

DOI: <https://doi.org/10.55505/sa.2022.1.14>

CZU: 664.85.047

SISTEM PENTRU DESHIDRATAREA FRUCTELOR CU EFICIENȚĂ ENERGETICĂ ÎNALTĂ

*Victor POPESCU, Natalia ȚISLINSKAIA, Sergiu POPA,
Vitali VIȘANU, Mihail BALAN, Mihail MELENCIUC, Cristian MALAI*

Abstract. The paper is dedicated to streamlining the process of fruit dehydration, by microwave treatment in the tunnel, mainly by reducing electricity consumption. To address this issue, an experimental system for fruit dehydration was developed, thus the research being conducted applying a tunnel-type dehydrator. The experiments were performed on the example of apricots, peaches and plums. The results obtained with the application of the experimental system were compared with those obtained based on the classical dehydration technology. Fruit dehydration based on the developed system reduces the consumption of electricity by about 1.37 times, compared to the application of classical technology.

Key words: Dehydration system; Fruit dehydration; Microwave treatment; Tunnel effect; Energy consumption.

Rezumat. Articolul este consacrat eficientizării procesului de deshidratare a fructelor prin tratarea cu microunde în tunel, urmărindu-se în prim plan reducerea consumului de energie electrică. Pentru abordarea acestei probleme a fost elaborat un sistem experimental pentru deshidratarea fructelor care aplică un deshidrator de tip tunel, în baza căruia au fost realizate cercetările. Experimentele au fost realizate pe exemplul caiselor, piersicilor și prunelor. Cercetările au demonstrat că deshidratarea fructelor în baza noului sistem propus, permite reducerea consumului de energie electrică de circa 1,37 ori în comparație cu tehnologia clasică.

Cuvinte-cheie: Sistem de deshidratare; Deshidratarea fructelor; Tratare cu microunde; Efect tunel; Consum de energie.

INTRODUCERE

Actualmente, procesul de deshidratare a fructelor se bazează pe tehnologiile tradiționale și instalații cu consum sporit de energie. Sporirea eficienței energetice a proceselor tehnologice de procesare primară a fructelor și legumelor poate fi realizată numai pe baza aplicării unor sisteme noi de prelucrare (Esposito, B. et al. 2020; Figiel, A. 2010; Kelley, K. et al. 2015; Panzella, L. et al. 2020; Pagotto, M., Halog, A. 2016; Sharma, Y. et al. 2019; Horabik, J., Molenda, M. 2016).

În scopul perfecționării tehnologiilor de deshidratare a fructelor au fost realizate mai multe cercetări științifice în diferite țări, însă acestea nu au rezolvat problemele aferente deshidratării produselor vegetale, îndeosebi consumul sporit de energie electrică (Zhu, H. et al. 2007; Castrica, M. et al. 2019; Sharma, Y. et al. 2019; Horabik, J., Molenda, M. 2016; Kelley, K. et al. 2015; Panzella, L. et al. 2020; Pagotto, M., Halog, A. 2016; Nowicka, P. et al. 2015; Nedeff, V. et al. 2008; Chou, S., Chua, K. 2021).

După cum remarcă cercetătorii din domeniu, creșterea vitezei procesului și reducerea duratei de uscare determină o reducere evidentă a consumului de energie electrică, fapt ce contribuie la micșorarea costurilor de prelucrare tehnologică (Sharma, Y. et al. 2019; Horabik, J., Molenda, M. 2016; Panzella, L. et al. 2020; Pagotto, M., Nedeff, V. et al. 2008; Chou, S., Chua, K. 2021).

Actualmente, cele mai răspândite tipuri de uscătoare aplicate de întreprinderile specializate în deshidratarea fructelor sunt uscătoarele convective, care au fost analizate de mulți cercetători în studiile lor privind deshidratarea produselor vegetale pomicole (Pagotto, M., Halog, A. 2016; Jajcevic, D. et al. 2013; Kelley, K. et al. 2015; Panzella, L. et al. 2020; Chou, S., Chua, K. 2021; Sharma, Y. et al. 2019; Horabik, J., Molenda, M. 2016). Rezultatele utilizării acestor deshidratoare au arătat că odată cu ridicarea temperaturii crește viteza de uscare și se reduce timpul de uscare, însă dezavantajele majore ale acestor uscătoare sunt consumul ridicat de energie electrică, cheltuielile mari de prelucrare și eficiența scăzută a procesului.

Trebuie de menționat că, în timpul deshidratării fructelor, este necesară o monitorizare riguroasă a procesului, iar uscătoarele actuale nu asigură un control adecvat al parametrilor tehnologici, ceea ce duce la scăderea eficienței procesului și la consumul în exces de energie electrică.

Unii cercetători remarcă în lucrările lor că uscarea produselor în condiții controlate și cu monitorizarea riguroasă a parametrilor este un proces strict necesar pentru reducerea consumului de energie, dar totodată dificil (Castrica, M. et al. 2019; Kelley, K. et al. 2015; Panzella, L. et al. 2020; Nowicka, P. et al. 2015).

Deshidratarea cu microunde este o tehnologie modernă, care prezintă interes sporit datorită disponibilității resurselor și ușurinței în utilizare. Avantajele principale ale tehnologiilor cu microunde, confirmate de multiple cercetări sunt: viteza mai mare a procesului, durata mică de prelucrare tehnologică și consumul redus de energie electrică (Sharma, Y. et al 2019; Kelley, K. et al. 2015; Panzella, L. et al. 2020; Nedeff, V. et al. 2008; Chou, S., Chua, K. 2021). Cu toate acestea, metoda dată are și o serie de dezavantaje și probleme caracteristice procesului de uscare cu microunde, cum ar fi caracterul neuniform al încălzirii în procesul deshidratării și consumul specific de energie.

Pentru identificarea soluțiilor privind reducerea esențială a consumului de energie electrică în procesul de deshidratare a fructelor a fost elaborat un sistem experimental care aplică tratarea cu microunde într-un deshidrator de tip tunel, în baza căruia au fost realizate cercetările, iar rezultatele obținute au fost comparate cu cele ale deshidratării tradiționale.

Rezultatele cercetărilor efectuate au demonstrat că aplicarea noului sistem experimental la deshidratarea fructelor, pe exemplul caiselor, piersicilor și prunelor, permite reducerea semnificativă a consumului de energie electrică, de circa 1,37 ori, fapt ce oferă posibilitatea reducerii esențiale a cheltuielilor de prelucrare tehnologică și a costului final al produselor procesate.

MATERIALE ȘI METODE

Schema tehnologică a sistemului experimental elaborat și utilizat pentru deshidratarea fructelor este prezentată în Figura 1.

Sistemul elaborat de noi permite utilizarea în procesul de uscare a fructelor atât a microundelor, cât și a convecției, iar în procesul de realizare a experimentelor oferă oportunitatea de a examina uscarea fructelor, atât după metoda clasică de uscare, cât și după metoda propusă – cu aplicarea tratării cu microunde în tunel.

Cercetările privind uscarea fructelor cu aplicarea instalației elaborate au fost realizate pe exemplul caiselor, piersicilor și prunelor. Au fost selectate aceste fructe deoarece, la momentul actual, procedeele existente de procesare și deshidratare aplicate în cazul lor au eficiență redusă din punct de vedere energetic (Castrica, M. et al. 2019; Sharma, Y. et al. 2019; Horabik, J., Molenda, M. 2016; Kelley, K. et al. 2015; Panzella, L. et al. 2020; Pagotto, M., Halog, A. 2016; Nowicka, P. et al. 2015; Nedeff, V. et al. 2008; Chou, S., Chua, K. 2021).

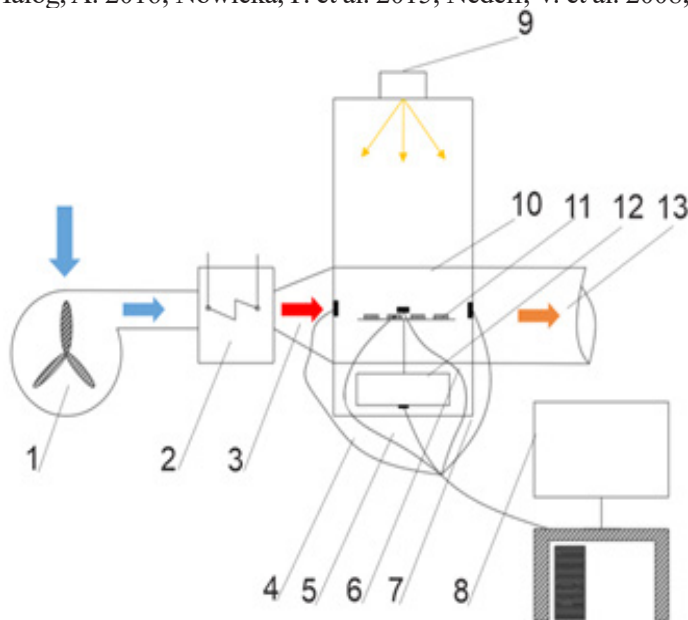


Figura 1. Schema tehnologică a sistemului experimental elaborat pentru deshidratarea fructelor (1 – ventilator; 2 – schimbător de căldură; 3 – hota de intrare a aerului cald; 4, 7 – senzor de temperatură și umiditate a aerului; 5 – senzor de temperatură pentru produs; 6 – senzor al vitezei aerului; 8 – calculator; 9 – generator SHF; 10 – camera de uscare; 11 – tava cu produs; 12 – senzor de masă; 13 – hota de evacuare a amestecului de aer și vapori din camera de uscare)

Pentru realizarea cercetărilor și pentru estimarea eficienței aplicării sistemului experimental elaborat,

fructele supuse procesului tehnologic de uscare au fost prelucrate, pentru comparație, atât după tehnologia clasică de uscare, cât și după tehnologia cu aplicarea tratării cu microunde în tunel.

Pentru uscarea fructelor cu aplicarea convecției, în cadrul instalației elaborate se utilizează ventilatorul (1), care antrenează jetul de aer prin schimbătorul de căldură (2) și prin hota de intrare (3), spre camera de uscare (10), în care este amplasată tavaua cu produsul pentru prelucrare (11), care apoi iese împreună cu vaporii de umiditate prin hota de evacuare (13).

Pentru uscarea cu aplicarea microundelor se utilizează ventilatorul, care antrenează aerul pe aceeași cale și conectează generatorul (9) pentru tratarea fructelor cu microunde, cu diapazonul de frecvență de 2-2,5 GHz și cu puterea reglabilă a regimurilor în diapazonul de 180-360 W.

Pentru monitorizarea procesului de uscare se conectează calculatorul (8) și softul specializat IgiCOM&UT Dryer-V.2.0, care este în conexiune cu senzorii de temperatură, umiditate, viteză a aerului, masă (4, 5, 6, 7, 12).

În cercetarea procesului de uscare a fructelor, pentru fiecare metodă aplicată au fost urmăriți următorii parametri: viteza procesului de uscare, timpul de prelucrare termică, consumul de energie electrică și calitatea fructelor uscate.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

În procesul deshidratării fructelor în baza sistemului experimental elaborat s-a constatat că pentru a reduce consumul de energie este necesar de a majora rata de difuzie a umidității din produs în timpul uscării. Acest lucru este posibil numai prin înlocuirea aportului de căldură din exterior pe unul din interior, iar aceasta se poate realiza prin aplicarea microundelor sau prin combinarea microundelor și a convecției, utilizând prelucrarea în deshidratorul de tip tunel.

S-a observat că consumul de energie este într-o strânsă legătură cu viteza procesului de deshidratare, iar durata scăderii umidității de la valoarea inițială până la cea finală variază în funcție de regimul de prelucrare tehnologică. Aceasta din urmă depinde, la rândul său, de tehnologia aplicată și de intensitatea parametrilor de tratare termică.

Astfel, s-a stabilit că pentru tehnologia clasică durata procesului de deshidratare este cuprinsă între 186 și 202 minute, iar la aplicarea sistemului nou-elaborat durata variază de la 137 la 149 de minute, în funcție de tipul fructelor și umiditatea acestora.

Pentru procesarea cu microunde în tunel, la aplicarea noului sistem experimental au fost examinate mai multe regimuri de tratare și s-a elaborat cinetica deshidratării fructelor.

În figura 2 se prezintă, pentru ilustrare, viteza deshidratării fructelor procesate pentru diferite regimuri, în diapazonul de putere cuprins între 180 și 360W, cu frecvența sursei de prelucrare tehnologică de 2,5 GHz, viteza aerului de 2,0m/s, umiditatea relativă a aerului de 65% și temperatura aerului de 25°C.

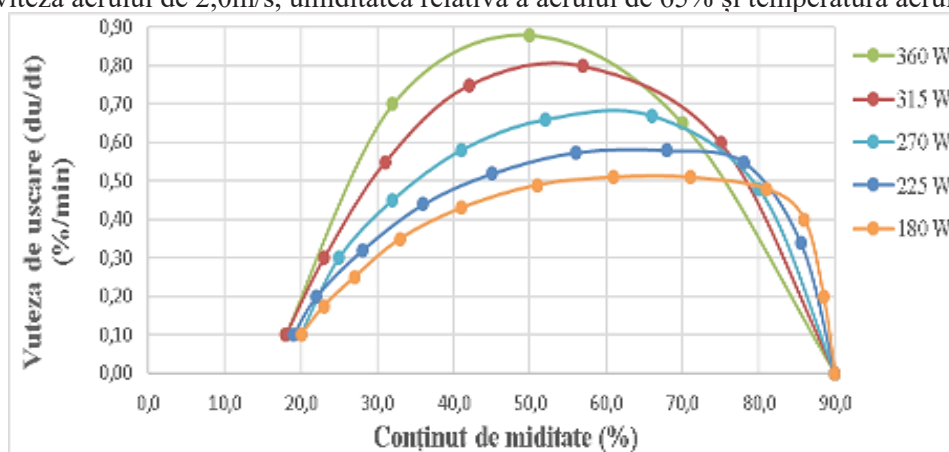


Figura 2. Viteza deshidratării fructelor cu aplicarea sistemului experimental propus de autori

În scopul determinării consumului de energie pentru fiecare tehnologie aplicată la deshidratarea fructelor s-a monitorizat cantitatea de energie electrică absorbită pe întreaga perioadă a procesului de deshidratare a fructelor, de la umiditatea inițială până la cea finală, care variază în funcție de regimul de tratare și durata procesului.

În figura 3 se prezintă variația consumului de energie la deshidratarea fructelor examinate în procesul prelucrării tehnologice cu aplicarea sistemului experimental elaborat.

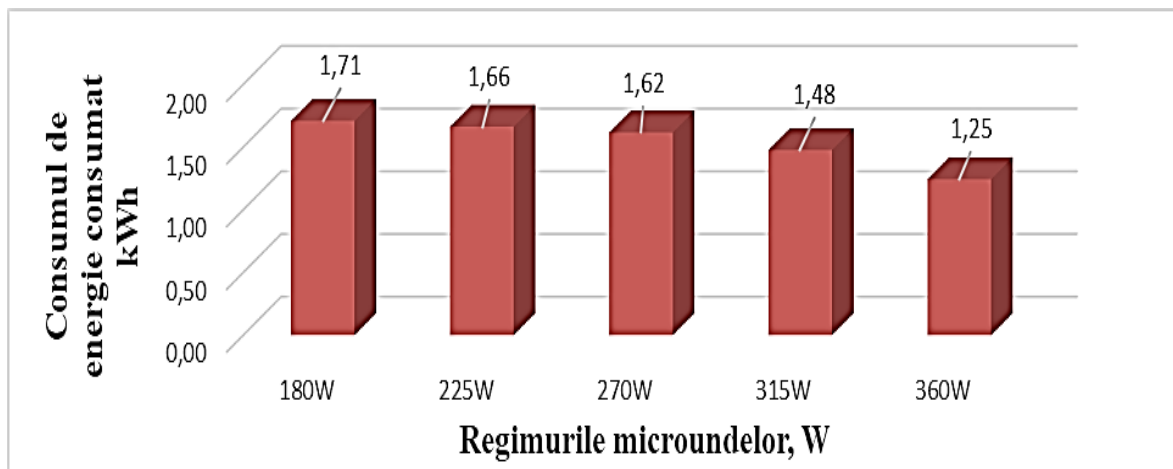


Figura 3. Consumul de energie electrică la aplicarea sistemului elaborat pentru deshidratarea fructelor

Astfel, utilizând tehnologia tradițională, pentru deshidratarea a 1 kg de fructe în rondele, la viteza aerului de 2 m/s și temperatura optimă de 60°C, consumul de energie electrică constituie 1,86-2,21 kWh, în funcție de tipul fructelor și umiditatea acestora, iar la aplicarea sistemului experimental elaborat consumul variază între 1,25 și 1,71 kWh.

Consumul ridicat de energie electrică la deshidratarea prin metoda tradițională în comparație cu aplicarea sistemului elaborat se explică prin utilizarea ineficientă a sursei de tratare termică, care necesită o putere mai ridicată și un timp mai îndelungat pentru deshidratarea fructelor la umiditatea optimă.

Astfel, pentru a menține constant temperatura de 60°C în procesul de deshidratare a fructelor este necesar ca sursa de încălzire să păstreze această temperatură pe întreaga perioadă a procesului. Respectiv, pentru durată medie de 194 minute, cât durează deshidratarea conform tehnologiei tradiționale, consumul mediu de energie electrică constituie 2,03 kWh.

La aplicarea sistemului elaborat de noi pentru deshidratarea fructelor consumul mediu de energie electrică este de 1,48 kWh, fiind de circa 1,37 ori mai mic față de cel al tehnologiei tradiționale, iar acest fapt permite reducerea semnificativă a cheltuielilor de prelucrare tehnologică și a costului produselor procesate.

Reducerea consumului de energie electrică în cazul sistemului elaborat pentru deshidratarea fructelor se datorează utilizării eficiente a sursei de încălzire la tratarea termică, rezultat obținut prin aplicarea prelucrării în baza deshidratorului de tip tunel, care permite eficientizarea acțiunii agentului de tratare și reducerea duratei procesului.

În afară de aceasta, sistemul experimental propus permite monitorizarea riguroasă a procesului de deshidratare a fructelor, fapt ce asigură un control adecvat al parametrilor tehnologici, iar aceasta de asemenea contribuie la creșterea eficienței procesului și la reducerea consumului de energie electrică.

CONCLUZII


În procesul deshidratării fructelor cu aplicarea sistemului experimental s-a constatat că pentru a reduce consumul de energie electrică este necesar de a majora rata de difuzie a umidității din produs în timpul deshidratării, acest lucru fiind posibil prin înlocuirea aportului de energie din exterior pe unul din interior, cu aplicarea microundelor și prelucrarea în deshidratorului de tip tunel.

Cercetările efectuate au demonstrat că deshidratarea fructelor cu utilizarea noii tehnologii permite reducerea consumului de energie electrică de circa 1,37 ori față tehnologia de deshidratare tradițională. Acest rezultat se explică prin eficientizarea acțiunii sursei de tratare termică și reducerea duratei procesului, ceea ce oferă posibilitatea micșorării esențiale a cheltuielilor de prelucrare tehnologică și a costului final al produselor procesate.


REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

1. CASTRICA, M., GIROMINI, C., REBUCCI, R., TRETOLA, M. (2019). Total phenolic content and antioxidant capacity of agri-food waste and by-products. In: Italian Journal of Animal Science, vol. 18, nr. 1, pp. 336-341. Available: DOI:10.1080/1828051X.2018.1529544
2. CHOU, S., CHUA, K. (2021). New hybrid drying technologies for heat sensitive foodstuffs. In: Trends in Food Science & Technology, vol. 12(10), pp. 359-369. Available: [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(01\)00102-9](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(01)00102-9)
3. ESPOSITO, B., Sessa, M. R., Sica, D., Malandrino, O. (2020). Towards Circular Economy in the Agri-Food Sector. A Systematic Literature Review. In: Sustainability, vol. 12, nr. 18, pp. 95-107. Available: <https://doi.org/10.3390/su12187401>
4. FIGIEL, A. (2010). Drying kinetics and quality of beetroots dehydrated by combination of convective and vacuum-microwave methods. In: Journal of Food Engineering, vol. 98(4), pp. 461-470. ISSN 0260-8774.
5. HORABIK, J., MOLENDIA, M. (2016). Parameters and contact models for DEM simulations of agricultural granular materials: A review. In: Biosystems Engineering, vol. 147, pp. 206-225. Available: DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2016.02.017.
6. JAJCEVIC, D., RADEKE, C., SIEGMANN, E., KHINAST, J. G. (2013). Large-scale CFD-DEM simulations of fluidized granular systems. In: Chemical Engineering Science, vol. 98, pp. 298-310. ISSN 0009-2509.
7. KELLEY, K. M., PRIMROSE, R., CRASSWELLER, R., HAYES, J. E., MARINI, R. (2015). Consumer Peach Preferences and Purchasing Behavior: a mixed methods study. In: Journal of the Science of Food and Agriculture, vol. 96 (7), pp. 2451-2461. Available: <https://doi.org/10.1002/jsfa.7365>
8. NOWICKA, P., WOJDYŁO, A., LECH, K., FIGIEL, A. (2015). Chemical Composition, Antioxidant Capacity, and Sensory Quality of Dried Sour Cherry Fruits pre-Dehydrated in Fruit Concentrates. In: Food and Bioprocess Technology, vol. 10, nr. 8, pp. 2076-2095. ISSN 1935-5149.
9. NEDEFF, V. et al. (2008). Researches concerning the Aerodynamic Sorting of Solid Particles According to the Surface States. In: Revista de Chimie, vol. 59(3), pp. 360-365. Disponibil: <http://bch.ro/pdfRC/NEDEF%20V.pdf>
10. PANZELLA, L. et al. (2020). Bioactive Phenolic Compounds From Agri-Food Wastes: An Update on Green and Sustainable Extraction Methodologies. In: Frontiers in Nutrition, vol. 7, pp. 60-68. Available: DOI: 10.3389/fnut.2020.00060
11. PAGOTTO, M., HALOG, A. (2016). Towards a Circular Economy in Australian Agri-food Industry: An Application of Input-Output Oriented Approaches for Analyzing Resource Efficiency and Competitiveness Potential. In: Journal of Industrial Ecology, vol. 20, nr. 5, pp. 1176-1186. Available: DOI: 10.1111/jiec.12373.
12. SHARMA, Y., MANGLA, S., PATIL, P., Liu, S. (2019). When challenges impede the process: For circular economy-driven sustainability practices in food supply chain. In: Management Decision, vol. 57, nr. 4, pp. 995-1017. ISSN 0025-1747.
13. ZHU, H.P., ZHOU, Z.Y., YANG, R.Y., YU, A.B. (2007). Discrete particle simulation of particulate systems: Theoretical developments. In: Chemical Engineering Science, vol. 62 (13), pp. 3378-3396. Available: <https://doi.org/10.1016/j.ces.2006.12.089>

INFORMAȚII DESPRE AUTORI

POPESCU Victor  <https://orcid.org/0000-0002-4634-2255>
 doctor în științe tehnice, conferențiar universitar, Facultatea Inginerie Agrară și Transport Auto, Universitatea Agrară de Stat din Moldova, Republica Moldova

E-mail: vspopescu@mail.ru

ȚISLINSKAIA Natalia  <https://orcid.org/0000-0003-3126-5792>
 doctor în științe tehnice, conferențiar universitar, Facultatea Inginerie Mecanică, Industrială și Transporturi, Universitatea Tehnică a Moldovei, Republica Moldova

E-mail: tislinscaianatalia@mail.ru

POPA Sergiu  <https://orcid.org/0000-0002-1146-9504>

doctor în științe agricole, conferențiar universitar, Facultatea Horticultură, Universitatea Agrară de Stat din Moldova, Republica Moldova

E-mail: s.popa@uasm.md

VIȘANU Vitali  <https://orcid.org/0000-0002-2273-342X>

doctorand, Școala Doctorală Știința Alimentelor, Universitatea Tehnică a Moldovei, Republica Moldova

E-mail: isanuvitali@mail.ru

BALAN Mihail  <https://orcid.org/0000-0002-7788-345X>

doctorand, Școala Doctorală Știința Alimentelor, Universitatea Tehnică a Moldovei, Republica Moldova

E-mail: balanmihail.utm@mail.ru

MELENCIUC Mihail  <https://orcid.org/0000-0001-6575-8814>

doctorand, Școala Doctorală Știința Alimentelor, Universitatea Tehnică a Moldovei, Republica Moldova

E-mail: melenciucmihail@mail.ru

MALAI Cristian  <https://orcid.org/0000-0002-3422-2643>

operator, Secția Tehnologii Informaționale și Mijloace Tehnice de Instruire, Universitatea Agrară de Stat din Moldova, Republica Moldova

E-mail: cristianmalai00@gmail.com

Data prezentării articolului: 27.04.2022

Data acceptării articolului: 02.06.2022