

DOI: 10.55505/SA.2025.1.12
UDC: 66.047.31.5:663.26



ANALIZA CÂMPULUI DE TEMPERATURĂ LA DESHIDRATAREA FRUCTELOR CU APLICAREA MICROUNDDELOR

Victor POPESCU*, ORCID: 0000-0002-4634-2255,
Mihail BALAN, ORCID: 0000-0002-7788-345X,
Igor BEȘLEAGA, ORCID: 0000-0003-2982-6271,
Igor GÎDEI, ORCID: 0000-0001-6188-942X,
Ion VIȘANU, ORCID: 0009-0009-4475-0077,
Igor KURDOV, ORCID: 0000-0002-0731-5967

Universitatea Tehnică a Moldovei, Republica Moldova

*Correspondență: Victor Popescu - e-mail: victor.popescu@ie.utm.md

Abstract. This paper presents a fruit dehydration plant with the application of microwaves, developed by the team of researchers from the Technical University of Moldova. The main purpose of the research was to analyze the distribution of the temperature field in the processing chamber and to argue the constructive-technological parameters of the dehydration plant. The dehydration method proposed by the authors consists of heating the product under the action of the electromagnetic field generated by the magnetron. The general objective pursued by the researchers was to determine the necessary number of microwave reflectors to obtain the most uniform heating of the product in the working chamber. The main results obtained are determination of the positioning of the treatment source and uniformization of the distribution of the temperature field, to increase the efficiency of the technological process, increasing the dehydration speed, reducing electricity consumption and increasing the quality of finished products.

Keywords: *Fruit dehydration; Microwaves treatment; Temperature field; Constructive-technological parameters.*

Rezumat. În această lucrare este prezentată o instalație de deshidratare a fructelor cu aplicarea microundelor, elaborată de către echipa de cercetători de la Universitatea Tehnică a Moldovei. Scopul principal al cercetărilor a fost analiză distribuției câmpului de temperatură în camera de procesare și argumentarea parametrilor constructivi-tehnologici ai instalației de deshidratare. Metoda de deshidratare propusă de autori constă în încălzirea produsului sub acțiunea câmpului electromagnetic generat de către magnetron. Obiectivul general urmărit de cercetători a fost de a determina numărul necesar al reflectoarelor de microunde pentru a obține o încălzire cât mai uniformă a produsului aflat în camera de lucru. Rezultatele principale obținute sunt determinarea poziționării sursei de tratare și uniformizarea distribuției câmpului de temperatură, pentru sporirea eficienței procesului tehnologic, cu creșterea vitezei deshidratării, reducerea consumului de energie electrică și creșterea calității produselor finite.

Cuvinte-cheie: *Deshidratarea fructelor; Tratare cu microunde; Câmp de temperatură; Parametri constructivi-tehnologici.*

INTRODUCERE

Fructele deshidratate sunt apreciate datorită proprietăților terapeutice valoroase și conținutului bogat în vitamine, precum vitamina C, A, B3, B5, E, dar și conținutul bogat de substanțe minerale – Fe, Mg, P, Cu, Zn, I, Ka, Se, fitonutrienți, antioxidanți și carotenoizi (Panzella et al., 2020; Horabik & Molenda, 2016; Oliveira et al., 2016; Figiel, 2010; Paiva et al., 2020; Popescu, 2013; Pagotto & Halog, 2016; Popescu et al., 2013; Askarishahi et al., 2020).

Beneficiind de un puternic efect antioxidant, aceste fructe sunt utilizate și în cosmetologie, contribuind la menținerea sănătății pielii, regenerarea țesuturilor cutanate, reducerea stresului și anxietății, prevenirea cancerului prin conținutul de seleniu, calmarea stomacului, reducerea oxidării colesterolului, având, totodată, efect diuretic, ușor laxativ și afrodisiac (Tîrșu et al., 2022; Esposito et al., 2020; Ponecky et al., 2019; Popescu & Malai, 2019; Kaensup et al., 1998; Jittanit et al., 2010). De asemenea, conținutul ridicat de fibre contribuie la stimularea sistemului imunitar, normalizarea tranzitului intestinal, activarea sucurilor gastrice și oferă beneficii în cazul gastritei (Popescu, 2016; Popescu, 2019; Paiva et al., 2020; Popescu, 2013).

Cu toate acestea, în Republica Moldova, fructele nu sunt valorificate la adevărata lor capacitate, deși dispun de un potențial considerabil, în special pentru industria alimentară. Problema valorificării acestora este una de actualitate și importanță majoră, întrucât în ultimii ani cantități semnificative de fructe, mai ales din sudul țării, rămân neculese sau sunt lăsate să se altereze din cauza imposibilității de valorificare. Cauza principală constă în lipsa unor tehnologii eficiente de procesare. Totodată, ineficiența metodelor existente determină agricultorii să renunțe la livezi în favoarea altor culturi (Kaensup et al., 1998; Jittanit et al., 2010; Popescu et al., 2013; Roberts et al., 2008; Ranjbaran et al., 2014).

Deși există mai multe tehnologii de procesare, acestea prezintă o serie de dezavantaje, cum ar fi consumul ridicat de energie electrică și calitatea nesatisfăcătoare a produsului final (Popescu & Malai, 2019; Kaensup et al., 1998; Jittanit et al., 2010; Popescu et al., 2013). Din acest motiv, se impune implementarea unor soluții tehnologice noi, care să răspundă acestor provocări și ar soluționa problemele menționate.

Aplicarea microundelor în procesul de deshidratare a fructelor reprezintă o soluție viabilă, însă sunt necesare cercetări suplimentare pentru justificarea parametrilor constructiv-tehnologici ai instalațiilor ce utilizează această tehnologie.

Pornind de la aceste considerente, lucrarea de față prezintă o instalație de deshidratare a fructelor cu aplicarea SHF, elaborată de echipa de cercetători a Universității Tehnice a Moldovei. În cadrul studiului, a fost analizată distribuția câmpului de temperatură în camera de procesare, iar parametrii constructivi și tehnologici ai instalației au fost justificați din perspectiva aplicării metodei de tratare cu microunde. Metoda de deshidratare propusă presupune încălzirea produsului prin acțiunea câmpului electromagnetic generat de magnetron.

Obiectivul principal urmărit de autori a fost determinarea numărului optim de reflectoare pentru microunde, astfel încât să se obțină o încălzire uniformă a produsului în camera de lucru. Rezultatele obținute au vizat poziționarea optimă a sursei de tratare și uniformizarea câmpului termic. Astfel, a fost propusă o nouă metodă de uscare a produselor vegetale, precum fructele, și au fost stabiliți parametrii constructiv-tehnologici de bază ai instalației de procesare.

MATERIALE ȘI METODE

Cercetările au fost realizate pe baza unei instalații de uscare, care aplică microundele ca agent de tratare. Metoda de deshidratare utilizată constă în încălzirea produsului sub acțiunea câmpului electromagnetic generat de un magnetron. Obiectivul principal al studiului a fost determinarea numărului optim de reflectoare de microunde, în vederea obținerii unei încălziri uniforme a produsului aflat în camera de lucru.

În desfășurarea cercetărilor au fost utilizate metode mecanice, fizico-chimice, electronice, precum și metode de simulare.

Pentru măsurarea pierderilor în greutate, precum și pentru înregistrarea temperaturii și umidității din camera de uscare, au fost utilizați senzori DALLAS 8820, cu o eroare de $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ pentru temperatură și $\pm 0,5\%$ pentru umiditate. Masa produsului a fost determinată cu ajutorul unui cântar electronic de înaltă precizie, model G&G JJ2000B, cu o eroare de $\pm 0,01$ g. Parametrii mediului de lucru au fost monitorizați utilizând un set de instrumente Testo.

Pentru determinarea conținutului de umiditate s-a folosit metoda de determinare a substanțelor uscate solubile cu ajutorul refractometrului. De asemenea, au fost aplicate metoda de determinare a fermității cu penetrometrul, metoda gravimetrică pentru determinarea umidității, metoda de măsurare a acidității active (pH), metoda de determinare a conținutului de polifenoli prin principiul Folin-Ciocalteu, și metoda DPPH pentru evaluarea activității antioxidante. Pentru simularea curgerii fluidului în procesul de uscare, s-au utilizat programele SolidWorks și Ansys. Datele experimentale au fost procesate cu ajutorul programelor Excel, Statgraphics și Matlab.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Inițial, s-a determinat corelația dintre câmpul de temperaturi și durata tratării. Astfel, studiul variației câmpului de temperaturi în funcție de timpul de tratare a fost realizat după cum urmează: produsul a fost introdus în camera de uscare, fiind identificate 16 puncte de măsurare a temperaturii, conform figurii 1.

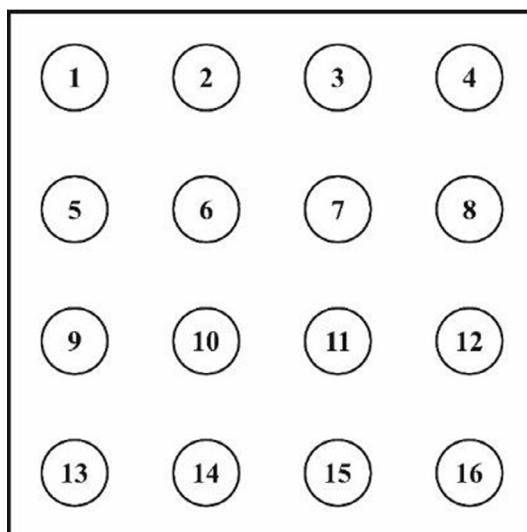


Figura 1. Reprezentarea zonelor de măsurare din interiorul camerei de uscare

Pentru efectuarea măsurărilor a fost utilizat un termometru cu infraroșu, care permite măsurarea temperaturii de la distanță. După conectarea generatorului de microunde și a ventilatorului, la fiecare 2 minute s-au înregistrat valorile temperaturii cu

ajutorul termometrului IR în fiecare dintre cele 16 puncte. Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 1, iar distribuția câmpului de temperatură, precum și corelația dintre durata tratării termice și temperatură pentru fiecare punct sunt ilustrate în figurile 2 și 3.

Tabelul 1. Rezultatele măsurărilor efectuate

Zona de măsurare	Durata, minute											
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
	Temperatura, °C											
1	19	25,9	30,7	36,7	39,6	43,2	46,3	46,9	47,6	51	50,3	50,8
2	19	33,4	41,8	47,3	52,4	55,9	60,5	62,5	61	65,2	65	63,3
3	19	38,9	49,7	55,7	60	64,1	65,4	64,7	66,6	68	69,4	64,4
4	19	26,3	36,2	41,5	45,8	51	52,5	53,7	53,9	56,8	55,5	55,3
5	19	31,1	35,6	43	45,7	55,9	50,6	51,8	53,2	53,3	52,8	52,8
6	19	36,6	51,7	56,7	60,3	63,4	66,3	67,6	67,5	69,5	68,2	66,6
7	19	25,3	30,9	37,9	41,9	45,4	47,4	50,6	51,9	52,8	53,5	53,1
8	19	29,8	34,7	41,7	45,9	49,7	51	51,3	53,6	55	55,4	53,7
9	19	33,2	42,7	47,3	54,2	57,9	60	60,6	60,4	62	60,5	59,6
10	19	39,7	52,1	58,1	66,3	71,1	72,7	74,2	75	76,9	73,5	70,8
11	19	27,4	33,4	39,1	43,4	46,9	50,8	51,8	53,7	54,3	54,8	53,2
12	19	25,3	30,7	35,1	38,4	41,6	44,2	45,9	46,7	47,9	50,2	50,4
13	19	27,3	31,1	35,3	41,9	41,6	45,6	47,6	46,5	47,3	46,6	48,5
14	19	25,2	29,6	33,9	38,9	42	44,4	46,9	47,4	51	46,1	49,9
15	19	23	25,6	30,1	32,8	35,5	38,8	40,3	42,1	43,6	45,1	46,1
16	19	23,4	28	31,4	34,3	37,5	40,3	42,5	42,9	44,4	44,8	45,4

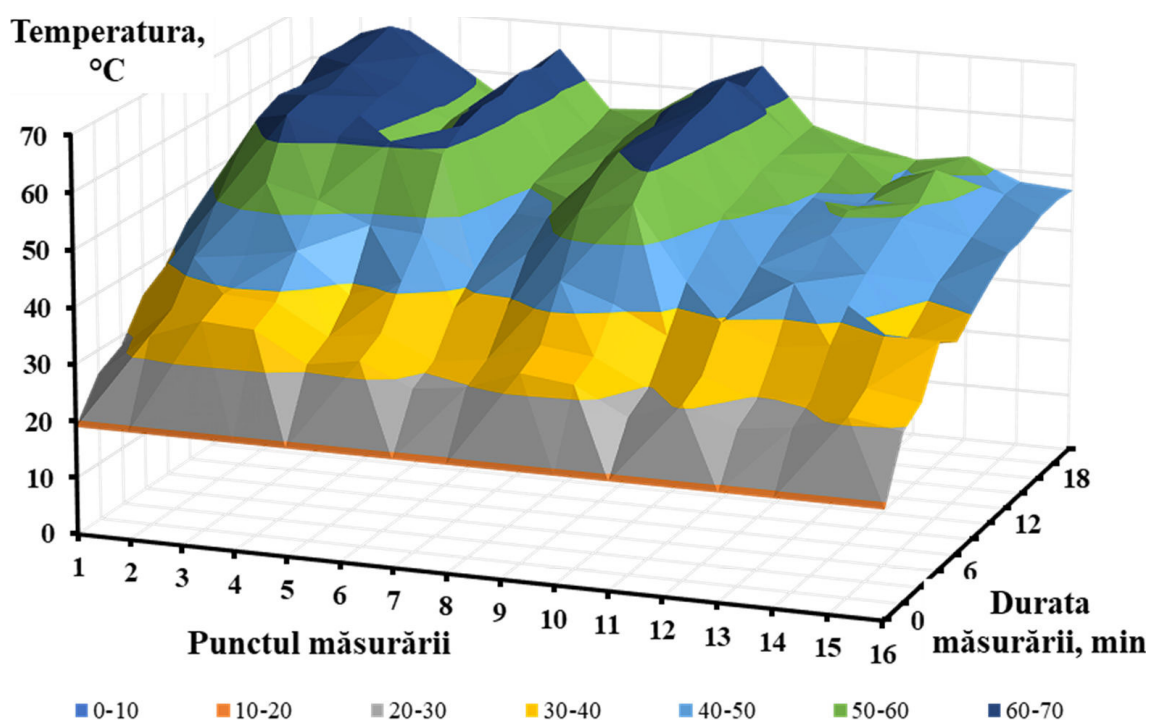


Figura 2. Corelația dintre durata tratării termice și temperatură

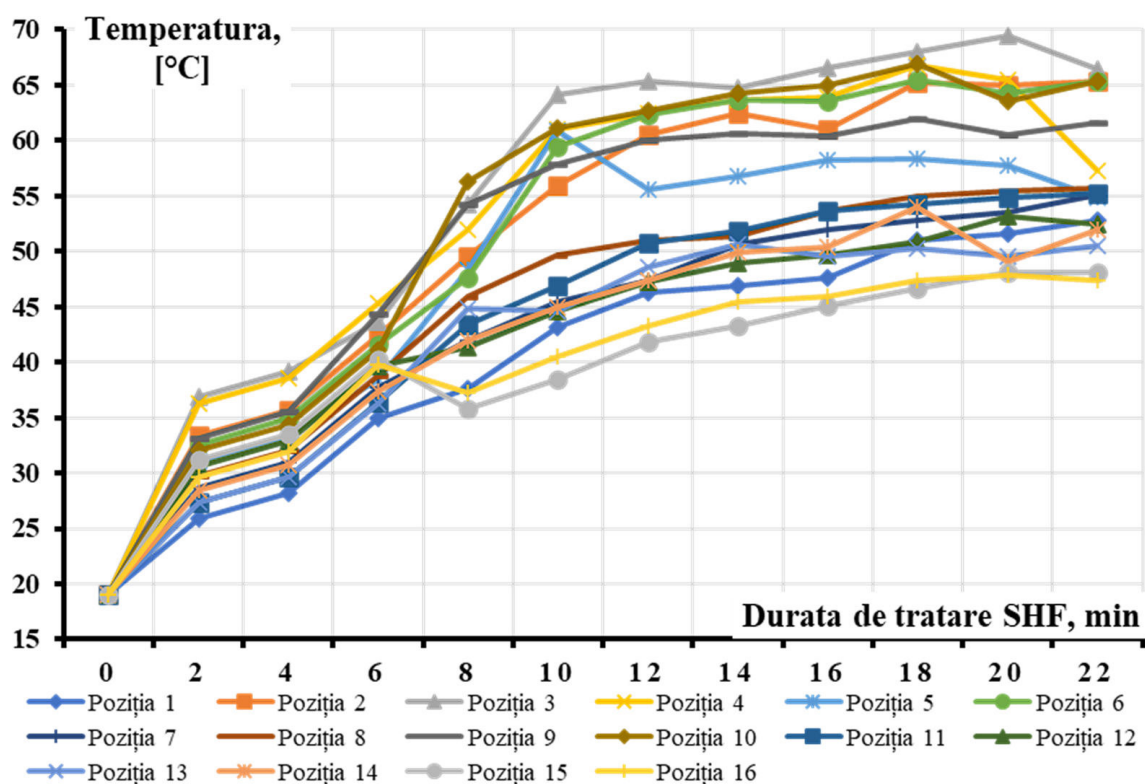


Figura 3. Corelația dintre durata tratării termice și temperatură pentru fiecare punct

Rezultatele obținute indică faptul că, în cele 16 puncte analizate din camera de procesare, temperatura variază semnificativ, ceea ce confirmă necesitatea utilizării reflectoarelor. Pentru a studia variația câmpului de temperaturi în funcție de construcția reflectoarelor, au fost realizate serii de experimente cu reflectoare având construcții diferite.

Astfel, în etapa următoare a fost analizată distribuția temperaturii în camera de procesare în condițiile utilizării unui singur reflector. Măsurările au fost efectuate în același mod ca și în experimentul anterior, pentru toate cele 16 puncte din camera de procesare, la intervale de câte 2 minute. Temperaturile au fost înregistrate cu ajutorul termometrului în toate cele 16 puncte. Rezultatele sunt prezentate în tabelul 2, iar corelația dintre durata tratării termice și temperatură, în cazul utilizării unui reflector, este ilustrată în figura 4.

Tabelul 2. Rezultatele utilizării unui reflector

Zona de măsurare	Durata, minute											
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
	Temperatura, °C											
1	19	24,2	29,5	34,9	37,2	38,6	39,2	41,4	44,9	43,8	50,3	49,1
2	19	24,4	27,5	31,9	32,6	40,1	36,9	40	50,3	43,3	47,5	51,5
3	19	24,5	31,7	44,1	47,2	58,6	57,2	59,1	62,7	62,4	65,2	67,2
4	19	24,5	28,4	32,1	37,2	47,3	45,4	48,8	53,3	52,2	52,6	55,8
5	19	24	28,4	34	36	44,7	38,8	42,9	46	42,9	52,1	46,5
6	19	24,3	37,4	51,2	48,6	53,2	48,5	55,5	57,5	54,7	65,8	63,5
7	19	24,5	38,4	49	51,7	62,4	59,2	64,6	70,1	65,8	73	75
8	19	24,5	37,6	46	48,8	58,4	52,1	53,9	59,1	53,1	57	59,8
9	19	24,3	29,1	38	41,6	50,3	46,6	51,4	51,7	49,7	56,9	55,8

10	19	24	35,2	47,8	48,7	58,3	55,4	58,2	60,5	62,2	68,8	71,4
11	19	24,7	29,4	41,1	44	54,8	51,2	53,5	54,7	54,7	56,8	60,4
12	19	24,7	31,4	40,7	41,5	49,9	43,6	48,2	49,1	47,7	51,9	52,6
13	19	24,3	48,6	56,2	50,5	51,6	56,3	54,8	53,9	67,6	74,2	83,1
14	19	24,3	29,4	59,2	69,3	57,4	59	63,7	57,6	75,3	84,8	84,5
15	19	24,7	28	36,8	35,8	50,2	47,2	44,4	39,2	51	51	53
16	19	25	33,9	40,6	39,4	41,8	36	32,7	35,6	45	37,3	41,2

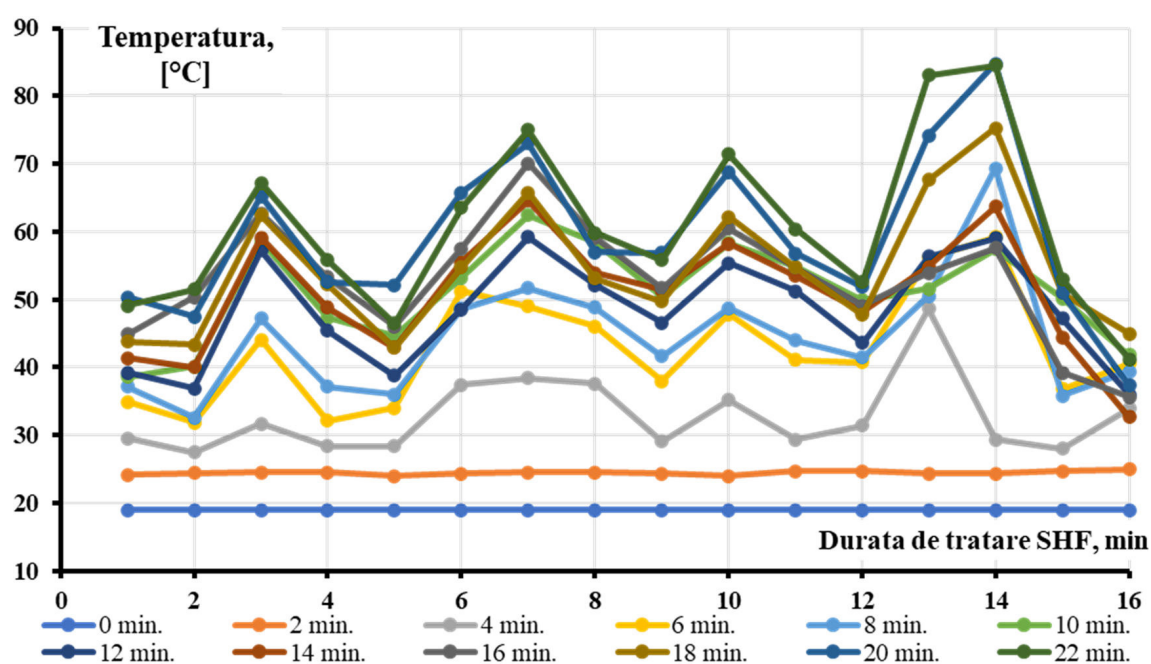


Figura 4. Corelația dintre durata tratării termice și temperatură la utilizarea unui reflector

În continuare, s-a analizat distribuția temperaturii în punctele examinate din camera de procesare, în condițiile utilizării a două reflectoare. Măsurările au fost realizate, ca și în cazurile anterioare, la intervale de câte 2 minute, cu ajutorul termometrului cu infraroșu, pentru toate cele 16 puncte. Rezultatele obținute în urma măsurărilor sunt prezentate în tabelul 3, iar corelația dintre durata tratării termice și temperatură, în cazul aplicării celor două reflectoare, este ilustrată în figura 5.

Tabelul 3. Rezultatele utilizării celor două reflectoare

Zona de măsurare	Durata, minute											
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
	Temperatura, °C											
1	19	25,9	30,7	36,7	39,6	43,2	46,3	46,9	47,6	51	50,3	50,8
2	19	33,4	41,8	47,3	52,4	55,9	60,5	62,5	61	65,2	65	63,3
3	19	38,9	49,7	55,7	60	64,1	65,4	64,7	66,6	68	69,4	64,4
4	19	27,6	36,2	41,5	45,8	51	52,5	53,7	53,9	56,8	55,5	55,3
5	19	31,1	35,6	43	45,7	55,9	50,6	51,8	53,2	53,3	52,8	52,8
6	19	36,6	48,6	52,4	56	59,1	62	63,3	63,2	65,2	63,9	62,3
7	19	25,3	30,9	37,9	41,9	45,4	47,4	50,6	51,9	52,8	53,5	53,1

8	19	29,8	34,7	41,7	45,9	49,7	51	51,3	53,6	55	55,4	53,7
9	19	33,2	42,7	47,3	54,2	57,9	60	60,6	60,4	62	60,5	59,6
10	19	35,6	45,1	51,1	59,3	64,1	63,7	65,2	66	67,9	64,5	61,8
11	19	27,4	33,4	39,1	43,4	46,9	50,8	51,8	53,7	54,3	54,8	53,2
12	19	27,3	32,7	37,1	40,4	43,6	46,2	47,9	48,7	49,9	52,2	49,9
13	19	29,3	33,1	37,3	43,9	43,6	47,6	49,6	48,5	49,3	48,6	49,5
14	19	27,2	31,6	35,9	40,9	44	46,4	48,9	49,4	53	48,1	51,9
15	19	25	27,6	32,1	34,8	37,5	40,8	42,3	44,1	45,6	47,1	45,3
16	19	25,4	30	33,4	36,3	39,5	42,3	44,5	44,9	46,4	46,8	46,4

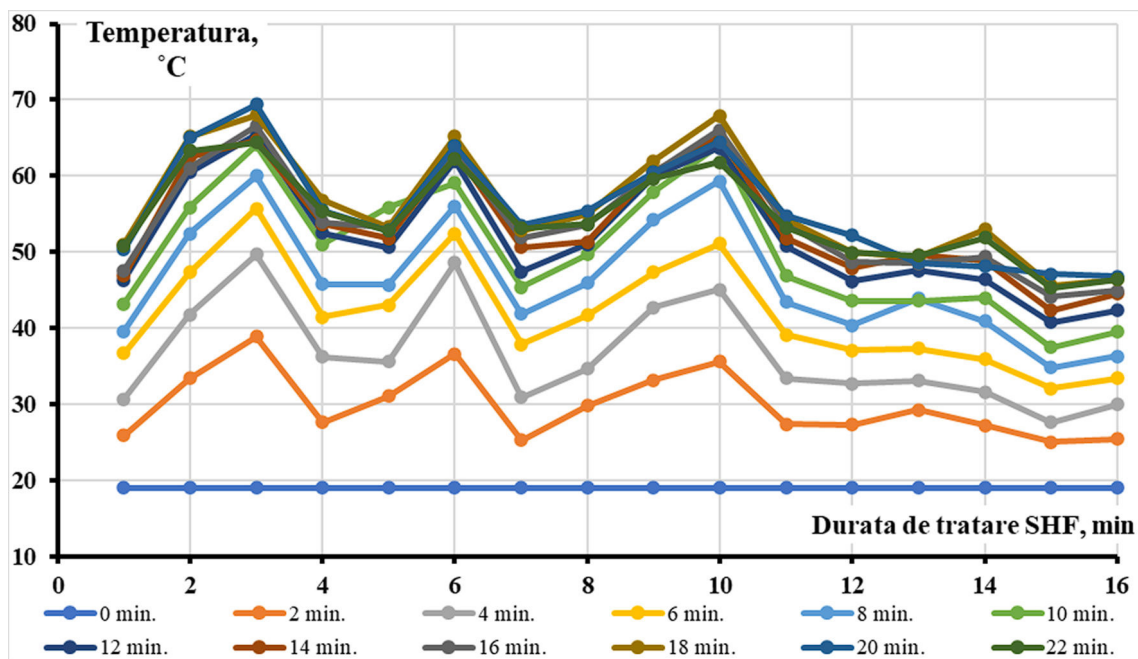


Figura 5. Corelația dintre durata tratării termice și temperatură la utilizarea a două reflectoare

În etapa următoare, s-a analizat distribuția temperaturii în camera de procesare în condițiile aplicării a trei reflectoare. Măsurările au fost efectuate, ca și în etapele anterioare, la fiecare 2 minute, utilizând termometrul cu infraroșu, în toate cele 16 puncte. Rezultatele măsurărilor sunt prezentate în tabelul 4, iar corelația dintre durata tratamentului termic și temperatură, în cazul aplicării celor trei reflectoare, este ilustrată în figura 6.

Tabelul 4. Rezultatele utilizării a trei reflectoare

Zona de măsurare	Durata, min											
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
	Temperatura, °C											
1	19	24,7	29,6	34,8	35,8	36,5	37	37,1	37,8	38,4	39,2	39,5
2	19	32,5	40,4	46,5	46,6	46,9	47,7	50,6	50,2	53,5	54,7	55,9
3	19	38,1	47,6	53,7	54,2	54,8	55,8	57,2	58,1	59,6	59	58,8
4	19	31,4	38,1	44,3	44,9	45,7	47,2	49,8	50,6	52,2	51,4	51,8
5	19	23,3	28,6	34,2	34,6	35,8	36,3	36,8	37,4	38	38,4	39
6	19	31,2	28,6	43,2	44,3	44,4	45,7	47,3	47,3	47,8	47,4	50,2

7	19	32,2	38,9	45,8	46,8	47,1	47,9	51,8	51,9	52	52,8	54,4
8	19	24,6	29,5	34,8	36,1	37,5	38,7	39,4	38,7	39,4	40	40,7
9	19	24,4	29,7	33,9	34,1	34,9	35,3	35,6	36,1	36,7	36,9	37,7
10	19	25	30,2	35,9	36,9	36,3	37	37,9	38,2	39	39,6	40,5
11	19	23,5	28,9	34,3	34,8	35,8	36,1	36,4	37,2	37,5	38,2	38,6
12	19	25	29,9	34,8	34,8	35,4	36,1	36,6	37,1	38	38	38,4
13	19	22,4	26,8	32	32,1	32,9	33	33,5	33,9	33,6	34,2	34,7
14	19	23,5	28,2	34	33,5	34,6	35	35,3	35,2	34,5	35,8	36
15	19	23,1	27,5	32,3	33	33,6	34,2	34,5	34,8	34,7	34,7	36,4
16	19	22,8	27,2	32,2	32,3	33,5	33,5	34,2	33,3	33,6	33,6	35,2

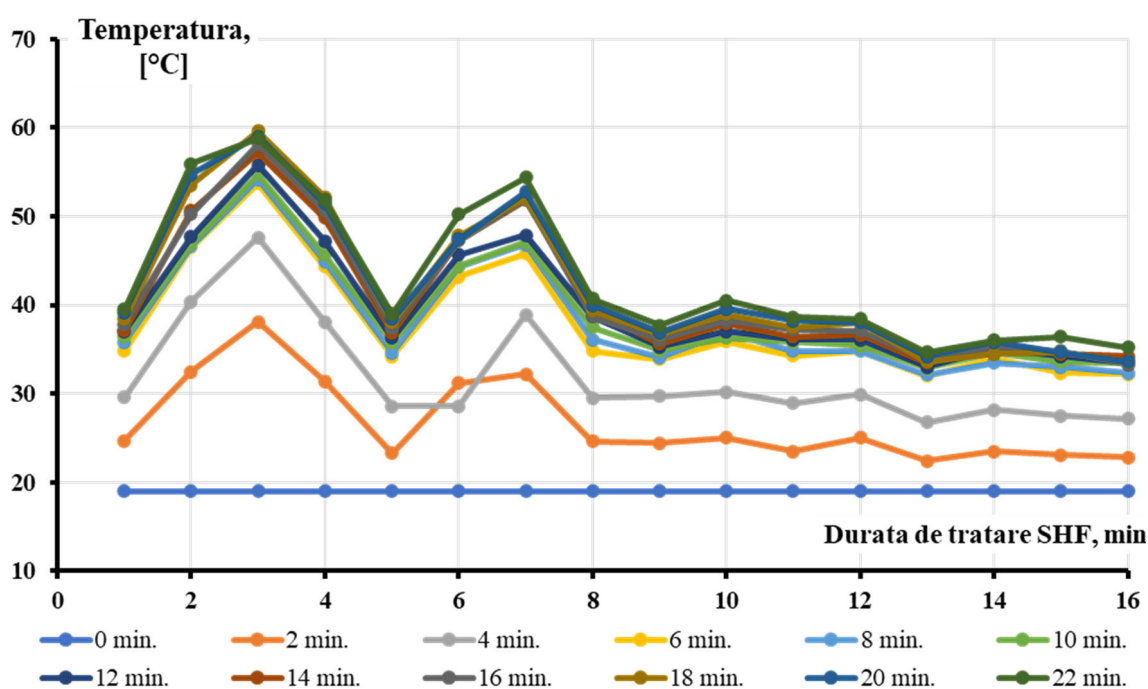


Figura 6. Corelația dintre durata tratării termice și temperatură la utilizarea a trei reflectoare

Reieșind din seriile de experimente realizate, au fost determinate valorile temperaturii pentru fiecare punct din camera de procesare. În urma acestor experiențe, s-a constatat că aplicarea reflectoarelor contribuie la o repartizare mai uniformă a câmpului de temperaturi, comparativ cu situația în care acestea lipsesc.

Totodată, analizând procesul în funcție de numărul de reflectoare utilizate, s-a observat că cea mai mare uniformitate a distribuției câmpului de temperatură a fost obținută în cazul aplicării a două reflectoare.

Rezultatele obținute în baza experimentelor realizate au permis determinarea numărului de reflectoare necesare, ceea ce permite sporirea eficienței procesului tehnologic cu creșterea uniformității temperaturii în camera de procesare și a calității fructelor procesate.

CONCLUZII

Rezultatele obținute în baza experimentelor realizate au permis determinarea valorilor temperaturii în fiecare punct din camera de tratare a fructelor cu microunde.

Totodată, cercetările au oferit posibilitatea de a stabili numărul necesar de reflectoare și poziționarea optimă a sursei de tratare pentru încălzirea uniformă, ceea ce permite sporirea eficienței procesului tehnologic cu creșterea vitezei de deshidratare, reducerea timpului de procesare și a consumului de energie electrică, creșterea uniformității deshidratării și a calității fructelor procesate.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

1. ASKARISHAHI, M.; M. MAUS; D. SCHRÖDER; D. SLADE; M. MARTINETZ et al. (2020). Mechanistic modelling of fluid bed granulation. *International Journal of Pharmaceutics*, vol. 573, pp. 8837-8845. DOI 10.1016/j.ijpharm.2019.118837.
2. ESPOSITO, B.; M. SESSA; D. SICA & O. MALANDRINO (2020). Towards Circular Economy in the Agri-Food Sector. A Systematic Literature Review. *Sustainability*, vol. 12, nr. 18, pp. 95-107. Disponibil: <https://doi.org/10.3390/su12187401>
3. FIGIEL, A. (2010). Drying kinetics and quality of beetroots dehydrated by combination of convective and vacuum-microwave methods. *Journal of Food Engineering*, vol. 98(4), pp. 461-470. ISSN 0260-8774.
4. HORABIK, J. & M. MOLENDRA (2016). Parameters and contact models for DEM simulations of agricultural granular materials: A review. *Biosystems Engineering*, vol. 147, pp. 206-225. Disponibil: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2016.02.017>
5. JITTANIT, W.; G. SRZEDNICKI & R. DRISCOLL (2010). Seed Drying in Fluidized and Spouted Bed Dryers. *Drying Technology*, vol. 28 (10), pp. 1213-1219. Disponibil: <https://doi.org/10.1080/07373937.2010.483048>
6. KAENSUP, W.; S. WONGWISES & S. CHUTIMA (1998). Drying of pepper seeds using a combined microwave/fluidized bed dryer. *Drying Technology*, vol. 16 (3-5), pp. 853-862. Disponibil: <https://doi.org/10.1080/07373939808917440>
7. OLIVEIRA, S.; T. BRANDÃO & C. SILVA (2016). Influence of drying processes and pretreatments on nutritional and bioactive characteristics of dried vegetables: a review. *Food Engineering Reviews*, vol. 8 (2), pp. 134-163. DOI 10.1007/s12393-015-9124-0.
8. PAGOTTO, M. & A. HALOG (2016). Towards a Circular Economy in Australian Agri-food Industry: An Application of Input-Output Oriented Approaches for Analyzing Resource Efficiency and Competitiveness Potential. *Journal of Industrial Ecology*, vol. 20, nr. 5, pp. 1176-1186. DOI 10.1111/jiec.12373.
9. PAIVA, T.; M. RIBEIRO & P. P. COUTINHO (2020). R&D Collaboration, Competitiveness Development, and Open Innovation in R&D. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, vol. 6, nr. 4, pp. 416-424. Disponibil: <http://doi.org/10.3390/joitmc6040116>
10. PANZELLA, L.; F. MOCCIA; R. NASTI; S. MARZORATI; L. VEROTTA et al. (2020). Bioactive Phenolic Compounds From Agri-Food Wastes: An Update on Green and Sustainable Extraction Methodologies. *Frontiers in Nutrition*, vol. 7, pp. 60-68. Disponibil: <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.00060>
11. POPESCU, V. (2016). Systeme fiable pour la transformation des produits d'origine agricole. *Intellectus*, nr. 1, pp. 94-97. ISSN 1810-7079.
12. POPESCU, V. (2019). The evolution of disconnections from the distribution electrical systems from Republic of Moldova. *Journal of sustainable energy*, vol. 10, nr. 2, pp. 75-78. ISSN 2067-5534. Disponibil: <https://oaji.net/articles/2021/3336-1614957517.pdf>
13. POPESCU, V. Analysis of factors of influence on the reliability of power systems. *Acta Electrotehnica*, 2013, vol. 54, nr. 6, pp. 193-197.
14. POPESCU, V. și L. MALAI. (2019). Estimarea parametrilor sistemului fiabil pentru prelucrarea produselor agricole. *Știința Agricolă*, nr. 2, pp. 109-113. ISSN 1857-0003. Disponibil: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/109-113_23.pdf
15. POPESCU, V.; A. POPA & R. BANTAȘ (2013). Reliability analysis of systems for distribution of electricity. *Acta Electrotehnica*, vol. 54, nr. 5, pp. 387-389.
16. POPESCU, V.; V. VIȘANU; N. URSATII; A. CECAN și T. TODIRAȘ (2023). Sistem electric cu fiabilitate sporită pentru întreprinderile specializate în deshidratarea produselor agricole. *Intellectus*, nr. 1, pp. 198-203. ISSN 1810-7079. Disponibil: <https://doi.org/10.56329/1810-7087.23.1.21>

17. RANJBARAN, M.; B. EMADI & D. ZARE (2014). Simulation of Deep-Bed Paddy Drying Process and Performance. *Drying Technology*, vol. 32 (8), pp. 919-934. Disponibil: <https://doi.org/10.1080/07373937.2013.875561>
18. ROBERTS, J.; D. KIDD & O. PADILLA-ZAKOUR (2008). Drying kinetics of grape seeds. *Journal of Food Engineering*, vol. 89, nr. 4, pp. 460-465. Disponibil: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.05.030>
19. TÎRȘU, M.; V. POPESCU; M. BALAN; I. KURDOV; T. BALAN et al. (2022). Instalație pentru deshidratarea semințelor în strat fluidizat. *Problemele Energeticii Regionale*, nr. 2 (54), pp. 114-122. ISSN 1857-0070. Disponibil: <https://doi.org/10.52254/1857-0070.2022.2-54.10>
20. ПОПЕСКУ, В.; Л. МАЛАЙ; В. РОТАРЬ и О. ВОЛКОНОВИЧ (2019). Надежная система для переработки сельскохозяйственной продукции. *Констрування, виробництво та експлуатація сільсько-господарських машин*, вип. 49, с. 200-204. Disponibil: <https://zborniksgm.kntu.kr.ua/pdf/49/26.pdf>

Conflict of interests

The authors declare that they have no conflict of interests.

Authors' contributions

This work was carried out in collaboration among all authors. All authors read and approved the final manuscript.

Paper history

Received 30.03.2025; Accepted 21.05.2025

Copyright: © 2025 by the author(s). This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).