

Formatul hârtiei 60x84 1/16

Hârtie ofset. Tipar RISO.

Tiraj 60 ex

Coli de tipar: 2,25

Comanda nr. 61

---

UTM, MD 2004, mun. Chișinău, bd. Ștefan cel Mare și Sfânt, nr. 168.

Editura „TEHNICA-UTM”

MD 2045, mun. Chișinău, str. Studenților 9/9