

Energy-Efficient Dehydration Regimes for Agricultural Products with the Application of Suspension Heat Treatment

Popescu V.S., Tsislinscaia N.I., Melenciuc M.G., Balan T.V., Vishanu I.V., Gydei I.P.

Technical University of Moldova
Kishinau, Republic of Moldova

Abstract. The aim of this study is to determine the energy-efficient dehydration regimes for agricultural products based on suspension heat treatment method. In order to achieve this goal, an electrical plant was designed, developed, tested, optimized and implemented, on the basis of which the research was carried out, applying in the drying process, namely the process of technological processing in suspension with the contribution of convection. The research was focused on the example of drying different agricultural products; in particular, the following products were selected as the main object of the research: hawthorn, apple, quince, pear and grape seeds. These agricultural products were selected as at the moment they were not fully exploited. Because of their rich content of vegetable oils with specific properties, they are of great interest to the food industry, traditional medicine, cosmetology, pharmacology, etc., and their drying using conventional methods is difficult, particularly because of defects and adverse reactions, which frequently occur in the technological processing. The main results obtained using the designed installation, are: reduction of the electricity consumption and the processing time, increase in the productivity and quality of the final products. The significance of the results obtained in the research lies in solving a number of problems currently faced by the processors, in connection with the improvement of equipment and increasing the efficiency of the drying process, mainly by increasing the energy efficiency, processing speed, quality of products and profitability.

Keywords: electrical installation, agricultural products, technological process, suspension heat treatment, dehydration.

DOI: <https://doi.org/10.52254/1857-0070.2024.2-62.12>

UDC: 66.084.8

Regimurile energoeficiente de deshidratare a produselor agricole cu aplicarea tratării termice în suspensie

Popescu V.S., Țislinscaia N.I., Melenciuc M.G., Balan T.V., Vișanu I.V., Gîdei I.P.

Universitatea Tehnică a Moldovei
Chișinău, Republica Moldova

Rezumat. Scopul acestei lucrări constă în determinarea regimurilor energoeficiente de uscare a produselor agricole, în baza metodei de tratare termică în suspensie. Pentru atingerea acestui scop, a fost proiectată, elaborată, testată, optimizată și implementată o instalație electrică, în baza căreia au fost realizate cercetările, care aplică în procesul de uscare, anume procedeul de tratare tehnologică în suspensie cu aportul convecției. Cercetările au fost axate pe exemplul uscării diferitor produse agricole, însă în mod special, în calitate de obiect principal al cercetărilor au fost selectate următoarele produse: semințele de cătină, de măr, de gutui, de păr și de struguri. Au fost selectate anume aceste produse agricole, deoarece, actualmente, produsele respective nu sunt valorificate pe deplin, dar din cauza conținutului lor bogat în uleiuri vegetale specifice și cu proprietăți alimentare și terapeutice benefice, ele totuși prezintă un interes sporit pentru industria alimentară, medicina tradițională, cosmetologie, farmaceutică, etc, iar uscarea lor prin metodele utilizate în prezent este dificilă, îndeosebi din cauza defectelor și a reacțiilor adverse, care apar frecvent în procesul de prelucrare tehnologică. Rezultatele principale, obținute la cercetarea procesului de uscare a produselor examinate cu aplicarea instalației elaborate, sunt: reducerea consumului de energie electrică și a duratei de procesare, creșterea productivității și a calității produselor finite. Semnificația rezultatelor obținute în cercetare constă în soluționarea la o serie de probleme, cu care se confruntă actualmente procesatorii, în conextul perfecționării utilajelor și a creșterii eficienței procesului de uscare, preponderent cu sporirea eficienței energetice, a vitezei de prelucrare, a calității produselor și a rentabilității.

Cuvinte-cheie: instalație electrică, produse agricole, procedeul tehnologic, tratare termică în suspensie, uscare convectivă.

© Popescu V.S., Țislinscaia N.I., Melenciuc M.G.,
Balan T.V., Vișanu I.V., Gîdei I.P.
2024

Энергоэффективные режимы обезвоживания сельскохозяйственных продуктов с применением термообработки в суспензии

Попеску В.С., Цишлинская Т.И., Меленчук М.Г., Балан Т.В., Вишану И.В., Гыдей И.П.

Технический университет Молдовы, Кишинев, Республика Молдова

Аннотация. Целью данной работы является определение энергоэффективных режимов сушки сельскохозяйственных продуктов, основанных на методе термической обработки в суспензии с применением конвекции. Для достижения цели данного исследования была предложена, спроектирована, разработана, испытана, оптимизирована и внедрена электрическая установка, с помощью которых проводилось экспериментальное исследование, с применением в процессе сушки продуктов технологического метода обработки в суспензии с применением конвекции. Исследование было сосредоточено на сушке различных сельскохозяйственных продуктов, но в частности, в качестве основного объекта проведенных исследований были выбраны семена облепихи, семена яблок, семена айвы, семена груш и виноградные косточки. Выбор этих конкретных сельскохозяйственных продуктов был обусловлен тем, что в настоящее время эти продукты не используются в полной мере, но из-за богатого содержания в них различных ценных и высокополезных растительных масел со специфическими питательными и лечебными свойствами, они представляют большой интерес для пищевой промышленности, народной медицины, косметологии, фармацевтики и т.д., а их сушка используемыми в настоящее время методами затруднена, в частности, из-за дефектов и побочных реакций, которые часто возникают при технологической обработке этих продуктов. Основными результатами, полученными в ходе исследования процесса сушки анализируемых сельскохозяйственных продуктов, с применением разработанной установки, являются в первую очередь: повышение энергоэффективности процесса, снижение технологического времени обработки, повышение производительности и качества готовой продукции. Значимость полученных в ходе исследования результатов заключается в решении ряда проблем, стоящих в настоящее время перед процессниками, связанных с совершенствованием оборудования и повышением эффективности процесса сушки, в основном за счет снижения расхода электроэнергии, повышения скорости переработки, качества готовой продукции и рентабельности.

Ключевые слова: электроустановка, сельскохозяйственные продукты, технологический процесс, термическая обработка в суспензии, конвективная сушка.

Introducere

La ziua de azi, creșterea prețurilor la toate resursele energetice impune stringent eficientizarea energetică a proceselor din toate sectoarele, inclusiv și cele de prelucrare a produselor agricole.

Mai mult decât atât, actualmente se evidențiază o tendință de dezvoltare a sectorului de procesare și a întreprinderilor specializate în prelucrarea primară a produselor agricole.

Specialiștii din domeniul procesării indică expres că dezvoltarea și modernizarea complexului agro-industrial pot fi realizate, atât prin perfecționarea tehnologiilor existente de procesare, cât și prin implementarea unor noi metode de prelucrare tehnologică [3-7, 11-16, 23-28].

Trebuie de evidențiat faptul că perfecționarea tehnologiilor și instalațiilor de procesare, tot timpul a fost în vizorul cercetătorilor, atât din țară cât și din străinătate, iar problemele principale de interes permanent au fost creșterea eficienței energetice, a productivității, a siguranței, a calității, etc. [10-14, 17-21, 23-25, 29-31].

Din aceste considerente, efortul tuturor cercetătorilor este axat preponderent spre reducerea consumului de energie electrică și a costurilor de procesare [1-4, 8-10, 17-22].

Totodată, o problemă acută din domeniul procesării produselor agricole este și lipsa unor procedee tehnologice eficiente de uscarea a produselor granulare [10-14, 29-31].

Problema principală caracteristică tehnologiilor de uscarea existente pentru aceste produse specifice este consumul esențial de energie electrică [4-7, 10-16, 26-29].

O altă problemă care se acutizează îndeosebi în cazul uscării produselor granulare bogate în uleiuri vegetale, cum sunt semințele de struguri și cele de cătină, deoarece ele sunt extrem de sensibile la procesele de tratare tehnologică și conducând frecvent la apariția efectelor adverse și a defectelor de procesare [2-5, 8-10, 25-28].

Din această cauză, în prezent, semințele de cătină, de măr, de gutui, de păr și cele de struguri, provenite din agricultura autohtonă, nu sunt valorificate în modul corespunzător, din cauza lipsei unor tehnologii eficiente de prelucrare tehnologică și în prim plan a celor de

uscare, care împiedică utilizarea ulterioară a acestor semințe [18-20, 28-31].

De aceea, cu regret semințele respective nu sunt utilizate la moment ca materii prime cu mare potențial pentru sectorul agroindustrial.

Așadar, semințele de cătină, de măr, de gutui, de păr și cele de struguri, provenite din agricultura autohtonă, au un potențial destul de valoros fiind bogate în uleiuri vegetale cu proprietăți alimentare și terapeutice speciale, care prezintă un mare interes pentru industria alimentară, medicina tradițională, cosmetologie, farmaceutică, etc. [1-5, 8-11, 25-29]. Din cauza lipsei unor metode eficiente de uscare a acestor semințe, ele nu pot fi utilizate la justa lor valoare pentru domeniile menționate.

Cercetătorii din domeniul afirmă că numai prin cercetarea profundă, atât din punct de vedere cantitativ, cât și calitativ a unor metode moderne de procesare, ar permite determinarea regimurilor eficiente de procesare tehnologică și soluționarea problemelor menționate.

Reieșind din cele expuse, scopul acestor cercetări constă în stabilirea regimurilor energoeficiente de uscare a acestor produse agricole specifice, în baza unei metode moderne de tratare termică în suspensie.

Astfel, pentru atingerea scopului propus, a fost proiectată, elaborată, testată, optimizată și implementată o instalație electrică, în baza căreia a fost realizate cercetările, atât în condiții de laborator cât și în condiții reale în cadrul unei întreprinderi specializate din domeniul.

Instalația propusă aplică în procesul de uscare, anume procedeul de prelucrare tehnologică în suspensie cu aportul convecției. Cercetările efectuate au fost axate preponderent pe exemplul uscării diferitor produse agricole, însă în mod special, în calitate de obiect principal al cercetărilor realizate în cadrul acestui studiu, au fost selectate anume semințele de cătină, de măr, de gutui, de păr și cele de struguri, provenite din agricultura autohtonă.

Au fost selectate anume aceste produse agricole, deoarece, în prezent, produsele respective după cum s-a menționat anterior, prezintă un mare interes, fiind bogate în uleiuri vegetale cu proprietăți alimentare și terapeutice speciale, însă ele nu sunt valorificate pe deplin, dar totuși ele constituie un potențial valoros pentru utilizarea ulterioară în industria alimentară, medicina tradițională, cosmetologie, farmaceutică, etc. [1-4, 28-31].

Problema esențială privind uscarea produselor respective prin metodele utilizate în

prezent este dificilă, îndeosebi din cauza defectelor și a reacțiilor adverse, care apar frecvent în procesul de prelucrare tehnologică [3-5, 9-11, 25-29].

Așadar, cercetările efectuate au permis de a obține următoarele rezultate principale, la examinarea procesului de uscare a produselor studiate cu aplicarea instalației elaborate, care sunt în prim plan: sporirea eficienței energetice, a vitezei de prelucrare, a productivității și a calității produselor finite.

Astfel, semnificația rezultatelor obținute în această cercetare constă în soluționarea la o serie de probleme stringente, cu care se confruntă actualmente întreprinderile de procesare din sectorul agrar, în contextul perfecționării utilajelor de prelucrare și a creșterii eficienței procesului de uscare, preponderent cu reducerea consumului de energie electrică și a duratei de procesare, creșterea calității produselor și a rentabilității.

Cercetările efectuate cu privire la uscarea diferitor produse agricole, au confirmat că, aplicarea instalației elaborate, crește esențial viteza procesului de deshidratare și reduce consumul de energie electrică, contribuind semnificativ la evitarea apariției defectelor de procesare și la asigurarea calității semințelor, pentru utilizarea ulterioară în industria alimentară, medicina tradițională, cosmetologie, farmaceutică, etc.

Mai mult decât atât, instalația elaborată are o fiabilitate sporită la funcționarea în condițiile specifice de mediu din sectorul agrar și utilizarea ei în condiții reale de exploatare din cadrul unei întreprinderi specializate din domeniul procesării, a demonstrat siguranță înaltă de funcționare.

MATERIALE ȘI METODE

Instalația experimentală, elaborată pentru realizarea cercetărilor, cu privire la uscarea produselor examinate, în baza metodei propuse de tratare convectivă în suspensie, este prezentată în Figura 1.

În baza acestei instalații elaborate a fost estimată eficiența procesului de deshidratare prin metoda propusă, iar rezultatele au fost comparate cu cele obținute prin metoda de deshidratare convectivă clasică.

Cercetările au fost axate pe procesul uscării diferitor produse agricole de origine autohtonă, bogate în uleiuri vegetale cu proprietăți specifice.



Fig. 1. Instalația experimentală elaborată pentru cercetarea procesului de uscare a produselor agricole în baza metodei propuse.

Fig. 1. Experimental plant developed to investigate the drying process of agricultural products based on the proposed method.

Astfel, în mod special, în calitate de obiect principal al cercetărilor au fost selectate semințele de cătină, de măr, de gutui, de păr și cele de struguri.

Au fost selectate anume aceste produse agricole, deoarece, actualmente, produsele respective după cum s-a menționat nu sunt valorificate, dar totuși ele prezintă mare interes, pentru utilizare în industria alimentară, medicina tradițională, cosmetologie, farmaceutică, etc.

Pentru controlul vitezei aerului și temperaturii a fost utilizat anemometrul CPS-AM50 cu precizia $\pm 1,5\%$, termometru cu fir cald TESTO 400 cu precizia $\pm 1\%$.

Astfel, procesul de uscare a fost cercetat cu mai multe serii de experimente pentru diverse viteze ale aerului în diapazonul 1-12 m/s și diverse temperaturi ale aerului în diapazonul 50-100 °C.

Așadar, pentru fiecare metodă examinată, au fost urmăriți și comparați următorii parametri ai procesului de uscare: consumul de energie electrică, viteza deshidratării, timpul de prelucrare tehnologică, și calitatea produselor procesate.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Astfel, analizând procesul de uscare a produselor examinate, a fost determinată cinetica deshidratării, iar rezultatele obținute prin metoda propusă de tratare convectivă în suspensie, au fost comparate cu cele obținute prin metoda de tratare convectivă clasică.

Reieșind din seriile de experimente realizate, pentru diferite valori ale vitezei și temperaturii aerului, s-a determinat pentru fiecare metodă de uscare: consumul de energie electrică, viteza deshidratării, durata procesului și calitatea produselor finite.

Așadar, în figura 2 se prezintă ca exemplu, curbele de viteză a deshidratării produsului prin metoda clasică, pentru 5 regimuri de temperatură selectate pentru exemplificare – 50°C, 60°C, 70°C, 80°C, 90°C, din seria celor examinate.

Astfel, aplicarea agentului termic cu temperatura de 60°C, a făcut posibilă deshidratarea produsului respectiv de la conținutul de umiditate inițială maximală până la cea finală optimală în timp de 490 minute.

Respectiv pentru valorile regimurilor de temperatură de 70°C, 80°C, 90°C și 100°C,

durata procesului de deshidratare a fost 465, 430, 390 și 355 minute corespunzător.

Din cele menționate anterior rezultă că durata procesului de uscare prin metoda convectivă

clasică a acestor semințe, scade corespunzător o dată cu creșterea temperaturii agentului termic de la 60 °C la 100 °C, de circa 1,4 ori.

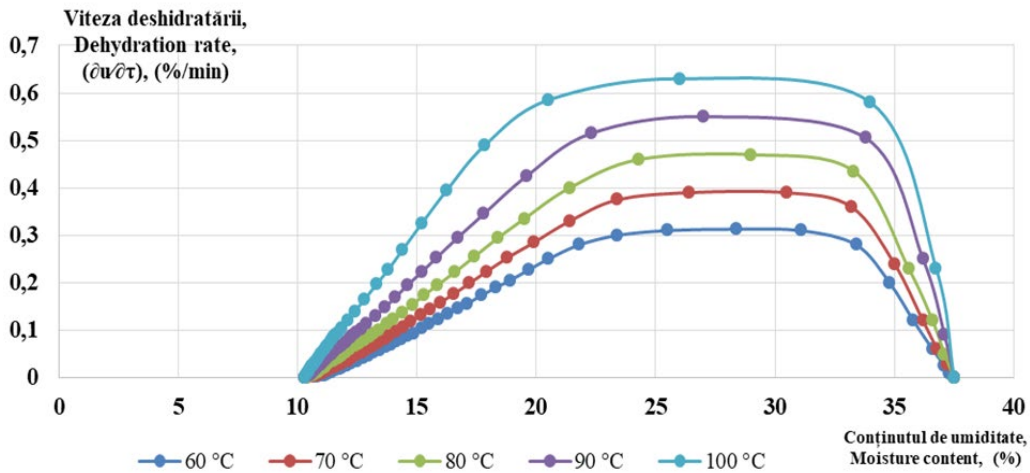


Fig. 2. Curbele de viteză a deshidratării prin metoda clasică.
Fig. 2. Classical method dehydration for the velocity curves.

Astfel, analizând cinetica deshidratării prin metoda clasică, pentru diferite regimuri de temperatură examinate, s-a observat o reducere uniformă a umidității în timp, iar durata deshidratării de la valoarea maximală inițială până la cea finală, variază evident în funcție de regimul de temperatură examinat.

Curbele din figura 2 ne indică, că pentru procesul de uscare a produselor examinate, ca și pentru toate produsele de origine vegetală, sunt caracteristice trei perioade de uscare: perioada de încălzire, apoi perioada cu viteză constantă și perioada cu viteză descrescătoare.

Valoarea vitezei de uscare maximală, după cum se observă din figura 2, crește odată cu valoarea temperaturii agentului de uscare. Așadar, la temperatura de 60°C ea constituie 0,32 %/minut, iar la temperaturile 70, 80, 90 și 100 °C corespunzător 0,39; 0,47; 0,55 și 0,64 %/minut.

După cum s-a constatat, viteza de deshidratare pentru temperatura de 100 °C și cea de 60 °C este mai mare de circa 2 ori, însă o dată cu creșterea temperaturii agentului de tratare termică pentru sporirea vitezei de deshidratare, se intensifică tendința de apariție a defectelor de neuniformitate a uscării și a petelor de carbonizare a stratului superficial.

Conform studiilor de cinetică realizate, s-a constatat că, perioada vitezei maxime de deshidratare pentru temperatura agentului de

uscare de 60 °C constituie 20 % din durata totală a procesului de uscare, iar pentru $t = 70 \text{ }^\circ\text{C}$, durata este 22 % și corespunzător: pentru $t = 80 \text{ }^\circ\text{C}$, durata este 27 %; pentru $t = 90 \text{ }^\circ\text{C}$, durata este 28,5 %; respectiv pentru $t = 100 \text{ }^\circ\text{C}$, durata este 32,3 %.

S-a observat, că odată cu intensificarea temperaturii agentului de tratare, perioada vitezei constante de deshidratare se intensifică.

Astfel, a fost evidențiată neuniformitatea uscării și carbonizarea stratului superficial al produselor, mai ales la suprafețele semințelor dinspre direcția fluxului de aer cald, îndeosebi la temperaturile crescute de 80°C, 90°C și mai ales 100 °C. Carbonizarea suprafeței produsului are loc nu numai din cauza creșterii temperaturii, dar și din cauza duratei mari de procesare necesară procesului de uscare completă, ceea ce este caracteristic tuturor metodelor clasice de deshidratare.

Produsele deshidratate neuniforme și cu defecte, utilizate ulterior ca materie primă în alte industrii pentru diverse scopuri, nu pot garanta obținerea unui produs calitativ, cu proprietăți organoleptice corespunzătoare.

Aplicând metoda propusă de uscare convectivă în suspensie, pentru probe similare de produse și în aceleași condiții, iar în rezultatul examinării mai multor regimuri de tratare cu aplicarea instalației experimentale elaborate, a

fost stabilită cinetica procesului de uscare prin metoda propusă.

Așadar, în Figura 3 se prezintă, ca exemplu, curbele de viteză a deshidratării semințelor, uscate prin metoda propusă de tratare

termică în suspensie cu aplicarea instalației elaborate, pentru probe similare de produse, după cum au fost examinate și prin metoda clasică de uscare convectivă.

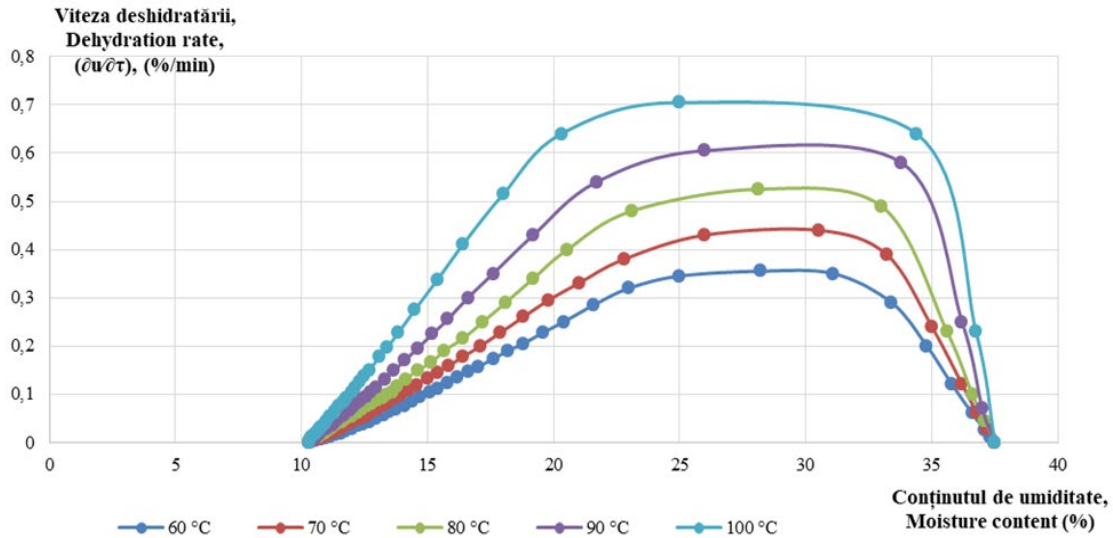


Fig. 3. Curbele de viteză a deshidratării prin metoda propusă.
Fig. 3. Proposed method for dehydration speed curves.

Astfel, pentru cele 5 regimuri convenționale de bază examinate: de 60°C, 70°C, 80°C, 90°C și 100°C, durata procesului pentru fiecare este respectiv invers proporțională intensității regimului termic: 395 de minute, 365 de minute, 340 de minute, 315 de minute și 290 minute.

Rezultă că durata procesului de uscare în suspensie scade o dată cu creșterea temperaturii agentului termic de la 60 la 100 °C, de circa 1,36 ori.

Cu toate că au fost aplicate aceleași regimuri de uscare ca și în cazul metodei clasice pentru aceleași probe și condiții similare, utilizarea instalației propuse a exclus definitiv apariția defectelor de uscare neuniformă și a efectului de carbonizare a stratului superficial al semințelor uscate.

Aceasta a fost posibilă datorită duratei mai scurte de procesare comparativ cu metoda clasică și a faptului că produsele în timpul prelucrării nu stau în tava, dar stau suspendate în aer conform procedurii tehnologice propuse, ceea ce favorizează uscarea uniformă a lor și totodată se combate efectul de carbonizare a stratului superficial al produselor.

Mai mult ca atât, metoda asigură o uscare uniformă pentru toate produsele examinate, chiar dacă ele diferă semnificativ din punct de vedere a: dimensiunilor și formei geometrice, masei,

densității, conținutului de umiditate și de acizi grași, rugozității suprafețelor, etc.

Din analiza curbelor de viteză a deshidratării prin metoda propusă, sa observat la fel că sunt caracteristice cele 3 perioade de uscare: perioada 1 - are loc evident încălzirea produsului și viteza deshidratării crește; perioada 2 - viteza deshidratării este constantă; perioada 3 - viteza deshidratării scade.

S-a observat la fel că valoarea vitezei deshidratării în suspensie, crește evident odată cu intensificarea regimului termic.

Așadar, la temperatura de 60 °C viteza deshidratării constituie 0,36 %/minut, iar la temperaturile 70, 80, 90 și 100 °C corespunzător 0,43; 0,54; 0,63 și 0,71 %/minut.

Viteza deshidratării pentru regimul cu intensitate maximă cu temperatura de 100 °C și cel cu intensitate minimă de 60 °C, se mărește de circa 2 ori.

Totodată, perioada vitezei maxime pentru temperatura de 60 °C constituie 23,8 % din durata totală a procesului tehnologic, pentru temperatura de 70 °C perioada este de 29,6 % și corespunzător: pentru t = 80 °C perioada este de 30,4 %; pentru t = 90 °C perioada este de 32,3 %; pentru t = 100 °C perioada este de 36,7 %.

S-a stabilit, că odată cu intensificarea regimului de uscare prin metoda propusă,

perioada vitezei constante de deshidratare crește în comparație cu metoda clasică.

Totodată, cercetările au confirmat faptul că, metoda propusă de tratare convectivă în suspensie, a demonstrat o îmbunătățire a calității

semințelor procesate, pentru toate probele examinate.

Așadar, în figura 4 se prezintă exemple de probe de semințe procesate prin metoda clasică de tratare termică, vacumate în plicuri de polietilenă.

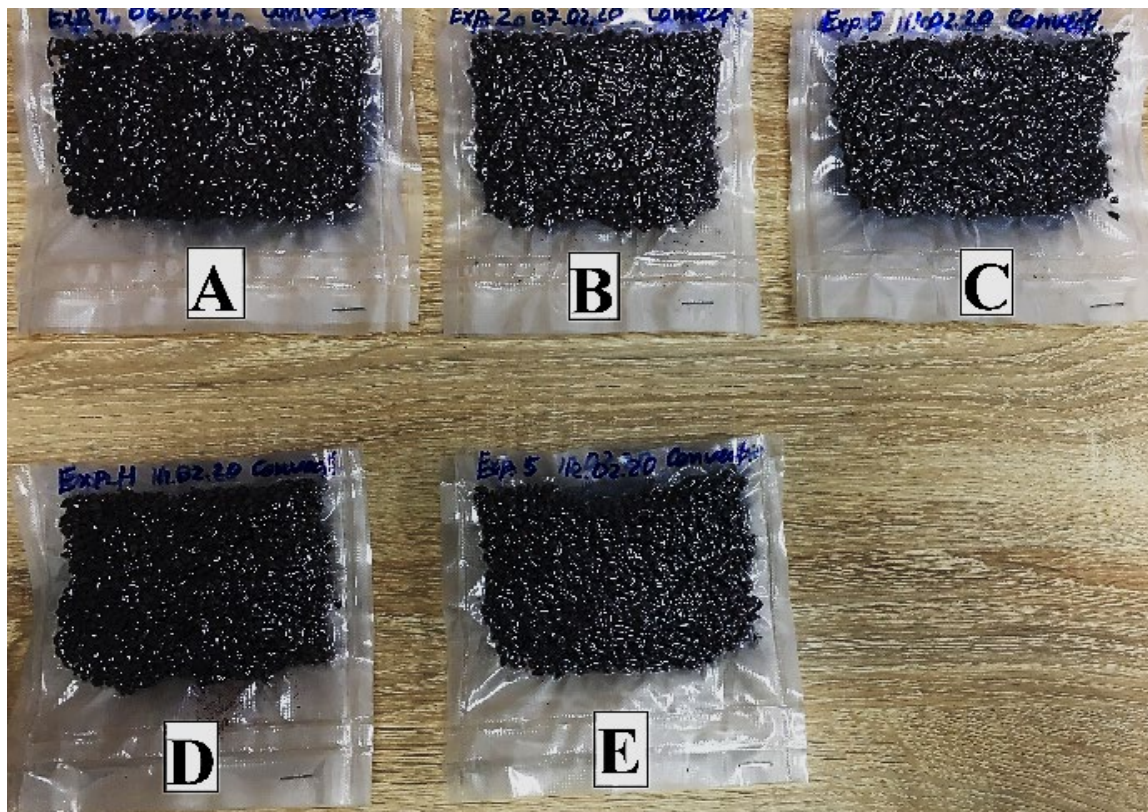


Fig. 4. Probe de produse deshidratate prin metoda clasică.
Fig. 4. Classical method for samples of dehydrated products.

Analizele de calitate au demonstrat că produsele uscate prin metoda clasică, având un timp mai mare de tratare termică, se caracterizează cu o culoare mai închisă din cauza defectelor de carbonizare, care apar inevitabil în timpul procesării.

Similar, în figura 5 se prezintă exemple de probe de aceeași categorii de semințe, procesate prin metoda propusă de tratare tehnologică și vacumate în plicuri de polietilenă.

Din figură se observă că pe suprafața semințelor deshidratate în suspensie, nu s-au format defecte de carbonizare a stratului superficial.

Aceasta se datorează faptului, că, prin această metodă, semințele nu sunt supuse la durate relativ mari de procesare, ca prin metoda clasică, iar acest fapt împiedică apariția petelor de carbonizare sau a altor defecte pe suprafața lor.

Deci, prin metoda propusă de deshidratare în suspensie a semințelor, se exclude apariția

defectelor și se combate afectarea calității uleiului vegetal din conținutul lor.

Astfel, analizele de calitate au demonstrat că semințele uscate prin metoda propusă, având un timp mai redus de tratare termică, se caracterizează cu o culoare cafeniu deschisă în comparație cu semințele uscate prin metoda clasică, fiind cafeniu închise din cauza defectelor de carbonizare.

În afară de toate aceste avantaje, cel mai important trebuie de evidențiat faptul că, comparând consumul de energie electrică la deshidratarea semințelor cu aplicarea ambelor metode examinate, la uscarea probelor similare de semințe și în aceleași condiții, s-a stabilit experimental, că, utilizând metoda propusă la uscarea probelor de produse, consumul de energie electrică este cu circa 17% mai redus ca și în cazul uscării aceluiași probe similare, cu aplicarea metodei clasice de procesare.



Fig. 5. Probe de produse deshidratate prin metoda propusă.
Fig. 5. Proposed method for samples of dehydrated products.

Consumul mai redus de energie electrică, în cazul metodei propuse pentru uscarea semințelor, a fost confirmat de toate seriile de experimente realizate și se datorează eficientizării procesului de tratare termică, cu sporirea ratei de evacuare a umidității din produs în timpul procesării tehnologice și prin intensificarea aportului agentului de tratare, cu încălzirea uniformă, datorită procesării în suspensie.

Dacă să comparăm ambele metode de deshidratare, metoda propusă este caracterizată de viteză sporită a procesului de deshidratare și respectiv durată mai redusă de prelucrare, pentru toate probele de semințe examinate.

Astfel, rezultatele cercetărilor efectuate au confirmat că, aplicarea instalației experimentale crește semnificativ viteza deshidratării și reduce durata de tratare termică, contribuind la creșterea productivității.

Mai mult ca atât, instalația elaborată este fiabilă la acțiunea factorilor specifici de influență agresivi din sectorul agroindustrial și poate fi utilizată cu ușurință de orice întreprindere de procesare, iar pe parcursul funcționării pe perioade îndelungate, atât în condiții de laborator, cât și în condiții reale de exploatare în cadrul unei întreprinderi specializate, a

demonstrat un nivel înalt de siguranță în funcționare.

CONCLUZII

Rezultatele obținute în baza cercetărilor realizate au demonstrat că instalația elaborată pentru uscarea produselor permite sporirea eficienței procesului tehnologic cu creșterea vitezei deshidratării, a calității și a productivității.

Totodată, instalația propusă permite creșterea siguranței de funcționare în comparație cu instalațiile clasice, fiind robustă la acțiunea factorilor specifici de influență agresivi din sectorul agroindustrial și poate fi aplicată cu ușurință de către orice întreprindere de procesare, iar pe durata experimentelor realizate, atât în condiții de laborator, cât și în condiții reale de exploatare în cadrul unei întreprinderi specializate din domeniul, a demonstrat un nivel înalt de siguranță în funcționare.

Așadar, datorită eficientizării procesului de uscare, cu sporirea ratei de evacuare a umidității din produs în timpul prelucrării și prin intensificarea aportului agentului de tratare termică, consumul de energie electrică la uscarea produselor agricole cu aplicarea metodei propuse, este cu circa 17% mai redus față de cel

al metodei clasice, iar acest fapt permite micșorarea costurilor de procesare.

Mai mult ca atât, metoda propusă asigură o uscare uniformă pentru toate produsele examinate, chiar dacă ele diferă semnificativ din punct de vedere a formei și dimensiunilor geometrice, a masei și densității, rugozității suprafețelor, conținutului de umiditate și acizilor grași, etc.

BIBLIOGRAFIE (REFERENCES)

- [1] Esposito B., Sessa M., Sica D., Malandrino O. Towards Circular Economy in the Agri-Food Sector. *Sustainability*, 2020, vol. 12, nr. 18, pp. 95–107, doi: 10.3390/su12187401.
- [2] Jajcevic D., Siegmann E., Radeke C., Khinast J. Large-scale CFD–DEM Simulations of Fluidized Granular Systems. *Chemical Engineering Science*, 2013, vol. 98, pp. 298–310.
- [3] Syahrul S., Hamdullahpur F., Dincer I. Thermal Analysis in Fluidized Bed Drying of Moist Particles. *Applied Thermal Engineering*, 2002, vol. 22, nr. 15, pp. 1763–1775, doi: 10.1016/S1359-4311(02)00079-0.
- [4] Pagotto M., Halog A. Towards a Circular Economy in Australian Agri-Food Industry. *Journal of Industrial Ecology*, 2016, vol. 20, nr. 5, pp. 1176–1186, doi: 10.1111/jiec.12373.
- [5] Zhu H., Zhou Z., Yang R., Yu A. Discrete Particle Simulation of Particulate Systems: Theoretical Developments. *Chemical Engineering Science*, 2007, vol. 62, nr. 13, pp. 3378–3396, doi: 10.1016/2006.12.089.
- [6] Panzella L., Moccia F., Nasti R., Marzorati S., Verotta L., Napolitano A., Bioactive Phenolic Compounds From Agri-Food Wastes. *Frontiers in Nutrition*, 2020, vol. 7, pp. 60–68, doi: 10.3389/fnut.2020.00060.
- [7] Horabik J., Molenda M. Parameters and Contact Models for DEM Simulations of Agricultural Granular Materials. *Biosystems Engineering*, 2016, vol. 147, pp. 206–225, doi: 10.1016/j.biosystemseng.2016.02.017.
- [8] Paiva T., Ribeiro M., Coutinho P. Collaboration, Competitiveness Development, and Open Innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 2020, vol. 6, nr. 4, pp. 416–424, doi: 10.3390/joitmc6040116.
- [9] Malai L., Rotari V. Nadiozhnaya Sistema dlya Pererabotki Sel'skokhozyaistvennoi Produktsii [Reliable System for Processing Agricultural Products] *National Interagency Scientific and Technical Collection of Works - Design, Production and Exploitation of Agricultural Machines*, 2019, Issue 49, pp. 200–204. (In Russian)
- [10] Scram J., Hall D., Stuckey D. Bioethanol from Grapes in the European Community. *Biomass and Bioenergy*, 1993, vol. 5, nr. 5, pp. 347–358, doi: 10.1016/0961-9534(93)90014.
- [11] Racul A., Bodarev G. Reliability Index Evaluation of Electrical Distribution Systems. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 2015, vol. 4, Issue 6, pp. 4229–4232.
- [12] Oliveira S., Brandão T., Silva C. Influence of Drying Processes and Pretreatments on Nutritional and Bioactive Characteristics of Dried Vegetables: a Review. *Food Engineering Reviews*, 2016, vol. 8, nr. 2, pp. 134–163.
- [13] Askarishahi M., Maus M., Schröder D., Slade D., Martinetz M., Jajcevic D. Mechanistic Modeling of Fluid Bed Granulation. *International Journal of Pharmaceutics*, 2020, vol. 573, pp. 8837–8845, doi: 10.1016/j.ijpharm.2019.118837.
- [14] Ranjbaran M., și Zare D. Simulation of Energetic- and Exergetic Performance of Microwave-Assisted Fluidized Bed Drying of Soybeans. *Energy*, 2013, vol. 59, pp. 484–493, doi: 10.1016/j.energy.2013.06.057.
- [15] Malai L. Estimarea Parametrilor Sistemului Fiabil pentru Prelucrarea Produselor Agricole [Estimation the Parameters of the Reliable System for Processing Agricultural Products] *Știința agricolă-Agricultural Science*, 2019, nr. 2, pp. 109–113. (In Romanian).
- [16] Kaensup W., Wongwiset S., Chutima S. Drying of Pepper Seeds Using a Combined Microwave/Fluidized Bed Dryer. *Drying Technology*, 1998, vol. 16, nr. 3–5, pp. 853–862, doi: 10.1080/07373939808917440.
- [17] Roberts J., Kidd D., Padilla-Zakour o. Drying Kinetics of Grape Seeds. *Journal of Food Engineering*, 2008, vol. 89, nr. 4, pp. 460–465, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2008.05.030.
- [18] Popa A. Bantaș R. Reliability Analysis of Systems for Distribution of Electricity. *Acta Electrotehnica*, 2013, vol. 54, nr. 5, pp. 387–389.
- [19] Jittanit W., Szrednicki G., Driscoll R., Seed Drying in Fluidized and Spouted Bed Dryers. *Drying Technology*, 2010, vol. 28, nr. 10, pp. 1213–1219, doi: 10.1080/07373937.2010.483048.
- [20] Tsuji Y., Kawaguchi T., Tanaka T. Discrete Particle Simulation of Two-Dimensional Fluidized Bed. *Powder Technology*, 1993, vol. 77, nr. 1, pp. 79–87, doi: 10.1016/0032-5910(93)85010-7.
- [21] Daud W. Fluidized Bed Dryers — Recent Advances. *Advanced Powder Technology*, 2008, vol. 19, nr. 5, pp. 403–418, doi: 10.1016/S0921-8831(08)60909-7.
- [22] Ranjbaran M., Emadi B., Zare D. Simulation of Deep-Bed Paddy Drying Process and Performance. *Drying Technology*, 2014, vol. 32, pp. 919–934, doi: 10.1080/07373937.2013.875561.
- [23] Jin G., Zhang M., Fang Z., Cui Z., Song C. Numerical Investigation on Effect of Food Particle Mass on Spout Elevation of a Gas–Particle Spout Fluidized Bed in a Microwave–Vacuum Dryer. *Drying Technology*, 2015, vol. 33, nr. 5, pp. 591–604, doi: 10.1080/07373937.2014.965317.

[24] Sharma Y., Mangla S., Patil p., Liu S., When Challenges Impede the Process: For Circular Economy-Driven Sustainability Practices in Food Supply Chain. *Management Decision*, 2019, vol. 57, nr. 4, pp. 995–1017, doi: 10.1108/MD-09-2018-1056.

[25] Haseeb M., Zandi G., Hartani H., Pahi M., Nadeem S. Environmental Analysis of the Effect of Population Growth Rate on Supply Chain Performance and Economic Growth of Indonesia. *Ekoloji*, 2019, vol. 28, nr. 107, pp. 417–426.

[26] Lane W., Storlie C., Montgomery C., Ryan E. Numerical Modeling and Uncertainty Quantification of a Bubbling Fluidized Bed with Immersed Horizontal Tubes. *Powder Technology*, 2014, vol. 253, pp. 733–743, doi: 10.1016.2013.11.037.

[27] Chou S., Chua K. New Hybrid Drying Technologies for Heat Sensitive Foodstuffs. *Trends in Food Science & Technology*, 2016, vol. 12, p. 359–369, Bucharest, doi: 10.1016/S0924-2244(01)00102-9.

[28] Pagotto M., Halog A. Towards a Circular Economy in Australian Agri-Food Industry. *Journal of Industrial Ecology*, 2016, vol. 20, nr. 5, pp. 1176–1186, doi: 10.1111/jiec.12373.

[29] Horabik J., Molenda M. Parameters and Contact Models for DEM Simulations of Agricultural Granular Materials. *Biosystems Engineering*, 2016, vol. 147, pp. 206–225, doi: 10.1016/j.biosystemseng.2016.02.017.

[30] Matsen J., Hovmand S., Davidson J. Expansion of Fluidized Beds in Slug Flow. *Chemical Engineering Science*, 1969, vol. 24, nr. 12, pp. 1743–1754, doi: 10.1016/0009-2509(69)87018-1.

[31] Castrica M., Rebucci R., Giromini C., Tretola M., Cattaneo D., Baldi A. Total Phenolic Content and Antioxidant Capacity of Agri-Food Waste and by-Products. *Italian Journal of Animal Science*, 2019, vol. 18, nr. 1, pp. 336–341, doi: 10.1080/1828051X.2018.1529544.

Date despre autori.



Popescu Victor Serghei.

Doctor în științe tehnice, conferențiar universitar, Facultatea Energetică și Inginerie electrică, Universitatea Tehnică a Moldovei. Domeniul de activitate științifică îl constituie identificarea soluțiilor de asigurare a fiabilității sistemelor electrice și dezvoltarea electrotehnologiilor din sectorul agroindustrial.

E-mail:

victor.popescu@ie.utm.md

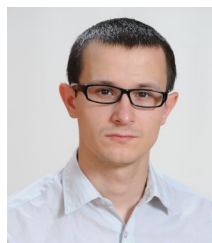


Țislinscaia Natalia Ion.

Doctor în științe tehnice, conferențiar universitar, Universitatea Tehnică a Moldovei. Domeniul de activitate științifică îl constituie identificarea căilor de sporire a eficienței energetice a proceselor de prelucrare și perfecționarea tehnologiilor și utilajelor din industria produselor agroalimentare.

E-mail:

natalia.tislinscaia@pmai.utm.md

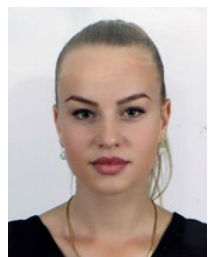


Melenciuc Mihail Gheorghe.

Doctor în științe tehnice, lector, Universitatea Tehnică a Moldovei. Domeniul de activitate științifică îl constituie perfecționarea tehnologiilor de procesare a produselor agroalimentare.

E-mail:

mihail.melenciuc@pmai.utm.md



Balan Tatiana Victor.

Doctorand, Universitatea Tehnică a Moldovei. Domeniul de activitate științifică îl constituie eficientizarea proceselor tehnologice din industria de prelucrare a produselor agroalimentare.

E-mail:

tatiana.balan@doctorat.utm.md



Vișanu Ion Valeriu.

Doctorand, Universitatea Tehnică a Moldovei. Domeniul de activitate științifică îl constituie perfecționarea tehnologiilor și utilajelor de procesare a produselor agroalimentare.

E-mail:

ion.visanu@doctorat.utm.md



Gîdei Igor Pavel.

Doctorand, lector, Universitatea Tehnică a Moldovei. Domeniul de activitate științifică îl constituie perfecționarea tehnologiilor de procesare și păstrare a produselor agroalimentare.

E-mail:

igor.gidei@pmai.utm.md