

UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

Cu titlul de manuscris

C.Z.U.: 66.047.31.5:663.26(043)

BALAN MIHAIL

**PROCESUL DE USCARE A SEMINTELOR DE
STRUGURI ÎN STRAT SUSPENDAT**

253.05 Procese și aparate în industria alimentară

Rezumatul tezei de doctor în științe ingineresti

CHIȘINĂU 2022

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

Conducător științific:

ȚISLINSKAIA Natalia, dr., conf. univ.

Referenți oficiali:

STURZA Rodica, dr.hab., prof.univ., Universitatea Tehnică a Moldovei

IUȘAN Larisa, dr., conf. cercetător, Institutul Științifico-practic de horticultura și tehnologii alimentare.

VRABIE Eleonora, dr., conf. cercetător, Institutul de Fizică Aplicată

Comisia de doctorat:

Președinte: GHENDOV –MOȘANU Aliona, dr.hab.conf. univ.

Secretar științific: BOEȘTEAN Olga, dr., conf. univ.

Membbru: CECLU Liliana, dr., conf. univ.

Membbru: ȚISLINSKAIA NATALIA, dr., conf. univ.

Refernt: STURZA Rodica, dr.hab., prof.univ.

Refernt: IUȘAN Larisa, dr., conf .cercetător

Refernt: VRABIE Elvira, dr., conf .cercetător

Susținerea va avea loc la 24.06.2022, ora 14⁰⁰

în ședința Comisiei de doctorat 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 19.05.2022

Secretar științific al Comisiei de doctorat,
Boeștean Olga, dr., conf. univ.

Conducător științific:

Țislinscaia Natalia, dr., conf. univ.

Autor

Balan Mihail

CUPRINS

	<i>pag.</i>
Reperete conceptuale ale cercetării	4
Actualitatea și importanța temei abordate	4
Scopul lucrării	4
Obiectivele principale	5
Ipoteza de cercetare	5
Sinteza metodologiei de cercetare	5
Aprobarea rezultatelor	6
Sumarul capitolelor tezei	6
Conținutul tezei	8
Capitolul 1. Aspecte teoretice ale procesului de uscare în strat suspendat	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	15
Concluzii generale și recomandări	19
Bibliografie	22
Lista publicațiilor	25
Adnotare	29

Reperetele conceptuale ale cercetării

Actualitatea și importanța temei abordate

La momentul actual o societate bine dezvoltată atât din punct de vedere economic, cât și social, nu poate exista fără un sistem energetic eficient, dar poate gestiona acest sistem, ținând vectorul spre eficientizarea tehnologiilor de producere și implimentarea lor în practică. Gestionarea eficientă a complexului agro-industrial poate fi asigurată atât prin modernizarea proceselor tehnologice existente, cât și prin elaborarea și implementarea noilor metode de procesare bazate pe eficiență înaltă. Cu toate acestea, efortul de cercetare și dezvoltare este încă necesar pentru a studia procedeele noi de uscare. O metodă eficientă de păstrare a produselor oleaginoase, cum sunt semințele de struguri, este uscarea. Procesul de uscare are loc până la atingerea umidității de păstrare a produsului, și presupune evacuarea umidității din produs, astfel împiedicând dezvoltarea microorganismelor. Pe lângă stagnarea dezvoltării microorganismelor, procesul de uscare mai are rolul de a mări durata de păstrare a produsului. Una din problemele principale ale proceselor de uscare a produselor oleaginoase este durata mare de tratare termică a lor, care ca consecință, duce la diminuarea indicilor de calitate. Problema dată se acutizează pentru cazul uscării produselor oleaginoase, care sunt bogate în acizi grași și sunt receptivi proceselor de oxidare. Pentru astfel de produse, în special cele horticoale sămânțoase, cum sunt și semințele de struguri, este benefică uscarea în strat suspendat cu aplicarea microundelor. Aplicarea curenților cu frecvență supraînaltă, intensifică esențial procesul, sporind calitatea semințelor uscate.

Scopul lucrării a vizat uscarea semințelor de struguri în strat suspendat, modelarea matematică a procesului de uscare, proiectarea și elaborarea instalației, studiul cineticii procesului de uscare.

În vederea atingerii scopului expus, au fost stabilite următoarele **obiective principale**:

Obiectivul 1: Analiza direcțiilor și tehnicilor noi de uscare a produselor agroalimentare.

Obiectivul 2: Studiul semințelor de struguri ca obiect de cercetare.

Obiectivul 3: Elaborarea modelului matematic pentru procesul de uscare a semințelor de struguri aflate în strat suspendat.

Obiectivul 4: Simularea computerizată 3D a procesului de uscare în strat suspendat pentru semințele de struguri.

Obiectivul 5: Studiul cineticii procesului de uscare pentru semințele de struguri.

Obiectivul 6: Proiectarea și elaborarea echipamentului pentru uscarea în strat suspendat.

Ipoteza de cercetare. În procesul de uscare prin metodele clasice, pe suprafața semințelor de struguri apar microfisuri, care contribuie la oxidarea fracției lipidice. Uscarea în strat suspendat a semințelor de struguri, conduce la diminuarea duratei de uscare și previne apariția microfisurilor datorită efectului de autoseparare din zona de tratare termică a lor.

Sinteza metodologiei de cercetare. Metodologia de cercetare a inclus următoarele: modelarea computerizată 3D, proiectarea instalației în softul Solid Works, asamblarea echipamentului de uscare în strat suspendat în condiții de laborator și în condiții industriale (S.C. AZAMET-GRUP S.R.L.), studiul cineticii de uscare în vederea optimizării procedeeului și metode de analiză fizico-chimice și analitice privind calitatea produselor. Drept suport metodologic au servit cercetările efectuate în cadrul proiectelor:

1. **15.187.05.04F** ”Sporirea eficacității proceselor de deshidratare a produselor vegetale cu utilizarea metodelor netradiționale ale aportului de energie”, director de proiect, dr. hab., prof. univ., Mircea Bernic.

2. **16.80015.5807.208T.** ”Implementarea tehnologiei inovaționale de procesare a tescovinei de struguri pentru obținerea unei produceri non-deșeuri în industria vinicolă”, director de proiect, dr. hab., prof. univ., Mircea Bernic.
3. **19.80012.50.14A.** ”Simularea matematică computerizată a fenomenelor de transfer în produse vegetale umede la tratarea cu microunde”, director de proiect, dr., conf. univ., Guțu Marin.
4. **20.80009.5107.09** ”Ameliorarea calității și siguranței alimentelor prin biotehnologie și inginerie alimentară”, director de proiect, dr. hab., prof. univ., Sturza Rodica.
5. **2 SOFT/1.2/83** ”Valorificarea inteligentă a deșeurilor industriale agroalimentare (INTEL-WASTES)”, director de proiect, dr. hab., prof. univ., Sturza Rodica.

Aprobarea rezultatelor. Rezultatele obținute în cadrul tezei au fost prezentate și discutate în cadrul conferințelor și simpozioanelor științifice de talie internațională din țară și străinătate: Simpozionul Internațional și Conferința „Euro-Aliment”, anii 2017 și 2019, Galați, România; Simpozionul Internațional „InventCor”, anul 2020, Deva, România; Simpozionul Internațional „Infinvent”, anii 2017, 2019 și 2021, Chișinău, Republica Moldova;

Sumarul capitolelor tezei.

Lucrarea este structurată în patru capitole, introducere, concluzii generale și recomandări, bibliografie și anexe.

În **Introducere** sunt prezentate actualitatea și importanța temei abordate, noutatea științifică a lucrării, valoarea teoretică și aplicativă a rezultatelor obținute; este indicat scopul și sunt formulate obiectivele și problemele de cercetare.

În **Capitolul 1 - Aspecte teoretice ale procesului de uscare în strat suspendat** sunt analizate aspectele teoretice ale procesului de uscare a produselor horticole sămânțoase - pe de o parte, și studiate tehnicile și tehnologiile noi de uscare - pe de altă parte.

Sunt prezentate aspecte legate de procesul tehnologic de uscare a produselor horticole sămânțoase, sunt prezentate diferite viziuni ale savanților asupra procesului de deshidratare, sunt relatate argumente, care confirmă eficiența procesului de uscare în scopul conservării de lungă durată a produsului deshidratat

Sunt prezentate tehnicile și tehnologiile moderne de uscare a semințelor de struguri, sunt descrise diferite metode hibride de uscare, care presupun direcții noi de perfecționare a proceselor de deshidratare.

În **Capitolul 2 - Materiale și metode de cercetare** sunt descrise materialele și metodele de determinare ale proprietăților aerodinamice ale semințelor de struguri și ale proprietăților fizico-mecanice; este descris standul experimental pentru determinarea proprietăților aerodinamice, pentru studiul cineticii procesului de uscare în strat suspendat; sunt descrise metodele de analiză ale indicilor de calitate a semințelor de struguri și uleiului extras.

Capitolul 3 - Optimizarea procesului de uscare a semințelor de struguri în strat suspendat. În acest capitol este abordată mișcarea semințelor de struguri în strat suspendat, s-a recurs la modelarea matematică și simularea 3D; a fost modelat matematic procesul de uscare în strat suspendat al semințelor de struguri, care a servit ca bază pentru simularea 3D al procesului de uscare în strat suspendat și studiul distribuției câmpului de temperaturi în zona de uscare.

În **Capitolul 4 - Cinetica procesului de uscare în strat suspendat a semințelor de struguri** este prezentată cinetica procesului de uscare a semințelor de struguri cu aplicarea convecției și cu aplicarea microundelor (SHF), cinetica procesului de uscare în strat suspendat cu aplicarea convecției și cinetica procesului de uscare în strat suspendat cu aplicarea microundelor (SHF); ulterior au fost analizați indicii de calitate ai semințelor de struguri și ai uleiului extras; este argumentată realizarea tehnică a instalației de uscare în strat suspendat al semințelor de struguri și efectul economic al implementării.

Conținutul tezei

Capitolul 1. Aspecte teoretice ale procesului de uscare în strat suspendat

Problemele stringente cu care se confruntă industria vinicolă a Republicii Moldova, este valorificarea eficientă a deșeurilor obținute în urma procesării strugurilor, cum ar fi: levurile, piatra de vin, tescovina, semințele de struguri etc.[1]. Procesarea acestor deșeuri permite obținerea unei game largi de produse valoroase (oenomelanina naturală [2], colorantul antocianic natural [3], uleiul din semințe de struguri [4], făina din semințe de struguri [5], antioxidant proantocianidin [6], alcool etilic [7], bioetanolul [8], acidifiianții naturali [9], absorbantii naturali [10], taninuri [11], etc.) pentru diverse ramuri ale economiei: industria farmaceutică, cosmetologică, alimentară etc. Soluționarea problemei poate fi realizată prin crearea tehnologiilor non-reziduale, care asigură stabilitate ecologică și plus valoare pentru întreprinderile din domeniu [12].

Interes deosebit prezintă semințele de struguri. În majoritatea cazurilor procesarea lor presupune uscarea inițială a acestora. Gradul de păstrare a substanțelor valoroase depinde de parametrii tehnologici a regimului de uscare. Tradițional, în procesul de uscare, fluidul din interiorul camerei de lucru servește în calitate de agent termic și transportă umiditatea de la produs evacuând-o din instalație, nu și în cazul uscării în strat suspendat, unde acesta are funcția de a forma și a menține stratul suspendat pentru suspendarea semințelor de struguri la o înălțime anumită, într-un debit de aer, cu o valoare a vitezei de plutare constantă. Procesul de uscare a produselor horticoale sămânțoase, cum sunt semințele de struguri, a fost pe larg studiat de savanții: Lâcov A.V., Rudobashta S.P., Kalashnikova N.V., Voljentshev A.V. și alții [13].

Uscarea este un proces indispensabil în multe industrii alimentare. Dezvoltarea tehnologiilor moderne de uscare este stimulată de cererea sporită pe piața internațională de a produce produse de calitate. Îmbunătățirea calității majorității produselor alimentare se traduce printr-o creștere semnificativă a

valorii lor de piață. Dezvoltarea recentă a noilor tehnologii de uscare hibridă pentru a îmbunătăți calitatea alimentelor este în concordanță cu tendința actuală de îmbunătățire a calității cu impact redus asupra mediului. Numeroase tehnologii emergente au fost enumerate și discutate în detaliu [14].

Au fost identificate potențialele domenii de aplicare pentru aceste tehnologii de uscare hibridă în îmbunătățirea calității produselor. Este bine cunoscut faptul că procesul de deshidratare influențează în mod direct calitatea produsului finit. La moment, cercetările din domeniu sunt focusate pentru îmbunătățirea tehnologiilor de uscare, atât din punct de vedere economic, cât și calitativ, pentru a produce produse de calitate mai bună la o durată scurtă de timp și respectiv cu costuri reduse de energie [15].

În ultimii ani, accentul ingineresc a fost focusat pe optimizarea procesului de proiectare și funcționare a uscătoarelor pentru a obține produsul alimentar uscat cu caracteristicile dorite. Chiar dacă s-au făcut mai mulți pași în dezvoltarea tehnologiei de uscare, rămân multe de realizat în studiul noilor sisteme hibride prin care tehnologiile de uscare pot fi combinate între ele pentru a dezvolta sisteme de uscare de generație nouă. În acest subcapitol au fost descrise câteva evoluții recente în tehnologiile de uscare hibridă de interes pentru industria alimentară. În continuare vom enumera și discuta noile tehnologii emergente de uscare hibridă [16].

Deși obiectivul principal al uscării produselor agroalimentare este conservarea, în funcție de tehnologia de uscare utilizată, materia primă se poate manifesta diferit, cu variații semnificative în ceea ce privește calitatea produsului. Prin urmare, trebuie acordată o atenție sporită alegerii unei instalații de uscare corespunzătoare, având în vedere corelarea dintre produsul final și uscător. Pierderea legăturii dintre produs și tehnologia de uscare ar avea ca rezultat consecințe nedorite, care ar duce adesea la pierderi financiare considerabile [17].

Capitolul 2. Materiale și metode de cercetare

Semințele de struguri ocupă aproximativ 15 % din deșeurile solide produse în industria vinificației și sunt recunoscute ca produse care necesită o analiză mai aprofundată asupra valorii lor [18]. Drept obiect de studiu au servit semințele de struguri de soiuri roșii, din tescovină obținută după prelucrarea primară a soiurilor tehnice de struguri (Cabernet Sauvignon, Merlot, Pinot Noir, Moldova, Isabella etc.). În capitolul doi a fost descrisă metodologia determinării proprietăților aerodinamice ale semințelor de struguri. Menținerea semințelor de struguri în strat suspendat (fig. 2.1), necesită ca viteza ascendentă a aerului din tub să fie egală cu viteza lor de plutire [19].

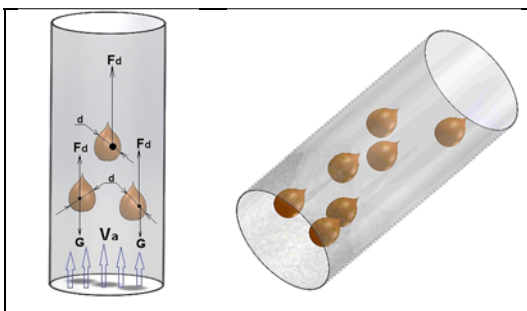


Fig. 2.1. Forțele care acționează asupra seminței de struguri aflată în strat suspendat

Neglijând forța lui Arhimede, asupra semințelor vor acționa două forțe: forța de gravitație G și forța rezultată de presiunea aerului asupra particulei F_d .

Totodată a fost descrisă metodologia determinării proprietăților fizico-mecanice ale semințelor de struguri întrucât uscarea în strat suspendat a semințelor de struguri provoacă șocuri mecanice, datorită mișcării continue în strat suspendat, unde apare coleziunea între semințe și între semințe și pereții tubului de uscare, ce prezintă camera de uscare. Forța de strivire la care sunt supuse semințele în camera de uscare, la mișcarea continuă a fost determinată experimental, cu ajutorul standului experimental de laborator, model MYP-100-2, care este destinat pentru încercarea materialelor la întindere și comprimare [20]. După procesul de uscare semințele de struguri au fost supuse analizei

microscopice pentru a identifica microfisurile pe suprafața lor. Aceasta a fost posibilă cu microscopul electronic de model VEGA TS 5130, cu ajutorul căruia a fost analizată suprafața semințelor de struguri uscate prin metoda clasică și în strat suspendat. Analiza suprafețelor semințelor de struguri a fost efectuată la scara de 1 mm și 200 μm [21]. Pentru studiul comparativ dintre procesul de uscare clasic și cel în strat suspendat, s-au efectuat un șir de cercetări a cineticii procesului de uscare la instalația tip tunel (fig. 2.2).

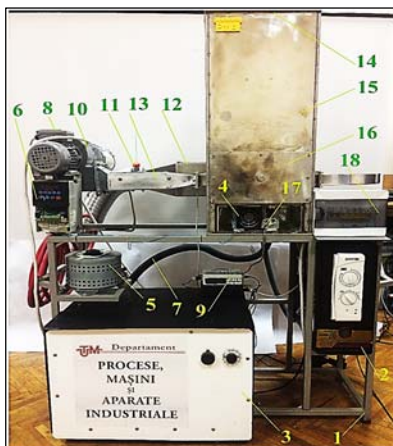


Fig. 2.2. Instalația de uscare tip tunel

Pentru determinarea indicilor de calitate ai semințelor de struguri, au fost efectuate un șir de operații preventive pentru pregătirea lor. Inițial semințele de struguri au fost separate cu ajutorul sitei de rămașițele de ciorchini și alte impurități. După separare, ele au fost supuse procesului de uscare, utilizând 4 metode: uscarea prin convecție, metoda clasică; uscarea cu aplicarea SHF, metoda clasică; uscarea prin convecție în strat suspendat și uscarea cu aplicarea SHF în strat suspendat. De asemenea au fost descrise un șir de metode fizico-chimice de determinare a indicilor de calitate a semințelor de struguri și de analiză a stabilității oxidative a uleiului extras din ele. Modelarea matematică a datelor obținute experimental a fost efectuată după metoda Brandon prin aplicarea criteriilor Fisher de aproximare.

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

Pentru a asigura procesul de uscare a semințelor de struguri în strat suspendat este necesar de analizat profund caracteristica mișcării semințelor în camera de uscare, care este sub formă de tub. În scopul optimizării acestui proces, au fost elaborate două modele matematice, în baza cărora s-au efectuat simulări 3D. Primul model matematic, descrie aerodinamica seminței de strugure, aflată în strat suspendat.

$$v_{\alpha=77^{\circ} \text{ model}} = 8,05 \cdot (10^{-5} \cdot L^2 - 0,0071 \cdot L + 1,7936) \cdot (-0,66 + 1,77 \cdot 10^{-5} \cdot P) \quad (3.1)$$

Acest model (3.1) ne permite de a determina viteza care acționează asupra seminței de strugure aflată în stratul suspendat, fiind dependentă de lungimea tubului, și presiunea din el. În baza primului model matematic, a fost efectuată simularea 3D a comportării debitului de aer pentru opt tuburi de formă și parametri geometrice diferiți, prezentată în figura 3.1 și 3.2.

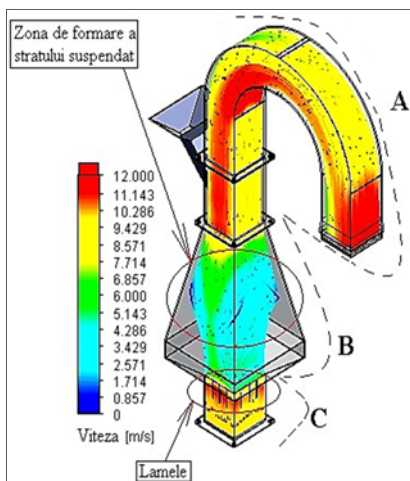


Fig. 3.1. Simularea 3D a câmpului de viteză a aerului prin tubul aerodinamic 4.

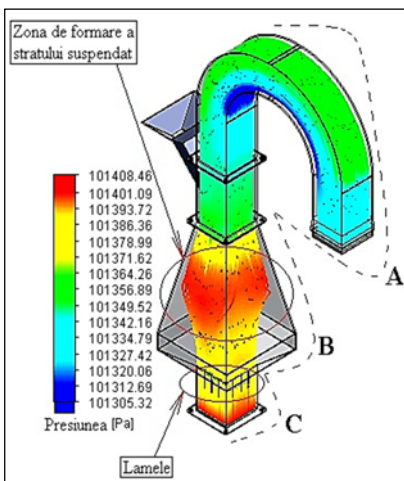


Fig. 3.2. Simularea 3D a câmpului de presiune a aerului prin tubul aerodinamic 4

În fiecare tub a fost analizată viteza (fig. 3.1) și presiunea aerului (fig. 3.2), unde a fost stabilit, că tubul 4 deține forma optimă pentru a menține stabil stratul

suspendat, ca ulterior să fie confecționat în condiții de laborator și montat în instalație. Al doilea model matematic (3.2) descrie procesul de uscare în strat suspendat al semințelor de struguri, prin ecuația criterială, descrisă de criteriul lui Newton (Ne), care a fost elaborată în baza parametrilor dependenți de forța care acționează asupra seminței aflate în tub.

$$Ne = c Eu^k C_a^\gamma \cdot C_{\Delta p}^z \cdot C_d^\gamma \quad (3.2)$$

Ulterior în baza celui de-al doilea model matematic s-au efectuat două simulări 3D. Prima se referă asupra procesului de uscare al semințelor de struguri în strat suspendat cu aplicarea curenților de frecvență supraînaltă (microunde), fig. 3.3, iar cea de-a doua simulare, reflectă uscarea semințelor de struguri în strat suspendat cu aplicarea convecției, fig. 3.4.

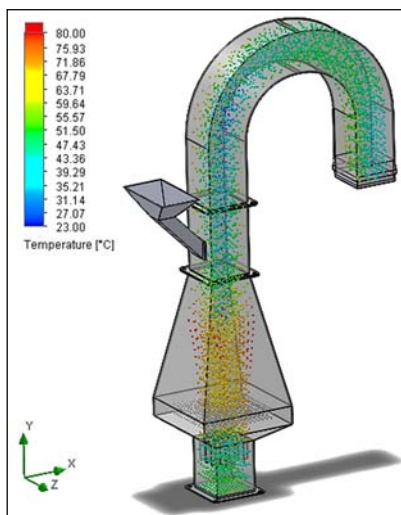


Fig. 3.3. Simularea 3D pentru procesul de uscare în strat suspendat asistat de microunde

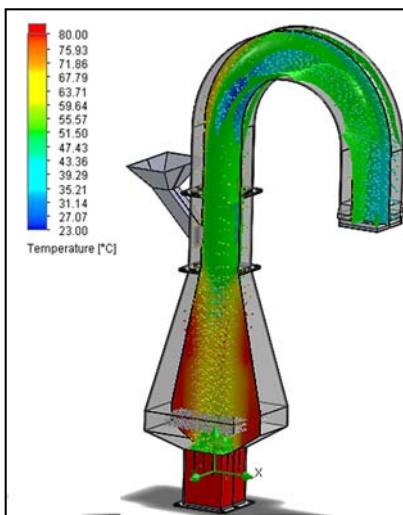


Fig. 3.4. Simularea 3D pentru procesul de uscare în strat suspendat asistat de convecție

În rezultatul analizei câmpului de temperaturi din simulările ambelor metode, s-a stabilit că forma tubului 4 este cea mai optimă pentru a fi elaborată și montată în instalația de uscare. Instalația descrisă în capitolul dat a fost creată mai întâi ca schiță, apoi ca și concept 3D [22], după care a fost proiectată în 3D (fig. 3.5), fiind

utilizat softul SolidWorks versiunea 2018, apoi a fost confecționată în condiții de laborator - prezentată în (fig. 3.6) [23].

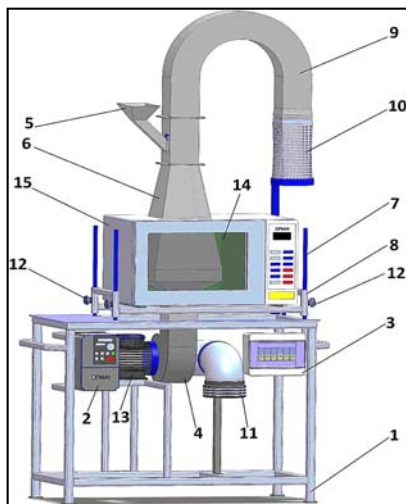


Fig. 3.5. Instalație pentru uscarea în strat suspendat a semințelor de struguri, model 3D [24]

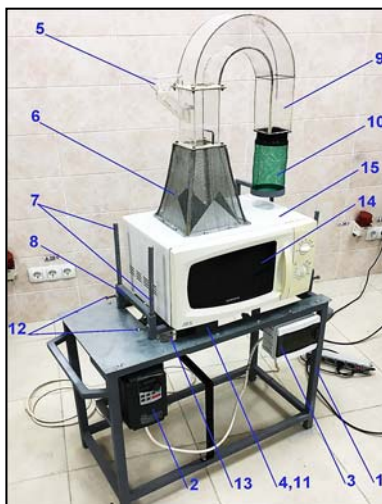


Fig. 3.6. Instalație pentru uscarea în strat suspendat a semințelor de struguri, model de laborator

Pe parcursul elaborării instalației de uscare în strat suspendat, au fost luate în calcul proprietățile fizico-mecanice, fizico-chimice și aerodinamice ale semințelor de struguri. Anume aceste caracteristici au determinat forma constructivă și parametrii tehnici ai instalației din figura 3.5 și 3.6.

Pentru evitarea efectului de strivire a semințelor de struguri și apariției ulterioare a fisurilor, a fost comparată forța critică de strivire a semințelor umede și uscate în raport cu forța de strivire la care sunt supuse semințele umede și uscate în interiorul tubului aerodinamic, care este și camera de uscare. S-a constatat, că forța critică de strivire atât pentru semințele care nu au fost uscate (umede) cât și pentru cele uscate, este cu mult mai mare decât forța de strivire la care sunt supuse ele în camera de uscare. S-a demonstrat, că în timpul procesului de uscare în strat suspendat, apariția microfisurilor pe suprafața semințelor de struguri, datorită mișcării continue a lor și coleziunilor dintre ele, a fost exclusă.

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

Pentru a studia cinetica procesului de uscare în strat suspendat a semințelor de struguri cu aplicarea convecției, a fost utilizată instalația descrisă în cap. 3 (fig. 3.6). În figura 4.1 sunt prezentate curbele uscării în strat suspendat a semințelor de struguri, cu aplicarea convectivă a căldurii. Temperatura agentului termic aplicat a avut valorile de 60, 70, 80, 90 și 100 °C.

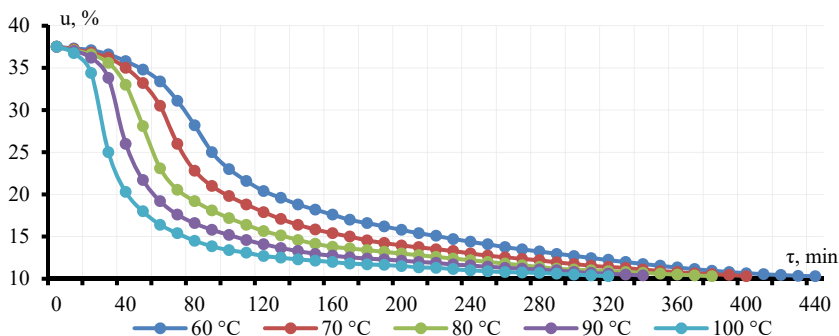


Fig. 4.1. Curbele scăderii conținutului de umiditate, uscarea în strat suspendat, asistată de convecție

S-a constatat că durata procesului de uscare în strat suspendat cu aplicarea convecției depinde de temperatura agentului termic (fig. 4.1). Astfel utilizarea agentului termic cu temperatura de 60 °C, a sporit deshidratarea produsului de la conținutul umidității inițiale - 37,5 %, până la cea finală de 10,3 %, aceasta a durat 440 min. Respectiv pentru valorile de temperatură 70, 80, 90 și 100 °C, durata procesului de deshidratare a fost 400, 380, 340 și 320 min. Deși au fost aplicate aceleași regimuri de uscare ca și în cazul convecției prin metoda clasică, utilizarea convecției la instalația de uscare în strat suspendat a exclus definitiv efectul de carbonizare pe suprafața semințelor uscate. Aceasta a fost posibilă datorită stării de mișcare permanentă a lor pe parcursul procesului. Mai mult ca atât, efectul de autoseparare a semințelor de struguri, pe tot parcursul procesului de uscare în strat suspendat, a asigurat tratarea termică individuală pentru fiecare sămânță în parte [25].

Procesul de uscare în strat suspendat cu aplicarea microundelor a fost asigurat de către un debit de aer egal cu $430 \pm 0,2 \text{ m}^3/\text{h}$, care a dezvoltat o viteză constantă cu valoarea de $11,4 \pm 0,1 \text{ m/s}$.

Acești parametri au asigurat stabilitatea stratului suspendat de semințe pe parcursul procesului de uscare. Curbele uscării în strat suspendat a semințelor de struguri cu utilizarea microundelor (fig. 4.2) descriu cinci regimuri de lucru ale magnetronului cu următoarele valori de puteri: 200, 300, 450, 600 și 750 W.

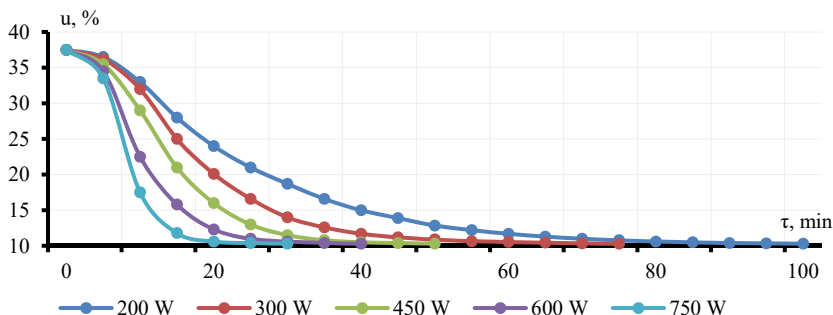


Fig. 4.2. Curbele scăderii conținutului de umiditate, uscarea în strat suspendat, asistată de SHF

S-a demonstrat că durata procesului de uscare în strat suspendat cu aplicarea microundelor depinde într-o mare măsură de puterea aplicată a magnetronului. Astfel aplicarea puterii de 200 W, a făcut posibilă ucare în strat suspendat a semințelor de la conținutul umidității inițiale de 37,5 %, până la cea finală de 10,3 %, în timp de 100 min. Respectiv pentru valorile de puteri ale magnetronului 300, 450, 600 și 750 W, durata procesului de deshidratare a fost 75, 50, 40 și respectiv 30 min. Din cele expuse anterior rezultă că durata procesului de uscare în strat suspendat a semințelor de struguri cu ajutorul microundelor scade o dată cu creșterea puterii magnetronului, aproximativ de 3,3 ori. Aplicarea microundelor la uscarea în strat suspendat a semințelor de struguri, diminuează durata de tratare termică a lor de 4,4 ori față de uscarea în strat suspendat cu aplicarea convecției.

Un aspect foarte important în ceea ce privește calitatea uleiului obținut din semințe de struguri, îl reprezintă analiza senzorială a sa. Rezultatele analizei

caracteristicilor senzoriale ale uleiului extras din semințe de struguri sunt prezentate în tabelul 4.1. Au fost analizate un șir de caracteristici: transparența, mirosul, gust și culoare. Aceștia au fost studiați și comparați cu HG Nr. 434 din 27.05.2010 cu privire la aprobarea reglementării tehnice „Uleiuri vegetale comestibile” [26].

Tabelul 4.1. Rezultatele analizei senzoriale ai uleiului extras din semințe de struguri uscate prin diferite metode

Nr	Caracteristica senzorială Ulei extras din semințe de struguri	Transparență	Miros	Gust	Culoare
1.	Ulei extras din semințe de struguri uscate prin convecție, metoda clasică.	Transparent fără sediment.	Miros plăcut. Ulei cu miros slab de prăjit.	Gust de ulei, fără miros și gust străin.	Gălbui închisă
2.	Ulei extras din semințe de struguri uscate cu aplicarea SHF, metoda clasică.		Miros plăcut. Ulei cu miros slab de prăjit.		
3.	Ulei extras din semințe de struguri uscate prin convecție, în strat suspendat.		Miros plăcut, fără miros străin.	Gust de ulei, fără gust străin.	Gălbui deschisă
4.	Ulei extras din semințe de struguri uscate cu aplicarea SHF, în strat suspendat.		Miros plăcut, fără miros străin.		

Conform tabelului 4.1, pentru uleiul extras din probe de semințe de struguri uscate în strat suspendat cu aplicarea convecției și uscate în strat suspendat cu aplicarea microundelor, nu a fost prezent mirosul de slab prăjit, ceea ce denotă faptul, că pe parcursul tratării termice semințele au fost în mișcare continuă, mai mult decât atât a avut loc și efectul de autoseparare a lor datorită diametrului echivalent diferit de la o sămânță la alta. Uscarea semințelor de struguri în strat suspendat sporește calitatea uleiului obținut și eficientizează tratarea termică a lor.

Pentru metoda inovativă de uscare a semințelor de struguri în strat suspendat, care a asigurat uniformitatea tratării termice a semințelor și a condus la reducerea

considerabilă a duratei procesului, s-a calculat consumul de energie al instalației de uscare în strat suspendat, în raport cu metoda de uscare clasică (convențională). Conform (tab. 4.2) se observă, că diferența de cost la uscarea în strat suspendat asistat de convecție, în comparație cu metoda de uscare convențională cu aplicarea convecției a fost de 12,5 %. Aplicarea metodei de uscare în strat suspendat asistat de SHF, față de metoda de uscare convențională cu aplicarea SHF, a dus la 31 % diferență de cost.

Tabelul 4.2. Diferența consumului de energie dintre instalația de uscare în strat suspendat și instalația de uscare clasică

Nr	Metoda de uscare	Costul de uscare pentru un litru de ulei, lei/L	Diferența de cost între metoda de uscare în strat suspendat și metoda convențională, %
1.	Uscarea în strat suspendat cu aplicarea convecției.	637	Este mai ieftin cu 12,5 % , decât metoda convențională prin convecție.
2.	Uscarea în strat suspendat cu aplicarea microundelor.	91	Este mai ieftin cu 31 % , decât metoda convențională prin microunde.
3.	Uscarea prin convecție.	728	Este mai scump cu 12,5 % , decât metoda uscării în strat suspendat asistat de convecție.
4.	Uscarea cu microunde	132	Este mai scump cu 31 % , decât metoda uscării în strat suspendat asistat de microunde.

Uscarea în strat suspendat are la bază un potențial foarte puternic în ceea ce privește varietatea aplicabilității sale. Acest potențial se referă la posibilitatea de a usca mai multe produse sub formă granulară de origine agroalimentară.

Unicul element constructiv care necesită a fi adaptat la instalația de uscare în strat suspendat, pentru deshidratarea altor produse agroalimentare de formă granulară este tubul aerodinamic, forma geometrică a căruia este specifică pentru fiecare materie primă în parte.

Concluzii generale și recomandări

O importanță majoră în scopul avansării economiei naționale constă în proiectarea și implementarea noilor tehnologii. Una din metodele de conservare a funcționalității produselor agroalimentare este procesul de uscare. Pe măsură ce tehnologia avansează spre noi frontiere, metoda de conservare prin deshidratarea produselor evoluează constant. Cercetările efectuate în cadrul tezei au permis formularea următoarelor concluzii:

1. Tehnicile noi de uscare a produselor agroalimentare necesită combinarea lor inteligentă pentru eficientizarea calității produsului și reducerea consumului de energie. Uscătorul hibrid în strat fluidizat asistat de microunde asigură uniformitatea uscării produsului și reduce durata de tratare termică, respectiv și a consumului de energie. Valorificarea semințelor de struguri prin uscare în strat suspendat depinde de o serie de factori, precum densitatea semințelor, diametrul echivalent și viteza lor de plutire.

2. A fost elaborat modelul matematic după metoda Brandon care a permis determinarea vitezei de plutire a semințelor aflate în strat suspendat în funcție de înălțimea tubului și unghiul de înclinare a suprafețelor superioare a camerei de lucru. Procesul de uscare a semințelor aflate în strat suspendat este descris prin ecuații criteriale obținute în baza acestui model matematic. Simularea computerizată 3D a procesului de uscare în strat suspendat a semințelor de struguri a permis stabilirea formei geometrice a tubului aerodinamic și identificarea parametrilor geometrici optimi.

3. Testarea semințelor de struguri la strivire a demonstrat că forța critică de strivire (59,4 N) atât pentru semințele umede, cât și pentru cele uscate depășește considerabil forța de strivire la care sunt supuse semințele în camera de uscare (0,098 – 0,100 mN). Aceasta exclude posibilitatea apariției microfisurilor din cauza coliziunelor în timpul procesului de uscare în strat suspendat, ceea ce diminuează probabilitatea oxidării lipidelor.

4. Analiza cineticii procesului de uscare prin convecție în strat suspendat în raport cu uscarea prin convecție în regim staționar (60 - 100 °C) a demonstrat o reducere a duratei de uscare cu 12 % și creșterea vitezei procesului de uscare cu 10 %. Concomitent s-a stabilit, că semințele de struguri uscate prin convecție în regim staționar sunt supuse unui tratament termic neuniform, ceea ce conduce la apariția microfisurilor, aceasta sporind probabilitatea de oxidare a lipidelor.

5. Analiza cineticii procesului de uscare a semințelor de struguri în strat suspendat cu aplicarea microundelor în raport față de uscarea cu aplicarea microundelor în regim staționar (200 – 750 W) a demonstrat o creștere a vitezei procesului de uscare cu 20 %, ceea ce a condus la diminuarea duratei de tratare termică cu 31%. Aplicarea tratamentului cu microunde (SHF) în strat suspendat reduce durata procesului de uscare cu 77 % și sporește viteza procesului de uscare cu 72 % față de aplicarea convecției prin aceeași metodă.

6. Aplicarea metodei de uscare a semințelor de struguri în strat suspendat asigură uniformitatea distribuirii temperaturii și transferului de umiditate, ceea ce previne denaturarea produsului, cauzată de variația diametrului echivalent. Acest efect se datorează mișcării continue pe parcursul procesului de uscare a semințele de struguri aflate în strat suspendat, ceea ce asigură uniformitatea tratării termice prin efectul de auto-selecție a semințelor deja uscate și înlăturarea acestora din zona de tratare termică.

7. A fost proiectată în 3D și elaborată instalația de uscare a semințelor de struguri în strat suspendat în condiții de laborator. Au fost identificați parametrii tehnico-economici ai procesului de uscare în strat suspendat. Uleiul obținut din semințe de struguri uscate în strat suspendat cu aplicarea convecției asigură costuri reduse cu 12,5 % în comparație cu uleiul obținut din semințe de struguri uscate prin convecție în regim staționar. Uleiul obținut din semințe de struguri uscate în strat suspendat cu aplicarea microundelor asigură costuri de producere mai reduse cu 31 %, în comparație cu uleiul obținut din semințe de struguri uscate cu microunde în regim staționar.

8. Rezultatele obținute au fost implementate pentru proiectarea instalației de uscare a semințelor de struguri din cadrul întreprinderii S.C. AZAMET-GRUP S.R.L. În condiții industriale s-a constatat că indicii de calitate ai uleiului obținut din semințe de struguri uscate în strat suspendat corespund cerințelor HG 434 din 27.05.2010 cu privire la aprobarea reglementării tehnice „Uleiuri vegetale comestibile”.

Recomandări

1. Se recomandă uscarea semințelor de struguri în strat suspendat cu aplicarea SHF, ce asigură o durată de uscare - 100 min cu viteza procesului de deshidratare - 2,5 %/min.
2. Sporirea gradului de extracție a fracției masice de ulei necesită aplicarea următoarele regimuri de uscare:
 - uscarea cu aplicarea microundelor după metoda convențională, regim de uscare: regim de lucru magnetron 750 W, durata de uscare 40 min;
 - uscarea în strat suspendat cu aplicarea microundelor, regim de uscare: regim de lucru magnetron 750 W, durata de uscare 30 min.
3. Reducerea indicelui de aciditate și ai acidității uleiului necesită aplicarea următoarelor regimuri de uscare:
 - uscarea în strat suspendat cu aplicarea convecției, regim de uscare: regimul termic 60°C, durata de uscare 440 min;
 - uscarea în strat suspendat cu aplicarea microundelor, regim de uscare: regim de lucru magnetron 200 W, durata de uscare 100 min.

Bibliografie

1. GĂINĂ, B., COBIRMAN, G., GOLUBI, R. Produse secundare de origine vitivinicolă și utilizarea lor. *Revista de Știință, Inovare, Cultură și Artă „Akademos”*. Nr.1(48) / 2018, ISSN 1857-0461 /ISSNe 2587-3687.
2. *Cluster: Web Site Directory*. Cluster Moldova-Ukraine, © 2018 [citat 22.02.2021]. Disponibil: <https://clustermduia.com/en/about.html>
3. YUNJIEY., JIRU, J., TING, W., CHAOXIA, W. Optimization of Natural Anthocyanin Efficient Extracting from Purple Sweet Potato for Silk Fabric Dyeing. *Journal of Cleaner Production* 2017, 7, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.02.134.
4. BAYDAR, Göktürk Nilgün, AKKURT, Murat. Oil Content and Oil Quality Properties of Some Grape Seeds. *Turkish Journal of Agriculture And Forestry* 2001, vol.6, ISSN: 1300-011X.
5. HOYE, Clifford, ROSS, Carolyn. F. *Total Phenolic Content, Consumer Acceptance, and Instrumental Analysis of Bread Made with Grape Seed Flour* [online]. 9, doi:10.1111/j.1750-3841.2011.02324.x. Disponibil: <https://zh.booksc.me/book/10165128/5ff79b>
6. MORAZZONI, Paolo et al. Grape Seeds Proanthocyanidins: Advanced Technological Preparation and Analytical Characterization. *Antioxidants* 2021, vol.10, pp.418, doi:10.3390/antiox10030418.
7. SEVINDIK, Onur et al. Volatile Compounds of Cvs Magliocco Canino and Dimrit Grape Seed Oils. *Journal of Raw Materials to Processed Foods* 2020, vol.8. E-ISSN: 2757-8836.
8. SCRAM, J.I., HALL, D.O., STUCKEY, D.C. Bioethanol from Grapes in the European Comm-unity. *Biomass and Bioenergy* 1993, vol.5, pp.347–358, doi:10.1016/0961-9534(93)90014-U.
9. SHI, J., YU, J., POHORLY, J.E., KAKUDA, Y. Polyphenolics in Grape Seeds—Biochemistry and Functionality. *Journal of Medicinal Food* 2003, vol.6, pp.291. doi: 10.1089/109662003772519831.
10. PETROV, Nartislav et al. Preparation of activated carbons from cherry stones, apricot stones and grape seeds for removal of metal ions from water. In: *Olle Indstorm Symposium on renewable Energy-Bioenergy*, 6-7 sept. 1999. KTH, Stockholm, Sweden 1999, pp. 46-50.
11. RIOU, V., VERNHET, A., DOCO, T., MOUTOUNET, M. Aggregation of Grape Seed Tannins in Model WineDeffect of Wine Polysaccharides. *Journal Food Hydrocolloids* 2002, vol.7. ISSN: 0268-005X.

12. BALAN, Mihail, **BALAN, Mihail**, VIȘANU, Vitali. Valorificarea deșeurilor din vinificație. In: *Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor Vol.1, 2020, 1-3 aprilie. 2020*. Chișinău, Republica Moldova, pp. 519-522.
13. CHOU, Siaw, Kiang, CHUA, Kian. New Hybrid Drying Technologies for Heat Sensitive Foodstuffs. *Trends in Food Science & Technology* 2001, vol. 12, pp.359–369, doi:10.1016/S0924-2244(01)00102-9.
14. KOWALSKA, Hanna. et al. The Use of a Hybrid Drying Method with Pre-Osmotic Treatment in Strawberry Bio-Snack Technology. *International Journal of Food Engineering* 2020, vol. 16, pp.318, doi:10.1515/ijfe-2018-0318.
15. LEE, D.-J., JANGAM, S., MUJUMDAR, A.S. Some Recent Advances in Drying Technologies to Produce Particulate Solids. *KONA Powder and Particle Journal* 2013, vol. 30, pp.69–83, doi:10. 14356/kona.2013010.
16. SHAMSUDDEEN, Mohamed, Murshid et al. Performance Study of a Hybrid Heat Pump Dryer Based on Numerical Analysis and Experimental Set-Up. [online]. [citat 18.04.2020] doi: 10.1007/s11630-020-1384-1. Disponibil: <https://ur.booksc.eu/book/84459880/822cf6>
17. LUQUERODRIGUEZ, J., LUQUEDECASTRO, M., PEREZJUAN, P. Extraction of Fatty Acids from Grape Seed by Superheated Hexane. *Talanta* 2005, vol.68, pp.126–130, doi:10.1016/j. talanta.2005.04.054.
18. GESOGLU, M., GÜNEYISI, E., ALZEEBAREE, R., MERMERDAS, K. Effect of silica fume and steel fiber on the mechanical properties of the concretes produced with cold bonded fly ash aggregates. *Construction and Building Materials* 2012, vol.40, pp. 982-990, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2012.11.074.
19. BERNIC, Mircea, ȚISLINSKAIA, Natalia, **BALAN, Mihail**, VIȘANU, Vitali, MELENCIUC, Mihail. Procedeu de uscare a semințelor de struguri. Brevet de invenție MD 1579 Y, A23B 9/00. Universitatea Tehnică a Moldovei. Nr. depozit s 2021 0008. Data depozit 2020.02.17. Publicat 31.12.2021.
20. CAE: Capital Asset Exchange. Capital Asset Exchange & Trading Llc. All Rights Reserved, ©2022 [citat 14.05.2021]. Disponibil: <https://caeonline.com>
21. BERNIC, Mircea, ȚISLINSKAIA, Natalia, **BALAN, Mihail**, VIȘANU, Vitali, MELENCIUC, Mihail. Instalație de uscare a produselor granulate în

- strat de suspensie. Brevet de invenție MD 1481 Y, A23N 12/08. Universitatea Tehnică a Moldovei. Nr. depozit s 2019 0094. Data depozit 02.09.2019. Publicat 31.01.2021. In: BOPI. 2021, nr. 1, pp. 51-52.
22. **BALAN, M., BERNIC, M., ȚISLINSCAIA, N.** Drying installation for granular products in the suspension layer. Journal of Engineering Sciences 2020, vol.1, pp.64-68 doi:10.5281/ZENODO. 3713368. ISSN 2587-3474.
23. **BERNIC, Mircea, ȚISLINSCAIA, Natalia, BALAN, Mihail, VIȘANU, Vitali, MELENCIUC, Mihail.** Instalație de uscare a produselor granulate în strat de suspensie. Brevet de invenție MD 1278 Z, F26B 3/347. Universitatea Tehnică a Moldovei. Nr. depozit s 2018 0028. Data depozit 2018.03.28. Publicat 31.03.2019. In: BOPI. 2019, nr. 9, pp. 168.
24. **BERNIC, Mircea, ȚISLINSCAIA, Natalia, BALAN, Mihail, VIȘANU, Vitali, MELENCIUC, Mihail.** Procedeu de uscare a semințelor de struguri. Brevet de invenție MD 1579 Y, A23B 9/00. Universitatea Tehnică a Moldovei. Nr. depozit s 2021 0008. Data depozit 2020.02.17. Publicat 31.12.2021.
25. Hotărîre de Guvern cu privire la aprobarea Reglementării tehnice „Uleiuri vegetale comestibile”: nr. 434 din 21 noiembrie 2018. In: Monitorul oficial al Republicii Moldova 2018, nr. 13-21, art. 7, (Anexa 4).
26. **ZARGARAAN, Aziz et al.** Challenges of Edible Oils From Farm to Industry: Views of Stakeholders. Food and Nutrition Bulletin 2019, vol.40, pp. 99-110, doi: 10.1177/037957211 8813758.

Lista publicațiilor

1. Articole în reviste științifice

1.1. BERNIC, Mircea., ȚISLINSKAIA, Natalia., **BALAN, Mihail**, *drying installation for granular products in the suspension layer* / Journal of Engineering Science, DOI: 10.5281/zenodo.3713368/ CZU 66.047.75, Vol. XXVII, no. 1 (2020), pp. 64 – 68, ISSN 2587-3474, eISSN 2587-3482. March, 2020, Vol. XXVII.

1.2. **BALAN, Mihail**, ȚISLINSKAIA, Natalia, DODON, Adelina, VIȘANU, Vitali, MELENCIUC, Mihail, GÎDEI, Igor, PATRAȘ, Antoanela *O metodă nouă de procesare: Uscarea în strat suspendat a semințelor de struguri.* / Revista de Știință, Inovare, Cultură și Artă „Akademos, ISSN: 1857-0461, <https://doi.org/10.52673/18570461.21.3-62.02>, CZU:664.844.014/019: 663.26

1.3. VIȘANU, Vitali, ȚISLINSKAIA, Natalia, DODON, Adelina, **BALAN, Mihail**, MELENCIUC, Mihail, GÎDEI, Igor, *Procedeu de deshidratare a piersicilor prin convecție forțată* / Revista de Știință, Inovare, Cultură și Artă „Akademos, ISSN: 1857-0461, (Articol acceptat în revista „AKADEMOS”)

1.4. ȚISLINSKAIA, Natalia, VIȘANU, Vitali, **BALAN, Mihail**, MELENCIUC Mihail, POPESCU, Victor, GÎDEI, Igor, *Installation for drying agri-food products by forced convection with volatile substances capture* / (Articol acceptat în revista „IEEE-2021”)

2. Articole în lucrările conferințelor și altor manifestări științifice

2.1. BERNIC, Mircea, ȚISLINSKAIA, Natalia, ZAVIALOV, Volodymyr, **BALAN, Mihail**, VIȘANU, Vitali, MELENCIUC, Mihail *Aerodynamic properties of grape seeds.* ”Euro-Aliment 2017” Galați University Press 2017. – p.80-81- ISSN, 1843-5114.

2.2. BERNIC, Mircea, ȚISLINSKAIA, Natalia, RĂDUCAN, Marcel, VIȘANU, Vitali, **BALAN, Mihail**, MELENCIUC, Mihail, *Peaches drying specifics.* ”Euro-Aliment 2017” Galați University Press 2017. – p.80-81- ISSN, 1843-5114.

2.3. BERNIC, Mircea, ȚISLINSKAIA, Natalia, ZAVIALOV, Volodymyr, MELENCIUC, Mihail, VIȘANU, Vitali, **BALAN, Mihail**, *A comparative study of different pear dryng methods* ”Euro-Aliment 2017” Galați University Press 2017. – p.80-81- ISSN, 1843-5114.

2.4. BERNIC, Mircea, ȚISLINSKAIA, Natalia, RĂDUCAN, Marcel, **BALAN, Mihail**, VIȘANU, Vitali, MELENCIUC, Mihail *Grape seeds drying agent velocity optimization.* ”Biotechnologies, present and perspectives” Suceava University Press 2018. – p.10- ISSN, 2068-0819.

2.5. BERNIC, Mircea, ȚISLINSKAIA, Natalia, DESEATNICOVA, Olga VIȘANU, Vitali, **BALAN, Mihail**, MELENCIUC, Mihail, Peaches drying process particularities. "Biotechnologies, present and perspectives" Suceava University Press 2018. – p.11- ISSN, 2068-0819.

2.6. BERNIC, Mircea, ȚISLINSKAIA, Natalia, **BALAN, Mihail**, GUȚU, Marin, VIȘANU, Vitali, MELENCIUC, Mihail Installation for the experimental study for kinetics of drying process in the suspended layer /proceedings of internațional conference " Euro-Aliment 2019" ch.: Galați University Press 2019. – p.69 – ISSN, 1843–5114.

2.7. BERNIC, Mircea, ȚISLINSKAIA, Natalia, VIȘANU, Vitali, **BALAN, Mihail**, MELENCIUC, Mihail, Researches in the drying field of peaches /proceedings of internațional conference " Euro-Aliment 2019" ch.: Galați University Press 2019. – p.66 – ISSN, 1843–5114.

2.8. BERNIC, Mircea, LUPAȘCO, Andrei, ȚISLINSKAIA, Natalia, IVANOV, Leonid, **BALAN, Mihail**, MELENCIUC, Mihail, VIȘANU, Vitali, fruits and vegetables drying process with renewable energy source application / proceedings of internațional conference " Modern technologies in the food industry" ch.: Tehnica info 2014. – p.20 – 23 – ISBN, 978–9975–80–840-8;

2.9. BERNIC, Mircea, ȚISLINSKAIA, Natalia, ZAVIALOV, Volodymyr, VIȘANU, Vitali, **BALAN, Mihail**, MELENCIUC, Mihail *Dryng-efficient method of peaches storage.* /proceedings of internațional conference " Modern technologies in the food industry" ch.: Tehnica info 2016. – p.19 – 24 – ISBN, 978–9975–87–138-9;

2.10. BERNIC, Mircea, UZUN, Valentina, COȘMAN, Sergiu, **BALAN, Mihail**, VIȘANU, Vitali, MELENCIUC, Mihail *Winemaking domain wasteless technologies applicatiune* /proceedings of internațional conference " Modern technologies in the food industry" ch.: Tehnica info 2016.– p.25 – 26 – ISBN, 978–9975–87–138-9;

2.11. ȚISLINSKAIA, Natalia, BERNIC, Mircea, **BALAN, Mihail**, VIȘANU, Vitali, MELENCIUC, Mihail *Plums dryng process auxiliary operations mechanisation.* /proceedings of internațional conference " Modern technologies in the food industry" ch.: Tehnica info 2016. – p.95 – 98 – ISBN, 978–9975–87–138-9;

2.12. BERNIC, Mircea, ȚISLINSKAIA, Natalia, **BALAN, Mihail**, GUȚU, Marin, VIȘANU, Vitali, MELENCIUC, Mihail *Drying instalation for granular products in the suspention layer* /proceedings of internațional conference " Modern technologies in the food industry" ch.: Tehnica info 2018. – p.19 – 22 – ISBN, 978–9975–87–428-1.

2.13. BERNIC, Mircea, ȚISLINSKAIA, Natalia, VIȘANU, Ion, VIȘANU, Vitali, **BALAN, Mihail**, *Study of draying sugar sorghum process* /proceedings of internațional conference ” modern technologies in the food industry” ch.: Tehnica info 2018. – p.35 – 42 – ISBN, 978–9975–87–428-1.

2.14. ȚISLINSKAIA, Natalia, BERNIC, Mircea, MELENCIUC, Mihail, RĂDUCAN, Marcel, VIȘANU, Vitali, **BALAN, M.**, *Le sechage despoires sous une atmosphere modifiee de co2* /proceedings of internațional conference ” modern technologies in the food industry” Ch.: Tehnica Info 2018. – p.297 – 302 – ISBN, 978–9975–87–428-1.

2.15. POPESCU Victor, MALAI Leonid, **BALAN Mihail**, VOLCONOVICI Onorin, MALAI Cristian, *Instalație robustă pentru întreprinderile din sectorul agrar*, Simpozionului Științific Internațional "Reglementarea utilizării resurselor naturale: realizări și perspective" Chișinău 2022, p 423-425. CZU: 631.371, ISBN 978-9975-64-328-3.

3. Brevete de invenție și alte obiecte de proprietate intelectuală (OPI)

3.1. BERNIC, Mircea, LUPAȘCO, Andrei, ȚISLINSKAIA, Natalia, IVANOV, Leonid, **BALAN, Mihail**, MELENCIUC, Mihail, VIȘANU, Vitali. *Dispozitiv pentru distribuirea uniformă a aerului în uscătorul tunel*. Brevet de invenție MD 935 Z 2016.02.29;

3.2. BERNIC, Mircea , ȚISLINSKAIA, Natalia , **BALAN, Mihail**, POPESCU Victor, VIȘANU, Vitali , MELENCIUC, Mihail. *Instalație de uscare a produselor granulare în strat de suspensie*. MD 1249 din 15.02.2018.

3.3. Universitatea Tehnică a Moldovei, BERNIC, Mircea, ȚISLINSKAIA, Natalia, **BALAN, Mihail**, POPESCU, Victor, VIȘANU, Vitali , MELENCIUC, Mihail, EMILIANOV Ion. *Instalație de prelucrare prin electroplasmoliză a produselor vegetale*. MD 1244 din 15.09.2018.

3.4. BERNIC, Mircea, ȚISLINSKAIA, Natalia, **BALAN, Mihail**, VIȘANU, Vitali , MELENCIUC, Mihail. *Instalație de uscare pentru fructe și legume*. MD 1295 31.12.2018.

3.5. BERNIC, Mircea, ȚISLINSKAIA, Natalia, **BALAN, Mihail**, VIȘANU, Vitali , MELENCIUC, Mihail. *Instalație de uscare a produselor granulare în strat de suspensie*. MD 1278 din 2018.03.30.

3.6. BERNIC, Mircea, ȚISLINSKAIA, Natalia, **BALAN, Mihail**, VIȘANU, Vitali , MELENCIUC, Mihail. *Instalație de uscare a produselor granulare în strat de suspensie*. MD 1481 din 2019.03.31.

3.7. BERNIC, Mircea, ȚISLINSKAIA, Natalia, **BALAN, Mihail**, VIȘANU, Vitali , MELENCIUC, Mihail. *Instalație de uscare a produselor granulare în strat suspendat*. MD 1558 din 2020.11.25.

3.8. BERNIC, Mircea, ȚISLINSKAIA, Natalia, **BALAN, Mihail**, VIȘANU, Vitali , MELENCIUC, Mihail, SANDU, Andrei-Victor., PATRAȘ, Antoanela. *Procedeu de uscare a produselor granulare în strat suspendat.* HOTĂRÂRE pozitivă de acordare nr. 9901 din 2021.10.15.

3.9. BERNIC, Mircea, ȚISLINSKAIA, Natalia, **BALAN, Mihail**, VIȘANU, Vitali , MELENCIUC, Mihail. Procedeu de uscare prin metoda combinată a produselor granulare în strat suspendat. HOTĂRÂRE pozitivă de acordare nr. 9902 din 2021.10.15.

3.10. BERNIC, Mircea, ȚISLINSKAIA, Natalia, **BALAN, Mihail**, VIȘANU, Vitali , MELENCIUC, Mihail. Dispozitiv pentru distribuirea uniformă a fluxului de aer în uscătorul-tunel. HOTĂRÂRE pozitivă de acordare nr. 9884 din 2021.09.24.

3.11. BERNIC, Mircea, ȚISLINSKAIA, Natalia, **BALAN, Mihail**, VIȘANU, Vitali, MELENCIUC, Mihail, SANDU, Andrei-Victor, ȚURCANU, Dinu. Instalație de uscare a produselor granulare în strat suspendat. HOTĂRÂRE pozitivă de acordare nr. 9810 din 2021.06.07.

3.12. VIȘANU, Vitali, ȚISLINSKAIA, Natalia, **BALAN, Mihail**, MELENCIUC, Mihail, GÎDEI, Igor., ȚURCANU, Dinu, POPESCU, Victor. Procedeu de uscare a piersicilor prin metoda convecției forțate. Cerere BI nr. 2243 din 2021.09.27.

3.13. VIȘANU, Vitali, ȚISLINSKAIA, Natalia, **BALAN, Mihail**, MELENCIUC, Mihail, GÎDEI, Igor., ȚURCANU, Dinu, POPESCU, Victor. Procedeu de uscare a piersicilor cu aplicarea microundelor. Cerere BI nr. 2244 din 2021.09.27.

3.14. BERNIC, Mircea, ȚISLINSKAIA, Natalia, VIȘANU, Vitali, **BALAN, Mihail**, MELENCIUC, Mihail, „Procedeu de uscare a prin convecție în mediu modificat de CO₂”. Cerere BI nr. 2186 din 2021.04.01.

3.15. **BALAN, Mihail**, ȚISLINSKAIA, Natalia, VIȘANU, Vitali, MELENCIUC, Mihail, ȚURCANU, Dinu, POPESCU, Victor. Instalație de uscare modulară. Cerere BI nr. 2245 din 2021.09.27.

A D N O T A R E

Balan Mihail, „Procesul de uscare a semințelor de struguri în strat suspendat”, Teză de doctor în vederea conferirii titlului științific de doctor în științe ingineresti, or. Chișinău, Republica Moldova, 2022.

Structura tezei: teza este constituită din introducere, patru capitole, concluzii și recomandări, bibliografie din 228 titluri, 3 anexe, 112 pagini de text de bază, 37 figuri, 46 tabele.

Cuvinte cheie: semințe de struguri, instalație de uscare, convecție, microunde, strat suspendat, simulare 3D, cinetica procesului de uscare, ulei din semințe de struguri.

Scopul lucrării: Uscarea semințelor de struguri în strat suspendat, modelarea matematică a procesului de uscare, proiectarea și elaborarea instalației, studiul cineticii procesului de uscare.

Obiectivele cercetării: 1. Analiza direcțiilor și tehnicilor noi de uscare a produselor agroalimentare; 2. Studiul semințelor de struguri ca obiect de cercetare; 3. Elaborarea modelului matematic pentru procesul de uscare a semințelor de struguri aflate în strat suspendat; 4. Simularea computerizată 3D a procesului de uscare în strat suspendat pentru semințele de struguri; 5. Studiul cineticii procesului de uscare pentru semințele de struguri; 6. Proiectarea și elaborarea echipamentului pentru uscarea în strat suspendat.

Noutatea și originalitatea științifică: În urma cercetărilor procesului de uscare în strat suspendat a semințelor de struguri, au fost constatate următoarele: s-a redus durata de uscare a semințelor de struguri pentru convecție cu 60 min, pentru SHF cu 45 min; a fost redus consumul de energie pentru convecție cu 12%, pentru SHF cu 31%. Această metodă permite selectarea automată a semințelor deja uscate din masa totală de semințe și înlăturarea acestora din zona de prelucrare termică, micșorând astfel durata de tratare termică, și indicii de aciditate.

Rezultatele obținute: A fost elaborată metoda de tratare termică a materiei prime sămânțoase în strat suspendat. S-a constatat, că metoda inovativă de uscare în strat suspendat pentru semințe de struguri este eficientă din punct de vedere calitativ și energetic. A fost demonstrat, că uscarea în strat suspendat reduce maxim durata de tratare termică a semințelor de struguri; reduce indicii de aciditate ai uleiului obținut din semințe de struguri deshidratate în strat suspendat, ceea ce influențează pozitiv calitatea lui. Din punct de vedere energetic metoda uscării în strat suspendat presupune micșorarea cheltuielilor până la 31% față de metoda clasică de uscare, ceea ce prezintă un indice important pentru implementarea tehnologiei date.

Semnificația teoretică: Au fost obținute noi rezultate științifice referitor la uscarea semințelor de struguri în strat suspendat, care eficientizează procesul de uscare, prin micșorarea duratei de tratare termică și sporirea indicilor de calitate ai semințelor.

Valoarea aplicativă se referă la aplicarea metodei inovative de uscare în strat suspendat a semințelor de struguri și stabilirea parametrilor optimi ai procesului tehnologic.

Implementarea rezultatelor științifice: A fost proiectată și elaborată instalația de laborator pentru uscarea în strat suspendat a semințelor de struguri, în baza căreia au fost obținute șase brevete de invenții: MD 1249 din 15.02.2018; MD 1278 din 30.03.2018; MD 1278 din 31.03.2019; MD1481 din 07.06.2021; Hotărâre acordare brevet nr. 9901, din 15.10.2021; Hotărâre acordare brevet nr. 9902, din 15.10.2021 și au fost depuse patru cereri de brevet: nr. 2142 din 2020.11.11; nr. 2243 din 27.09.2021; nr. 2244 din 27.09. 2021; nr. 2245 din 27.09.2021. De asemenea rezultatele obținute au fost implementate pentru modernizarea instalației de uscare a semințelor de struguri din cadrul întreprinderii S.C. AZAMET-GRUP SRL.

А Н Н О Т А Ц И Я

Балан Михаил, „Процесс сушки косточек винограда во взвешенном слое” диссертация на соискание ученой степени доктора инженерных наук б.г. Кишинев, Республика Молдова 2022 г.

Структура диссертации: диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов и рекомендаций, библиографии из 228 наименований, 3 приложений, 112 страниц основного текста, 37 рисунков, 46 таблиц.

Ключевые слова: виноградные косточки, сушильная установка, конвекция, микроволны, взвешенный слой, 3D-моделирование, кинетика процесса сушки, масло из виноградных косточек.

Цель работы: Сушка виноградных косточек во взвешенном слое, математическое моделирование процесса сушки, проектирование и разработка установки, исследование кинетики процесса сушки.

Задачи исследования: 1. Анализ новых направлений и технологий сушки агропродовольственных товаров; 2. Изучение косточек винограда как объекта исследования; 3. Разработка математической модели процесса сушки косточек винограда во взвешенном слое; 4. Компьютерное 3D моделирование процесса сушки виноградных косточек во взвешенном слое; 5. Изучение кинетики процесса сушки виноградных косточек; 6. Проектирование и разработка оборудования для сушки во взвешенном слое.

Новизна и научная оригинальность. В результате исследований процесса сушки виноградных косточек во взвешенном слое установлено: время сушки виноградных косточек при конвекции сократилось на 60 мин, при СВЧ на 45 мин; энергозатраты на конвекцию снижены на 12 %, на СВЧ на 31 %. Этот метод позволяет автоматически выделять из общей массы высушенные косточки и удалять их из зоны термической обработки, что позволяет сократить время термической обработки и показатели кислотности.

Полученные результаты. Разработан метод термической обработки косточек во взвешенном слое. Установлено, что инновационный способ

сушки во взвешенном слое виноградных косточек эффективен с точки зрения качества и энергии. Показано, что сушка во взвешенном слое значительно сокращает продолжительность термической обработки косточек винограда; снижает кислотность масла, полученного из обезвоженных косточек винограда во взвешенном слое, что положительно влияет на его качество. С энергетической точки зрения метод сушки во взвешенном слое предполагает снижение затрат до 31% по сравнению с классическим методом сушки, что является важным показателем для реализации данной технологии.

Теоретическая значимость: получены новые научные результаты по сушке косточек винограда во взвешенном слое, что позволяет упростить процесс сушки, за счет сокращения продолжительности термической обработки и повышения качественных показателей косточек.

Практическое значение докторской диссертации относится к применению инновационного метода сушки виноградных косточек во взвешенном слое и установлению оптимальных параметров технологического процесса.

Внедрение научных результатов. Была спроектирована и разработана лабораторная установка для сушки во взвешенном слое косточек винограда, на основании которой получено шесть патентов на изобретения: MD 1249 от 15.02.2018; MD 1278 от 30.03.2018; MD 1278 от 31.03.2019; MD 1481 от 07.06.2021; Решение о выдаче патента №. 9901 от 15.10.2021; Решение о выдаче патента №. 9902 от 15.10.2021 и поданы четыре заявки на изобретения: №. 2142 от 11.11.2020; №. 2243 от 27.09.2021; №. 2244 от 27.09.2021; № 2245 от 27.09.2021. Также полученные результаты были внедрены для модернизации установки по сушке виноградных косточек в рамках S.C. AZAMET-GRUP SRL.

S U M M A R Y

Balan Mihail, “The process of drying grape seeds in suspended layer”, the thesis for the degree of Doctor in engineering sciences, Chisinau, Republic of Moldova, 2022.

The thesis structure: the thesis consists of an introduction, four chapters, conclusions and recommendations, a bibliography of 228 titles, 3 appendices, 112 pages of basic text, 37 figures, 46 tables.

Keywords: grape seed, drying plant, convection, microwave, suspended layer, 3D simulation, kinetics of drying process, grape seed oil.

The purpose of the paper: Drying of grape seeds in a suspended layer, mathematical modeling of the drying process, design and elaboration of the installation, study of the kinetics of the drying process.

The research objectives: 1. Analysis of new directions and techniques for drying agri-food products; 2. The study of grape seeds as a research object; 3. Elaboration of the mathematical model for the drying process of the suspended grape seeds; 4. Computerized 3D simulation of the suspended layer drying process for grape seeds; 5. Study of the kinetics of the drying process for grape seeds; 6. Design and development of equipment for drying in a suspended layer.

The novelty and scientific originality. Following the researches of the process of drying the grape seeds in a suspended layer, the following were found: the drying time of the grape seeds for convection was reduced by 60 min, for SHF by 45 min; energy consumption for convection was reduced by 12%, for SHF by 31%. This method allows the automatic selection of already dried seeds from the total seed mass and their removal from the heat processing area, thus reducing the heat treatment time, and acidity indices.

The results obtained. The method of heat treatment of the seed raw material in a suspended layer was developed. It has been found that the innovative method of drying in a suspended layer for grape seeds is efficient in terms of quality and energy. It has been shown that drying in a suspended layer greatly reduces the

duration of heat treatment of grape seeds; reduces the acidity of the oil obtained from dehydrated grape seeds in a suspended layer, which positively influences its quality. From an energy point of view, the suspended layer drying method involves a reduction of costs by up to 31% compared to the classic drying method, which is an important index for the implementation of this technology.

Theoretical significance: New scientific results have been obtained regarding the drying of grape seeds in a suspended layer, which streamlines the drying process, by reducing the duration of heat treatment and increasing the quality indices of the seeds.

The applicative value of the paper refers to the application of the innovative method of suspension drying of grape seeds and the establishment of optimal parameters of the technological process.

Implementation of scientific results. The laboratory installation for the drying in a suspended layer of the grape seeds was designed and elaborated, based on which six patents of inventions were obtained: MD 1249 from 15.02.2018; MD 1278 of 30.03.2018; MD 1278 of 31.03.2019; MD1481 from 07.06.2021; Patent granting decision no. 9901, dated 15.10.2021; Patent granting decision no. 9902, of 15.10.2021 and four patent applications were filed: no. 2142 of 11.11.2020; no. 2243 of 27.09.2021; no. 2244 of 27.09.2021; no. 2245 of 27.09.2021. Also, the results obtained were implemented for the modernization of the grape seed drying plant within the S.C. AZAMET-GRUP SRL.

BALAN MIHAIL

**PROCESUL DE USCARE A SEMINTELOR DE STRUGURI ÎN
STRAT SUSPENDAT**

253.05 Procese și aparate în industria alimentară

Rezumatul tezei de doctor în științe tehnice

Aprobat spre tipar: 18.05.2022

Hârtie ofset. Tipar ofset.

Coli de tipar: 2,25

Formatul hârtiei 60x84 1/16

Tiraj 55 ex

Comanda nr. 49

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

Editura „TEHNICA-UTM”

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