



CE-MONT

Centrul de Economie Montană

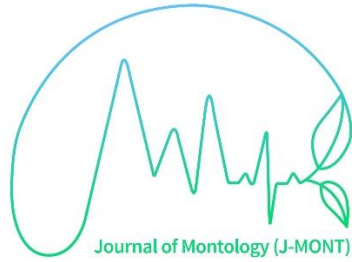
JOURNAL OF MONTOLOGY JURNALUL DE MONTANOLOGIE



VOLUME 20 / 2024
montology-journal.eu

Presa Universitară Clujeană





JOURNAL OF MONTOLGY
JURNALUL DE MONTANOLOGIE

Volume 20 / 2024

PRESA UNIVERSITARĂ CLUJEANĂ
2025

NATIONAL INSTITUTE FOR ECONOMIC RESEARCH "COSTIN C. KIRIȚESCU"
(NIER) / MOUNTAIN ECONOMY CENTER (CE-MONT) / ROMANIAN ACADEMY

Journal of Montology Jurnalul de Montanologie

*Publication of Mountain Economy Center – "CE-MONT", Petreni St. 49, 725700,
Vatra Dornei, Suceava County, Romania*

EDITORIAL BOARD

Honorary Editor: Senior Research Scientist I Radu REY, PhD – *Doctor Honoris Causa, Honorary Member of Romanian Academy, ASAS Member, Director of Mountain Economy Center "CE-MONT" Vatra Dornei / "Costin C. Kirițescu" National Institute for Economic Research – NIER / Romanian Academy.*

Editor-in-Chief: Research Scientist III Alexandru-Sabin NICULA, PhD – *Mountain Economy Center "CE-MONT" of the National Institute for Economic Research "Costin C. Kirițescu," Romanian Academy / Center for Settlements and Urban Planning Research, Faculty of Geography, Babeș-Bolyai University / Dutch Cultural and Academic Center, Babeș-Bolyai University.*

Executive Editors:

Professor Wadim STRIELKOWSKI PhD – *Prague Business School, Visiting Scholar at the University of California, Berkeley / Senior Research Fellow at the Cambridge Institute for Advanced Studies / Research Fellow at the Czech University of Life Sciences, Prague / Managing Director of the Prague Institute for Qualification Enhancement / Senior Researcher at the Institute for Agricultural Economics, Stavropol Business School.*

Professor / Senior Research Scientist I Mihaela SIMIONESCU, PhD – *Faculty of Business and Administration, University of Bucharest and Institute for Economic Forecasting (IPE) / "Costin C. Kirițescu" National Institute for Economic Research – NIER / Romanian Academy*

Associate Professor Adam CZARNECKI, PhD – *Institute of Rural and Agricultural Development, Polish Academy of Sciences Warsaw, Poland*

Professor / Senior Research Scientist I Ioan SURDU, PhD – *Mountain Economy Center "CE-MONT" of the National Institute for Economic Research "Costin C. Kirițescu," Romanian Academy*

Professor Otilia MANTA, PhD – *Scientific Researcher of the Romanian Academy*

Lecturer / Research Scientist Viorel GLIGOR, PhD – *Department of Regional Geography and Territorial Planning, Faculty of Geography, Babeș-Bolyai University from Cluj-Napoca*

Research Scientist III eng. Emanuela-Adina NICULA, PhD – *Mountain Economy Center “CE-MONT” of the National Institute for Economic Research “Costin C. Kirişescu,” Romanian Academy*

Research Scientist Mădălina UNGUREANU-IUGA, PhD – *Mountain Economy Center “CE-MONT” of the National Institute for Economic Research “Costin C. Kirişescu,” Romanian Academy*

Assistant Editors:

Teaching Assistant / Research Scientist Andreea Karina GRUIA, PhD – *Faculty of Administration and Business, University of Bucharest; Research Center for Integrated Analysis and Territorial Management – CAIMT, University of Bucharest / Mountain Economy Center “CE-MONT” of the National Institute for Economic Research “Costin C. Kirişescu,” Romanian Academy*

Teaching Assistant / Research Scientist Alexandra GRECU, PhD – *Faculty of Administration and Business, University of Bucharest; Research Center for Integrated Analysis and Territorial Management – CAIMT, University of Bucharest / Mountain Economy Center “CE-MONT” of the National Institute for Economic Research “Costin C. Kirişescu,” Romanian Academy*

Research Scientist III Matei DOMNIŢA, PhD – *Department of Hydrology and Hydraulic Engineering, Vrije Universiteit Brussel / Mountain Economy Center “CE-MONT” of the National Institute for Economic Research “Costin C. Kirişescu,” Romanian Academy*

Associate Researcher Bogdan-Nicolae PĂCURAR, PhD – *Mountain Economy Center “CE-MONT” of the National Institute for Economic Research “Costin C. Kirişescu,” Romanian Academy*

Anatolie COŞCIUG, PhD – *Vice-Director, Center for the Comparative Study of Migration, Babeş-Bolyai University*

Victor CEPOL, PhD – *Assistant professor, Faculty of Information Studies in Novo Mesto (Slovenia)*

Isabelle OPREA, PhD Student – *Romanian Academy, School of Advanced Studies of the Romanian Academy, Doctoral School of Economic Sciences, National Institute for Economic Research “Costin C. Kirişescu”, Institute for World Economy*

Book Review Editors:

Miruna MAIER, PhD – *Mountain Economy Center “CE-MONT” of the National Institute for Economic Research “Costin C. Kirişescu,” Romanian Academy*

Răzvan Tudor ANICHITEL, BSc – *Mountain Economy Center “CE-MONT” of the National Institute for Economic Research “Costin C. Kirişescu,” Romanian Academy*

SCIENTIFIC BOARD

Acad. Cristian HERA, PhD, *Romanian Academy*

Acad. Păun Ion OTIMAN, PhD, *Romanian Academy, Honorary Associate Researcher of CE-MONT*

Professor / Senior Research Scientist Luminița CHIVU, PhD, *“Costin C. Kirițescu” National Institute for Economic Research (NIER) / Romanian Academy*

Professor Daniel PEPTENATU, PhD, *University of Bucharest*

Senior Research Scientist Ionel POPA, PhD, *“Marin Drăcea” National Institute for Research and Development in Forestry*

Professor Liviu GACEU, PhD, *Transilvania University of Brașov*

Professor Romulus GRUIA, PhD, *Transilvania University of Brașov*

Prof.univ.dr. Ioan JELEV, PhD, *“Gheorghe Ionescu-Șișești” Academy of Agricultural and Forest Sciences*

Senior Research Scientist Mariana RUSU, PhD, *Institute of Research and Development for Agro Mountainology ICD, Cristian–Sibiu*

Senior Research Scientist Teodor MARUȘCA, PhD, *Research and Development Institute for Grasslands Brașov*

NOTE: The papers of this volume are full responsibility of the authors.

Mulțumim tuturor sponsorilor care au susținut publicarea revistei *Journal of Montology*. Contribuția dumneavoastră a fost esențială pentru asigurarea continuității editoriale și pentru promovarea cercetării științifice în domeniul Montanologiei. Sprijinul acordat reflectă un angajament real față de dezvoltarea cunoașterii și a mediului montan.

SPONSORI PRINCIPALI:



**Asociația Națională
pentru Dezvoltare Rurală și Montană
“ROMONTANA”**



EXPERTERRA INVEST SRL

Volume 20 / 2024, ISSN 2360–6215 / ISSN-L 2360–6215, Presa Universitară Clujeană

Photo Cover 1: *Retezat Mountains, Romania* © Cristian Rus, used with permission

Photo Cover 4: *Mountain Economy Center main building* © CE-MONT

Universitatea Babeș-Bolyai • PRESA UNIVERSITARĂ CLUJEANĂ

Director: Codruța Săcelean

Str. B.P. Hasdeu nr. 51, 400371 Cluj-Napoca, România

Tel./fax: (+40)-744.687.884 • E-mail: editura@ubbcluj.ro

<http://www.editura.ubbcluj.ro/> • <https://biblioteca.ubbcluj.ro/>

SUMMARY

THE MAIN UROPATHOGENIC BACTERIA SUSCEPTIBILITY TO CONVENTIONAL ANTIBIOTICS AMONG ROMANIAN PATIENTS FROM THE NORTHERN MOUNTAINOUS AREA OF THE EASTERN CARPATHIANS

Florentina COSTEA, Rodica BOCA, Loredana COSTEA,
Marta HRISCA, Violeta POPOVICI.....7

TOURIST INFRASTRUCTURE AND MOUNTAIN RELIEF USE: A COMPARISON OF THE CARPATHIANS AND THE TATRAS

Matei DOMNIȚA, Nicoleta-Andrada DOMNIȚA.....20

INTEGRATED APPROACHES FOR REDUCING THE ENVIRONMENTAL IMPACT THROUGH CIRCULAR BIOECONOMY: VALORIZATION OF FRUIT BY-PRODUCTS — A SCIENTIFIC LITERATURE OVERVIEW

Emanuela-Adina NICULA30

EDUCATION, LITERACY AND FINANCIAL INCLUSION: OVERCOMING CHALLENGES IN ROMANIA'S FINANCIAL ECOSYSTEM

Liviu-Gelu DRĂGHICI, Isabelle OPREA.....45

DAIRY PRODUCTS AND THE ENVIRONMENTAL IMPACT

Doru NECULA, Octavia Maria TAMAS-KRUMPE, Brîndușa COVACI.....54

THE MAIN UROPATHOGENIC BACTERIA SUSCEPTIBILITY TO CONVENTIONAL ANTIBIOTICS AMONG ROMANIAN PATIENTS FROM THE NORTHERN MOUNTAINOUS AREA OF THE EASTERN CARPATHIANS

Florentina COSTEA^{1†}, Rodica BOCA^{2†}, Loredana COSTEA³,
Marta HRISCA¹ and Violeta POPOVICI^{4*}

¹ Internal Medicine Department, Municipal Hospital, Vatra-Dornei, 725700, Romania

² Dorna Medical, Vatra-Dornei, 725700, Romania

³ University of Medicine and Pharmacy „G.T.Popa” Iași, 700115, Romania

⁴ INCE/CE-MONT, Romanian Academy, Vatra-Dornei, 725700, Romania

*Corresponding author: violeta.popovici@ce-mont.ro

† These authors had equal contribution

Abstract

In recent years, the medical community has been grappling with a pressing issue: the rise of antibiotic resistance in pathogenic microorganisms. This trend has made treating infectious diseases increasingly challenging, as the efficacy of many antibiotics has been compromised.

This retrospective study examined 10,149 urine samples collected from Romanian patients residing in the northern mountainous area of the Eastern Carpathians in 2021-2022. Pathogenic bacteria were identified in 2420 (23.84%) urine cultures. *Escherichia coli* was preponderant (74.20±2.35%), followed by *Klebsiella* sp. and *Enterococcus* sp (7.50±2.25% and 6.55±3.20%), *Proteus* sp, *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus* (2.42%, 2.18%, and 2.06%). The susceptibility of *E. coli* to antibiotics decreases in the order: Nitrofurantoin, Aminoglycosides (Gentamicin and Amikacin) and Cephalosporins gen III (Cefotaxime, Ceftriaxone), Fluoroquinolones (Ciprofloxacin and Levofloxacin), Fosfomycin, Amoxicillin& Clavulanic acid, Ampicillin, and Amoxicillin. *Klebsiella* sp. are significantly sensitive to Aminoglycosides, Amoxicillin&Clavulanic acid, Cephalosporins, and Fluoroquinolones. *Enterococcus* sp has a remarkable susceptibility to Ampicillin, Amoxicillin, and Nitrofurantoin; *Proteus* sp to Amoxicillin&Clavulanic acid and Cephalosporins and *P. aeruginosa* to Piperacillin&Tazobactam, Amikacin, Ceftazidime, and Imipenem. *S. aureus* was identified in a few urine bacterial cultures, so the study was performed on methicillin-sensitive (MSSA) and methicillin-resistant (MRSA) strains.

Our study's findings have significant applications in UTI treatment strategy. *E. coli*, the most frequent pathogen of urinary tract infections, can be effectively targeted with Fluoroquinolones as the primary antibiotic therapy choice. This is particularly reassuring given the resistance levels of *E. coli* to Fluoroquinolones, significantly below the national average of approximately 29.1%. The second line-antibiotics, including Aminoglycosides (Gentamicin, Amikacin), Beta-lactams (Amoxicillin&Clavulanic acid, Cephalosporins), and Nitrofurantoin, also revealed high inhibitory potential against *E. coli* and could be considered effective treatment options in urinary tract infections caused by this Gram-negative pathogen, offering hope for effective treatment strategies.

Keywords: Urinary tract infections, pathogenic bacteria, urine bacterial culture, antibiotics, susceptibility, mountain region

INTRODUCTION

Urinary tract infections (UTIs) are the most common infections worldwide that can appreciably decrease the patient's quality of life and become a considerable clinical and economic burden (Yang et al. 2022). UTIs pose a threat to public health in both community and hospital settings. They are the most frequent outpatient infections, and around 50% of adult women have more than one UTI in their lifetime. Generally, more than 10% of patients are diagnosed with healthcare-associated UTIs worldwide (Medina and Castillo-Pino, 2019). Their etiology is heterogeneous, clinical manifestations are various, and disease levels range from simple (urethritis and cystitis) to severe (pyelonephritis bacteremia and septic shock) (Öztürk and Murt, 2020). Furthermore, the pathogenic microorganisms of UTI are various, with significant changes by years and differences by countries or regions (Mathur et al. 2020). Numerous virulence factors and multi-drug-resistant (MDR) pathogens make UTI management more difficult and increase the rate of complications (Silva et al. 2021). Despite the advances in their diagnosis and management, UTIs are still related to high incidence and mortality rates, especially in older people (Godbole, Cerruto and Chavada, 2020). The risk of recurrent urinary tract infections increases in pregnancy (Nițică et al. 2021; Werter et al. 2022), diabetes mellitus, heart failure, hypertension, cancer, chronic kidney disease, renal transplant, prostate disorders, mental health diseases, and immunosuppressive medication for other comorbidities (Laudisio et al. 2015). Gram-negative uropathogens are predominant bacteria (Behzadi et al. 2020). *E. coli* are the most prevalent strains causing UTIs, responsible for about 80% of uncomplicated UTIs and over 90% of community and nosocomial infections. *E. coli* is freely attached to the urinary tract epithelium; the attachment could be reversible or biofilm-forming, leading to infection (Chakraborty and Shuvo, 2023). Females have the highest prevalence of urinary tract infections caused by *E. coli*. Dogs (Damborg et al. 2023), pigs, and poultry, as well as meat products and eggs (Mellata et al. 2018) can be sources of extended-spectrum β -lactamase (ESBL)-producing *E. coli* strains causing recurrent and complicated urinary tract infections in human household contacts (Nadimpalli et al. 2019). Gram-negative Foodborne Pathogens such as *Proteus* sp. *Klebsiella* sp., and *Pseudomonas* sp. and Gram-positive ones (*Staphylococcus* sp. and *Enterococcus* sp.), from various meat and dairy products (Jaimee and Halami, 2016; Lee et al. 2017; Mokhtari et al. 2023; Sheikhrezaee et al. 2022) and poultry farms (Mazyed and Al Atya, 2023), are, generally, multidrug-resistant and induce recurrently UTIs with severe complications (Aijaz Shah et al. 2015; Álvarez-Artero et al. 2021; Armbruster et al. 2017; Braczkowska et al. 2020; Caneiras et al. 2019; Chen et al. 2012; Ekkelenkamp et al. 2007; Grillo et al. 2020; Jaimee and Halami, 2016; Khalil et al. 2022; Lee et al. 2017; Mahmoud et al. 2013; Muder et al. 2006; Sanches et al. 2023; Selim et al. 2022; Temoçin et al. 2023; Waad M. Raouf and A.L. Shameran M. Tawfiq, 2023). Many studies periodically analyze the urine bacterial cultures in UTI patients from various healthcare units to assess the prevalence of uropathogens and their susceptibility to conventional antibiotics. Therefore, the present work aims to investigate the main bacteria responsible for urine tract infections and their response to various antibacterial drugs in Romanian patients from the northern mountainous region of the Eastern Carpathians.

MATERIALS AND RESEARCH METHOD

A retrospective cross-sectional study was performed using data collected from Romanian patients residing in the northern mountainous area of the Eastern Carpathians in 2021-2022. Data from 10,149 urine bacterial cultures were obtained from the Vatra Dornei Municipal Hospital electronic database and Dorna Medical Clinical Laboratory records. Uropathogens were identified in only 2420 (23.84%) samples, and their antimicrobial susceptibility profiles were analyzed. This study was performed according to Individual Data Protection regulations without recording names, email addresses, or other sensitive personal data. Only the corresponding results from urine bacterial culture analysis were accessed and recorded. Bacterial susceptibility to conventional antibiotic drugs was investigated using representatives of different structural classes of conventional antibacterials currently used for UTI treatments (beta-lactams (penicillins and cephalosporins) and combinations, aminoglycosides, fluoroquinolones, nitrofurantoin, sulfamethoxazole&trimethoprim, tetracyclines).

Statistical analysis was performed with XLSTAT Life Sciences v.2024.3.0 (Addinsoft, Lumivero, USA); $p < 0,05$ indicates statistically significant differences, calculated using ANOVA single factor from Microsoft 365 Excel v.2024 (Microsoft Corporation, Albuquerque, New Mexico, USA). The results are expressed in percentages (%) as a mean between minimal and maximal values \pm SD.

RESULTS

a. Bacterial Species' Identification

The results are displayed in Figure 1.

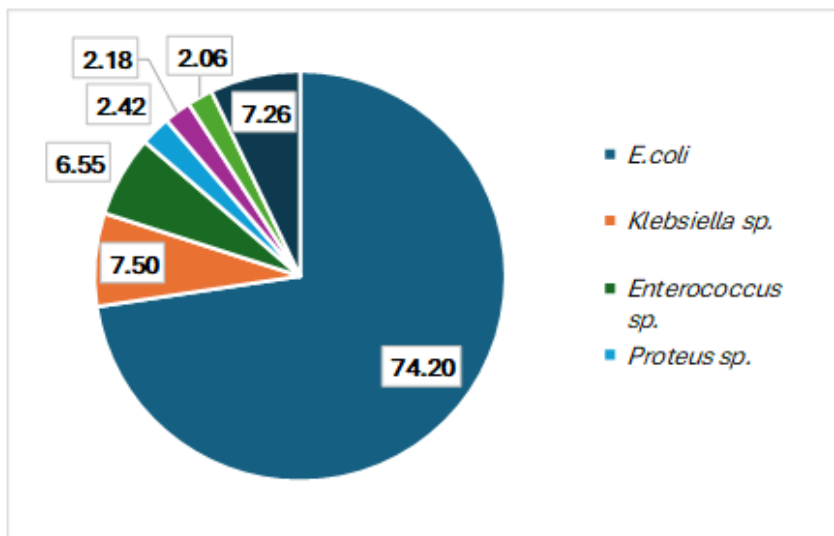


Fig. 1. The main uropathogens identified in urine bacterial cultures

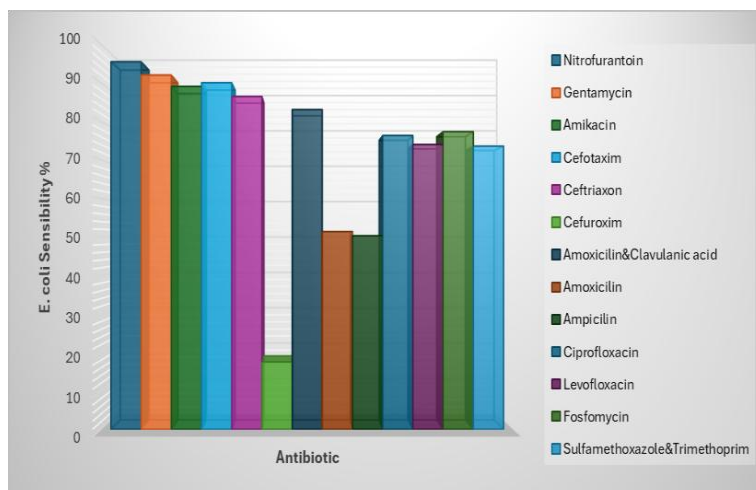
Figure 1 shows that *E. coli* was the most common bacterial strain identified on the culture media ($74.20\pm 2.35\%$). *Klebsiella* sp. and *Enterococcus* sp. also showed closed prevalence values ($7.50\pm 2.25\%$ vs. $6.55\pm 3.20\%$, $p>0.05$). Similar percentages were recorded for 3 bacteria (*Proteus* sp., *P. aeruginosa*, and *S. aureus*, 2.42%, 2.18% and 2.06%). The other 7.26% represents other uropathogens with minimal incidence (*Enterobacter cloacae*, *Streptococcus* beta-hemolytic group B, *Morganella morganii*, *Acinetobacter* sp., *Corynebacterium* sp., and *Candida glabrata*).

b. Investigation of the Bacterial Susceptibility to Antibiotic Drugs

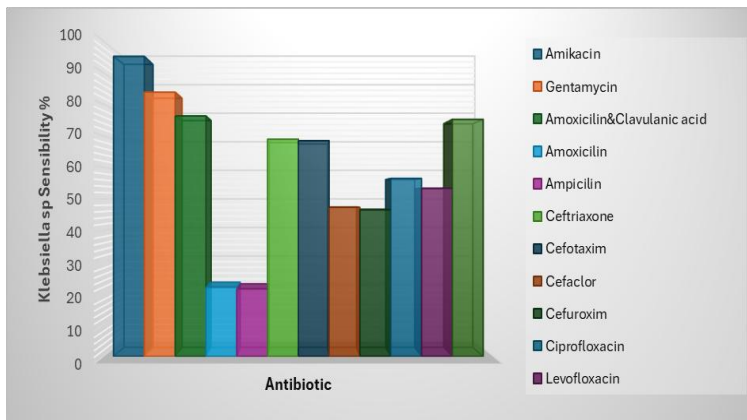
The results are displayed in Figure 2.

As Figure 2a) illustrates, the highest *E. coli* susceptibility was recorded to Nitrofurantoin ($95.54\pm 4.46\%$), Aminoglycosides (Gentamycin and Amikacin, $92.09\pm 2.09\%$ and $89.14\pm 10.86\%$) and Cephalosporins of the third generation (Cefotaxime and Ceftriaxone, $90.09\pm 3.11\%$ and $86.52\pm 3.47\%$).

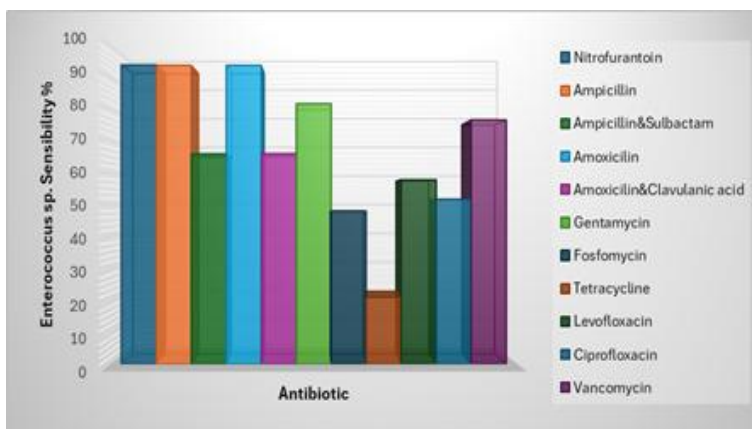
Figure 2a) also shows that Cefuroxime (the second-generation cephalosporin) inhibited *E. coli* strains growing at $17.53\pm 2.04\%$, revealing the lowest antibacterial effect, significantly different ($p<0.05$) than all antibiotics tested. From beta-lactams, Amoxicillin&Clavulanic acid had the strongest inhibitory activity against *E. coli* ($83.11\pm 3.45\%$). At the same time, Amoxicillin and Ampicillin recorded considerably reduced ($p<0.05$) antibacterial activity ($51.41\pm 2.01\%$ and $50.32\pm 7.31\%$) Finally, Fluoroquinolones (Levofloxacin and Ciprofloxacin), Fosfomycin, and Sulfamethoxazole&Trimethoprim display similar moderate antibacterial activity against *E. coli* (between $73.61\pm 4.36\%$ and $77.36\pm 3.73\%$, $p<0.05$).



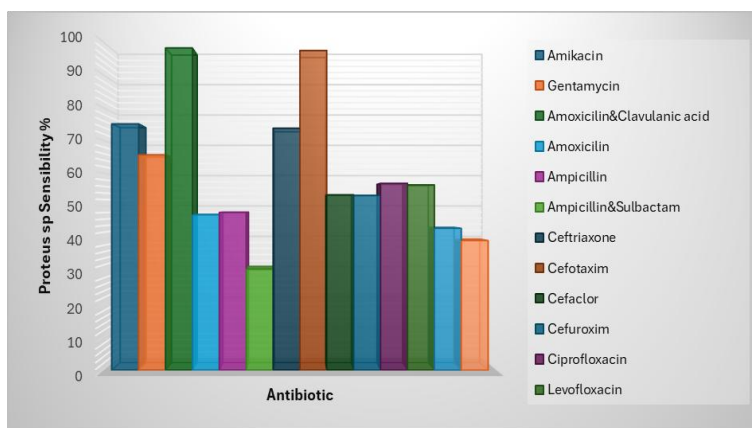
a)



b)



c)



d)

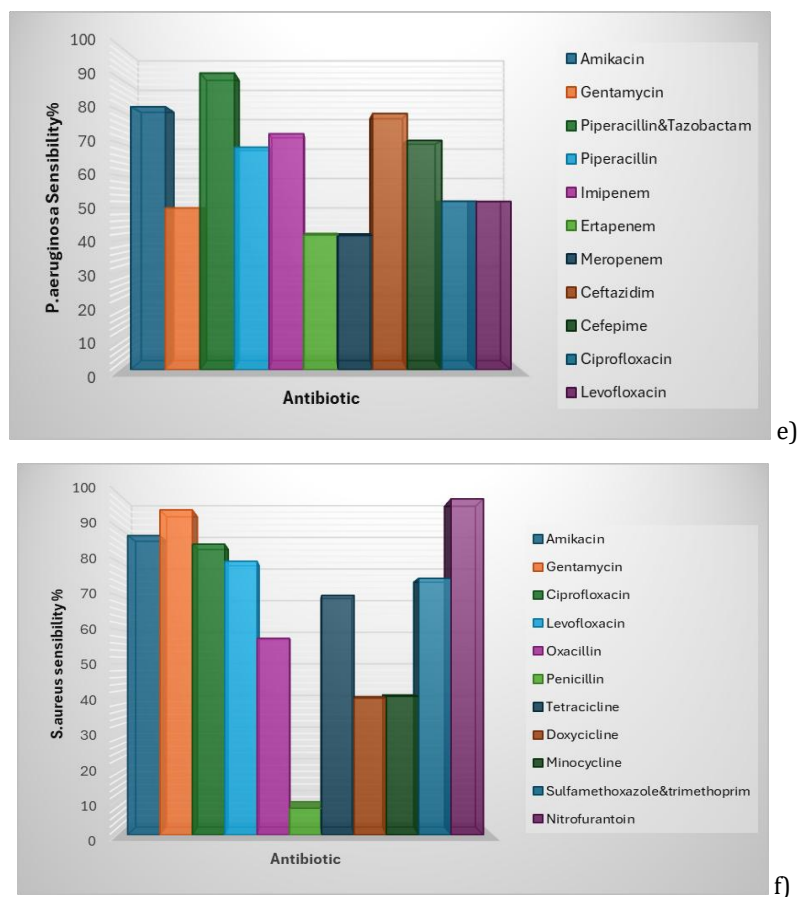


Fig. 2. The susceptibility to conventional antibiotics of main uropathogens identified in urine bacterial cultures : a) *E coli*, b) *Klebsiella sp.*, c) *Enterococcus sp.*, d) *Proteus sp.*, e) *P. aeruginosa*, f) *S. aureus*

Aminoglycosides are also very effective against *Klebsiella sp.*, as Figure 2b) illustrates ($95,24 \pm 4,76\%$ and $83,88 \pm 7,69\%$, $p > 0,05$). Amoxicillin&Clavulanic acid, Generation 3 Cephalosporins, and Sulfamethoxazole&Trimethoprim have similar inhibitory effects in the range $68,47 \pm 11,33\%$ — $76,33 \pm 7,33\%$, $p > 0,05$). Fluoroquinolones and Second Generation-Cephalosporins show similar moderate-low antibacterial activity ($56,50 \pm 13,64\%$ — $46,54 \pm 26,54\%$, $p > 0,05$), and Ampicillin and Amoxicillin displayed the lowest inhibition of *Klebsiella sp.* strains growing (around 22%), significantly different from the previous ones ($p < 0,05$).

Enterococcus sp. is highly susceptible to b-lactams (Ampicillin, Amoxicillin), Nitrofurantoin, Gentamycin, and Vancomycin with no significant differences ($93,90 \pm 6,10\%$ — $76,63 \pm 9,96\%$, $p > 0,05$). It also shows the lowest susceptibility to Tetracycline ($21,00 \pm 4,00\%$, Figure 2c)).

Proteus sp. displays the highest susceptibility to two beta-lactams (Amoxicillin&Clavulanic acid and Cefotaxim ($98,15 \pm 1,86\%$ and $97,37 \pm 2,64\%$), and a moderate to low sensibility to other antibiotics (75 —36%). Fluoroquinolones record the

lowest inhibitory activity against *Proteus* sp. (Figure 2d)). The same observation is available for *P. aeruginosa* (Figure 2e)). Moreover, due to the *P. aeruginosa* MDR, other rarely used antibiotics are tested to increase the antibacterial efficacy against this Gram-negative bacterium (Piperacillin&Tazobactam, Piperacillin, Carbapenems).

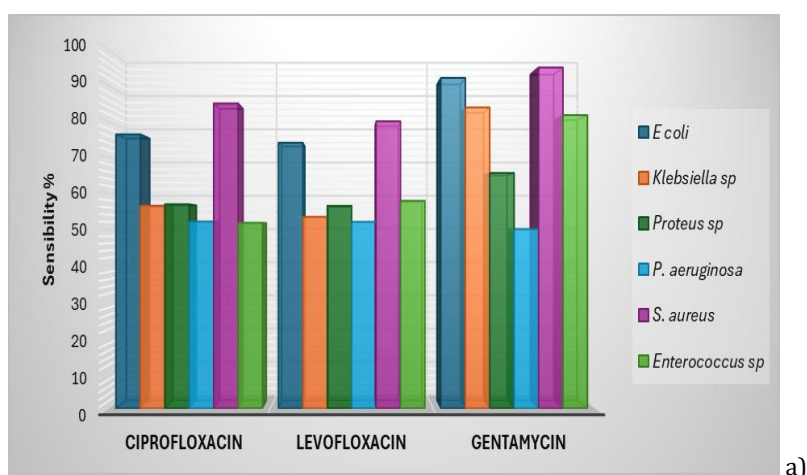
Figure 2f) shows that *S. aureus* is significantly susceptible to Nitrofurantoin, Aminoglycosides, and Fluoroquinolones ($98.21\pm 1.79\%$ — $80.00\pm 25.00\%$) and is moderately susceptible to Sulfamethoxazole&Trimethoprim, Tetracycline and Oxacilin ($75.00\pm 25.00\%$ — $57.50\pm 7.50\%$).

DISCUSSION

Our study results are similar to those obtained by other authors; the most recent studies report the same main uropathogens (Mancuso et al. 2023; Mareş et al. 2024; Pothoven, 2023; Sihra et al. 2022).

Fluoroquinolones and Gentamycin antibacterial activity were tested on all uropathogens (Figure 3a)). *E. coli* and *S. aureus* are the most susceptible bacteria to Ciprofloxacin and Levofloxacin, which could be considered first-line antibiotics for corresponding UTI treatment. The other uropathogens recorded a moderate susceptibility. Gentamycin is highly active against Gram-positive bacteria (*S. aureus* and *Enterococcus* sp.). Of Gram-negative ones, *E. coli* and *Klebsiella* sp. have shown substantial susceptibility. Gentamycin has moderate to low inhibitory effects on *Proteus* sp. and *P. aeruginosa* (Figure 3a)).

Fluoroquinolones and Aminoglycosides were tested on all Gram-negative uropathogens (Figure 3b)). *E. coli* recorded the strongest sensitivity to both classes of antibiotics, while *Proteus* sp. and *P. aeruginosa* had the lowest one. Amikacin exhibited the most significant inhibitory effects on all Gram-negative bacteria, and their susceptibility decreased in the following order: *Klebsiella* sp., *E. coli*, *P. aeruginosa*, and *Proteus* sp. As an overview, Figure 3b) shows that Aminoglycosides are more effective in Gram-negative bacteria-induced UTI treatment than Fluoroquinolones.



a)

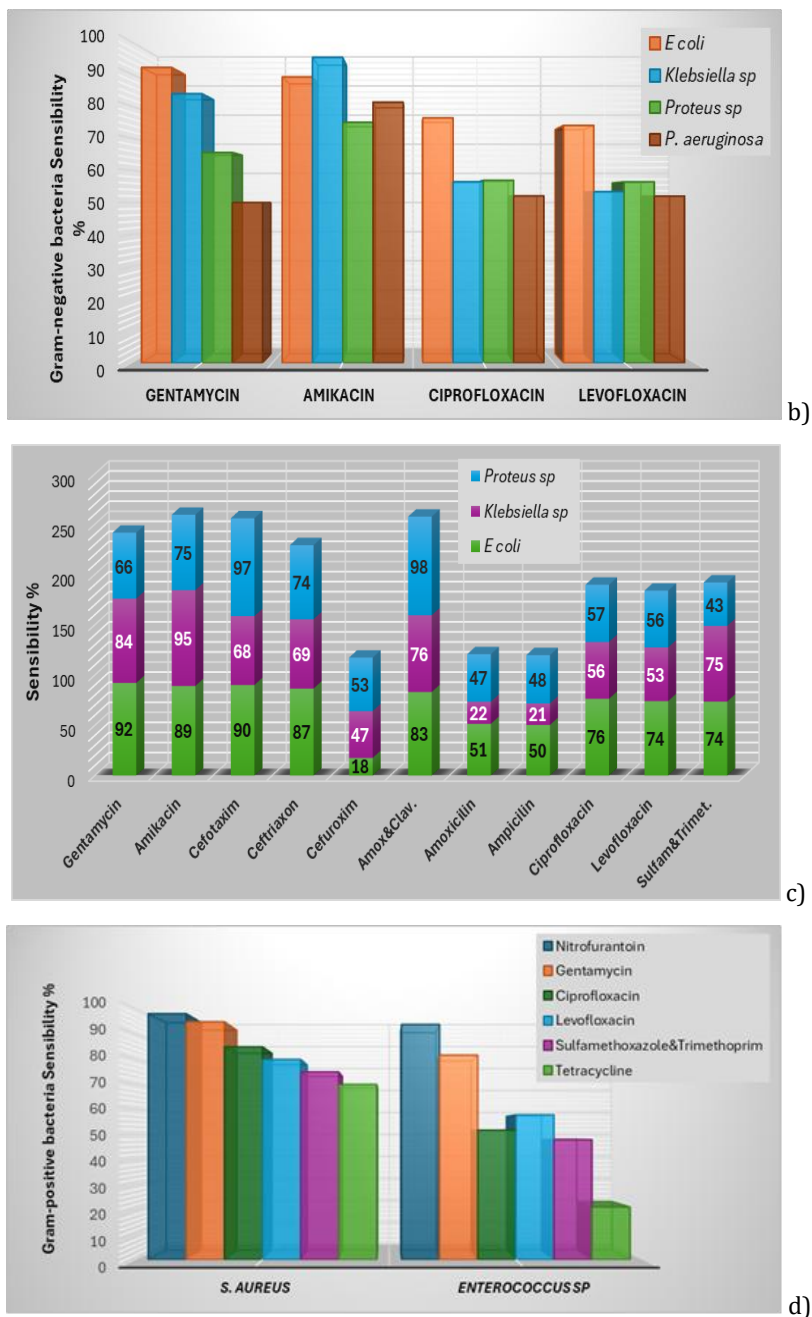


Fig. 3. Comparison of the bacterial strains susceptibility to the same conventional antibiotics: a) Comparative susceptibility of Gram-positive and Gram-negative bacteria to Fluoroquinolones and Gentamicin b) Comparative inhibitory activity of Fluoroquinolones and Aminoglycosides against Gram-negative bacteria; c) Enterobacteriales susceptibility to inhibitory activity of Aminoglycosides, beta-lactams, Fluoroquinolones and Sulfamethoxazole&Trimethoprim; Gram-positive bacteria susceptibility to different antibiotics

The susceptibility of the main 3 Gram-negative uropathogens (*E. coli*, *Klebsiella* sp., and *Proteus* sp.) was concomitantly investigated with 11 different antibiotics (Figure 3c)). Data recorded in Figure 3c) shows that *Proteus* sp. is highly sensitive to Amoxicillin&Clavulanic acid, and Cefotaxime (>95%) and moderately susceptible to Amikacin, Ceftriaxone, and Gentamycin (75-66%). Both Aminoglycosides were considerably effective against *Klebsiella* sp. (95 and 84%), while Amoxicillin&Clavulanic acid, Sulfamethoxazole&Trimethoprim, Ceftriaxone, and Cefuroxime moderately inhibited bacterial strain growth. Against *E. coli*, 5 antibiotics had a strong inhibitory activity (Aminoglycosides, Cephalosporins of the third generation, and Amoxicillin&Clavulanic acid, 92-83%), while other 3 ones (Sulfamethoxazole&Trimethoprim, and Fluoroquinolones) evidenced moderate antibacterial activity (76-74%).

The antibacterial efficacy of six antibiotics (Nitrofurantoin, Gentamycin, Fluoroquinolones, Sulfamethoxazole&Trimethoprim, and Tetracycline) was investigated concomitantly against both Gram-positive bacteria (Figure 3c)). Data recorded in Figure 3c) evidenced that *S. aureus* is more sensitive to all antibiotics tested than *Enterococcus* sp., and Nitrofurantoin and Gentamycin have the strongest inhibitory potential on both Gram-positive bacteria.

CONCLUSION

Our study reveals that *E. coli* is the most common pathogenic bacterium in urinary tract infections, followed too far by *Klebsiella* sp., *Enterococcus* sp., *Proteus* sp., *P. aeruginosa*, and *S. aureus*. The results show that Romanian UTI patients from northern mountainous region of the Eastern Carpathians favorably respond to treatment with common antibiotics. The first-line antibiotic therapy for *E. coli*-induced UTI involves Fluoroquinolones; the *E. coli* susceptibility is higher than the national average. The second line antibiotics for UTI with *E. coli* would be aminoglycosides (Gentamicin, Amikacin), beta-lactams (Amoxicillin&Clavulanic Acid, cephalosporins), and Nitrofurantoin, to which this Gram-negative bacterium recorded significant susceptibility.

AUTHORS' CONTRIBUTIONS

Conceptualization, F.C.; Data curation, R.B., and M.H.; Formal analysis, V.P.; Funding acquisition, L.C.; Investigation, F.C., and M.H.; Methodology, F.C., and V.P. Project administration, F.C.; Resources, R.B.; Software, V.P.; Supervision, F.C.; Validation, R.B.; Visualization, F.C., R.B., L.C., M.H., and V.P.; Roles/Writing - original draft, F.C., M.H., and V.P. and Writing - review & editing, F.C., M.H., and V.P.

CONFLICT OF INTEREST STATEMENT

The authors declare no conflict of interest.

USE OF AI IN THE SCIENTIFIC WRITING

Not applicable.

INSTITUTIONAL REVIEW BOARD STATEMENT

The research was done according to the guidelines of the Declaration of Helsinki.

INFORMED CONSENT STATEMENT

Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

DATA AVAILABILITY

The data supporting the results of this study are available within the article.

REFERENCES

- Aijaz Shah, D., Wasim, S., & Essa Abdullah, F. 2015. Increasing antibiotic resistance of *Pseudomonas aeruginosa* in urinary tract infection isolates currently recorded in Karachi, Pakistan. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, 31(2). <https://doi.org/10.12669/pjms.312.6839>
- Álvarez-Artero, E., Campo-Nuñez, A., García-García, I., García-Bravo, M., Cores-Calvo, O., Galindo-Pérez, I., Pendones-Ulerio, J., López-Bernus, A., Belhassen-García, M., & Pardo-Lledías, J. 2021. Urinary tract infection caused by *Enterococcus* spp.: Risk factors and mortality. An observational study. *Revista Clínica Española (English Edition)*, 221(7), 375–383. <https://doi.org/10.1016/j.rceng.2020.09.004>
- Armbruster, C. E., Smith, S. N., Johnson, A. O., DeOrnellas, V., Eaton, K. A., Yep, A., Mody, L., Wu, W., & Mobley, H. L. T. 2017. The Pathogenic Potential of *Proteus mirabilis* Is Enhanced by Other Uropathogens during Polymicrobial Urinary Tract Infection. *Infection and Immunity*, 85(2). <https://doi.org/10.1128/IAI.00808-16>
- Behzadi, P., Urbán, E., Matuz, M., Benkő, R., & Gajdács, M. 2020. The Role of Gram-Negative Bacteria in Urinary Tract Infections: Current Concepts and Therapeutic Options. In *Advances in Experimental Medicine and Biology* (Vol. 1323, pp. 35–69). https://doi.org/10.1007/5584_2020_566
- Brackzowska, M., Glinka, L., Mieszkowski, M., Tuyakov, B., & Gutysz-Wojnicka, A. 2020. Septic shock caused by community-acquired urinary tract infection caused by *Klebsiella pneumoniae* ESBL+: A case report. *Polish Annals of Medicine*, 27(2). <https://doi.org/10.29089/2020.20.00101>
- Caneiras, C., Lito, L., Melo-Cristino, J., & Duarte, A. 2019. Community- and Hospital-Acquired *Klebsiella pneumoniae* Urinary Tract Infections in Portugal: Virulence and Antibiotic Resistance. *Microorganisms*, 7(5), 138. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7050138>
- Chakraborty, S., & Shuvo, M. 2023. Incidence of Antibiotic Resistant *Escherichia Coli* In UTI Suspected Patients-A Single Centered Study. *Stamford Journal of Microbiology*, 13(1). <https://doi.org/10.3329/sjm.v13i1.70409>
- Chen, C.-Y., Chen, Y.-H., Lu, P.-L., Lin, W.-R., Chen, T.-C., & Lin, C.-Y. 2012. *Proteus mirabilis* urinary tract infection and bacteremia: Risk factors, clinical presentation, and outcomes. *Journal of Microbiology, Immunology and Infection*, 45(3), 228–236. <https://doi.org/10.1016/j.jmii.2011.11.007>
- Damborg, P., Pirolo, M., Schøn Poulsen, L., Frimodt-Møller, N., & Guardabassi, L. 2023. Dogs Can Be Reservoirs of *Escherichia coli* Strains Causing Urinary Tract Infection in

- Human Household Contacts. *Antibiotics*, 12(8), 1269. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12081269>
- Ekkelenkamp, M. B., Verhoef, J., & Bonten, M. J.** 2007. Quantifying the Relationship between Staphylococcus aureus Bacteremia and S. aureus Bacteriuria: A Retrospective Analysis in a Tertiary Care Hospital. *Clinical Infectious Diseases*, 44(11), 1457–1459. <https://doi.org/10.1086/517505>
- Godbole, Gauri P., Nicole Cerruto, and Ruchir Chavada.** 2020. “Principles of Assessment and Management of Urinary Tract Infections in Older Adults.” *Journal of Pharmacy Practice and Research* 50 (3): 276–83. <https://doi.org/10.1002/jppr.1650>.
- Grillo, S., Cuervo, G., Carratalà, J., Grau, I., Llaberia, M., Aguado, J. M., Lopez-Cortés, L. E., Lalueza, A., Sanjuan, R., Sanchez-Batanero, A., Ardanuy, C., García-Somoza, D., Tebé, C., & Pujol, M.** 2020. Characteristics and Outcomes of Staphylococcus aureus Bloodstream Infection Originating From the Urinary Tract: A Multicenter Cohort Study. *Open Forum Infectious Diseases*, 7(7). <https://doi.org/10.1093/ofid/ofaa216>
- Jaimee, G., & Halami, P. M.** 2016. High level aminoglycoside resistance in Enterococcus, Pediococcus and Lactobacillus species from farm animals and commercial meat products. *Annals of Microbiology*, 66(1), 101–110. <https://doi.org/10.1007/s13213-015-1086-1>
- Khalil, M. A., Alorabi, J. A., Al-Otaibi, L. M., Ali, S. S., & Elsilk, S. E.** 2022. Antibiotic Resistance and Biofilm Formation in Enterococcus spp. Isolated from Urinary Tract Infections. *Pathogens*, 12(1), 34. <https://doi.org/10.3390/pathogens12010034>
- Laudisio, A., Marinosci, F., Fontana, D., Gemma, A., Zizzo, A., Coppola, A., Rodano, L., & Antonelli Incalzi, R.** 2015. The burden of comorbidity is associated with symptomatic polymicrobial urinary tract infection among institutionalized elderly. *Aging Clinical and Experimental Research*, 27(6). <https://doi.org/10.1007/s40520-015-0364-x>
- Lee, C.-R., Lee, J. H., Park, K. S., Jeon, J. H., Kim, Y. B., Cha, C.-J., Jeong, B. C., & Lee, S. H.** 2017. Antimicrobial Resistance of Hypervirulent Klebsiella pneumoniae: Epidemiology, Hypervirulence-Associated Determinants, and Resistance Mechanisms. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 7(NOV). <https://doi.org/10.3389/fcimb.2017.00483>
- Mahmoud, A., Zahran, W., Hindawi, G., Labib, A., & Galal, R.** 2013. Prevalence of Multidrug-Resistant Pseudomonas aeruginosa in Patients with Nosocomial Infections at a University Hospital in Egypt, with Special Reference to Typing Methods. *Journal of Virology & Microbiology*, 1–13.
- Mancuso, G., Midiri, A., Gerace, E., Marra, M., Zummo, S., & Biondo, C.** 2023. Urinary Tract Infections: The Current Scenario and Future Prospects. *Pathogens*, 12(4), 623. <https://doi.org/10.3390/pathogens12040623>
- Mareş, C., Petca, R.-C., Popescu, R.-I., Petca, A., Muşescu, R., Bulai, C. A., Ene, C. V., Geavlete, P. A., Geavlete, B. F., & Jinga, V.** 2024. Update on Urinary Tract Infection Antibiotic Resistance—A Retrospective Study in Females in Conjunction with Clinical Data. *Life*, 14(1), 106. <https://doi.org/10.3390/life14010106>.
- Mathur, Purva, Paul Malpiedi, Kamini Walia, Rajesh Malhotra, Padmini Srikantiah, Omika Katoch, Sonal Katyaj et al.** 2020. “Surveillance of Healthcare-Associated Bloodstream and Urinary Tract Infections in a National Level Network of Indian Hospitals.” *Infection Control & Hospital Epidemiology* 41 (S1): s398–99. <https://doi.org/10.1017/ice.2020.1043>.
- Medina, Martha, and Edgardo Castillo-Pino.** 2019. “An Introduction to the Epidemiology and Burden of Urinary Tract Infections.” *Therapeutic Advances in Urology* 11 (January). <https://doi.org/10.1177/1756287219832172>.

- Mokhtari, P., Jalalizand, A., Mahmoudi, E., & Ghalamkari, G.** 2023. Tracking and Identifying Enterobacteriaceae Contamination in Darkling Beetles (Tenebrionidae) as One of the Reservoirs of Bacteria Persistence Poultry Farms. *Journal of Veterinary Research*, 78(2). <https://doi.org/10.22059/jvr.2023.355362.3327>
- Muder, R. R., Brennen, C., Rihs, J. D., Wagener, M. M., Obman, A., Obman, A., Stout, J. E., & Yu, V. L.** 2006. Isolation of *Staphylococcus aureus* from the Urinary Tract: Association of Isolation with Symptomatic Urinary Tract Infection and Subsequent Staphylococcal Bacteremia. *Clinical Infectious Diseases*, 42(1), 46–50. <https://doi.org/10.1086/498518>
- Nadimpalli, M., Vuthy, Y., de Lauzanne, A., Fabre, L., Criscuolo, A., Gouali, M., Huynh, B.-T., Naas, T., Phe, T., Borand, L., Jacobs, J., Kerléguer, A., Piola, P., Guillemot, D., Le Hello, S., & Delarocque-Astagneau, E.** 2019. Meat and Fish as Sources of Extended-Spectrum β -Lactamase-Producing *Escherichia coli*, Cambodia. *Emerging Infectious Diseases*, 25(1). <https://doi.org/10.3201/eid2501.180534>
- NIȚICĂ, R.-P., GICĂ, N., GICĂ, C., CIOBANU, A. M., PELTECU, G., CIMPOCA-RAPTIS, B. A., BOTEZATU, R., & PANAITESCU, A. M.** 2021. Urinary tract infections in pregnancy. *Romanian Journal of Medical Practice*, 16(S3), 40–44. <https://doi.org/10.37897/RJMP.2021.S3.9>
- Öztürk, Recep, and Ahmet Murt.** 2020. “Epidemiology of Urological Infections: A Global Burden.” *World Journal of Urology* 38 (11): 2669–79. <https://doi.org/10.1007/s00345-019-03071-4>.
- Pothoven, R.** 2023. Management of urinary tract infections in the era of antimicrobial resistance. *Drug Target Insights*, 17, 126–137. <https://doi.org/10.33393/dti.2023.2660>
- Sanches, M. S., Silva, L. C., Silva, C. R. da, Montini, V. H., Oliva, B. H. D. de, Guidone, G. H. M., Nogueira, M. C. L., Menck-Costa, M. F., Kobayashi, R. K. T., Vespero, E. C., & Rocha, S. P. D.** 2023. Prevalence of Antimicrobial Resistance and Clonal Relationship in ESBL/AmpC-Producing *Proteus mirabilis* Isolated from Meat Products and Community-Acquired Urinary Tract Infection (UTI-CA) in Southern Brazil. *Antibiotics*, 12(2), 370. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12020370>
- Selim, S., Fariied, O. A., Almuhayawi, M. S., Saleh, F. M., Sharaf, M., El Nahhas, N., & Warrad, M.** 2022. Incidence of Vancomycin-Resistant *Staphylococcus aureus* Strains among Patients with Urinary Tract Infections. *Antibiotics*, 11(3), 408. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11030408>
- Sheikhrezaee, M., Mehrabani, M., Golnaraghi, A., Kobarfard, F., & Hosseini, O.** 2022. Study of Antibacterial and Synergistic Activities of *Cinnamomum verum*, *Eucalyptus camaldulensis* and *Zataria multiflora* Boiss. in Persian Medicine Against Some Gram-Negative and Gram-positive Pathogenic Bacteria. *Egyptian Journal of Veterinary Sciences*, 53(1), 87–97. <https://doi.org/10.21608/ejvs.2021.98049.1301>
- Sihra, N., Malde, S., Greenwell, T., Pakzad, M., Kujawa, M., & Sinclair, A.** 2022. Management of recurrent urinary tract infections in women. *Journal of Clinical Urology*, 15(2), 152–164. <https://doi.org/10.1177/2051415820939456>
- Silva, João Luis Almeida da, Cassiane Dezoti da Fonseca, Eniva Miladi Fernandes Stumm, Roseanne Montargil Rocha, Myria Ribeiro da Silva, and Dulce Aparecida Barbosa.** 2021. “Factors Associated with Urinary Tract Infection in a Nursing Home.” *Revista Brasileira de Enfermagem* 74 (suppl 2). <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2020-0813>.
- TEMOÇİN, F., KAYHAN, Ş. B., ŞENSOY, L., KURUOĞLU, T., ATILLA, A., & TANYEL, E.** 2023. Urinary tract infections caused by carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae*:

monotherapy or combined therapy? *Pamukkale Medical Journal*, 16(2). <https://doi.org/10.31362/patd.1244480>

- Waad M. Raof, & A.L. Shameran M. Tawfiq.** 2023. Sensitivity of *Pseudomonas aeruginosa* Isolated from patients with different clinical state to Antibiotics and determination of some virulence factors in vitro. *Tikrit Journal of Pure Science*, 20(1), 42–47. <https://doi.org/10.25130/tjps.v20i1.1133>
- Werter, D. E., Kazemier, B. M., van Leeuwen, E., de Rotte, M. C. F. J., Kuil, S. D., Pajkrt, E., & Schneeberger, C.** 2022. Diagnostic work-up of urinary tract infections in pregnancy: study protocol of a prospective cohort study. *BMJ Open*, 12(9), e063813. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-063813>
- Yang, Xiaorong, Hui Chen, Yue Zheng, Sifeng Qu, Hao Wang, and Fan Yi.** 2022. “Disease Burden and Long-Term Trends of Urinary Tract Infections: A Worldwide Report.” *Frontiers in Public Health* 10 (July). <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.888205>.

TOURIST INFRASTRUCTURE AND MOUNTAIN RELIEF USE: A COMPARISON OF THE CARPATHIANS AND THE TATRAS

Matei DOMNIȚA¹, Nicoleta-Andrada DOMNIȚA²

¹ Mountain Economy Center “CE-MONT” of the National Institute for Economic Research “Costin C. Kirițescu” - INCE, Romanian Academy, Str. Petreni, no. 49, Vatra Dornei, Romania

² Babeș-Bolyai University, Faculty of Economics and Business Administration, Cluj-Napoca, Romania

*Corresponding author: mdomnita@gmail.com

Abstract

The Carpathian Mountains, Europe's second-longest mountain range, extend approximately 1,500 kilometers across Central and Eastern Europe and are a significant region for tourism. Around 80% of the range lies within the borders of Romania, Slovakia, and Poland, making these three countries key stakeholders in the region's tourism development. While the morphology and scenery of the mountains share many similarities, the approaches taken by each country to promote and develop tourism differ significantly. Romania emphasizes scenic routes and extensive hiking opportunities, Slovakia focuses on ski resorts and year-round outdoor activities, while Poland capitalizes on well-developed mountain tourism hubs like Zakopane. This study examines the tourism infrastructure in the Carpathian regions of Romania, Slovakia, and Poland, focusing on key aspects such as accommodations, facilities for winter and summer activities, and transportation networks. By comparing these three countries, the analysis aims to evaluate their offerings for tourists, including lodging, ski slopes or hiking trails. This comparison provides insights into how each nation leverages its portion of the Carpathians to support and grow its tourism sector.

Keywords: *Carpathian Mountains, tourism infrastructure, Romania, Slovakia, Poland, ski resorts, accommodation, mountain tourism.*

INTRODUCTION

The Carpathian Mountains, stretching approximately 1,700 kilometers across Central and Eastern Europe, represent a region of significant tourist interest. The Carpathians are an important source of natural wealth, serving as a stronghold for large carnivores, hosting over half of the continent's populations of bears, wolves, and lynxes, as well as a third of European plant species, including 481 endemic species (Kichkovskyy, 2010). Romania, Slovakia, and Poland, which together host about 80% of this mountain range, have adopted different strategies to capitalize on the region's tourism potential. Although the morphology and landscapes are similar, each country focuses on different aspects: Romania emphasizes mountain trails and scenic roads, Slovakia develops ski resorts and recreational activities, while Poland promotes famous resorts, such as Zakopane. The Carpathians in these three countries share common geomorphological features, with steep peaks, forested slopes, and glacial valleys. In Romania, the Carpathians are divided into the Southern, Eastern, and Western Carpathians; in Poland, they are located in the south (the Tatra Mountains); and in Slovakia, they are in the north, with the High Tatras (Vysoké Tatry) and Low Tatras (Nízke Tatry).

Tourism in this area focuses on similar activities, with weather conditions playing an important role in shaping preferences for summer vacations (hiking) and winter vacations

(skiing), as well as relaxation or treatment activities (spa resorts) (Wieckowski, 2020). Notably, ski tourism has developed into a significant segment of the winter tourism industry, attracting approximately 350 million annual ski visits worldwide (Steiger et al. 2019). Currently, there is also a shift from traditional tourism centered on hiking and spa resorts to a product more oriented toward fun and entertainment in these destinations (Gajdosikova et al. 2019).

Recent studies have analyzed mountain tourism in Central and Eastern Europe, in Slovakia, Poland, and Romania, highlighting various aspects such as skiing tourism, hiking, cultural tourism, and the impact of climate change on these activities. Research on skiing tourism emphasizes the economic and infrastructural importance of winter sports in these regions. Poland and Slovakia are recognized as key destinations due to their developed ski resorts and Romania's Carpathian slopes offer emerging potential in the sector (Gajdosikova et al. 2019, Herman et al. 2021, Krzesiwo et al. 2019). Beyond winter tourism, studies on hiking and cultural tourism underscore the significance of the Carpathians and Tatras as year-round attractions, where visitors engage in ecotourism, heritage exploration, and outdoor recreation, reflecting the diverse tourism portfolio of these mountain areas (Banhidi et al. 2014, Mokras-Grabowska, 2017). Besides these, the impact of climate change on mountain tourism has been widely examined, with findings suggesting a reduction in snow reliability and an increasing shift towards alternative tourism activities, such as nature-based and cultural tourism, to mitigate the negative effects of warming trends (Demiroglu et al. 2015, Dinčă et al. 2014, Jodłowski et al. 2023). These studies collectively illustrate the evolving dynamics of mountain tourism in Slovakia, Poland, and Romania, providing a comprehensive understanding of its economic, cultural, and environmental dimensions.

This study compares the tourism infrastructure in the Carpathians to highlight both the strengths and challenges of each country, providing insight into how these countries leverage their mountain natural resources to support tourism development. In the Carpathian region, tourism activities occur year-round, but seasonality significantly influences tourist flows, with peaks during the summer and winter seasons (Faracik et al. 2009). In summer, mountain trails attract hiking enthusiasts, while in winter, ski slopes become the main destinations. These seasonal dynamics are essential for understanding tourist behavior. The analysis focused on three main indicators: the network of mountain trails, the number of ski slopes, and accommodation units, which are crucial for defining the region's tourism potential. The trails and slopes reflect the main seasonal activities, while the number of accommodation units indicates the region's capacity to support tourist flows. These indicators are fundamental for assessing the region's attractiveness.

The mountainous regions of the Carpathians in Romania, Slovakia, and Poland have populations distributed across small rural communities, medium-sized towns, and a few large urban centers that serve as economic and tourist hubs. Although population density is low in the mountainous areas, these regions are inhabited by communities with traditions rooted in agriculture, animal husbandry, and tourism. Fig. 1 shows the largest cities in the Carpathian Mountains area. While Slovakia has more medium-sized settlements, and only Romania has large cities at the mountain periphery, none of the three countries stands out for urban development within the Carpathian region.

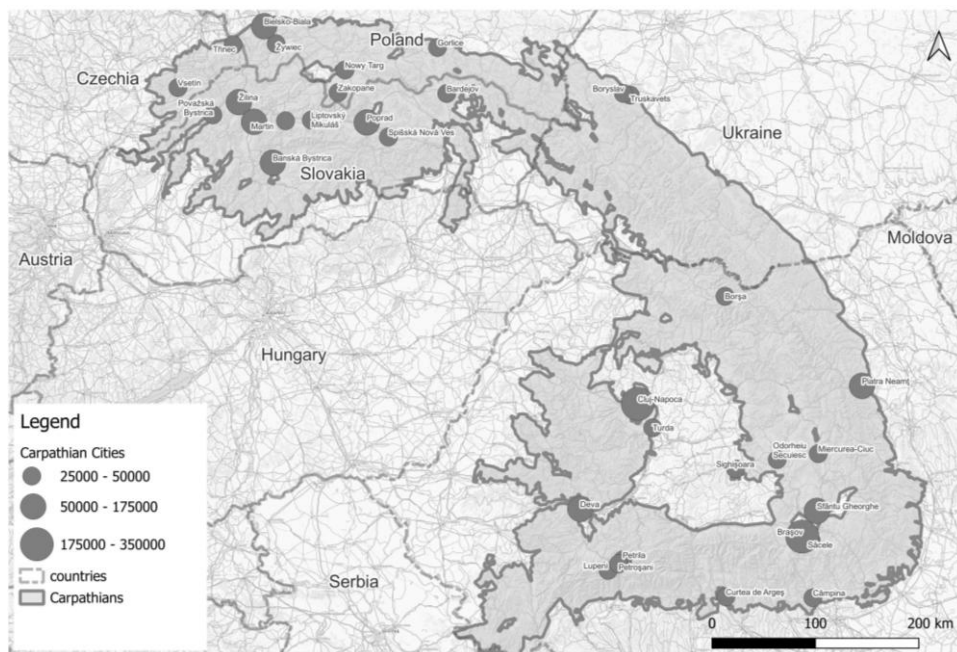


Fig. 1. Carpathian Mountains and main cities

Map: the authors

MATERIALS AND RESEARCH METHOD

For the analysis of the three mentioned indicators, we used data from OpenStreetMap (OSM), the most well-known Volunteered Geographic Information (VGI) system (Goodchild, 2007), which emerged as a solution to the need for open and easily accessible geographic data.

All data from the OSM database can be downloaded for free in various spatial data formats. Additionally, there are a number of open-source tools available for processing this data and generating other formats (Mooney et al. 2013). The OSM project relies on experienced volunteers who dedicate their time to verifying, updating, and improving OSM data.

OSM provides data in structures called "ways" with attached attributes. Mountain trails, accommodation units, or ski slopes are examples of such structures with specific attributes (Fig. 2). This data is then converted into a database for more efficient management and to facilitate access to the required information.

OSM contains data about the entire Earth's surface and the objects on it, classified for almost any type of use. In our study, we focused on organizing and filtering data relevant to the analysis of tourism facilities. The indicators selected for this study are ski slopes, tourist trails, and accommodation units. Ski slopes were identified using the "piste:type" attribute from OSM, tourist trails are represented as "Relations – Hiking Route," and

accommodation units were extracted from the "accommodation" category in OSM. All this data was processed using a Geographic Information System (GIS).



Fig. 2. Example of OpenStreetMap data – ski slopes (a) and mountain trails (b).

Source: OpenStreetMap Contributors (2024). www.openstreetmap.org. Accessed 2 November 2024.

The data was imported using QGIS, an open-source tool, which enabled the efficient extraction and processing of data from OpenStreetMap. After importing the relevant data (ski slopes, mountain trails, and accommodation units), spatial analysis was conducted in ArcGIS Pro, a specialized software that provided an advanced set of tools for analyzing and visualizing geographic data. This spatial analysis method allowed for the identification and assessment of correlations between tourism facilities in mountain regions, and the generated maps were useful for highlighting their distribution based on various geographical and thematic criteria. The use of these GIS tools ensured precise data management and analysis capabilities, thus contributing to the creation of a detailed and well-founded study on tourism in the regions.

RESULTS

a. Accommodation Units

For the analysis of accommodation units in the Carpathian region, the data was extracted from the OpenStreetMap (OSM) database, including all common types of accommodation units: hotels, motels, hostels, guesthouses, and cabins. This data was filtered to include only the units located within the geographic boundaries of the Carpathian Mountains. This approach allowed for an accurate assessment of the distribution of tourism infrastructure in the mountain areas, excluding regions outside of this natural framework.

Fig. 3 illustrates the density of accommodation units in each of the three countries analyzed – Romania, Slovakia, and Poland – providing a clear comparative overview.

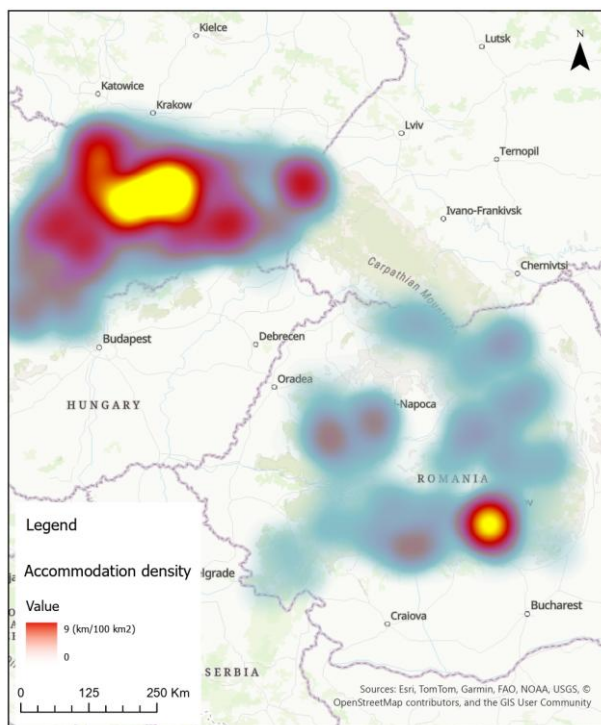


Fig. 3 Density of Accommodation Units

Data source: OpenStreetMap Contributors (2024). Map: authors

The analysis of the accommodation unit density in the Carpathians of Romania, Slovakia, and Poland highlights distinct tourism strategies. Poland, with a Carpathian area of 18,762 km², hosts 3,301 accommodation units, resulting in a density of 17.5 units per 100 km². This high density indicates a concentrated tourism infrastructure, focused on comfort and accessibility within a limited mountainous space.

Slovakia, with an area of 29,421 km² and 3,378 accommodation units, has a density of 11.4 units per 100 km². This intermediate value reflects a balanced approach, with developed infrastructure in a medium-sized mountainous area.

Romania, with the largest Carpathian region of 66,750 km² and 5,295 accommodation units, presents the lowest density, at just 7.9 units per 100 km². This figure suggests a more dispersed tourism strategy, with an emphasis on rural and eco-tourism, in line with the vastness of the region.

b. Mountain trails

To analyze the mountain trails, we extracted data related to Hiking Routes from OSM and divided them by the three studied countries. Fig. 4 presents the mountain trails in the studied Carpathian areas. Only the trails marked as tourist routes within the Carpathian Mountains were considered, with forest roads and unmarked paths excluded from the analysis.

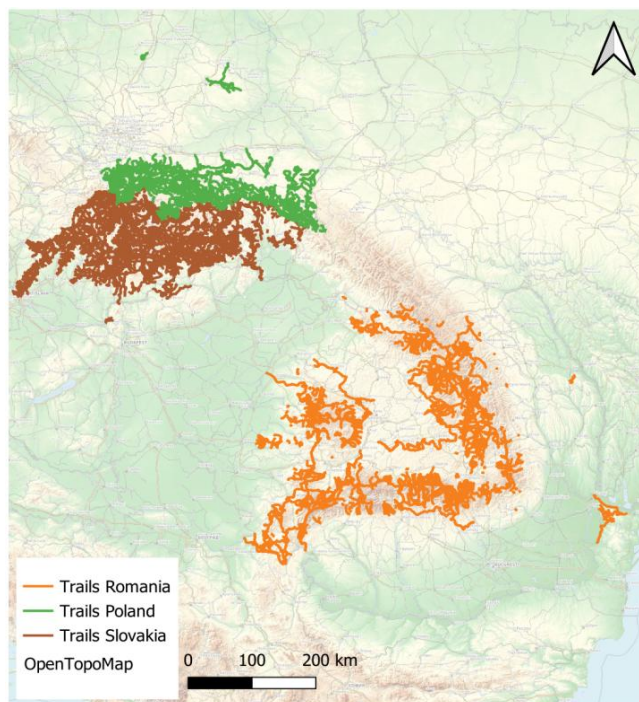


Fig. 4. Mountain Trails in the Studied Area

Data source: OpenStreetMap Contributors (2024). Map: authors

For the analysis of mountain trails in the Carpathian regions, both the total length of the trails and their density relative to the mountainous area in each country were evaluated.

Slovakia has an extensive network of mountain trails, with a total of 41,928 km and an impressive density of 140 km/100 km², reflecting a well-developed infrastructure and high accessibility for hikers.

Poland has a total trail length of 18,967 km and a density of 101 km/100 km², highlighting a consistent coverage of the mountainous area.

Romania, although it has the largest mountainous area among the three countries, offers 29,846 km of mountain trails, with a density of only 44.71 km/100 km², suggesting a more dispersed network and less infrastructure development compared to Slovakia and Poland.

These differences reflect the countries' varied approaches to utilizing and promoting the tourism potential of the Carpathian Mountains.

c. Ski slopes

To analyze the skiing infrastructure, we extracted data from OSM related to downhill ski slopes (excluding the unmarked off-piste trails), which are generally located within larger ski resorts. As seen in Fig. 5, the ski slopes are clustered around the few major ski resorts in the three countries analyzed.

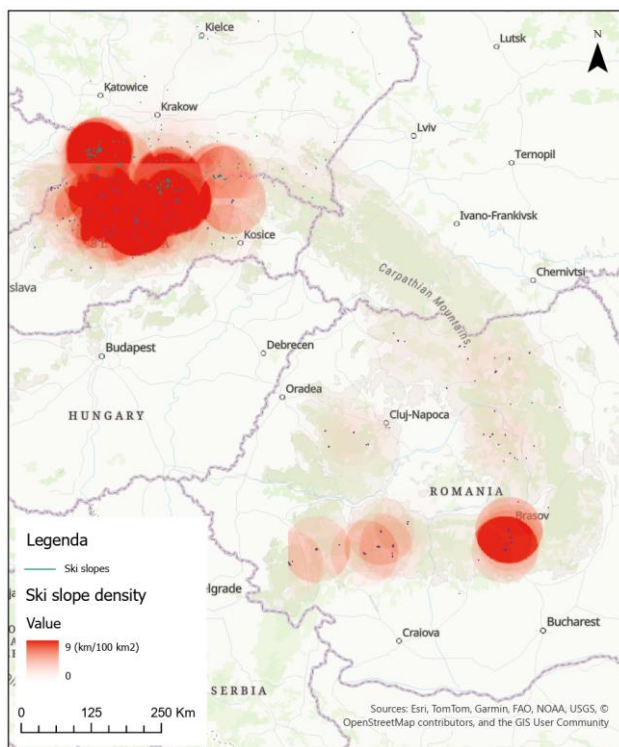


Fig. 4. Density of Ski Slopes in the Studied Area

Source of data: OpenStreetMap Contributors (2024). *Map:* authors

The Carpathian regions of Poland, Slovakia, and Romania show different densities of ski slopes, reflecting varied strategies for the development of mountain tourism.

Poland has the highest ski slope density, with 546.03 km of slopes, which represents 2.91 km/100 km², indicating a well-developed infrastructure focused on maximizing winter tourist activities.

Slovakia, with 672.56 km of slopes and a density of 2.29 km/100 km², reflects a balanced development of ski infrastructure adapted to the size of the mountain region.

Romania, with 327.44 km of slopes and a density of only 0.49 km/100 km², suggests a more limited infrastructure, consistent with a more dispersed mountain tourism strategy. These differences highlight the distinct priorities of each country in leveraging mountain tourism.

DISCUSSION

The integrated analysis of the density of accommodation units, mountain trails, and ski slopes in the Carpathian regions of Poland, Slovakia, and Romania reflects distinct tourism strategies influenced by economic, infrastructural, and geographical priorities. Poland, despite having the smallest Carpathian area, demonstrates an intensive and concentrated use of its territory, with the highest densities both in terms of accommodations (17.5 units/100 km²) and ski slopes (2.91 km/100 km²), followed by a

significant infrastructure of mountain trails (101 km/100 km²). This indicates a clear orientation towards intensive, accessible, and well-organized tourism.

Slovakia, with intermediate densities across all categories specific to winter sports (11.4 accommodation units/100 km², 2.29 km of ski slopes/100 km²), has the highest density of mountain trails at 140 km of trails/100 km². This reflects a balanced approach that combines the development of tourism infrastructure with environmental conservation and diversification of the tourist offering. It positions the country as a versatile destination, suitable for both winter sports and mountain hiking.

Romania, although it has the largest Carpathian area and the highest total number of accommodation units (5,295), has the lowest densities across all categories (7.9 accommodation units/100 km², 44.71 km of trails/100 km², and 0.49 km of ski slopes/100 km²). This suggests a more dispersed and less concentrated infrastructure, adapted to a tourism model focused on rural exploration and ecological tourism, rather than mass tourism.

These data highlight the differences in national strategies for capitalizing on the Carpathian Mountains, reflecting how each country balances accessibility, diverse tourism experiences, and the sustainable development of the region.

CONCLUSION

In this research, we analyzed the tourist potential of the mountainous regions of the Carpathians using data from OpenStreetMap (OSM), a free and open geographic information database. We investigated three main indicators : ski slopes, mountain trails, and accommodation units, to assess the distribution and accessibility of tourist facilities in the mountainous areas of Romania, Slovakia, and Poland. The analysis process was carried out with the help of GIS tools, namely QGIS and ArcGIS Pro, which allowed for the import, processing, and spatial analysis of OSM data. The results obtained demonstrated a correlation between the number of tourist facilities and areas with high potential for recreational activities and mountain tourism, confirming the importance of tourism infrastructure in attracting visitors to these regions.

By using OSM and GIS tools, we were able to identify the main tourist areas in the Carpathians, highlighting significant differences between the analyzed countries in terms of the distribution and availability of tourist facilities such as hiking trails, ski slopes, and accommodation units. The study showed that regions with more developed infrastructure, such as the Zakopane area in Poland, have a higher concentration of high-quality facilities, suggesting a greater attraction for tourists seeking premium services. Additionally, the analysis revealed that Slovakia is better prepared for summer tourism, with a significant number of hiking trails, but also sufficient facilities to support a considerable tourist flow during the winter season, especially on ski slopes. Overall, the study emphasizes the importance of planning and developing tourist infrastructure to support seasonal tourist flows in both summer and winter months, focusing on diversifying the tourist offer and enhancing the attractiveness of mountain regions.

Future research could explore the integration of additional data, such as climate or economic data, to obtain an even more detailed picture of the dynamics of mountain tourism. Additionally, analyzing the impact of tourism on the environment and local communities could provide an important layer of information for the development of

sustainable tourism in mountain regions. A potential direction for future research would be the use of data on the activities of companies operating in the tourism sector in the area or analyzing the evolution of tourist flows based on variations in temperature or snow cover.

AUTHORS CONTRIBUTION

Conceptualization, M.D.; Methodology, A.D. and M.D.; Formal analysis, A.D.; Data verification, M.D.; Writing – original draft, M.D; Writing – review and editing, A.D. and M.D.

CONFLICT OF INTEREST STATEMENT

The authors declare that there are no conflicts of interest.

USE OF AI IN THE SCIENTIFIC WRITING

During the preparation of this article, the authors used the ChatGPT tool to generate suggestions for phrasing parts of the text and to optimize the clarity of expressions. After using this tool, the authors reviewed and edited the content according to academic requirements and take full responsibility for the content of the publication

DATA AVAILABILITY

The derived data supporting the conclusions of this study are available from the corresponding author upon request.

REFERENCES

- Banhidi M., Simonek J, Dobay Beáta.** 2014. Preferred sport tourism destinations of slovak and hungarian tourists. *Sport Science*. 7.
- Demiroglu O. C., Kučerová J., Ozcelebi O.** 2015. Snow reliability and climate elasticity: Case of a Slovak ski resort. *Tourism Review*, 70(1), 1–12.
- Dincă, A. I., Surugiu, C., Surugiu, M., Frent, C.** (2014). Stakeholder perspectives on climate change effects on tourism activities in the northern Romanian Carpathians: Vatra Dornei resort case study. *HUMAN GEOGRAPHIES – Journal of Studies and Research in Human Geography*, 8(1), 27–41.
- European Environment Agency (EEA).** 2023. European Mountain areas. Dataset Retrieved from <https://www.eea.europa.eu/en/datahub/datahubitem-view/48b6f8a7-9e5a-4865-bd05-59c29348b5fb> downloaded on 8 June 2024.
- Faracik R., Kurek W., Mika M., Pawlusiński R.** 2009. Turystyka w Karpatach Polskich w świetle współczesnych kierunków rozwoju. In Domański B., Kurek W., eds. *Gospodarka i przestrzeń*. Kraków (Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ), pp 77-98.
- Gajdosikova, Zuzana, Gajdosik, Tomas, Kucerova, Jana.** 2019. Slovak winter tourism destinations: future playground for tourists in the Carpathians. *Tourism and Hospitality Management*. 25. 10.20867/thm.25.1.7.
- Geofabrik.** 2024. OpenStreetMap data from Geofabrik – Europe Dataset. Retrieved from <https://download.geofabrik.de/> downloaded on 10 August 2024

- Goodchild M.F.** 2007. Citizens as sensors: The world of volunteered geography. *GeoJournal*, 69, 211–221
- Herman, G., Grama, V., Buhaş S, Garai Lavinia, Caciora T., Grecu Alexandra, Gruia Andreea, Hudea Oana, Peptenatu D.** 2021. The Analysis of the Ski Slopes and the Degree of Economic Dependence Induced by Winter Sports Tourism. The Case of Romania. *Sustainability*. 13. 13698. 10.3390/su132413698.
- Jodłowski M., Kruczek Z., Szromek, A., Gmyrek-Gołąb Katarzyna.** 2023. Tourists' Attitudes towards Visitor Management and Restrictions in the National Parks in the Carpathian Mountains. *Studia Periegetica*. 42. 10.58683/sp.385.
- Kichkovskyy, M.** 2010. Sustainable development of mountain regions and the experience of the Carpathian Mountains. Congress of Local and Regional Authorities, Chamber of Regions, 19th Session. CPR(19)2
- Krzesiwo Kinga, Ziółkowska-Weiss Kamila, Zemla M.,** 2018. The attractiveness of selected Central European countries for winter sports and mountain hiking. *Turyzm*. 28. 10.18778/0867-5856.28.1.12.
- Mokras-Grabowska Justyna.** 2017. Mountain Hiking in Tatra National Park. *Tourism Journal* 2016 26/1. 26. 10.1515/tour-2016-0006.
- Mooney P., Minghini M.** 2017. *A Review of OpenStreetMap Data*; Ubiquity Press: London, UK, 2017
- OpenStreetMap Contributors.** 2024. OpenStreetMap basemaps Retrieved from OpenStreetMap Foundation. <https://www.openstreetmap.org/> accessed on 12 November 2024
- Steiger R., Scott, D., Abegg B., Pons M., Aall, C.** 2019. A critical review of climate change risk for ski tourism. *Current Issues in Tourism*, 22(11), 1343-1379
- Więckowski M.** 2020. Natural heritage as a resource for tourism development in the Polish Carpathians. *Geographical review*. 72. 243-259. 10.31577/geogrcas.2020.72.3.12.

INTEGRATED APPROACHES FOR REDUCING THE ENVIRONMENTAL IMPACT THROUGH CIRCULAR BIOECONOMY: VALORIZATION OF FRUIT BY-PRODUCTS — A SCIENTIFIC LITERATURE OVERVIEW

Emanuela-Adina NICULA^{1*}

¹ Mountain Economy Center (CE-MONT), “Costin C. Kirițescu” National Institute of Economic Research (INCE), Romanian Academy, 49th, Petreni Street, 725700, Vatra Dornei, Romania

*Corresponding author: emanuela.nicula@ce-mont.ro

Abstract

The transition from a linear production model, which depletes resources, to a circular approach has become crucial in addressing global sustainability challenges. The circular bioeconomy emerges as a promising framework, combining principles of the circular economy with bioeconomy strategies to promote eco-friendly, resource-efficient practices. By focusing on the recycling and reuse of organic residues, particularly fruit by-products, this approach aims to close nutrient loops, reduce environmental impacts, and prevent the loss of valuable resources. Utilizing fruit waste addresses environmental pollution, while reducing the carbon footprint across the food supply chain promotes eco-friendliness. The valorization of by-products, such as fruit waste, represents a growing global trend with significant potential to enhance the nutritional value of staple foods while addressing sustainability concerns. Despite their richness in phytochemicals, only a fraction of such by-products—less than 0.5% of fruit waste, for instance—is currently repurposed into valuable products.

This literature perspective explores integrated approaches for reducing the environmental impact through the valorization of fruit by-products. By leveraging the circular bioeconomy, innovative and high-quality products can be developed, contributing to waste minimization, local economic growth, and environmental sustainability. This work highlights the importance of utilizing natural resources efficiently, aligning with global efforts to achieve a more sustainable future.

Keywords: *Circular bioeconomy, valorization, fruit waste, by-products, environmental impact*

INTRODUCTION

In the recent decades, worldwide, we have witnessed a massive growth in terms of population, which has induced without any doubt a severe pressure on the food, availability, management, and disposal (Bathia et al. 2023).

Food, a commodity that rapidly turns into waste (Badgett and Milbrandt, 2021), seems to be strongly related to the carbon footprint, being of paramount importance to reduce it by finding innovative and sustainable ways of treatment that benefit the overall environment (Carpio-Aguilar et al. 2019; Jones et al. 2021). According to Bennbaia et al. (2018) the exceptionally low recycling rate of food waste contributes to the accumulation of massive amounts of discarded food in landfills. Within these landfills, the food waste is incinerated, resulting in the release of harmful gases into the atmosphere. Sarker et al. (2024) indicate that the recycling and valorization of food waste have become a prominent and rapidly growing field of sustainable research worldwide. The United Nations' Sustainable Development Goals (SDGs) emphasize the importance of food waste

management as a critical strategy to advance SDG 2 (Zero Hunger), SDG 3 (Good Health and Well-being), SDG 6 (Clean Water and Sanitation), SDG 7 (Affordable and Clean Energy), and SDG 12 (Responsible Consumption and Production).

In order to support the expansion of a biocircular economy for food waste, efforts are focused at a global scale, on exploring technologies that transform it into valuable products, fuels or energy (Badgett and Milbrandt, 2021). The current focus is on utilizing nature in various scientific fields with sustainability as a central goal.

In this respect, fruits, once overlooked, are of particular interest as they represent renewable and abundant natural resources, comprising parts like roots, spikes, bark, leaves, pomace, shells, seeds, and stones. These components have diverse chemical compositions and offer significant benefits, but despite their richness in phytochemicals (Kumar et al. 2024), only a fraction of such by-products—less than 0.5% of fruit waste, for instance—is currently repurposed into valuable products (Nasrollahzadeh et al. 2020).

The presented scenario of current researches highlights that the diverse range of phytochemical-rich fruit seeds discarded by households and the agri-food sector could serve not only as future functional foods but also as valuable raw materials for developing nutraceuticals, cosmetics, and various pharmaceutical applications (Alves et al. 2021).

The fruit and vegetable industry produces a significantly higher volume of waste compared to other food processing sectors, contributing 25–30% of the total waste (Ajila et al. 2010).

In this favorable context, an opportunity arises for the development of innovative, high-quality products that incorporate by-products generated by the food industry, thereby reducing the negative environmental impact. Research indicates that the use of food industry by-products not only reduces food waste but also generates added value, stimulating local economies (Baiano, 2014; Prakash et al. 2017; Mahato et al. 2018; Ng et al. 2020; Zhang et al. 2021).

Based on related scientific literature (Nirmal et al. 2023; Salamon et al. 2024) the use of by-products resulted from the food industry to enhance the nutritional value of basic foods is a current trend worldwide, and by integrating inedible by-products and waste from the food industry into new value chains, this approach aligns with consumer demands for enhanced food quality, emphasizing increased nutrient content and health-promoting properties (Mańkowski et al. 2018; Wojciechowska-Solis et al. 2020; European Commission, 2023; Kušar et al. 2023).

Research highlighting that, as long as taste and quality are not compromised, consumers are willing to purchase food products incorporating recycled ingredients, especially when they are adequately informed about the environmental benefits of such products (Aschemann-Witzel and Zielke, 2020).

This paper offers a perspective based on scientific literature with the aim to explore the current state of integrated approaches for reducing the environmental impact through the circular bioeconomy, with a specific focus on the valorization of fruit by-products. By synthesizing recent research and case studies, the overview seeks to identify best practices, challenges, and opportunities for implementing these strategies effectively. The goal is to provide insights that can inform policy-making, guide future research, and support the sustainable development of mountain regions in the face of climate change.

MATERIALS AND METHODOLOGY

To ensure a comprehensive overview, accurate and relevant information was meticulously collected on the research topic. The paper was prepared exclusively using scientific publications in English, the process including a detailed screening phase, followed by the extraction of various types of publications, including original articles, review articles, proceedings papers sourced from the Web of Science (Clarivate Analytics) and Scopus databases.

The objective of this overview was not to exhaustively compile or describe all scientific output available in these databases under the keywords “valorization fruit waste” or “fruit by-products valorization”. Instead, it seeks to systematically summarize and highlight key research trends related to the valorization of fruit by-products, employing a descriptive approach.

Among the selected publications, a notable observation is that we didn't find any researches focused on fruit forests by-products/waste valorization in the mountain area.

As indicated above, the main words used to interrogate the WOS search engine were: “valorization of fruit/fruits waste”, OR “fruit/fruits by-product/products valorization” OR “fruit/fruits pomace/pomaces valorization”. The retrieved results were as follows:

- 1155 results by topic and 80 results by title for the sintagm: “valorization of fruit/fruits waste”;
- 657 results by topic and 29 results by title for the sintagm “fruit/fruits by-product/products valorization”;
- 255 results by topic and 4 results by title for the sintagm “fruit/fruits pomace/pomaces valorization”.

To refine the research scope, additional criteria were employed for inclusion and exclusion of publications. Articles were prioritized based on their relevance to the core themes of the circular bioeconomy, innovative valorization methods, and environmental sustainability. Furthermore, special attention was given to studies exploring technological advancements and practical applications in the valorization of fruit by-products.

The methodological approach incorporated both quantitative and qualitative analyses. Bibliometric tools were utilized to identify key research trends, prolific authors, and influential journals in the field. Additionally, thematic clustering was conducted to categorize the studies into distinct areas such as biochemical conversion, material recovery, and industrial-scale applications.

This systematic process ensured the selection of high-quality sources, fostering a robust understanding of the existing body of knowledge and identifying critical gaps for future research directions.

Data interpretation was based on selecting major debates on two lines of study – fruit by-products and innovative valorization techniques, followed by discussions on the findings conclusions.

RESULTS AND DISCUSSION

Environmental sustainability represents a critical challenge for contemporary times.

Fruit wastes/by-products, if not managed effectively, can present significant challenges, including water and soil pollution, contributions to the greenhouse effect,

eutrophication, global warming, and various health-related issues, primarily due to their high biodegradability and fermentative properties (deMedeiros et al. 2020). In this context, the utilization of industrial by-products has emerged as a promising approach to reduce waste and create value-added products (Iqbal et al. 2021). Most of the problems associated with fruit by-products can be resolved by boosting their economic value through valorization, based on the fact that they are considered valuable raw materials for new products, being in consonance with the principles of zero waste economy or circular bioeconomy (Ningrum et al. 2018). There is a wide range of fruit by-products that can be utilized, such as peels, seeds, pomaces, rinds, as seen in Table 1 that comprises examples of the scientific literature.

Table 1. Fruit by-products/waste used for valorization

Type of by-product/waste	Fruit	Reference
Peels	Passion fruit	Abboud et al. 2020; Aisyah & Ngibad, 2022; Lin et al. 2022; Sampaio et al. 2022; Huo et al. 2023
Seeds	Passion fruit	Antoniassi et al. 2022; Yeo & Thed, 2022; Vieira et al. 2022; Muslim et al. 2023; Ahmad & Malik, 2023
Rinds	Passion fruit	de Souza et al. 2018; Inayati et al. 2018; Pereira et al. 2021; Liu et al. 2021
Pomaces	Berries	Struck et al. 2016; Petrov Ivanković et al. 2024
Pomaces	Tropical fruits	Ningrum et al. 2018
Pomaces	Sour cherries	Teslić et al. 2023
Pomaces	Apples, Grapes, Citrus, Mango	Iqbal et al. 2021
Pomaces	Grapes	Theagarajan et al. 2019
Pomaces	Different fruits	Venkidasamy et al. 2024
Peels	Mango	Ajila et al., 2010
Seeds	Blackberries	Fazio et al. 2013
Seeds	Blackcurrant	Al-Hamimi & Turner., 2020
Seeds	Cranberries	Helbig et al. 2008
Seeds	Gooseberries	Gornas & Rudzinska, 2016; Al-Hamimi & Turner, 2020
Seeds	Grapes	Harbeoui et al. 2018; Gornas et al. 2019
Seeds	Chokeberry	Al-Hamimi & Turner, 2020
Seeds	Bilberries	Helbig et al. 2008; Gustinelli et al. 2018
Seeds	Elderberries	Helbig et al. 2008; Dulf et al. 2013; Fazio et al. 2013
Seeds	Raspberries	Oomah et al. 2000
Seeds	Rowanberries	Al-Hamimi & Turner, 2020
Seeds	Strawberry	Helbig et al. 2008

The fruit by-products contain a series of valuable functional bioactive compounds which can be extracted through different techniques (conventional or modern and novel emerging ones), as indicated in Table 2.

Table 2. Bioactive components of fruit by-products (Nirmal et al. 2023)

Bioactive compounds	Extraction technique	Reference
Polyphenols, anthocyanins, flavonoids, essential oils	Maceration	Masi et al. 2016; Cujic et al. 2016; Naviglio et al. 2017
Alkaloids, flavonoids, glycosides, saponins, phenols, lignins, sterols, and tannins	Percolation	Rathore et al. 2012; Leela et al. 2013
Antioxidants and polyphenols	Decoction	Rijo et al. 2014
Essential oils, flavonoids, and polyphenols	Reflux or solid-liquid extraction	Aliboudhar et al. 2014; Sagar et al. 2018
Phenolics, antioxidants, essential oils, and flavonoids	Soxhlet extraction	Kumar, 2018; Alara et al. 2018
Flavonoids, antioxidants, carotenoids, fatty acids, essential oils, terpenes, and polyphenols	Supercritical fluid extraction(SFE)	Da Silva et al. 2016
Phenolic compounds, glycosides, flavonoids, terpenoids, essential oils, alkaloids, and saponin	Microwave-assisted extraction (MAE)	Sridhar et al. 2021
Anthocyanins, polyphenols, carotene, terpenes, and flavonoids	Enzyme-assisted extraction (EAE)	Gligor et al. 2019; Nadar et al. 2019
Phenols, flavonoids, proteins, anthocyanins, and carbohydrates	Pulsed electric field extraction (PEFE)	Redondo et al. 2018; El Kantar et al. 2018
Phenolic compounds, flavonoids, oils, and anthocyanins	Ultrasound assisted extraction (UAE)	Wen et al. 2018; Kumar et al. 2021
Phenolic compounds, carotenoids, flavonoids, pectin, lutein, lycopene, and catechin	High-hydrostatic pressure extraction	Khan et al. 2019

Based on the scientific literature analysis, we can see that the primary areas for fruit by-products valorization can be divided into several main categories as shown in Figure 1. In this respect, Ajila and colab. (2020) indicate that the incorporation of mango peel powder into macaroni demonstrates a promising strategy to enhance its nutritional profile while effectively addressing the environmental challenge of mango peel waste. This study highlights that up to 5% incorporation of mango peel powder into semolina yields macaroni with improved nutraceutical properties, including increased dietary fiber, polyphenols, and carotenoids, alongside enhanced antioxidant capacity. Importantly, these nutritional improvements do not compromise the cooking, textural, or sensory quality of the final product. From an industrial perspective, the valorization of mango peel as a functional ingredient not only promotes sustainability but also adds value to a by-product of the mango processing industry. This approach aligns with the growing demand for functional foods that contribute to health benefits while reducing food waste.

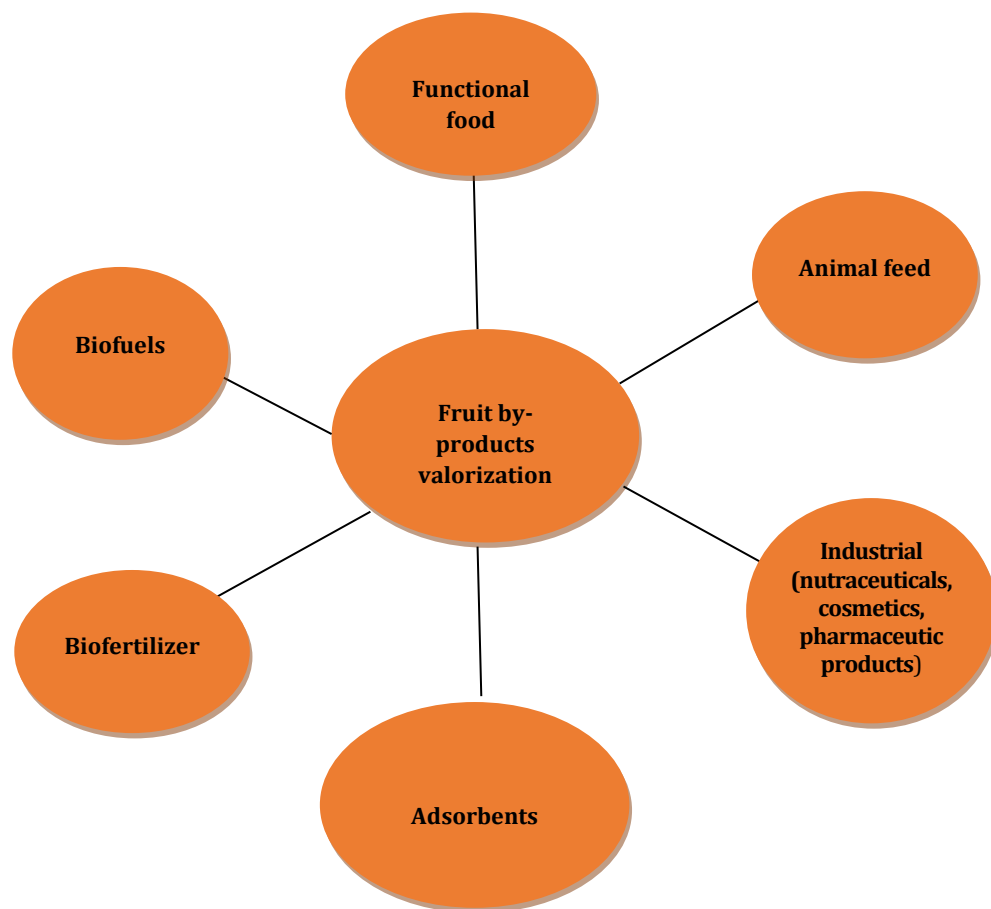


Fig. 1. Primary areas for fruit by-products valorization

Focusing also on developing various food supplements and functional food, the valorization of grape pomace seems to be at hand, according to the research of Theagarajan et al. (2019). The incorporation of Muscat grape pomace into cookies at 6% w/w demonstrated not only enhanced antioxidant properties but also improved shelf life, transforming a traditionally fat-rich snack into a health-promoting functional food. These findings emphasize the value of upcycling agricultural waste into nutritionally beneficial products, contributing to both sustainable resource management and the development of healthier dietary options.

Taking into consideration the fact that pomace is an underutilized by-product of juice production, particularly in developing countries, Ningrum et al. (2018) strongly advocate that the potential to harness the bioactive compounds and enzymes present in this by-product offers significant opportunities for nutraceutical and functional product development. By transforming discarded pomace into valuable resources, this approach not only enhances the economic value of food production but also promotes sustainable practices and supports the development of health-enhancing products for diverse applications.

An eloquent example can be found in the work of Petrov Ivanković et al. (2024), which demonstrated the potential for reutilizing blackcurrant, raspberry, strawberry, and chokeberry pomace from juice production. By employing organic solvent-free extraction methods, polyphenol-rich extracts with significant antioxidant activity were obtained. Statistical analyses (RACI and GAS) identified blackcurrant as the most potent antioxidant among the tested extracts. All extracts exhibited a dose-dependent influence on the growth of both beneficial skin bacteria (*S. epidermidis*) and harmful bacteria (*S. aureus*), with raspberry pomace extract showing the highest potential due to its prebiotic capacity in co-culture with the two microorganisms.

Overall, the findings strongly support berry pomaces as valuable sources of bioactive compounds, with promising applications in functional foods and prebiotic cosmetics. Future research should focus on optimizing the extraction processes to enhance efficiency and conducting detailed prebiotic activity assessments using in vitro skin models and other representatives of the cutaneous microbiota. Such efforts would provide a more comprehensive understanding of the effects of these extracts on the entire skin microbiome.

Studies conducted by Nasrollahzadeh and colleagues (2020) underscore the transformative potential of fruit extracts and residues as sustainable resources for the development of (nano)materials with diverse catalytic and environmental applications. By leveraging the excellent chemical properties of these renewable resources, industries can design cost-effective and environmentally friendly catalytic systems. This approach not only addresses the global challenge of waste management but also aligns with the principles of green chemistry, converting waste into valuable assets. The findings emphasize the dual benefits of reducing environmental burdens while fostering innovation in catalysis and nanotechnology, thus contributing to a more sustainable and economically viable future.

Related scientific endeavours highlight that fruit seeds have a notably potential for broad industrial applications, in various domains within biocircular economy, including but not limited to the cosmetics and pharmaceutical sectors. The review conducted by Kumar et al. (2024) offers relevant examples in this respect, as follows. The utilization of metallic nanoparticles derived from non-edible fruit seeds represents a promising frontier in nanotechnology, offering diverse applications in catalysis, drug delivery, and sensing technologies. Despite their potential, toxicity testing remains a critical challenge, even for sustainably produced nanoparticles. Addressing acute toxicity concerns is essential to ensure their safe application across various fields.

Similarly, Carbon Dots (CDs) from non-edible fruit seeds emerge as a sustainable alternative to fluorescence probes and quantum dots, with applications spanning environmental monitoring to bioimaging. Although the hydrothermal method is considered effective for producing CDs, there is a need for more comprehensive research on biomass-derived CDs with high quantum yield (QY) (Kumar et al. 2024).

In agricultural and environmental contexts, biochar derived from non-edible fruit seeds serves as an eco-friendly soil conditioner, enhancing nutrient retention and carbon sequestration. Among various pyrolysis methods, microwave pyrolysis is the most efficient, though further research is required to expand biochar-supported functional resources. Additionally, bio-adsorbents from these seeds play a crucial role in water

purification, effectively removing contaminants. Enhancing the properties of biomass-based bio-adsorbents remains a vital area of exploration (Kumar et al. 2024).

In renewable energy, the conversion of non-edible fruit seeds into biodiesel offers a sustainable alternative to traditional fuels, mitigating greenhouse gas emissions. However, commercialization is limited in many countries, and further exploration of additional biobased resources could increase biodiesel production beyond conventional fuel levels.

These seeds also hold promise for enrichment applications in food and animal feed. Fortified cereal-based foods deliver functional and nutritional benefits, particularly in underdeveloped regions with high food costs. Incorporating these seeds into edible oils, coatings, and films enhances the value of food products. In animal feed, these seeds improve the nutritional value of poultry and fish diets, enhancing feed conversion, growth performance, and overall health. However, safety concerns, such as the presence of cyanogenic glycosides, must be addressed to ensure safe utilization (Kumar et al. 2024).

Looking forward, the valorization of non-edible fruit seeds offers opportunities for innovation and sustainability. Further research can enhance scalable processes for extracting valuable substances and broaden applications in biotechnology, pharmaceuticals, and renewable energy. Resolving safety concerns will be key to unlocking the full potential of these resources, fostering a greener and more sustainable future (Kumar et al. 2024).

Similarly, others, aimed to establish a foundational understanding of undervalued fruit byproducts to enhance their valorization. Numerous studies have explored the valorization of fruit byproducts as alternative sources of dietary fiber (DF), as well as their application in fortifying biscuits, cookies, and wheat bread. Tsegay et al. (2024) opinion that, additionally, these byproducts have been investigated for extracting valuable functional components with applications in food, cosmetics, and pharmaceuticals. Evidence highlights the remarkable pharmaceutical properties of fruit peels and seeds, advocating for their use in food applications rather than nonfood purposes like biofuel production. Many of the byproducts reviewed in their study exhibit nutritionally rich profiles, making them suitable for conversion into natural pigments, dietary fiber concentrates, food packaging materials, nutraceuticals, and fermented beverages. However, current valorization technologies face limitations. Comprehensive research and careful design are essential for selecting appropriate byproducts and optimizing processing conditions. Therefore, developing innovative and tailored processing techniques for these byproducts is imperative to fully realize their potential (Tsegay et al. 2024).

Even if the presented scenarios seem to offer good sustainable solutions for the valorization of different fruit by-products, the primary challenge in recovering these compounds lies in identifying the most suitable and environmentally friendly extraction technique that maximizes yield while preserving the stability of the extracted products (Ferrentino et al. 2018).

CONCLUSIONS

The valorization of fruit by-products is not only a promising strategy for waste reduction but also a vital component in advancing the principles of the circular bioeconomy. As Tsegay et al. (2024:31) aptly state, “Benefiting from the waste is a pearl of wisdom and ignoring the value is participating in pollution.”

This study has highlighted the potential of fruit by-products to contribute to sustainable development goals by mitigating the environmental challenges posed by food waste, including its significant contribution to greenhouse gas emissions and carbon footprints.

Through the synthesis of existing research, this work underscores the potential of fruit by-products as sources of high-value compounds for applications in nutraceuticals, cosmetics, pharmaceuticals, biofuels, and functional foods. Innovative processing techniques, such as organic solvent-free extraction, enzyme-assisted methods, and advanced biotechnological applications, have demonstrated the feasibility of harnessing the bioactive properties of these by-products without compromising environmental integrity.

Despite these advancements, challenges persist in optimizing extraction processes and developing scalable, economically viable technologies that align with environmental sustainability. The integration of these by-products into new value chains can address global waste management concerns, enhance local economies, and promote eco-friendly innovations.

Future research should focus on refining extraction methodologies to maximize yield and product stability while exploring the prebiotic and functional food potential of these by-products. Additionally, more comprehensive studies on their interaction with diverse microbiomes and their industrial applications could unlock further value.

By fostering multidisciplinary collaboration, the valorization of fruit by-products can transition from a niche practice to a cornerstone of sustainable development, transforming waste into resources and driving global progress toward a greener future.

AUTHOR(S) CONTRIBUTION

Conceptualization, N.E.A.; Data curation, N.E.A.; Methodology, N.E.A.; Roles/Writing - original draft, N.E.A.; and Writing - review & editing, N.E.A.

CONFLICT OF INTEREST STATEMENT

The authors declare no conflict of interest.

INSTITUTIONAL REVIEW BOARD STATEMENT

Not applicable.

INFORMED CONSENT STATEMENT

Not applicable.

DATA AVAILABILITY

Data supporting the results of this study are available in the article.

REFERENCES

- Abboud KY, Iacomini M, Simas FF, Cordeiro LMC.** 2020. High methoxyl pectin from the soluble dietary fiber of passion fruit peel forms weak gel without the requirement of sugar addition. *Carbohydrate Polymers* 246, 116616.
- Ahmad AR, Malik A.** 2023. Antioxidant activity of *Passiflora edulis* (passion fruit) seed extracts obtained from maceration and ultrasonic assisted extraction method. *FITOFARMAKA: Jurnal Ilmiah Farmasi* 13(1):77-81.
- Aisyah SD, Ngibad K.** 2022. Determination of flavonoid content of ethanol and ethyl acetate extract from purple passion fruit peel. *Jurnal Pijar Mipa* 17(5):696-700.
- Ajila CM, Aalami M, Leelavathi K, Rao UP.** 2010. Mango peel powder: A potential source of antioxidant and dietary fiber in macaroni preparations. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 11(1):219-224.
- Alara OR, Abdurahman NH, Ukaegbu C.** 2018. Soxhlet extraction of phenolic compounds from *Vernonia cinerea* leaves and its antioxidant activity. *J. Appl. Res. Med. Aromat. Plants* 11:12–17.
- Al-Hamimi S, Turner C.** 2020. A fast and green extraction method for berry seed lipid extraction using CO₂ expanded ethanol combined with sonication. *European Journal of Lipid Science and Technology* 122 (4):1900283. doi: 10.1002/ejlt.201900283.
- Aliboudhar H, Tigrine-Kordjani N.** 2014. Effect of extraction technique on the content and antioxidant activity of crude extract of *Anacyclus clavatus* flowers and their essential oil composition. *Nat. Prod. Res.* 28: 2140–2149.
- Alves E, Simoes A, Domingues MR.** 2021. Fruit seeds and their oils as promising sources of value-added lipids from agro-industrial byproducts: oil content, lipid composition, lipid analysis, biological activity and potential biotechnological applications. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 61:1305–1339.
- Antoniassi R, Wilhelm AE, Reis SLR, Regis SA, Faria Machado AF, Bizzo HR, Cenci SA.** 2022. Expeller pressing of passion fruit seed oil: pressing efficiency and quality of oil. *Brazilian Journal of Food Technology* 25, e2021168.
- Aschemann-Witzel J, Zielke S.** 2020. Consumers' perception of food waste and food surplus: The role of product attributes and awareness in consumer acceptance. *Food Quality and Preference* 84, 103948. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.103948>.
- Badgett A, Milbrandt A.** 2021. Food waste disposal and utilization in the United States: A spatial cost benefit analysis. *J. Clean. Prod.* 314, 128057.
- Baiano A.** 2014. Recovery of biomolecules from food wastes—A review. *Molecules* 19(9): 14821-14842.
- Bennbaia S, Wazwaz A, Abujarbou A, Abdella GM, Musharavati F.** 2018. IEOM Society International towards Sustainable Society: Design of Food Waste Recycling Machine. In

Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Bandung, Indonesia, 6–8 March 2018; pp. 6–8.

- Bhatia L, Jha H, Sarkar T, Sarangi PK.** 2023. Food waste utilization for reducing carbon footprints towards sustainable and cleaner environment: a review. *International journal of environmental research and public health*, 20(3), 2318.
- Carpio-Aguilar JC, Rincon-Moreno JA, Franco-Garcia L.** 2019. Potential of Carbon Footprint Reduction within Retailers: Food Waste at Walmart in Mexico. In *Sustainable Development Goals and Sustainable Supply Chains in the Post-Global Economy*; Springer: Cham, Switzerland, 2019.
- Cujic N, Savikin K, Jankovic T, Pljevljakusic D, Zdunic G, Ibric S.** 2016. Optimization of polyphenols extraction from dried chokeberry using maceration as traditional technique. *Food Chem.* 194:135–142.
- Da Silva RP, Rocha-Santos TA, Duarte AC.** 2016. Supercritical fluid extraction of bioactive compounds. *Trends Anal. Chem.* 76: 40–51.
- de Souza CG, Rodrigues THS, e Silva LMA, Ribeiro PRV, de Brito ES.** 2018. Sequential extraction of flavonoids and pectin from yellow passion fruit rind using pressurized solvent or ultrasound. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 98(4):1362-1368.
- de Medeiros VPB, Pimentel TC, Varandas RCR, Dos Santos SA, de Souza Pedrosa GT, da Costa Sassi CF, da Conceicao MM, Magnani M.** 2020. Exploiting the use of agro-industrial residues from fruit and vegetables as alternative microalgae culture medium. *Food Res. Int.* 137, 109722.
- Dulf F, Oroian I, Vodnar D, Socaciu C, Pinteau A.** 2013. Lipid classes and fatty acid regiodistribution in triacylglycerols of seed oils of two sambucus species (*S. nigra* L. and *S. ebulus* L.). *Molecules* 18 (10):11768–11782. doi: 10.3390/molecules181011768.
- El Kantar S, Boussetta N, Lebovka N, Foucart F, Rajha HN, Maroun RG, Louka N, Vorobiev E.** 2018. Pulsed electric field treatment of citrus fruits: Improvement of juice and polyphenols extraction. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 46:153–161.
- European Commission (EC).** 2023. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Ensuring Resilient and Sustainable Use of EU's Natural Resources. 2023. Available online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52023DC0410> (accessed on 01 December 2024).
- Fazio A, Plastina P, Meijerink J, Witkamp RF, Gabriele B.** 2013. Comparative analyses of seeds of wild fruits of *Rubus* and *Sambucus* species from Southern Italy: Fatty acid composition of the oil, total phenolic content, antioxidant and anti-inflammatory properties of the methanolic extracts. *Food Chemistry* 140 (4):817–824. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.11.010.
- Ferrentino G, Asaduzzaman MD, Scampicchio MM.** 2018. Current technologies and new insights for the recovery of high valuable compounds from fruits by-products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(3):386-404.

- Gligor O, Mocan A, Moldovan C, Locatelli M, Crisan G, Ferreira ICFR.** 2019. Enzyme-assisted extractions of polyphenols—A comprehensive review. *Trends Food Sci. Technol.* 88:302–315.
- Gornas P, Rudzinska M.** 2016. Seeds recovered from industry by products of nine fruit species with a high potential utility as a source of unconventional oil for biodiesel and cosmetic and pharmaceutical sectors. *Industrial Crops and Products* 83:329–338.
- Gornas P, Rudzinska M, Grygier A, Laciš G.** 2019. Diversity of oil yield, fatty acids, tocopherols, tocotrienols, and sterols in the seeds of 19 interspecific grapes crosses. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 99 (5):2078–2087. doi: 10.1002/jsfa.9400.
- Gustinelli G, Eliasson L, Svelander C, Alminger M, Ahrne L.** 2018. Supercritical CO₂ extraction of bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) seed oil: Fatty acid composition and antioxidant activity. *The Journal of Supercritical Fluids* 135:91–97. doi: 10.1016/j.supflu.2018.01.002.
- Harbeoui H, Rebey IB, Ouergthemmi I, Wannes W, Zemni H, Zoghalmi N, Khan N, Ksouri R, Tounsi M.** 2018. Biochemical characterization and antioxidant activity of grape (*Vitis vinifera* L.) seed oils from nine Tunisian varieties. *Journal of Food Biochemistry* 42 (5):e12595. doi: 10.1111/jfbc.12595.
- Helbig D, Bohm V, Wagner A, Schubert R, Jahreis G.** 2008. Berry seed press residues and their valuable ingredients with special regard to black currant seed press residues. *Food Chemistry* 111 (4): 1043–1049. doi: 10.1016/j.foodchem.2008.05.017.
- Huo D, Dai J, Yuan S, Cheng X, Pan Y, Wang L, Wang R.** 2023. Eco-friendly simultaneous extraction of pectins and phenolics from passion fruit (*Passiflora edulis* Sims) peel: process optimization, physicochemical properties, and antioxidant activity. *International Journal of Biological Macromolecules* 243, 125229.
- Inayati Puspita RI, Fajrin VL.** 2018. Extraction of pectin from passion fruit rind (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Degener) for edible coating. AIP Conference Proceedings, 1931, 030002.
- Iqbal A, Schulz P, Rizvi SS.** 2021. Valorization of bioactive compounds in fruit pomace from agro-fruit industries: Present Insights and future challenges. *Food Bioscience* 44, 101384.
- Jones SL, Gibson KE, Ricke SC.** 2021. Critical Factors and Emerging Opportunities in Food Waste Utilization and Treatment Technologies. *Front. Sustain. Food Syst.* 5, 781537.
- Khan SA, Aslam R, Makroo HA.** 2019. High pressure extraction and its application in the extraction of bio-active compounds: A review. *J. Food Process Eng.* 42, e12896.
- Kumar H, Kimta N, Guleria S, Cimler R, Sethi N, Dhanjal DS ... Kuca K.** 2024. Valorization of non-edible fruit seeds into valuable products: A sustainable approach towards circular bioeconomy. *Science of the Total Environment*, 171142.
- Kumar K, Srivastav S, Sharanagat VS.** 2021. Ultrasound assisted extraction (UAE) of bioactive compounds from fruit and vegetable processing by-products: A review. *Ultrason. Sonochem.* 70, 105325.

- Kumar P.** 2018. Effect of temperature and time intervals on the solvent extraction of essential oil from *azadirachta indica* (neem) leaf powder by using soxhlet extraction method. *World J. Pharm. Res.* 8: 939–946.
- Kušar A, Pravst I, Kuprovič UP, Grunert KG, Kreft I, Hristov H.** 2023. Consumers' Preferences towards Bread Characteristics Based on Food-Related Lifestyles: Insights from Slovenia. *Foods* 12, 3766.
- Leela C, Shashank B, Suresh D.** 2013. Phytochemical screening of secondary metabolites of *euphorbia Neriifolia* linn. *Glob. J. Res. Med. Plants Indig. Med.* 2, 292.
- Lin H, Chen K, Du L, Gao P, Zheng J, Liu Y, Ma L.** 2022. Efficient and selective adsorption of methylene blue and methyl violet dyes by yellow passion fruit peel. *Environmental Technology* 43(23):3519-3530.
- Liu J, Teng B, Zhang X, Dai M, Lin Y, Liu Y, McRae JM.** 2021. Anthocyanins from purple passion fruit (*Passiflora edulia* Sims) rind – an innovative source for nonbleachable pigment production. *Journal of Food Science* 86(7):2978-2989.
- Mahato N, Sharma K, Sinha M, Cho MH.** 2018. Citrus waste derived nutra-/pharmaceuticals for health benefits: Current trends and future perspectives. *Journal of functional foods* 40:307-316.
- Mańkowski DR, Fraś A, Gołębiewska K, Gołębiewski D.** 2018. Consumer acceptance of polish bread products. *Plant Breeding and Seed Science* 77:33–42. <https://doi.org/10.37317/pbss-2018-0003>.
- Masi E, Taiti C, Heimler D, Vignolini P, Romani A, Mancuso S.** 2016. PTR-TOF-MS and HPLC analysis in the characterization of saffron (*Crocus sativus* L.) from Italy and Iran. *Food Chem.* 192:75–81.
- Muslim M, Jusuf NK, Putra IB.** 2023. The effect of 3% passion fruit purple variant (*Passiflora edulis* Sims var. *Edulis*) seed extract cream on facial skin aging. *Journal of Pakistan Association of Dermatologists* 33(2):566-573.
- Nadar SS, Rao P, Rathod VK.** 2018. Enzyme assisted extraction of biomolecules as an approach to novel extraction technology: A review. *Food Res. Int.* 108: 309–330.
- Nasrollahzadeh M, Shafiei N, Nezafat Z, Sadat Soheili Bidgoli N, Soleimani F, Varma RS.** 2020. Valorisation of fruits, their juices and residues into valuable (nano) materials for applications in chemical catalysis and environment. *The Chemical Record* 20(11):1338-1393.
- Naviglio D, Formato A, Vitulano M, Cozzolino I, Ferrara L, Zanoelo EF, Gallo M.** 2017. Comparison Between the Kinetics of Conventional Maceration and A Cyclic Pressurization Extraction Process for the Production of Lemon Liqueur Using A Numerical Model. *J. Food Process Eng.* 40, e12350.
- Ng HS, Kee PE, Yim HS, Chen P-T, Wei Y-H, Chi-Wei Lan J.** 2020. Recent advances on the sustainable approaches for conversion and reutilization of food wastes to valuable bioproducts. *Bioresource Technology* 122889. doi:10.1016/j.biortech.2020.122889.
- Ningrum A, Anggrahini S, Kusumaningrum LD, Hapsari MW, Schreiner M.** 2018. Valorization of food by product from selected tropical fruits pomace. In IOP Conference

Series: Earth and Environmental Science 2018 Nov 1 (Vol. 205, No. 1, p. 012034). IOP Publishing.

- Nirmal NP, Khanashyam AC, Mundanat AS, Shah K, Babu KS, Thorakkattu P, Al-Asmari F, Pandiselvam R.** 2023. Valorization of fruit waste for bioactive compounds and their applications in the food industry. *Foods* 12(3), 556.
- Oomah B, Ladet S, Godfrey D, Liang J, Girard B.** 2000. Characteristics of raspberry (*Rubus idaeus* L.) seed oil. *Food Chemistry* 69 (2):187–193.
- Pereira DTV, Zabot GL, Reyes FGR, Iglesias AH, Martínez J.** 2021. Integration of pressurized liquids and ultrasound in the extraction of bioactive compounds from passion fruit rinds: impact on phenolic yield, extraction kinetics and technical-economic evaluation. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 67, 102549.
- Petrov Ivanković A, Ćorović M, Milivojević A, Simović M, Banjanac K, Veljković M, Bezbradica D.** 2024. Berries pomace valorization: From waste to potent antioxidants and emerging skin prebiotics. *International Journal of Fruit Science* 24(1): 85-101.
- Prakash B, Kujur A, Singh PP, Kumar A, Yadav A.** 2017. Plants-derived bioactive compounds as functional food ingredients and food preservative. *J. Nutr. Food Sci* 1(004).
- Rathore SK, Bhatt S, Dhyani S, Jain A.** 2012. Preliminary phytochemical screening of medicinal plant *Ziziphus mauritiana* Lam. fruits. *Int. J. Curr. Pharm. Res.* 4:160–162.
- Redondo D, Venturini ME, Luengo E, Raso J, Arias E.** 2018. Pulsed electric fields as a green technology for the extraction of bioactive compounds from thinned peach by-products. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 45:335–343.
- Rijo P, Falé PL, Serralheiro ML, Simões MF, Gomes A, Reis C.** 2014. Optimization of medicinal plant extraction methods and their encapsulation through extrusion technology. *Measurement* 58:249–255.
- Sagar NA, Pareek S, Sharma S, Yahia EM, Lobo MG.** 2018. Fruit and Vegetable Waste: Bioactive Compounds, Their Extraction, and Possible Utilization. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 17:512–531.
- Salamon A, Szafrńska A, Baryga A, Diowksz A, Szymczyk K, Kowalska H.** 2024. Assessment of the Possibility of Using Sugar Beet Pulp with Molasses as By-Product for Enriching Flour and Production of Bread with Pro-Health Properties. *Applied Sciences* 14(22): 10570.
- Sampaio RF, Lima VdC, Bungart GAM, Correia LDB, Tobal TM.** 2022. Flour of winged-stem passion fruit peel: nutritional composition, incorporation in cookies, and sensory acceptability. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 65, e22200776.
- Sarker A, Ahmmed R, Ahsan SM, Rana J, Ghosh MK, Nandi R.** 2024. A comprehensive review of food waste valorization for the sustainable management of global food waste. *Sustainable Food Technology* 2(48), doi: 10.1039/d3fb00156c.
- Sridhar A, Ponnuchamy M, Kumar PS, Kapoor A, Vo DN, Prabhakar S.** 2021. Techniques and modeling of polyphenol extraction from food: A review. *Environ. Chem. Lett.* 19: 3409–3443.

- Struck S, Plaza M, Turner C, Rohm H.** 2016. Berry pomace—a review of processing and chemical analysis of its polyphenols. *International Journal of Food Science & Technology* 51(6):1305-1318.
- Teslić N, Kojić J, Đermanović B, Šarić L, Maravić N, Pestorić M, Šarić B,** 2023. Sour cherry pomace valorization as a bakery fruit filling: Chemical composition, bioactivity, quality and sensory properties. *Antioxidants* 12(6), 1234.
- Theagarajan R, Malur Narayanaswam L, Dutta S, Moses JA, Chinnaswamy A.** 2019. Valorisation of grape pomace (cv. Muscat) for development of functional cookies. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(4):1299-1305.
- Tsegay ZT, Gebreegziabher STB, Mulaw G,** 2024. Nutritional Qualities and Valorization Trends of Vegetable and Fruit Byproducts: A Comprehensive Review. *Journal of Food Quality* (1), 5518577.
- Venkidasamy B, Samynathan R, Ramasamy P, Kumar MS, Thiruvengadam M, Khayrullin M, Shariati MA, Nile AS, Nile, SH.** 2024. Unveiling novel applications of fruit pomace for sustainable production of value-added products and health benefits: A review. *Food Bioscience* 104533.
- Vieira BRDR, Grigoletto LC, Ströher GR, Seixas FL.** 2022. Synthesis of magnetic activated carbon from passion fruit seeds and its application in the adsorption of methylene blue dye. *Brazilian Journal of Development* 8(5):42419 42430.
- Wen C, Zhang J, Zhang H, Dzah CS, Zandile M, Duan Y, Ma H, Luo X.** 2018. Advances in ultrasound assisted extraction of bioactive compounds from cash crops—A review. *Ultrason. Sonochem.* 48: 538–549.
- Wojciechowska-Solis J, Smiglak-Krajewska M.** 2020. Consumer Education and Food Waste: An Example of the Bakery Market—The Case of Young Consumer. *Eur. Res. Stud. J.* 23:89–96.
- Yeo YY, Thed ST.** 2022. Product development of passion fruit and citrus peel dark chocolate. *Food Research* 6(S1):41-44.
- Zhang Z, Lin C, Cai W.** 2021. Recycling food waste and by-products for sustainable food production. *Journal of Cleaner Production* 315:127–136.

EDUCATION, LITERACY AND FINANCIAL INCLUSION: OVERCOMING CHALLENGES IN ROMANIA'S FINANCIAL ECOSYSTEM

Liviu-Gelu DRĂGHICI ¹, Isabelle OPREA ^{2*}

¹ Romanian Academy, School of Advanced Studies of the Romanian Academy, Doctoral School of Economic Sciences, National Institute for Economic Research "Costin C. Kirițescu", Institute of National Economy.

² Romanian Academy, School of Advanced Studies of the Romanian Academy, Doctoral School of Economic Sciences, National Institute for Economic Research "Costin C. Kirițescu", Institute for Mondial Economy

*Corresponding author: isabelle-margareta.oprea@ince.ro

Abstract

The article explores the relationship between financial education, financial literacy, and financial inclusion in Romania, aiming to identify ways to improve the effectiveness of financial education programs. It highlights the critical role of financial literacy in promoting economic stability and reducing poverty, especially in the context of a rapidly digitalizing banking sector. The study employs a secondary data analysis methodology, drawing on national reports, academic research, and institutional studies from key financial authorities like the Romanian National Bank and the Ministry of Education. It also assesses the effectiveness of various financial education initiatives targeting different demographic groups, particularly focusing on rural and older populations. Findings indicate that despite increased efforts, Romania faces significant challenges, including low financial literacy rates, a lack of trust in financial institutions, and limited access to financial education in rural areas. Moreover, digital illiteracy further exacerbates financial exclusion, as many are unable to fully utilize digital banking services. This study uniquely examines the role of digital banking as a mediating factor in financial inclusion, particularly for vulnerable groups, while providing a comprehensive evaluation of financial education programs and their effectiveness across different demographic segments in Romania. The article concludes by recommending enhanced collaboration between governmental, financial, and educational institutions to create a more integrated financial education strategy that addresses both literacy and digital skills for improved financial inclusion.

Keywords: *Financial Literacy, Financial Education, Digital Banking, Financial Inclusion, Romania*

INTRODUCTION

Financial education makes a significant contribution to the well-being of the population and thus to economic development. In the European Union, financial education initiatives have gained momentum due to factors such as social exclusion, rising debt, an ageing population, inefficient allocation of resources, declining confidence in financial institutions as a result of the failure of private banks, the 2008 financial crisis and the Swiss franc credit crisis. Efforts have materialized in the development of national financial education strategies, involving intensive collaboration between financial institutions, financial market authorities, educational institutions and the Ministry of Education. Books on financial education written by Romanian authors have appeared, the media is getting

involved in this area and there are financial education programs on radio and TV stations with national coverage.

There are two situations that call into question the real possibilities for increasing financial literacy and financial education. The first aspect is the reluctance of the population, and the second situation that undermines the success of financial education initiatives is the very efficiency and effectiveness of these initiatives, in which case, the opinions of researchers are divergent.

Some research claims that almost half of Romanians rely on their own knowledge or on the advice of friends when making decisions with financial implications and that more than half of Romanians admit that they have not had access to financial information or interest in improving their level of financial education. The lack of trust in financial education and financial institutions is also caused by the numerous events that have marked Romanian society since the Revolution (the three-digit inflation of the 1990s, the devaluation of savings deposited with the CEC, pyramid schemes, private bank bankruptcies, the 2008 crisis, the impact of loans in Swiss francs, the COVID-19 pandemic, the war in Ukraine, etc.).

There are studies demonstrating the usefulness of financial education initiatives but also research questioning their effectiveness. Some researchers argue that financial education programs have a negligible impact on actual financial behaviors, with studies indicating that their effects fade over time. Fernandes et al. (2014) found that financial education efforts explain only 0.1% of the variation in financial behaviors, while Mandell (2011) and Björklund & Sandahl (2023) suggest that financial education alone is insufficient in driving meaningful financial decision-making changes.

In order to increase the effectiveness of financial education initiatives, a number of measures need to be taken to improve the way financial education is taught at secondary and high school level and the way in which teachers who teach this subject are trained. In Romania, a course on "Economic and Financial Education for Teachers" accredited by the Ministry of Education and Research, the National Bank of Romania, the Romanian Banking Association, the Romanian Banking Institute, the Financial Supervisory Authority and the Institute of Financial Studies already exists since 2021.

Even though the responsibility for financial education should lie with the individual, there is a need for collaboration between the state, public institutions with responsibilities in the financial field and private entities active in this sphere in order to implement the Financial Education Strategy and increase financial literacy in Romania.

METHODOLOGY

This study uses a secondary data analysis approach, focusing on existing national reports, academic research, and institutional studies on financial literacy and education in Romania. The data sources include reports from the Romanian National Bank, the Romanian Ministry of Education, and financial institutions that are actively involved in educational initiatives.

The analysis explores existing programs such as the national strategies for financial education and efforts to introduce financial literacy into school curriculums. Additionally, the study examines reports on financial literacy levels, particularly focusing on

populations in rural areas and older generations who may lack access to financial education.

The collected data provide insights into the success and limitations of these initiatives, enabling a comparison of literacy rates and the effectiveness of programs. The study also utilizes qualitative assessments from policy documents and institutional reports to evaluate the institutional efforts in improving financial education.

This approach enables a comprehensive understanding of Romania's current financial education landscape, identifying critical challenges and offering suggestions for enhancing financial literacy efforts across various demographic groups.

RESULTS AND DISCUSSIONS

Education and development support each other. So do financial education and economic development. Fortunately, in recent years" financial education initiatives have developed rapidly in the European Union, motivated by various international factors such as financial exclusion, ageing population, increasing debt, lack of consumer knowledge or inefficient allocation of public resources" (Nițoi et al. 2022). Romania is among the countries that have developed a Financial Education Strategy and shows other concerns in this respect: "Starting from the 2020-2021 school year, financial education has become a compulsory subject for eighth grade students" (Romanian Government, 2023). Various public (Financial Supervisory Authority, Institute of Financial Studies, National Bank of Romania) and private (commercial banks, insurance companies, various non-profit associations) institutions are developing financial education initiatives. There are several financial education programs on national TV stations and numerous financial publications that the general public can use as sources of information. The Ministry of Public Finance has also had several media campaigns to promote investment in government securities and the Romanian Government and the Bucharest Stock Exchange have promoted the listing of Hidroelectrica on the stock exchange. Various financial education books written by Romanian authors and adapted to the domestic economic context were also published. Global Money Week takes place from March 18 to 24, April 11 (every year) is Financial Education Day and October 31 has been designated World Saving Day. While not claiming to be an exhaustive inventory of financial education initiatives, it is clear that these kinds of initiatives have multiplied in recent years.

However, a recent study draws a bleak conclusion: "92% of the Romanian population is financially illiterate. The percentage rises to around 95% when measuring knowledge about the performance and risk of financial instruments" (Nițoi et al. 2022). The figures are worrisome especially if we take into account that "as more and more households are asked to make their own decisions on financial matters, financial illiteracy may become a serious threat to their lifetime well-being" (Batsaikhan & Demertzis, 2018). Financial literacy varies directly proportional to financial well-being and inversely proportional to the risk of poverty concluding that "in general, people with high levels of financial literacy also have an above average financial well-being index" (Nițoi et al. 2022) and that younger people have higher financial literacy compared to older people (Nițoi et al. 2022). Thus, the relationship between financial literacy and financial inclusion is one of interdependence: financial literacy contributes to increased access to financial services, and research findings have shown that bank account holders are more likely to be financially literate

and to use related financial services" (Nițoi et al. 2022). So the first step to reduce the risk of poverty, would be financial literacy which can be defined as "the process by which financial consumers/investors improve their understanding of financial products and concepts and, through information, instructions and/or objectives, advice, develop the skills and confidence to become more aware of financial risks and opportunities, make informed choices, know where to turn for help, and make effective decisions to improve their financial well-being" (OECD, 2005).

Unfortunately, our country is facing two situations that call into question the real possibilities of increasing financial literacy and financial education. The first aspect to be mentioned is the reluctance of the population, with 39% of the participants in a survey stating that they "are not interested in receiving information about financial concepts". This reluctance is also reflected in the choice of sources of information, with the majority of respondents turning to "personal experience and knowledge (41%) as the main source of information to inform financial decisions" (Nițoi et al. 2022). On the other hand, according to other studies, "48% of Romanians rely on their family and friends when they want advice on savings and investments, and 19% even on information from social media" (Erste Group, 2022). Moreover, "58% of respondents admit that they have not had access to financial information or interest to improve their financial literacy" (Unlock Market Research, 2021).

This reluctance could have multiple causes, but we cannot ignore the lack of trust in financial institutions. It was also fueled by the evolution of the financial market in Romania after the Revolution. Private banks appeared immediately after the fall of communism, but many of them went bankrupt, harming millions of citizens: Banca de Credit, Banca Columna, Banca Albina, Bankoop, Banca Internațională a Religiiilor, Banca Dacia Felix, Banca Română de Investiții, Banca Română de Comerț Exterior (Bancorex). Romania's accession to the European Union brought more stability to the financial market by regulating the financial sector and strengthening banking institutions. However, there have been several other situations that have affected Romanians' confidence in banks, such as the easing of credit conditions in 2006-2008 ("credit only with ID"), loans in Swiss francs and the 2008 real estate crisis. Although the financial-banking market is now regulated and banks are more solid, there are still a number of non-banking financial institutions (NFIs) that charge huge interest rates.

Despite the population's reluctance to financial education and lack of trust in banks, many Romanians believe that the most appropriate institutions are commercial banks, insurance companies, pension and investment funds, regulatory and consumer protection authorities and academia" (Nițoi et al. 2022). Another survey concludes that "61% of respondents believe that financial education is the responsibility of schools and other educational institutions, 56% believe it is the responsibility of parents and the family, and 45% place it on banks and other financial institutions" (Erste Group, 2022).

The second situation that diminishes the success of financial education initiatives (along with the reluctance of the population) is the very efficiency and effectiveness of these initiatives, in which case, the opinions of researchers are divergent. With regard to the efficiency and effectiveness of these initiatives, researchers' opinions diverge. On the one hand, an inventory of 76 experiments conducted on a sample of about 160,000 individuals concludes that, on average, financial education programs have a positive impact on both financial knowledge and behaviors (Kaiser et al. 2022). On the other hand,

another study that surveyed 168 papers in which the results of 201 previous studies were presented caught our attention. According to (Fernandes et al. 2014) efforts to enhance financial literacy account for only 0.1% of the variation in the financial behaviors examined, with even smaller effects observed in low-income groups. So it is not enough just to roll out these one-off initiatives; more is needed. The aforementioned authors draw an even more ominous conclusion: "like other education, financial education deteriorates over time; even large interventions with many hours of instruction have negligible effects on behavior 20 months or more after the intervention" (Fernandes et al. 2014). Unfortunately, this view is not singular, with other researchers reaching a similar conclusion." Follow-up of students who have taken such a course over a five-year period shows no positive impact on financial literacy, attitudes towards saving, or any favorable behavioral change" (Mandell, 2011). That the results of mass financial education are not as expected is also noted by Björklund and Sandahl in a recent paper (Björklund & Sandahl, 2023). The implications of these findings are that "52% of consumers tend to opt for the first product they see when they get a current bank account or credit card" (Jana, 2015).

The results of this study also reveal significant gaps in financial literacy and financial inclusion in Romania. Data suggest that despite national efforts, financial literacy rates remain low, particularly among the rural and older population. According to the World Bank (2021), access to financial services in rural areas is limited, which exacerbates the financial literacy gap. In addition, a study by Nițoi et al. (2022) indicates that Romania ranks low in financial literacy, with only a small share of the population showing a solid understanding of basic financial concepts.

The urban-rural gap continues to challenge financial inclusion efforts. As noted by OECD (2020), rural communities are often left behind in terms of access to educational resources, including financial education. This lack of access translates into fewer opportunities for people in these areas to acquire the knowledge necessary to engage in financial planning and the use of financial products. The digital transformation of the banking sector also plays an important role, as people who lack digital skills cannot fully benefit from online financial services (Atkinson & Messy, 2013). This digital divide further exacerbates the exclusion of these vulnerable populations.

Moreover, levels of financial literacy have a direct correlation with financial well-being. Research by Lusardi and Mitchell (2014) shows that individuals with greater financial literacy are more likely to participate in long-term financial planning, save regularly, and avoid high-interest loans. In the Romanian context, low literacy rates can increase susceptibility to financial instability, particularly in economically disadvantaged areas. By improving financial literacy, there is potential for wider economic benefits as more citizens become able to make informed financial decisions, contributing to greater economic stability.

Romania's initiatives in the area of financial education, such as the integration of financial education into the national school curriculum, reflect a growing awareness of the need for early intervention. However, the effectiveness of these programs remains limited due to a lack of consistent follow-up and practical application beyond the classroom. Research by Willis (2011) suggests that while financial education can improve knowledge, it does not always translate into better financial behaviors. Therefore, Romania must not only educate its citizens, but also create environments in which the behaviors learned can

be put into practice, particularly in controlled real-world scenarios such as simulations or community financial counseling.

Collaboration among stakeholders, including government institutions, banks, and non-governmental organizations, is critical to the success of financial education programs. Although various stakeholders in Romania have shown interest in improving financial education, their efforts remain fragmented. A coordinated approach, as recommended by Atkinson and Messy (2013), would help to unify these efforts into a comprehensive national strategy that targets all demographics, especially vulnerable groups such as low-income households and the elderly. By promoting partnerships between key players in the financial sector, educational institutions and community-based organizations, Romania can develop more effective and scalable financial education programs.

Increasing the effectiveness of financial education programs requires "designing instructional approaches that more effectively lead young people to put relevant financial knowledge into practice and to do so correctly when making financial decisions" (Salas-Velasco et al. 2021). Thus, there is a need to shift from an information-focused approach to a goal-focused, action-oriented and behavior change-oriented approach. If we refer to pupils and students, specific financial education concepts could also be included in the curriculum of other subjects (e.g. calculating interest and taxes in mathematics) and, depending on the age specificity of the learners, different stories or games could be used (Drăghici, 2024).

For high school students simulating scholarship activity through play "consistently increases literacy scores, indicating that teaching should be interactive, contemporary, and fun" (Mandell, 2011). It is also important to measure the effectiveness of these initiatives both in the short term (after the completion of the process) and in the medium term (six months and one year, respectively) after the initiative is completed.

Some researchers have realized that it is important to first educate teachers "about their own personal finances in order to better prepare them to teach financial education" (Hensley et al. 2017), and in Romania there is already since 2021 a course on "Economic and Financial Education for Teachers" accredited by the Ministry of Education and Research, the National Bank of Romania, the Romanian Banking Association, the Romanian Banking Institute, the Romanian Banking Institute, the Financial Supervisory Authority and the Institute of Financial Studies. "The target group of this course is secondary school teaching staff who teach the subject "Social Education" to 8th grade students" (M.E.C, 2021). This would have long-term implications both for individuals and for the economy in general because studies conclude that "an adequate level of basic financial literacy of the population contributes to individual well-being, to the stability of financial markets and to the smooth functioning of the economy" (Clichici & Moagăr-Poladian, 2022).

Although, as stated earlier, financial education should be primarily the responsibility of the individual, it is of real benefit to have financial education strategies at the national level. Their aim is to "improve people's ability to better manage (administer) their personal finances and to avoid or at least lessen financial stress and the severity of financial crises at the individual and family level" (Romanian Government, 2023).

As noted by other researchers, "the current institutional context is conducive to the implementation of financial education projects, given the increase in initiatives to strengthen the education sector and the existence of an initiative to implement a national strategy for financial education" (Nițoi et al. 2022). It only remains that, under the

coordination of the authorities (whether the Ministry of Education and Research, the National Bank of Romania, the Financial Supervisory Authority or any other institution), these projects should pursue a common goal and quantifiable objectives. In the near future, as far as financial education is concerned, the focus should shift from "what and how much is done" to "how" and, above all, "why" it is done. There is no doubt that the responsibility for financial education (as in any field) lies primarily with each individual. But if the individual is unwilling, unable or unable to educate himself or herself in financial matters, the state and public or private financial institutions should take responsibility for this. This study makes several original contributions to the specialized scientific literature by providing an integrated analysis of financial literacy, financial education, and financial inclusion in Romania. Unlike previous studies that address these topics separately, our research establishes a direct connection between financial literacy levels and financial inclusion, emphasizing the role of digital banking as a key enabler, particularly for vulnerable groups such as rural and elderly populations. Furthermore, by evaluating national financial education initiatives using institutional reports and secondary data, this study identifies both progress and persistent challenges, contributing to a more comprehensive understanding of the effectiveness of financial education programs.

CONCLUSIONS

In conclusion, the results highlight the importance of a comprehensive and inclusive approach to financial education in Romania. This study contributes to the specialized scientific literature by providing a novel perspective on the interplay between financial literacy, digital banking, and financial inclusion in Romania. While progress has been made, significant challenges remain, particularly in reaching rural and elderly populations. To improve financial inclusion, Romania needs to focus on integrating digital literacy into financial education, improving the accessibility of programs and ensuring collaboration between stakeholders to create a solid financial education framework.

A number of measures need to be taken on the way financial education is taught at both secondary and high school levels and the way teachers are trained to teach the subject. In addition, companies should be more involved in running financial education programs for employees, as ensuring proper management of personal finances leads to happier and more productive employees.

This article contributes to the existing literature by offering a focused analysis of the interplay between financial literacy, education, and inclusion in Romania, with an emphasis on digital banking. It highlights the limitations of current programs and proposes a more integrated, collaborative approach to improve financial literacy and inclusion.

The article's limitations include its reliance on secondary data, which may not fully capture recent developments in financial literacy and digital banking. Additionally, it lacks empirical research, such as surveys or interviews, which could provide deeper insights into individual experiences and attitudes toward financial education and digital inclusion in Romania.

Taking in consideration that were not made studies on the subject for mountain region in Romania, we consider that future research should focus on conducting empirical studies, such as surveys and interviews, to assess the impact of financial education and digital banking initiatives, especially in this area. This region often face unique challenges,

including limited access to banking services and lower financial literacy rates. Investigating the specific needs of these communities will provide valuable insights for developing tailored strategies to improve financial inclusion and digital literacy in this underserved area.

REFERENCES

- Atkinson, A., & Messy, F.** 2013. Promoting Financial Inclusion through Financial Education: OECD/INFE Evidence, Policies and Practice. OECD Working Papers on Finance, Insurance and Private Pensions, 34, 1-26. <https://doi.org/10.1787/5k3xz6m88smp-en>. Paris, France.
- Batsaikhan, U., & Demertzis, M.** 2018. Financial literacy and inclusive growth in the European Union. Bruegel Policy Contribution, 8. Bruxelles, Belgium.
- Björklund, M., & Sandahl, J.** 2023. Teaching and learning financial literacy within social studies—a case study on how to realise curricular aims and ambitions. *Journal of Curriculum Studies*, 55(3). <https://doi.org/10.1080/00220272.2023.2203771>. Harrington Tower College Station, TX.
- Clichici, D., & Moagăr-Poladian, S.** 2022. Financial Literacy, Economic Development and Financial Development: A Cross-Country Analysis. *Romanian Journal of European Affairs*, 22(1). Bucharest, Romania.
- Erste Group.** 2022. Schimbări de comportament financiar. 47% dintre români și-au restrâns cheltuielile în ultimul an din cauza creșterii prețurilor. <https://www.bcr.ro/ro/presa/informatii-de-presa/2022/09/19/schimbari-de-comportament-financiar-47-la-suta-dintre-romani-si-au-restrans-cheltuielile-in-ultimul-an-din-cauza-cresterii-preturilor>. Bucharest, Romania.
- Fernandes, D., Lynch, J. G., & Netemeyer, R. G.** 2014. Financial literacy, financial education, and downstream financial behaviors. *Management Science*, 60(8). <https://doi.org/10.1287/mnsc.2013.1849>
- Guvernul României.** 2023. STRATEGIA NAȚIONALĂ DE EDUCAȚIE FINANCIARĂ. Bucharest, Romania.
- Hensley, B. J., Jurgenson, J. B., & Ferris, L. A.** 2017. Combining Adult Education and Professional Development Best Practice to Improve Financial Education Teacher Training. *Journal of Financial Counseling and Planning*, 28(1). <https://doi.org/10.1891/1052-3073.28.1.33>
- Jana, V.** 2015. Improving the financial literacy of European consumers. Members' Research Service, May.
- Kaiser, T., Lusardi, A., Menkhoff, L., & Urban, C.** 2022. Financial education affects financial knowledge and downstream behaviors. *Journal of Financial Economics*, 145(2), 255–272. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2021.09.022>
- Liviu-Gelu Drăghici.** 2024. Bune practici în educația financiară -povești și jocuri pe care le putem folosi la orele de educație financiară.
- Lusardi, A., & Mitchell, O. S.** 2014. The Economic Importance of Financial Literacy: Theory and Evidence. *Journal of Economic Literature*, 52(1), 5-44. <https://doi.org/10.1257/jel.52.1.5>
- Mandell, L.** 2011. Financial Literacy: If It's so Important, Why isn't It Improving? SSRN Electronic Journal. <https://doi.org/10.2139/ssrn.923557>
- M.E.C.** 2021. Comunicat-comun-acreditare-curs-pentru-formatori.

- Nițoi, M., Clichici, D., Zeldea, C., Pochea, M., & Ciocîrlan, C.** 2022. Financial well-being and financial literacy in Romania: A survey dataset. *Data in Brief*, 43. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2022.108413>
- OECD.** 2005. Improving financial literacy: Analysis of issues and policies. In *Improving Financial Literacy: Analysis of Issues and Policies* (Vol. 9789264012578). <https://doi.org/10.1787/9789264012578-en>
- OECD.** 2020. Financial Literacy and Inclusion in Rural Areas. *OECD Economic Studies*. <https://doi.org/10.1787/fin-lit-rural-en>
- Salas-Velasco, M., Moreno-Herrero, D., & Sánchez-Campillo, J.** 2021. Teaching financial education in schools and students' financial literacy: A cross-country analysis with PISA data. *International Journal of Finance and Economics*, 26(3). <https://doi.org/10.1002/ijfe.2005>
- Unlock Market Research.** 2021. Studiu BCR: Doar 38% dintre români își urmăresc cheltuielile. <https://www.bcr.ro/ro/presa/informatii-de-presa/2021/09/21/Studiu-BCR-Doar-38-procente-dintre-romani-isi-urmaresc-cheltuielile-si-le-prioritizeaza-corect>
- Willis, L. E.** 2011. The Financial Education Fallacy. *American Economic Review*, 101(3), 429-434. <https://doi.org/10.1257/aer.101.3.429>
- World Bank.** 2021. Financial Inclusion in Romania. *Global Financial Development Report*. <https://www.worldbank.org>

DAIRY PRODUCTS AND THE ENVIRONMENTAL IMPACT

Doru NECULA ^{1,2}, Octavia Maria TAMAS-KRUMPE ^{2*} și Brîndușa COVACI ¹

¹ Mountain Economy Center, "CE-MONT", "Costin C. Kirițescu" NIER, Romanian Academy, Petreni St., no. 49, 725700, Vatra Dornei, Romania

² University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine of Cluj-Napoca, Mănăștur St., no.3-5, Cluj-Napoca, Romania

*Corresponding author: octavia.tamas@usamvcluj.ro

Abstract

Around the world, agriculture is of the greatest importance because it produces food for animals and people. Livestock is the branch that produces milk and meat, which are essential for human consumption. It is followed by the dairy industry, whose products are an important source of nutrients for human nutrition. All these activities are energy-intensive. Cultivation of the land, then harvesting, feeding and caring for animals, milk production, milk transportation and processing are dependent on electricity and the oil industry. These activities are indispensable for food production, but they have a major impact on the environment by increasing the carbon footprint and thus greenhouse gas (GHG) emissions. For this review, we have set out to discuss and raise awareness among the general public and those practicing agriculture that the livestock and dairy industries are a major source of GHGs. This is why it is necessary to take measures to mitigate these sources by implementing strategies to reduce and balance them, to find strategies, without giving up these activities, but to make them as profitable as possible. In animal husbandry, the water footprint can be controlled by choosing appropriate feed rations, while in the dairy industry the largest amount of water is represented by wastewater and with a high energy consumption. However, an alternative source of energy at the farm level is the anaerobic digestion of manure and obtaining energy generated by methane and transformed into electricity. Also, by installing solar panels at the farm level and in the processing industry, it would lead to reducing GHG emissions. Climate change brought about by GHGs has led to higher temperatures and a lack of rainfall, which will in time lead to a shortage of the water so necessary for agriculture and the processing industry.

Keywords: *Animal husbandry; dairy; carbon; water; energy; pollution; greenhouse gases.*

INTRODUCTION

Dairy products are foods for which demand is increasing, with demand expected to double by 2050 due to global population growth as well as income growth (Alexandratos and Bruinsma, 2012). It is estimated that by 2050 the global population will be around 9.8 billion people, who over time will switch to diets increasingly rich in animal products, especially dairy (Gerber et al. 2013; Gerbens-Leenes, 2017). Their production involves the use of large amounts of resources such as: agricultural land, agricultural crops, water, oil, with major impacts in the production of greenhouse gases (GHG) (Notarnicola et al. 2017).

Currently the biggest concerns facing society are climate change (Steffen et al. 2007; Flysjö, 2011). Global greenhouse gas emissions are also represented by the food industry sector, which accounts for a significant share of about one third of total emissions (Barker, 2007; Flysjö, 2011). In the dairy and dairy processing sector, related to production, transportation, processing, it is estimated that gas emissions comprise about 2.7 of the total global greenhouse gas emissions (Gerber et al. 2010; Notarnicola et al. 2017).

Milk is an important and rich source of nutrients for human nutrition, but its quality starts to deteriorate immediately after milking due to the growth of pathogenic microorganisms. In order to maintain its freshness, milk needs to be cooled to around 3-4°C, after which it can be transported over longer distances to processing plants. For processing, milk sometimes has to be heated to pasteurization temperatures and then cooled again, thus consuming a large amount of energy and thus increasing carbon dioxide emissions (Debnath et al. 2022). In order to reduce energy consumption, the use of environmentally friendly procedures such as radio frequency processing, pulsed ultraviolet light, ultrasound, irradiation, high pressure technology, ozone treatment, pulsed electric field, and other less energy consuming methods have been started (Singh and Debanth, 2019; Hazra et al. 2020; Debnath et al. 2022). Also long time ripening of cheeses results in high energy consumption as they have to be kept for 6-8 months and even longer at low temperatures to get the specific flavor. Enzymes such as lipase, esterase and protease can be used to speed up the ripening and flavor of cheeses and reduce energy consumption (Law, 2001; Debnath et al. 2022).

The dairy industry also results in many by-products such as casein and caseinate that can be incorporated into other food products that will increase their protein content (Badem and Uçar 2017). Badem and Uçar (2017) specify that from industrial casein can be obtained adhesives, paints or rubber. Barukčić et al. (2014) in his research highlights another valuable product such as whey obtained from cheese making which can be used in making whey powder, whey protein concentrate, lactose powder, baker's yeast, soft drinks which are rich in electrolytes, or ethanol, biogas, etc. Also the addition of buttermilk powder to yogurt prevents syneresis due to its high water binding capacity (Garczewska-Murzyn et al. 2022)

In this context, the aim of the present work was to highlight the environmental impacts of the livestock and dairy processing industry on the environment, based on the work in the literature.

METHODOLOGY

Being a bibliographic work, no original experimental research was carried out. In order to carry out this bibliographic study, we consulted a set of bibliographic sources, including recent or older scientific publications, but established in the field addressed. At the same time, we resorted to accessing online some highly topical scientific documentation platforms (Google Scholar/Academic, Web of Science), using the following search terms: "greenhouse gases", "carbon footprint", "pollution in animal husbandry systems", "pollution in the dairy industry". The synthesized data was descriptively processed and comparatively analyzed, and then assembled and organized in the following chapters.

Use of preservatives in dairy processing

Web (2022) states that about more than 800 million people globally are starving given that at the same time each year FAO (2011) claims that about 1.3 million tons of products are spoiled, the most significant being dairy waste (Gustafsson et al. 2013; Debnath et al. 2022). Increasing the shelf life of products can be improved through bio-

preservatives that do not harm either human health or the environment. Among them we can mention: essential oils, nisin, lactacin, pedocin which have bacteriostatic or bactericidal effects and at the same time influence the maintenance of the products' organoleptic and physico-chemical qualities (Debnath et al. 2022). Nisin has as source *Lactococcus lacticus, subsp. lactis* with application in pasteurized milk and processed cheese with effects on the inhibition of *Clostridium tirobutyricum* (Khurana and Kanawjia, 2007). Lactacinin has as source *Lactococcus lactis*, having a role in accelerating the ripening of cheeses but also in eliminating some gram positive microorganisms (Guinane et al. 2005; Sen and Ray, 2019). The pedocin produced by *Lactobacillus plantarum* has a particularly inhibitory effect against *Listeria monocytogenes* in cottage cheese and ice cream (Rodríguez et al. 2002; Debnath et al. 2022).

Among the essential oils, cumin, rosemary and thyme inhibit the growth of pathogens such as *Salmonella typhi* and *Bacillus cereus*, and also play an important role in maintaining the organoleptic and physicochemical properties of soft cheeses (EL-Kholy and Amer 2017; Mishra et al. 2020). Zataria, mint and basil together have a role in preventing the growth of *Escherichia coli* and *Listeria monocytogenes* in yogurts (Azizkhani and Tooryan, 2016). Cumin and thyme are considered as veritable bacteriophages that act as antioxidants in preventing the denaturation of butter during butter storage, while also preventing the growth of *Salmonella spp.* microorganisms, *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogene*, and the development of endolysins in milk and cheese (El-Sayed and Youssef 2019; Ameer et al. 2019).

The water footprint

Although it contributes to the prosperity and health of humanity, freshwater consumption, along with land use, fossil fuel consumption, and other polluting compounds that lead to greenhouse gas (GHG) emissions, is one of the main environmental aspects for which agricultural production is responsible (Mekonnen and Gerbens-Leenes, 2020).

It is less well known that feed production is facing increasing demands for water as climate change will cause a water crisis. It is for this reason that the need to mitigate negative impacts in food production with environmental impacts is emerging (Thornton, 2010). Of all branches of the economy, agriculture has become the largest consumer of water, and water scarcity in the future may lead to impacts on the production of food needed by the population (Godfray et al. 2010; Strzepek and Boehlert, 2010). Rising temperatures coupled with decreasing precipitation will greatly affect the water cycle leading to increasing water scarcity (Rojas-Downing et al. 2017). Amid these changes, plant evapotranspiration will increase significantly, reportedly because crop plants will consume more water (Guzmán-Luna et al. 2022). Increased global population levels will raise competition for water and energy (Thornton, 2010). Excessive water use is associated with the risk of water contamination, with salt and nitrates being the most common groundwater contaminants (Grout et al. 2006). Also, globally, livestock accounts for about one third of the water footprint (Mekonnen and Hoekstra, 2012) and of this footprint, 98% is water needed to produce animal feed (Shiklomanov, 2000).

As milk production increases, the water footprint will decrease in favor of the carbon footprint (Mekonnen and Hoekstra, 2012). In a study, Hoekstra (2012) concludes that diets with more forages reduce the water footprint in milk production and the use of

concentrates in feed increases the water footprint about 5 times more than fibrous feeds. In this context, it is recommended to choose feed rations for animal feed that decrease the water footprint. The largest amount of water is wastewater in the dairy industry, which is energy intensive (Drożdżiel et al. 2017). In the dairy industry, large amounts of water are used for each production step, starting from raw milk that is heat treated and then cooled, where 2-3 times water is consumed for 1L of milk that is heat treated and then cooled (Singh and Kumar, 2009). In 2018, Klemes et al. reported that about 10.8 L milk is used for 1 kg of dairy product obtained. The wastewater from dairy processing will increase the organic load in the sewage system and at the same time greatly reduce the oxygen content in the reservoir water, seriously affecting the life of aquatic life (Al-Wasify et al. 2018). Wastewater treatment should be done as judiciously as possible because it can contribute to the emission of greenhouse gases through the release of carbon and methane (Keller, J. and Hartley, 2003).

Agricultural land use and climate in the current context

Agricultural history has shown that it has always responded to increased demand for food by expanding and developing new areas for production. Given global population growth trends this option is out of date (Smith et al. 2010). Godfray (2010) argues that reclaiming some land for agricultural land return is at the expense of forest deforestation with repercussions and at the expense of biodiversity, which can contribute to the greenhouse gas footprint. When the land is not suitable for cereal cultivation, it is used for grazing, becoming more suitable for livestock production and then for human food without competing with food from cereal fed livestock (Capper et al. 2009). Another study by Mekonnen and Hoekstra (2012) reported that the water footprint for dairy products is lower from a mixed feeding system i.e. grazing system with industrial products, considering optimal land use and availability of water sources. Dairy from mountain pastures also stimulates tourism and recreational activities, and these activities accompanied with animal welfare have favored the establishment of organic markets stimulating farmers' activities (Meul et al. 2012). Due to climate change, the vegetation characteristic of each season will be affected by a delay or advancement of harvesting periods (Guzmán-Luna et al. 2022). These changes will alter the course of the seasons by deregulating the vegetation periods of some crops, with positive effects in some areas or negative in others (Guzmán-Luna et al. 2022).

Since the year 2000, global average temperatures have increased by 0.2-0.6 °C and are expected to increase by a further 1.5 to 5.8 °C by the end of the century (IPCC, 2007). Droughts will become increasingly difficult to withstand and extreme precipitation more frequent (Battisti and Naylor, 2009; Karl et al. 2009). In this case, dairy cows are facing heat stress (Ravagnolo et al. 2000) and therefore the breeding of more resistant breeds adapted to high temperatures is recommended, such as in Romania, the Transylvanian Pinzgau breed and Pinzgau with the Black and Brown Maramureş variety (Necula et al. 2024). In this context, new challenges in dairy production are emerging, stimulating the use of pastures that can constitute a diversification of farming systems (Sanderson et al. 2009).

In recent centuries, land-use change measures have been taken with very large repercussions on ecological stability, sometimes greater than climate change. However,

most land-use change measures are not always related to climate change or even climate, and thus people will change land use and management to adapt to climate change, which could amplify some ecological effects (Dale, 1997).

Energy consumption

The dairy industry is dependent on non-renewable resources considerably increasing its carbon footprint and is therefore considered unsustainable (Godfray et al. 2010). Milk processing technology involves the use of mechanical processes such as homogenization, emulsification, stirring, centrifugation, preparation for curdling (in the case of cheese) which consume electricity (Dąbrowski et al. 2021). Planting of crops, fertilization, harvesting and delivery of feed depend on the oil industry (Von Keyserlingk et al. 2013). In mountain areas where animals are not permanently kept in closed stalls and are taken out to pasture, the dependence on oil is greatly reduced. This is true of indigenous breeds that are more resilient in the grazing system, but the same cannot be said for cows with genetics geared to record milk production. Das et al. (2001) mentions grazing systems that are less dependent on a share of energy in that cows consume grass, fertilize with their own manure, and the sun's rays convert it all into milk. An alternative source of on-farm energy that could mitigate the dependence on non-renewable energy and should be considered could be the fermentation of manure and obtaining methane-generated energy (Zaks et al. 2011; Atandi and Rahman, 2022). Another alternative to renewable energy is the installation of solar panels on dairy farms. By anaerobically digesting the manure and obtaining biogas they can reduce GHG emissions both during storage and when administered on the fertilizer field benefiting the decrease of CH₄ emissions (Aguirre-Villegas et al. 2015). Also, by producing renewable energy from manure and reducing gas, the sustainability of the farm is improved (Lijó et al. 2017), and by converting gas into electricity as well as utilizing photovoltaic system which is converted from solar energy into electricity (Peng et al. 2013), the farm becomes a producer of electricity instead of a consumer, thus reducing CO₂ emissions (Bey et al. 2016; Peng et al. 2013).

Fertilizer management

Manure includes handling, collection and storage, factors that contribute to GHG emissions that represent at the level of a dairy farm about 9-15% carbon footprint (Roibás et al. 2016; Noya et al. 2018). The main source of N₂O emissions is manure (Guzmán-Luna et al. 2022). Also depending on climatic conditions, during handling and storage, manure also releases a certain amount of CH₄. To estimate the emissions of N₂O and CH₄, Guzmán-Luna et al. (2022) used default emission factors proposed in 2006 by the IPCC. Manure is considered as the best natural fertilizer for providing nutrients for growing crops but also for grassland. However, applied in excess, it has the reverse effect through nutrient loss, surface and groundwater contamination and air pollution (Knowlton et al. 2004).

The livestock sector, through livestock farming, has been identified as an important source of N and P contamination of surface waters (Smith and Alexander, 2000). It is precisely for this reason that public concern about water quality has greatly increased leading to the implementation of legislative regulations (Knowlton et al. 2004). Thus, some countries have already taken measures to reduce losses from grade litter by

developing platforms to reduce N and P runoff from surface waters (Von Keyserlingk et al. 2013).

Air pollution

The second largest contributor of greenhouse gases (GHGs) globally is considered to be agriculture at 26%, followed then by electricity and heat production at 25% (Meena et al. 2022). According to US EPA (2012), agriculture contributes 16.3 to the total GHG emissions and the emission from dairy production is about 1 kg carbon dioxide Eq/Kg milk at the farm gate (FAO, 2010). Of the total on-farm emissions CH₄ is the largest contributor and originates from rumen enteric fermentation (Hagemann et al. 2011), and is 25 times more GHG than CO₂ for the environment (IPCC, 2006).

The main sources of gaseous emissions at farm level are the feeding system, manure, animal housing, manure application on the ground, and the main gaseous pollutants are carbon dioxide (CO₂), nitrous oxide (N₂O) together with nitrogen acids (NO and NO₂), methane (CH₄), ammonia (NH₃), hydrogen sulfide (H₂S) and volatile organic compounds (VOCs), (Von Keyserlingk et al. 2013). So to produce milk and milk by-products the environmental impact is quite significant (Alvarado et al. 2012; Von Keyserlingk et al. 2013). Von Keyserlingk et al. (2013) specifies that monitoring the animal production as closely as possible, managing very carefully the characteristics of the farm floors and the frequency of cleaning, managing as responsibly as possible the aerobic and anaerobic compost, will allow the mitigation of the gas emissions to reach a specific acceptable variable, in order to identify the best strategies to go ahead and obtain milk and dairy products in accordance with veterinary health regulations.

Carbon footprint

By and large, environmental concerns are becoming increasingly widespread in both the press and academia. The amounts of energy consumed to produce a product will be transformed and interpreted into accessible impact indicators (Meena et al. 2022). In the case of milk and dairy production, the only impact category is the global warming potential, reported as CO₂ equivalent/kilogram of milk over a 100-year period (Foster, 2013), where 1 kg CO₂ = 1 kg CO₂ equivalent (Eq), 1 kg CH₄ = 25 kg CO₂Eq, 1 kg N₂O = 298 kg CO₂ Eq (Meena et al. 2022). Thus, the global warming potential is estimated for each type of gas based on its heating power and atmospheric lifetime. Often however these results are subjective. But since the dairy industry is a major source of greenhouse gases (GHGs), it is necessary to identify the critical points in order to implement mitigation strategies by increasing animal productivity and improving reproductive quality, and also to research as efficiently as possible on the production of feed and feed additives (Meena et al. 2022).

The carbon footprint is the total greenhouse gas emissions accumulated over a staged period of production of a product, measured in CO₂ equivalent (Meena et al. 2022). The carbon footprint of milk (Table 1) is calculated using life-cycle assessment (LCA) to highlight the efficiency of the production system in obtaining and valorizing milk (Mazzetto et al. 2022). The production of milk and dairy products needs to be assessed with particular attention, as it is an important source of elements vital for human consumption (Vida and Tedesco, 2017).

Table 1. Carbon footprint for milk production (1 kg) in different countries

Country	Farm type	Carbon footprint (KgCO ₂ eq)	Reference
Columbia	Mixt production (milk-meat)	2.1-4.2	(Gonzalez-Quintero et al. 2021)
Uruguay	Milk production	0.97	(Darre et al. 2021)
New Zealand	Milk production	0.78	(Ledgard et al. 2020)
Kenya	Small-scale milk production	2.19-3.13	(Wilkes et al. 2020)
China	Milk production	1.34	(Wang et al. 2018)
Australia	Milk production	0.39-1.35	(Sejian et al. 2018)
Ireland	Milk production	1.22	(Yan et al. 2013)
Ireland	Grazed animals	1.11	(O'Brien et al. 2014)
Portugal	Grazed animals	0.83	(Morais et al.2018)
Italy	Milk production	1.12	(Bacenetti et al. 2016)
Australia	Milk production	1.11	(Gollnow et al. 2014)
Canada	Milk production	0.44 - 1.73	(Jayasundara et al. 2019)

For a better sustainability of dairy producing farms it is necessary to implement the most eligible strategies to reduce GHG, such as CH₄, N₂O and CO₂ (Vida and Tedesco, 2017). Gerber et al. (2013) predict that GHG emissions could be reduced in the livestock sector by about 30% by applying the best technologies and practices in the sector. Through on-farm change and modernization, GHG emissions can be considerably reduced through well applied management (Castro et al. 2012). A reduced number of animals with increased productivity can also be a way to reduce CH₄ (Moss et al. 2000). Maintaining a healthy status of cows by preventing diseases such as mastitis will reduce non-productive periods, reduce CH₄/liter of milk and at the same time reduce GHG emissions (Garnsworthy, 2004).

DISCUSSIONS

Studies conducted by more and more researchers are focused on mitigating the effects of GHG.

Animal feed, by making it more efficient, can be a particularly important factor in the emissions produced by animals. The relationship between the ability to achieve increased productivity and GHG emissions has been demonstrated especially in the dairy sector by the fact that per kg of milk, emissions have decreased considerably with the increase in animal productivity.

If we consider the mountain area, GHG emissions are considerably reduced by feeding animals on pastures. This increases the digestibility coefficient of the feed, related to an improvement in health and well-being, which leads to an increase in reproductive efficiency with greater productivity, and overall to a reduction in the carbon footprint.

Grazing ensures the truest welfare of animals, which is also considered the best strategy to reduce the carbon footprint. Many studies focused on farm management regarding animal productivity show that there are large differences between farms, in relation to animal productivity and environmental performance.

CONCLUSIONS

In this paper, we aimed to analyze and define the main factors in the dairy industry that interact with global climate change. Thus, we provide information on how the sustainability of the dairy sector in the short and long term will be seriously disrupted by the effects of climate change. Dairy products are staple foods in the human diet, and their consumption increases with population growth. Food production also involves the use of large quantities of energy resources with major effects on the increase in the carbon footprint and implicitly on the increase in greenhouse gases that have led to considerable climate change over time. However, the production of milk and dairy products must be evaluated with particular care, as it constitutes an important source of vital elements for human consumption.

Due to these climate changes, seasons are disrupted, water shortages occur, with an impact on crops. With the increase in climate change, a series of microorganisms will proliferate that will affect the quality of milk and dairy products, food safety will be affected and waste generated by the dairy industry could increase. In this context, the future of the planet is full of uncertainties, and this work urges making clear decisions and establishing concrete strategies in animal husbandry and the dairy industry. Through well-implemented farm management modernization, GHG emissions could be significantly reduced. Reducing the number of animals and exploiting those with high productivity can be an alternative to reduce CH₄.

It can be argued that the findings of many researchers, although approximate, highlight the importance of considering all GHGs and highlight that the practices that best reduce emissions may also vary depending on location. From many points of view, greenhouse gas emissions constitute a new global challenge, but more extensive and thorough research can lead to more efficient and better activities and practices that help to perform the reduction of production externalities.

REFERENCES

- Aguirre-Villegas HA, Passos-Fonseca TH, Reinemann DJ, Armentano LE, Wattiaux MA, Cabrera VE, ..., Larson R.** 2015. Green cheese: Partial life cycle assessment of greenhouse gas emissions and energy intensity of integrated dairy production and bioenergy systems. *Journal of dairy science* 98(3):1571-1592.
- Alexandratos N, Bruinsma J.** 2012. World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. *ESA Working paper* 12-03, Vol. 12 (2012)
- Alvarado CS, Gibbs SG, Gandara A, Flores C, Hurd WW, Green CF.** 2012. INTERNATIONAL PERSPECTIVES: The Potential for Community Exposures to Pathogens From an Urban Dairy. *Journal of Environmental Health* 74(7):22-29.

- Al-Wasify RS, Ali M, Hamed SR.** 2018. Application of different magnetic intensities for the treatment of landfill leachate in Egypt. *Cogent Engineering* 5(1): 1436114., doi: 10.1080/23311916.2018.1436114
- Ameer S, Aslam S, Saeed M.** 2019. Preservation of milk and dairy products by using biopreservatives. *Middle East Journal of Applied Science & Technology (MEJAST)* 2:72-79.
- Atandi E, Rahman S.** 2012. Prospect of anaerobic co-digestion of dairy manure: a review. *Environmental Technology Reviews* 1(1):127-135.
- Azizkhani M, Tooryan F.** 2016. Antimicrobial activities of probiotic yogurts flavored with peppermint, basil, and zataria against *Escherichia coli* and *Listeria monocytogenes*. *J. Food Qual. Hazards Control* 3:79-86.
- Bacchetti J, Bava L, Zucali M, Lovarelli D, Sandrucci A, Tamburini A, Fiala M.** 2016. Anaerobic digestion and milking frequency as mitigation strategies of the environmental burden in the milk production system. *Science of the total environment* 539:450-459.
- Badem A, Uçar G.** 2017. Production of caseins and their usages. *Int J Food Sci Nutr* 2(1):4-9.
- Barker T.** 2007. L Bernstein, J E Bogner, I Bashmakov, P R Bosch, R Dave, O R Davidson, B S Fisher, S Gupta, K Halsnæs, G J Heij, S Kahn Ribeiro, S Kobayashi, M D Levine, D L Martino, O Masera, B Metz, L A Meyer, G -J Nabuurs, N Nakicenovic, H -H Rogner, J Roy, J Sathaye, R Schock, P Shukla, R E H Sims, P Smith, D A Tirpak, D Urge-Vorsatz, and D Zhou (2007) Technical Summary. *Climate Change* 35-37.
- Barukčić I, Božanić R, Jakopović K, Tratnik L.** 2014. Possibilities of whey utilisation. *Austin J Nutr Food Sci* 2(7):1-7.
- Battisti DS, Naylor RL.** 2009. Historical warnings of future food insecurity with unprecedented seasonal heat. *Science* 323(5911):240-244.
- Bey M, Hamidat A, Benyoucef B, Nacer T.** 2016. Studiu de viabilitate a utilizării sistemului fotovoltaic conectat la rețea în agricultură: Cazul fermelor de lapte din Algeria. *Evaluări pentru energie regenerabilă și durabilă* 63:333-345.
- Capper JL, Cady RA, Bauman DE.** 2009. The environmental impact of dairy production: 1944 compared with 2007. *Journal of animal science* 87(6):2160-2167.
- Castro A, Pereira JM, Amiama C, Bueno J.** 2012. Estimating efficiency in automatic milking systems. *Journal of Dairy Science* 95(2):929-936.
- Dąbrowski W, Żyłka R, Malinowski P.** 2017. Evaluarea consumului de energie în timpul epurării aerobe a nămolului de epurare în stația de epurare a apelor uzate lactate. *Mediul* 153:135-139.
- Dale, V. H.** 1997. The relationship between land-use change and climate change. *Ecological applications*, 7(3), 753-769.
- Darré E, Llanos E, Astigarraga L, Cadenazzi M, Picasso V.** 2021. Do pasture-based mixed dairy systems with higher milk production have lower environmental impacts? A Uruguayan case study. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 64(3):444-462.
- Das SM, Redbo I, Wiktorsson H.** 2001. Behaviour of Zebu and crossbred cows in restricted suckling groups. *Applied Animal Behaviour Science* 72(3):263-270.
- Debnath PP, Roy K, Debnath A, Sanyal MK.** 2022. Life cycle assessment and application of green technologies in dairy industry to reduce carbon footprint. *Indian J Anim Health* 61(2):19-32.
- Defta N, Vidu L, Mihai R, Dragomir N, Posan P, Oprea I.** 2023. Study on the dynamics of cattle livestock, milk production and fresh dairy products in Romania between 2016-2020. *Scientific Papers. Series D. Animal Science LXVI* (2):465-470.
- Drożdźiel P, Vitenko T, Voroshchuk V, Narizhnyy S, Snizhko O.** 2021. Discrete-impulse energy supply in milk and dairy product processing. *Materials* 14(15):4181.

- EL-Kholy W, Aamer R.** 2017. Effect of some essential oils on the quality of UF-soft cheese during storage. *Alexandria Journal of Food Science and Technology* 14(1):13-28., doi: 10.12816/0038401
- El-Sayed SM, Youssef AM.** 2019. Potential application of herbs and spices and their effects in functional dairy products. *Heliyon* 5(6), doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e01989
- FAO.** 2011. Global food losses and food waste – extent, causes and prevention. Food and Agriculture Organization, Rome, pp. 4
- Flysjö A.** 2011. Potential for improving the carbon footprint of butter and blend products. *Journal of dairy science* 94(12):5833-5841.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).** 2010. Greenhouse gas emissions from the dairy sector: A life cycle assessment.
- Foster JB.** 2013. Why ecological revolution. *Environmental sociology: From analysis to action*, pp. 37-52.
- Garczewska-Murzyn A, Smoczyński M, Kotowska N, Kielczewska K.** 2022. Effect of buttermilk and skimmed milk powder on the properties of low-fat yoghurt. *Journal of Food Science and Technology* 59(6):2160-2167, doi: 10.1007/s13197-021-05227-w
- Garnsworthy PC.** 2004. The environmental impact of fertility in dairy cows: a modelling approach to predict methane and ammonia emissions. *Animal feed science and technology* 112(1-4):211-223.
- Gerbens-Leenes PW.** 2017. Dietary transition: longterm trends, animal versus plant energy intake, and sustainability issues. *In Vegetarian and plant-based diets in health and disease prevention*, pp. 117-134.
- Gerber PJ, Steinfeld H, Henderson B, Mottet A, Opio C, Dijkman J, ..., Tempio G.** 2013. Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities.
- Gerber PJ, Vellinga TV, Steinfeld H.** 2010. Issues and options in addressing the environmental consequences of the growth of the livestock sector. *Meat Science* 84(2):244-247.
- Godfray HCJ, Beddington JR, Crute IR, Haddad L, Lawrence D, Muir JF, ..., Toulmin C.** 2010. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science* 327(5967):812-818.
- Godfray HCJ, Crute IR, Haddad L, Lawrence D, Muir JF, Nisbett N, ..., Whiteley R.** 2010. The future of the global food system. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365(1554):2769-2777.
- Gollnow S, Lundie S, Moore AD, McLaren J, van Buuren N, Stahle P, ..., Rehl T.** 2014. Carbon footprint of milk production from dairy cows in Australia. *International Dairy Journal* 37(1):31-38.
- González-Quintero R, Kristensen T, Sánchez-Pinzón MS, Bolívar-Vergara DM, Chirinda N, Arango J, ..., Knudsen MT.** 2021. Carbon footprint, non-renewable energy and land use of dual-purpose cattle systems in Colombia using a life cycle assessment approach. *Livestock Science* 244:104330.
- Grout AS, Veira DM, Weary DM, Von Keyserlingk MAG, Fraser D.** 2006. Differential effects of sodium and magnesium sulfate on water consumption by beef cattle. *Journal of animal science* 84(5):1252-1258.
- Guinane CM, Cotter PD, Hill C, Ross RP.** 2005. Microbial solutions to microbial problems; lactococcal bacteriocins for the control of undesirable biota in food. *Journal of Applied Microbiology* 98(6):1316-1325, doi: 10.1111/j.1365-2672.2005.02552.x
- Gustafsson J, Cederberg C, Sonesson U, Emanuelsson A.** 2013. The methodology of the FAO study: "Global Food Losses and Food Waste-extent, causes and prevention"-FAO, 2011.

- Guzmán-Luna P, Mauricio-Iglesias M, Flysjö A, Hospido A.** 2022. Analysing the interaction between the dairy sector and climate change from a life cycle perspective: A review. *Trends in Food Science & Technology* 126:168-179.
- Hagemann M, Hemme T, Ndambi A, Alqaisi O, Sultana MN.** 2011. Benchmarking of greenhouse gas emissions of bovine milk production systems for 38 countries. *Animal feed science and technology*, 166, 46-58.
- Hoekstra AY.** 2012. The hidden water resource use behind meat and dairy. *Animal frontiers* 2(2).
- IPCC.** 2006. Emissions from livestock and manure management. *Forestry*, Vol. 4, <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>
- Jayasundara S, Worden D, Weersink A, Wright T, VanderZaag A, Gordon R, Wagner-Riddle C.** 2019. Improving farm profitability also reduces the carbon footprint of milk production in intensive dairy production systems. *Journal of cleaner production* 229:1018-1028.
- Keller J, Hartley K.** 2003. Greenhouse gas production in wastewater treatment: process selection is the major factor. *Water Science and Technology* 47(12):43-48, doi: 10.2166/wst.2003.0626
- Khurana HK, Kanawjia SK.** 2007. Recent trends in development of fermented milks. *Current Nutrition & Food Science* 3(1):91-108.
- Klemes J, Smith R, Kim JK. (Eds.).** 2008. Handbook of water and energy management in food processing. Elsevier.
- Knowlton KF, Radcliffe JS, Novak CL, Emmerson DA.** 2004. Animal management to reduce phosphorus losses to the environment. *Journal of Animal Science* 82.
- Law BA.** 2001. Controlled and accelerated cheese ripening: the research base for new technology. *International Dairy Journal* 11(4-7):383-398, doi: 10.1016/S0958-6946(01)00067-X
- Ledgard SF, Falconer SJ, Abercrombie R, Philip G, Hill JP.** 2020. Temporal, spatial, and management variability in the carbon footprint of New Zealand milk. *Journal of dairy science* 103(1):1031-1046.
- Lijó L, Lorenzo-Toja Y, González-García S, Bacenetti J, Negri M, Moreira MT.** 2017. Eco-efficiency assessment of farm-scaled biogas plants. *Bioresource technology* 237:146-155.
- Mazzetto AM, Falconer S, Ledgard S.** 2022. Mapping the carbon footprint of milk production from cattle: A systematic review. *Journal of Dairy Science* 105(12):9713-9725.
- Meena BS, Paul P, Tengli MB.** 2022. Calculation of carbon footprint to agricultural produce specifically milk production. *Analytical Approaches for Vulnerability and Adaptation to Climate Change in Agriculture* 68.
- Mekonnen MM, Hoekstra AY.** 2012. A global assessment of the water footprint of farm animal products. *Ecosystems* 15(3):401-415.
- Mekonnen MM, Hoekstra AY.** 2012. A global assessment of the water footprint of farm animal products. *Ecosystems* 15(3):401-415.
- Mekonnen, M. M., & Gerbens-Leenes, W.** 2020. The water footprint of global food production. *Water*, 12(10), 2696.
- Meul M, Van Passel S, Fremaut D, Haesaert G.** 2012. Higher sustainability performance of intensive grazing versus zero-grazing dairy systems. *Agronomy for sustainable development* 32:629-638.
- Mishra AP, Devkota HP, Nigam M, Adetunji CO, Srivastava N, Saklani S, ..., Khaneghah AM.** 2020. Combination of essential oils in dairy products: A review of their functions and

- potential benefits. *LWT-Food Science and Technology* 133:110116, doi: 10.1016/j.lwt.2020.110116
- Mishra P, Fatih C, Niranjana HK, Tiwari S, Devi M, Dubey A.** 2020. Modelling and forecasting of milk production in Chhattisgarh and India. *Indian Journal of Animal Research* 54(7):912-917.
- Morais TG, Teixeira RF, Rodrigues NR, Domingos T.** 2018. Carbon footprint of milk from pasture-based dairy farms in Azores, Portugal. *Sustainability* 10(10):3658.
- Moss AR, Jouany JP, Newbold J.** 2000. Methane production by ruminants: its contribution to global warming. In *Annales de zootechnie* Vol. 49, 3: 231-253, EDP Sciences.
- Necula D, Ciupe S, Tamas-Krumpe O, Todoran D, Ognean L.** 2024. Analysis of the Current Opportunities for Valorization and Conservation of the Main Autochthonous Cattle Breeds in the Conditions of the Carpathian Mountain Areas. *Bulletin of the University of Agricultural Sciences & Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Veterinary Medicine* 81(1).
- Notarnicola B, Tassielli G, Renzulli PA, Castellani V, Sala S.** 2017. Environmental impacts of food consumption in Europe. *Journal of cleaner production* 140:753-765.
- O'Brien D, Brennan P, Humphreys J, Ruane E, Shalloo L.** 2014. An appraisal of carbon footprint of milk from commercial grass-based dairy farms in Ireland according to a certified life cycle assessment methodology. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 19:1469-1481.
- O'Brien D, Shalloo L, Patton J, Buckley F, Grainger C, Wallace M.** 2012. A life cycle assessment of seasonal grass-based and confinement dairy farms. *Agricultural Systems* 107:33-46.
- Peng J, Lu L, Yang H.** 2013. Review on life cycle assessment of energy payback and greenhouse gas emission of solar photovoltaic systems. *Renewable and sustainable energy reviews* 19:255-274.
- Ravagnolo O, Misztal I, Hoogenboom G.** 2000. Genetic component of heat stress in dairy cattle, development of heat index function. *Journal of dairy science* 83(9):2120-2125.
- Rodríguez JM, Martínez MI, Kok J.** 2002. Pediocin PA-1, a wide-spectrum bacteriocin from lactic acid bacteria. *Critical reviews in food science and nutrition* 42(2):91-121.
- Roibás L, Martínez I, Goris A, Barreiro R, Hospido A.** 2016. An analysis on how switching to a more balanced and naturally improved milk would affect consumer health and the environment. *Science of the Total Environment* 566:685-697.
- Rojas-Downing MM, Nejadhashemi AP, Harrigan T, Woznicki SA.** 2017. Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. *Climate risk management* 16:145-163.
- Sanderson MA, Wedin D, Tracy B.** 2009. Grassland: Definition, origins, extent, and future. *Grassland Quietness and Strength for a New American Agriculture* pp. 55-74.
- Sejian V, Prasad RS, Lees AM, Lees JC, Al-Hosni YA, Sullivan ML, Gaughan JB.** 2018. Assessment of the carbon footprint of four commercial dairy production systems in Australia using an integrated farm system model. *Carbon Management* 9(1):57-70.
- Sen C, Ray PR.** 2019. Biopreservation of dairy products using bacteriocins. *Indian Food Industry* 1(4):51-60.
- Shiklomanov IA.** 2000. Appraisal and assessment of world water resources. *Water international* 25(1):11-32.
- Singh OP, Kumar MD.** 2009. Impact of dairy farming on agricultural water productivity and irrigation water use. Hazra S, Jadhav V, Manik S, Debnath A and Roy K, 2020. Infrared heating: An alternate way for traditional food processing. *Vigyan Varta* 1(8):26-28.

- Smith P, Gregory PJ, Van Vuuren D, Obersteiner M, Havlík P, Rounsevell M, ..., Bellarby J.** 2010. Competition for land. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365(1554):2941-2957.
- Smith RA, Alexander RB.** 2000. Sources of Nutrients in the Nation's Watersheds, pp. 13-21. Reston, Virginia, USA: US Geological Survey.
- Steffen W, Crutzen PJ, McNeill JR.** 2007. The Anthropocene: are humans now overwhelming the great forces of nature. *Ambio-Journal of Human Environment Research and Management* 36(8):614-621.
- Strzepek K, Boehlert B.** 2010. Competition for water for the food system. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365(1554):2927-2940.
- Karl TR, Melillo JM, Peterson TC, Hassol SJ.** 2009. Global climate change impacts in the United States. Cambridge University Press, New York, NY
- Thornton PK.** 2010. Livestock production: recent trends, future prospects. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365(1554):2853-2867.
- Vida E, Tedesco DEA.** 2017. The carbon footprint of integrated milk production and renewable energy systems—A case study. *Science of the total environment* 609:1286-1294.
- Von Keyserlingk MAG, Martin NP, Kebreab E, Knowlton KF, Grant RJ, Stephenson M, ..., Smith SI.** 2013. Invited review: Sustainability of the US dairy industry. *Journal of dairy science* 96(9):5405-5425.
- Wang X, Ledgard S, Luo J, Guo Y, Zhao Z, Guo L, ..., Ma L.** 2018. Environmental impacts and resource use of milk production on the North China Plain, based on life cycle assessment. *Science of the Total Environment* 625:486-495.
- WFP.** 2022. A global food crisis, 2022: A year of unprecedented hunger. *World Food Programme*. At <https://www.wfp.org/global-hunger-crisis> on Accessed on 28.10.2024.
- Wilkes A, Wassie S, Fraval S, van Dijk S.** 2020. Variation in the carbon footprint of milk production on smallholder dairy farms in central Kenya. *Journal of Cleaner Production* 265:121780.
- Yan MJ, Humphreys J, Holden NM.** 2013. Life cycle assessment of milk production from commercial dairy farms: the influence of management tactics. *Journal of dairy science* 96(7):4112-4124.
- Zaks DP, Winchester N, Kucharik CJ, Barford CC, Paltsev S, Reilly JM.** 2011. Contribution of anaerobic digesters to emissions mitigation and electricity generation under US climate policy. *Environmental science & technology* 45(16):6735-6742.

**Publicație a Centrului de Economie Montană / Institutul Național
de Cercetări Economice „Costin C. Kirițescu” – INCE / Academia Română**

Jurnalul de Montanologie

CUPRINS

STUDIUL PRIVIND SENSIBILITATEA LA ANTIBIOTICE A PRINCIPALILOR AGENȚI PATOGENI IMPLICAȚI ÎN INFECȚIILE URINARE LA PACIENȚII DIN REGIUNEA MONTANĂ DE NORD A CARPAȚILOR ORIENTALI

Florentina COSTEA, Rodica BOCA, Loredana COSTEA,
Marta HRISCA, Violeta POPOVICI71

INFRASTRUCTURA TURISTICĂ ȘI UTILIZAREA RELIEFULUI MONTAN: O COMPARAȚIE ÎNTRE CARPAȚI ȘI TATRA

Matei DOMNIȚA, Nicoleta-Andrada DOMNIȚA.....83

ABORDĂRI INTEGRATE PENTRU REDUCEREA IMPACTULUI ASUPRA MEDIULUI PRIN BIOECONOMIE CIRCULARĂ: VALORIFICAREA SUBPRODUSELOR DIN FRUCTE — O PERSPECTIVĂ A LITERATURII ȘTIINȚIFICE

Emanuela-Adina NICULA93

EDUCAȚIE, ALFABETIZARE ȘI INCLUZIUNE FINANCIARĂ: DEPĂȘIREA PROVOCĂRILOR DIN ECOSISTEMUL FINANCIAR ROMÂNESC

Liviu-Gelu DRĂGHICI, Isabelle OPREA.....107

PRODUSELE LACTATE ȘI IMPACTUL ASUPRA MEDIULUI

Doru NECULA, Octavia Maria TAMAS-KRUMPE, Brîndușa COVACI.....116

STUDIU PRIVIND SENSIBILITATEA LA ANTIBIOTICE A PRINCIPALILOR AGENȚI PATOGENI IMPLICAȚI ÎN INFECȚIILE URINARE LA PACIENȚII DIN REGIUNEA MONTANĂ DE NORD A CARPAȚILOR ORIENTALI

Florentina COSTEA^{1†}, Rodica BOCA^{2†}, Loredana COSTEA³,
Marta HRISCA¹ și Violeta POPOVICI^{4*}

¹ Departamentul de Medicină Internă, Spitalul Municipal Vatra-Dornei, 725700, România

² Dorna Medical, Vatra-Dornei, 725700, România

³ Universitatea de Medicină și Farmacie G.T.Popa, Iași, 700115, România

⁴ INCE/CE-MONT, Academia Română, Vatra-Dornei, 725700, România

*Autor corespondent: violeta.popovici@ce-mont.ro

† contribuții egale ca și primi autori

Rezumat

În ultimii ani, comunitatea medicală s-a confruntat cu o problemă presantă: creșterea rezistenței la antibiotice la microorganismele patogene. Această tendință a făcut ca tratarea bolilor infecțioase să fie din ce în ce mai dificilă, deoarece eficacitatea multor antibiotice a fost compromisă. Studiul nostru retrospectiv a examinat 10.149 de probe de urină recoltate de la pacienți români din regiunea montană de nord a Carpaților Orientali în perioada 2021-2022. Bacteriile patogene au fost identificate în 2420 (23,84%) uroculturi. *Escherichia coli* a fost preponderentă (74,20±2,35%), urmată de *Klebsiella* sp. și *Enterococcus* sp (7,50±2,25% și 6,55±3,20%), *Proteus* sp, *Pseudomonas aeruginosa* și *Staphylococcus aureus* (2,42%, 2,18% și 2,06%). Susceptibilitatea *E. coli* la antibiotice scade în ordinea: nitrofurantoină, aminoglicozide (gentamicina și amikacină) și cefalosporine gen III (cefotaximă, ceftriaxonă), fluorochinolone (ciprofloxacină și levofloxacină), fosfomicină, amoxicilină și acid amoxicilin, și amoxicilină. *Klebsiella* sp. sunt semnificativ sensibili la aminoglicozide, amoxicilină și acid clavulanic, cefalosporine și fluorochinolone. *Enterococcus* sp are o sensibilitate remarcabilă la ampicilină, amoxicilină și nitrofurantoină; *Proteus* sp la amoxicilină și acid clavulanic și cefalosporine și *P. aeruginosa* la piperacilină și tazobactam, amikacin, ceftazidimă și imipenem. *S. aureus* a fost identificat în câteva culturi bacteriene de urină, astfel încât studiul a fost efectuat pe tulpini sensibile la metilicină (MSSA) și rezistente la metilicină (MRSA). Rezultatele studiului nostru au aplicații semnificative în strategia de tratament a ITU. *E. coli*, cel mai frecvent agent patogen al infecțiilor tractului urinar, poate fi combătut în mod eficient cu fluorochinolone ca antibiotice de prima linie. Acest lucru este deosebit de liniștitor, având în vedere nivelurile de susceptibilitate ale *E. coli* la fluorochinolone, se situează semnificativ sub media națională. Antibioticele de linia a doua, inclusiv aminoglicozide (gentamicina, amikacina), betalactamele (amoxicilină și acid clavulanic, cefalosporine) și nitrofurantoina, au demonstrat, de asemenea, un potențial inhibitor ridicat împotriva *E. coli* și ar putea fi considerate opțiuni de tratament benefice în infecțiile tractului urinar cauzate de acest uropatogen gram-negativ, oferind strategii terapeutice eficiente.

Cuvinte-cheie: Infecții urinare, urocultură, bacterii patogene, antibiotice, sensibilitate, zonă de munte

INTRODUCERE

Infecțiile tractului urinar (ITU) sunt cele mai frecvente infecții la nivel mondial care pot scădea considerabil calitatea vieții pacientului și pot deveni o povară clinică și

economică considerabilă (Yang și colab., 2022). ITU reprezintă o amenințare pentru sănătatea publică atât în mediul comunitar, cât și în cel spitalicesc. Sunt cele mai frecvente infecții în ambulatoriu, iar aproximativ 50% dintre femeile adulte au mai mult de o ITU în timpul vieții. În general, peste 10% dintre pacienți sunt diagnosticați cu ITU asociate asistenței medicale la nivel mondial (Medina și Castillo-Pino, 2019). Etiologia lor este eterogenă, manifestările clinice sunt variate, iar nivelurile bolii variază de la simplu (uretrită și cistita) până la sever (bacteremia cu pielonefrită și șoc septic) (Öztürk și Murt 2020). În plus, microorganismele patogene ale ITU sunt diverse, cu modificări semnificative de la ani și diferențe pe țări sau regiuni (Mathur și colab., 2020). Numeroși factori de virulență și agenți patogeni multi-rezistenți la medicamente (MDR) fac gestionarea ITU mai dificilă și cresc rata complicațiilor (Silva și colab., 2021). În ciuda progreselor în diagnosticarea și gestionarea lor, infecțiile urinare sunt încă legate de rate ridicate de incidență și mortalitate, în special la persoanele în vârstă (Godbole, Cerruto și Chavada, 2020). Riscul de infecții recurente ale tractului urinar crește în timpul sarcinii (Nițică și colab., 2021; Werter și colab., 2022), diabet zaharat, insuficiență cardiacă, hipertensiune arterială, cancer, boală cronică de rinichi, transplant renal, tulburări de prostată, boli de sănătate mintală, și medicamente imunosupresoare pentru alte comorbidități (Laudisio și colab., 2015). Uropatogenii Gram negativi sunt bacteriile predominante (Behzadi și colab., 2020). *E. coli* sunt cele mai răspândite tulpini care cauzează ITU, responsabile pentru aproximativ 80% din ITU necomplicate și peste 90% din infecțiile comunitare și nosocomiale. *E. coli* este atașată liber de epitelul tractului urinar; atașarea ar putea fi reversibilă sau formatoare de biofilm, ducând la infecție (Chakraborty și Shuvo, 2023). Femelele au cea mai mare prevalență a infecțiilor tractului urinar cauzate de *E. coli*. Căinii (Damborg și colab., 2023), porcii și păsările de curte, precum și produsele din carne și ouăle (Mellata și colab., 2018) pot fi surse de tulpini de *E. coli* producătoare de β -lactamaze (ESBL) cu spectru extins, care cauzează infecții recurente și complicate ale tractului urinar la contactele umane din gospodărie (Nadimpalli și colab., 2019). Agenții patogeni alimentari Gram negativi, cum ar fi *Proteus sp.*, *Klebsiella sp.* și *Pseudomonas sp.* și Gram-pozitive (*Staphylococcus sp.* și *Enterococcus sp.*), din diverse produse din carne și lactate (Jaimee și Halami, 2016; Lee și colab., 2017; Mokhtari și colab., 2023; Sheikhrezaee și colab., 2022) și fermele de păsări de curte (Mazyed și Al Atya, 2023), sunt, în general, multirezistenți și induc infecții urinare recurente cu complicații severe (Aijaz Shah și colab., 2015; Álvarez-Artero și colab., 2021; Armbruster și colab., 2017; Braczkowska și colab., 2020; Caneiras și colab., 2019; Chen și colab., 2012; Ekkelenkamp și colab., 2007; Grillo și colab., 2020; Khalil și colab., 2017; al., 2022; Temoçin și colab., 2023; Raoof și A.L. Shameran M. Tawfiq, 2023). Multe studii analizează periodic culturile bacteriene de urină la pacienții cu ITU din diferite unități de asistență medicală pentru a evalua prevalența agenților uropatogeni și susceptibilitatea acestora la antibiotice convenționale. Prin urmare, lucrarea de față își propune să investigheze principalele bacterii responsabile de infecțiile tractului urinar și răspunsul acestora la diferite medicamente antibacteriene la pacienții români din regiunea muntoasă de nord a Carpaților Orientali.

MATERIALE ȘI METODOLOGIA DE CERCETARE

Un studiu retrospectiv a fost realizat folosind date colectate de la pacienți români rezidenți în zona montană de nord a Carpaților Orientali în 2021-2022. Informații

referitoare la 10.149 de uroculturi au fost obținute din baza de date electronică a Spitalului Municipal Vatra Dornei și evidențele Laboratorului Clinic Dorna Medical. Uropatogenii au fost identificați în doar 2420 (23,84%) de probe și au fost analizate profilurile de susceptibilitate antimicrobiană a acestora. Acest studiu a fost realizat în conformitate cu reglementările privind protecția datelor individuale, fără a înregistra nume pacienților, adresele de e-mail sau alte date personale sensibile. Au fost accesate și înregistrate numai rezultatele corespunzătoare din analiza uroculturilor. Susceptibilitatea bacteriilor la antibiotice convenționale a fost investigată folosind reprezentanți ai diferitelor clase structurale de antibacteriene convenționale utilizate în prezent pentru tratamentele ITU (beta-lactamine (peniciline și cefalosporine) și combinații, aminoglicozide, fluorochinolone, nitrofurantoină, sulfametoxazol și trimetoprim, tetraciline).

Analiza statistică a fost efectuată cu XLSTAT Life Sciences v.2024.3.0 (Addinsoft, Lumivero, SUA); $p < 0,05$ indică diferențe semnificative statistic, calculate folosind un singur factor ANOVA din Microsoft 365 Excel v.2024 (Microsoft Corporation, Albuquerque, New Mexico, SUA). Rezultatele sunt exprimate în procente (%) ca medie între valorile minime și maxime \pm SD ale probelor din spital și din ambulator.

REZULTATE

a. Identificarea speciilor bacteriene

E. coli a fost tulpina bacteriană identificată prioritar pe mediile de cultură ($74,20 \pm 2,35\%$, Figura 1). *Klebsiella sp.* și *Enterococcus sp.* au avut prevalență apropiată ($7,50 \pm 2,25\%$ vs. $6,55 \pm 3,20\%$, $p > 0,05$). Procente similare au fost înregistrate pentru 3 bacterii (*Proteus sp.*, *P. aeruginosa* și *S. aureus*, 2,42%, 2,18% și 2,06%, Figura 1). Celelalte 7,26% reprezintă alți uropatogeni cu incidență minimă (*Enterobacter cloacae*, *Streptococcus beta-hemolitic* grupa B, *Morganella morgani*, *Acinetobacter sp.*, *Corynebacterium sp.* și *Candida glabrata*).

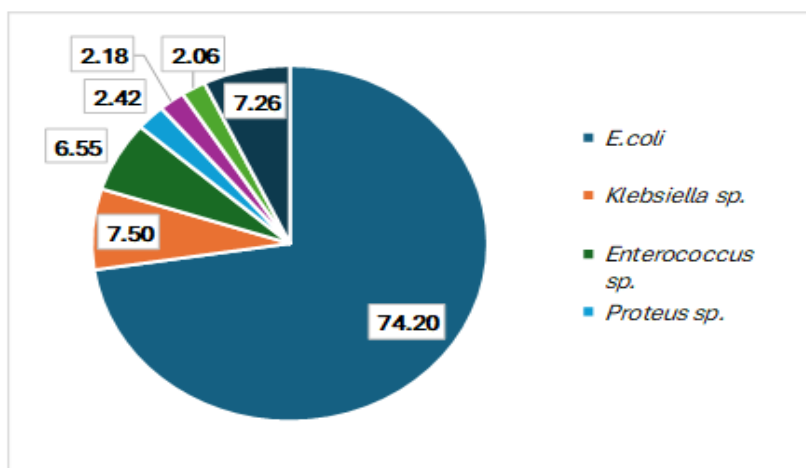


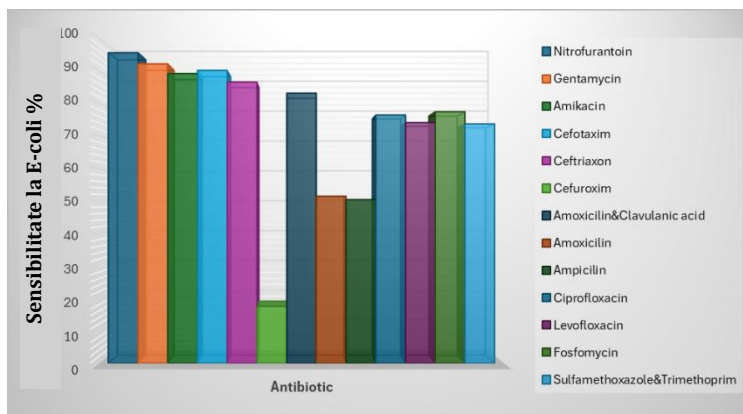
Fig. 1. Principalii uropatogeni identificați în uroculturi

b. Investigarea Susceptibilității Bacteriene la Antibioticele Convenționale

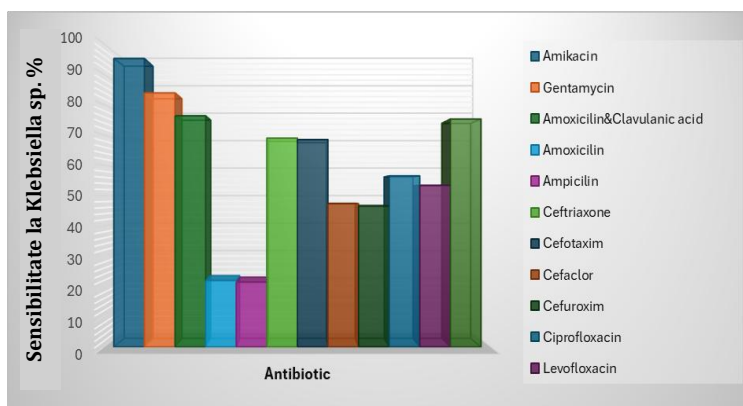
Rezultatele sunt prezentate în Figura 2.

După cum ilustrează Figura 2a), cea mai mare susceptibilitate a *E. coli* a fost înregistrată la nitrofurantoină ($95,54 \pm 4,46\%$), aminoglicozide (gentamicină și amikacină, $92,09 \pm 2,09\%$ și $89,14 \pm 10,86\%$) și cefalosporine de generația a treia (Cefotaxim și Cefotriaxon, $90,09 \pm 3,11\%$ și $86,52 \pm 3,47\%$).

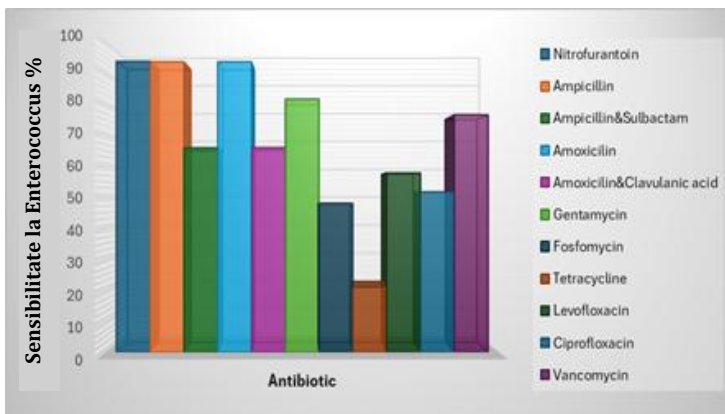
Figura 2a) mai arată că Cefuroxima (cefalosporină de a doua generație) a inhibat creșterea *E. coli* în procent de $17,53 \pm 2,04\%$, demonstrând cel mai scăzut efect antibacterian, semnificativ diferit ($p < 0,05$) față de toate antibioticele testate. Dintre beta-lactamine, Amoxicilina și Acid clavulanic a avut cea mai puternică activitate inhibitoare împotriva *E. coli* ($83,11 \pm 3,45\%$). În același timp, amoxicilina și ampicilina au înregistrat o activitate antibacteriană considerabil redusă ($p < 0,05$) ($51,41 \pm 2,01\%$ și $50,32 \pm 7,31\%$). În cele din urmă, fluorochinolonele (Levofloxacin și Ciprofloxacina), fosfomicina și Sulfametoxazol și Trimetoprim prezintă activitate inhibitorie similară, moderată împotriva *E. coli* (între $73,61 \pm 4,36\%$ și $77,36 \pm 3,73\%$, $p < 0,05$).



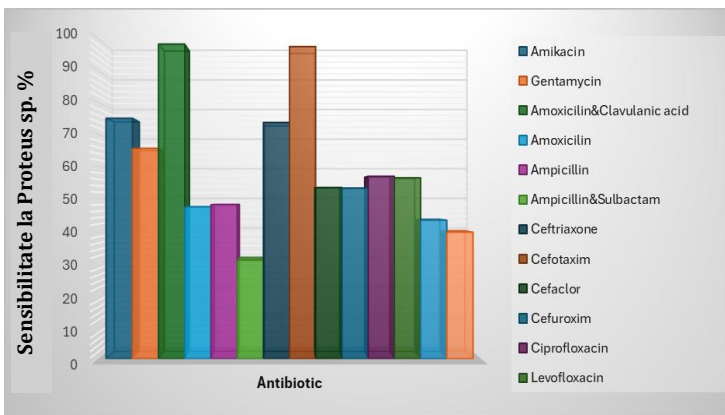
a)



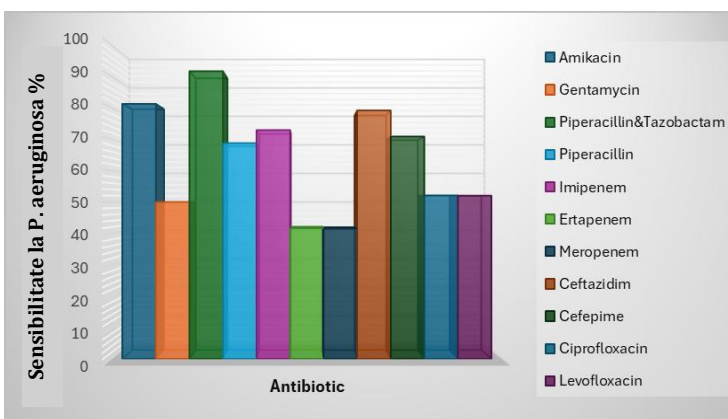
b)



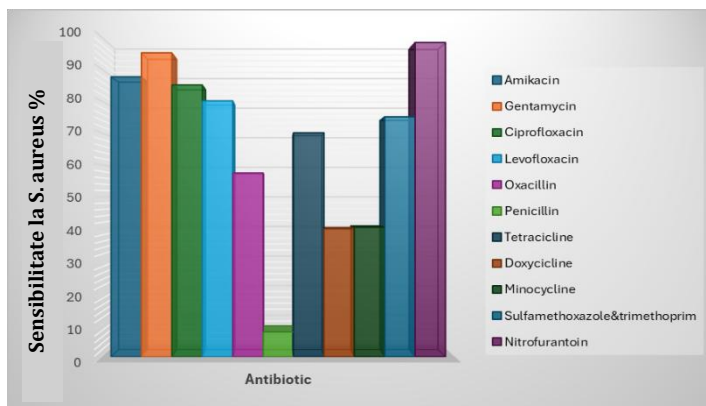
c)



d)



e)



f)

Fig. 2. Susceptibilitatea antibioticelor convenționale a principalelor uropatogeni identificați în culturile bacteriene urinare: a) E coli, b) Klebsiella sp., c) Enterococcus sp., d) Proteus sp., e) P. aeruginosa, f) S. aureus

Aminoglicozidele sunt, de asemenea, foarte eficiente împotriva *Klebsiella* sp., așa cum ilustrează Figura 2b) ($95,24 \pm 4,76\%$ și $83,88 \pm 7,69\%$, $p > 0,05$). Amoxicilina&Acid clavulanic, cefalosporinele din generația a 3-a și Sulfametoxazol&Trimetoprim au efecte inhibitoare similare (în intervalul $68,47 \pm 11,33\%$ — $76,33 \pm 7,33\%$, $p > 0,05$). Fluorochinolonele și cefalosporinele din generația a 2-a prezintă activitate antibacteriană moderat-scăzută ($56,50 \pm 13,64\%$ — $46,54 \pm 26,54\%$, $p > 0,05$), iar Ampicilina și Amoxicilina au prezentat cea mai redusă capacitate de inhibare a creșterii tulpinilor de *Klebsiella* sp. (aproximativ 22%), semnificativ diferite de cele anterioare ($p < 0,05$).

Enterococcus sp. este foarte sensibil la b-lactamine (Ampicilină, Amoxicilină), Nitrofurantoină, Gentamicină și Vancomicină fără diferențe semnificative ($93,90 \pm 6,10\%$ — $76,63 \pm 9,96\%$, $p > 0,05$). De asemenea, prezintă cea mai scăzută susceptibilitate la tetraciclină ($21,00 \pm 4,00\%$, Figura 2c)).

Proteus sp. prezintă cea mai mare susceptibilitate la două beta-lactamine (Amoxicilină&Acid clavulanic și Cefotaxim ($98,15 \pm 1,86\%$ și $97,37 \pm 2,64\%$) și o sensibilitate moderată până la scăzută la alte antibiotice (75—36%). Fluorochinolonele înregistrează cea mai scăzută activitate inhibitorie împotriva *Proteus* sp. (Figura 2d)).

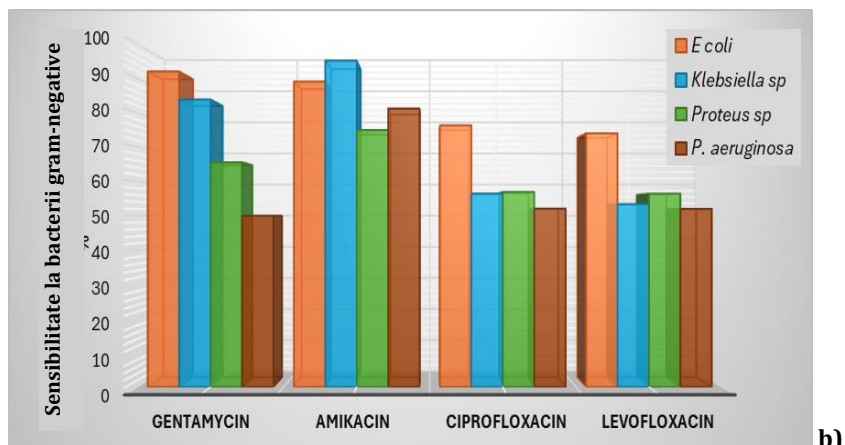
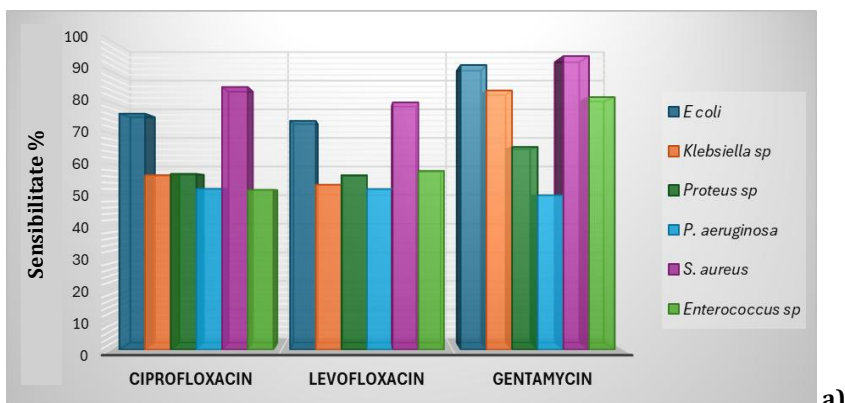
Aceeași observație este valabilă și pentru *P. aeruginosa* (Figura 2e)). Mai mult, datorită rezistenței crescute la antibioticele convenționale, în cazul *P. aeruginosa*, sunt testate și alte antibiotice rar utilizate pentru a crește eficacitatea antibacteriană împotriva acestei bacterii Gram-negative (Piperacilină&Tazobactam, Piperacilină, Carbapenem).

Figura 2f) arată că *S. aureus* este sensibil semnificativ la nitrofurantoină, aminoglicozide și fluorochinolone ($98,21 \pm 1,79\%$ — $80,00 \pm 25,00\%$) și este moderat sensibil la Sulfametoxazol&Trimetoprim, tetraciclină și oxacilină ($75,0 \pm 7,00\%$ — $25,0 \pm 7,5\%$).

DISCUȚII

Rezultatele studiului nostru sunt similare cu cele obținute de alți autori; cele mai recente studii raportează aceiași principali uropatogeni (Mancuso și colab., 2023; Mareș și colab., 2024; Pothoven, 2023; Sihra și colab., 2022).

Activitatea antibacteriană a fluorochinolonei și a Gentamicinei a fost testată pe toți agenții uropatogeni (Figura 3a)). *E. coli* și *S. aureus* sunt cele mai sensibile bacterii la Ciprofloxacina și Levofloxacina, care ar putea fi considerate antibiotice de primă linie pentru tratamentul corespunzător al ITU. Ceilalți uropatogeni au înregistrat o susceptibilitate moderată. Gentamicina este foarte activă împotriva bacteriilor Gram- pozitive (*S. aureus* și *Enterococcus* sp.). Dintre cele Gram-negative, *E. coli* și *Klebsiella* sp. au demonstrat o susceptibilitate substanțială. Gentamicina are efecte inhibitoare moderate până la scăzute asupra *Proteus* sp. și *P. aeruginosa* (Figura 3a)).



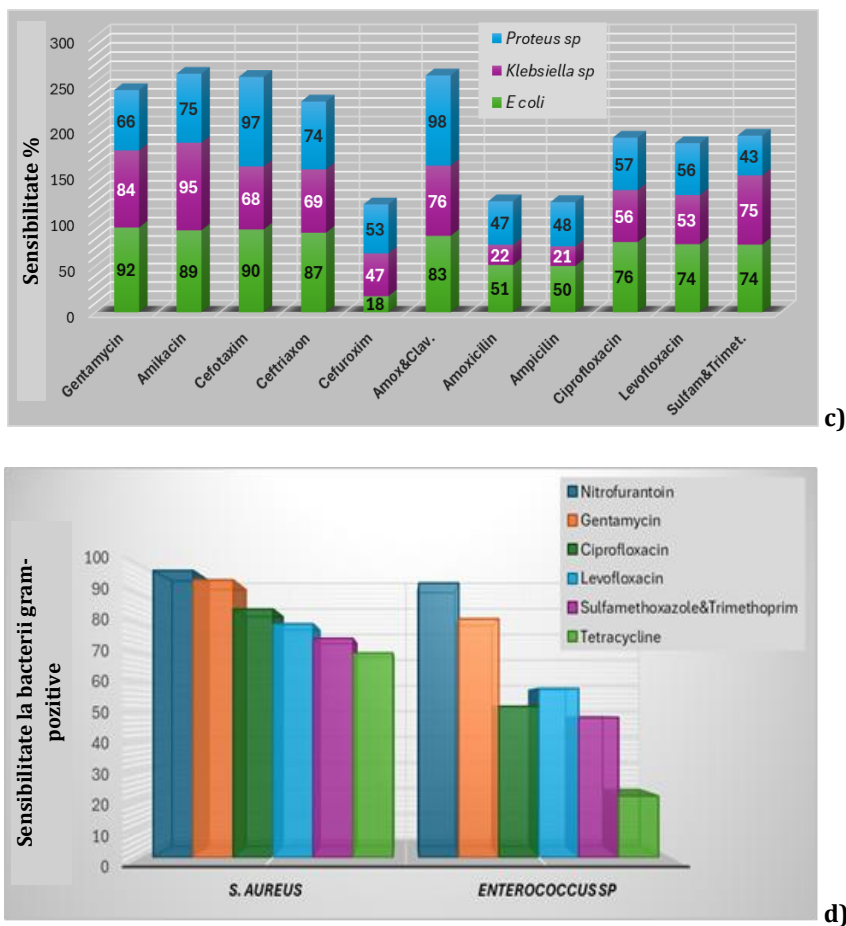


Fig. 3. Comparația susceptibilității tulpinilor bacteriene la aceleași antibiotice convenționale:
a) Sensibilitatea comparativă a bacteriilor Gram-pozitive și Gram-negitive la Fluorochinolone și Gentamicină
b) Activitatea inhibitorie comparativă a Fluorochinolonei și Aminoglicozidelor față de bacteriile Gram-negative;
c) Susceptibilitatea enterobacteriana la activitatea inhibitorie a aminoglicozidelor, beta-lactaminelor, fluorochinolonei și sulfametoxazolului și trimetoprimului;
d) Susceptibilitatea bacteriilor Gram-pozitive la diferite antibiotice

Fluorochinolonele și aminoglicozidele au fost testate pe toți uropatogenii Gram negativi (Figura 3b)). *E. coli* a înregistrat cea mai puternică sensibilitate la ambele clase de antibiotice, în timp ce *Proteus sp.* și *P. aeruginosa* au avut cea mai joasă susceptibilitate. Amikacina a prezentat cele mai semnificative efecte inhibitorie asupra tuturor bacteriilor Gram-negative, iar susceptibilitatea lor a scăzut în următoarea ordine: *Klebsiella sp.*, *E. coli*, *P. aeruginosa* și *Proteus sp.* Figura 3b) arată că aminoglicozidele sunt mai eficiente în tratamentul UTI indus de bacterii Gram negative decât fluorochinolonele.

Susceptibilitatea principalilor 3 uropatogeni Gram negativi (*E. coli*, *Klebsiella sp.* și *Proteus sp.*) a fost investigată concomitent la 11 antibiotice diferite (Figura 3c)). Datele înregistrate în Figura 3c) arată că *Proteus sp.* este foarte sensibil la amoxicilină și acid clavulanic și cefotaximă (>95%) și moderat sensibil la amikacină, ceftriaxonă și

gentamicină (75-66%). Ambele aminoglicozide au fost considerabil eficiente împotriva *Klebsiella* sp. (95 și 84%), în timp ce Amoxicilina&Acidul clavulanic, Sulfametoxazol &Trimetoprim, ceftriaxona și cefuroxima au inhibat moderat creșterea tulpinilor bacteriene. Împotriva **E coli**, 5 antibiotice au avut o activitate inhibitorie puternică (Aminoglicozide, Cefalosporine de generația a treia și Amoxicilin&Acid clavulanic, (92-83%), în timp ce alte 3 (Sulfametoxazol&Trimetoprim și Fluorochinolone) au evidențiat activitate antibacteriană moderată (76-74%).

Eficacitatea antibacteriană a șase antibiotice (Nitrofurantoină, Gentamicină, Fluorochinolone, Sulfametoxazol și Trimetoprim și Tetraciclină) a fost investigată concomitent împotriva ambelor bacterii Gram-pozitive (Figura 3c). Datele înregistrate în Figura 3c) au evidențiat că *S. aureus* este mai sensibil la toate antibioticele testate decât *Enterococcus* sp., iar Nitrofurantoin și Gentamycin au cel mai puternic potențial inhibitor asupra ambelor bacterii Gram-pozitive.

CONCLUZII

Studiul de față arată că *E. coli* este cea mai frecventă bacterie patogenă în infecțiile tractului urinar, urmată la mare distanță de *Klebsiella* sp., *Enterococcus* sp., *Proteus* sp., *P. aeruginosa* și *S. aureus*. Rezultatele dovedesc că pacienții români cu ITU din regiunea muntoasă de nord a Carpaților Orientali răspund favorabil la tratamentul cu antibiotice comune. Antibioticele de primă linie pentru ITU indusă de *E. coli* sunt fluorochinolonele, pentru care susceptibilitatea *E. coli* este mai mare decât media națională. Antibioticele de linia a doua pentru ITU cu *E. coli* ar fi aminoglicozidele (gentamicina, amikacina), betalactaminele (Amoxicilină&Acidul clavulanic, cefalosporinele) și Nitrofurantoina, la care această bacterie Gram-negativă a înregistrat o sensibilitate semnificativă.

CONTRIBUȚIILE AUTORILOR

Conceptualizare, F.C.; Verificarea datelor, R.B. și M.H.; Analiza formală, V.P.; Achiziție finanțare, L.C.; Investigație, F.C. și M.H.; Metodologie, F.C., și V.P. Administrare proiect, F.C.; Resurse, R.B.; Software, V.P.; Supraveghere, F.C.; Validare, R.B.; Vizualizare, F.C., R.B., L.C., M.H. și V.P.; Editare - draft inițial, F.C., M.H. și V.P. și Revizuire și editare, F.C., M.H. și V.P.

DECLARAȚIE PRIVIND CONFLICTUL DE INTERESE

Autorii declară că nu există conflicte de interese.

DECLARAȚIA COMISIEI DE EVALUARE INSTITUȚIONALĂ

Cercetarea s-a desfășurat conform ghidurilor Declarației de la Helsinki.

DECLARAȚIA PRIVIND CONSIMȚĂMÂNTUL INFORMAT

S-a obținut consimțământ informat de la toți subiecții implicați în studiu.

DISPONIBILITATEA DATELOR

Datele care susțin rezultatele acestui studiu sunt disponibile în articol.

REFERINȚE

- Aijaz Shah, D., Wasim, S., & Essa Abdullah, F.** 2015. Increasing antibiotic resistance of *Pseudomonas aeruginosa* in urinary tract infection isolates currently recorded in Karachi, Pakistan. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, 31(2). <https://doi.org/10.12669/pjms.312.6839>
- Álvarez-Artero, E., Campo-Nuñez, A., García-García, I., García-Bravo, M., Cores-Calvo, O., Galindo-Pérez, I., Pendones-Ulerio, J., López-Bernus, A., Belhassen-García, M., & Pardo-Lledías, J.** 2021. Urinary tract infection caused by *Enterococcus* spp.: Risk factors and mortality. An observational study. *Revista Clínica Española (English Edition)*, 221(7), 375–383. <https://doi.org/10.1016/j.rceng.2020.09.004>
- Armbruster, C. E., Smith, S. N., Johnson, A. O., DeOrnellas, V., Eaton, K. A., Yep, A., Mody, L., Wu, W., & Mobley, H. L. T.** 2017. The Pathogenic Potential of *Proteus mirabilis* Is Enhanced by Other Uropathogens during Polymicrobial Urinary Tract Infection. *Infection and Immunity*, 85(2). <https://doi.org/10.1128/IAI.00808-16>
- Behzadi, P., Urbán, E., Matuz, M., Benkő, R., & Gajdács, M.** 2020. The Role of Gram-Negative Bacteria in Urinary Tract Infections: Current Concepts and Therapeutic Options. In *Advances in Experimental Medicine and Biology* (Vol. 1323, pp. 35–69). https://doi.org/10.1007/5584_2020_566
- Braczkowska, M., Glinka, L., Mieszkowski, M., Tuyakov, B., & Gutysz-Wojnicka, A.** 2020. Septic shock caused by community-acquired urinary tract infection caused by *Klebsiella pneumoniae* ESBL+: A case report. *Polish Annals of Medicine*, 27(2). <https://doi.org/10.29089/2020.20.00101>
- Caneiras, C., Lito, L., Melo-Cristino, J., & Duarte, A.** 2019. Community- and Hospital-Acquired *Klebsiella pneumoniae* Urinary Tract Infections in Portugal: Virulence and Antibiotic Resistance. *Microorganisms*, 7(5), 138. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7050138>
- Chakraborty, S., & Shuvo, M.** 2023. Incidence of Antibiotic Resistant *Escherichia Coli* In UTI Suspected Patients-A Single Centered Study. *Stamford Journal of Microbiology*, 13(1). <https://doi.org/10.3329/sjm.v13i1.70409>
- Chen, C.-Y., Chen, Y.-H., Lu, P.-L., Lin, W.-R., Chen, T.-C., & Lin, C.-Y.** 2012. *Proteus mirabilis* urinary tract infection and bacteremia: Risk factors, clinical presentation, and outcomes. *Journal of Microbiology, Immunology and Infection*, 45(3), 228–236. <https://doi.org/10.1016/j.jmii.2011.11.007>
- Damborg, P., Pirollo, M., Schøn Poulsen, L., Frimodt-Møller, N., & Guardabassi, L.** 2023. Dogs Can Be Reservoirs of *Escherichia coli* Strains Causing Urinary Tract Infection in Human Household Contacts. *Antibiotics*, 12(8), 1269. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12081269>
- Ekkelenkamp, M. B., Verhoef, J., & Bonten, M. J.** 2007. Quantifying the Relationship between *Staphylococcus aureus* Bacteremia and *S. aureus* Bacteriuria: A Retrospective Analysis in a Tertiary Care Hospital. *Clinical Infectious Diseases*, 44(11), 1457–1459. <https://doi.org/10.1086/517505>
- Godbole, Gauri P., Nicole Cerruto, and Ruchir Chavada.** 2020. “Principles of Assessment and Management of Urinary Tract Infections in Older Adults.” *Journal of Pharmacy Practice and Research* 50 (3): 276–83. <https://doi.org/10.1002/jppr.1650>

- Grillo, S., Cuervo, G., Carratalà, J., Grau, I., Llaberia, M., Aguado, J. M., Lopez-Cortés, L. E., Lalueza, A., Sanjuan, R., Sanchez-Batanero, A., Ardanuy, C., García-Somoza, D., Tebé, C., & Pujol, M.** 2020. Characteristics and Outcomes of Staphylococcus aureus Bloodstream Infection Originating From the Urinary Tract: A Multicenter Cohort Study. *Open Forum Infectious Diseases*, 7(7). <https://doi.org/10.1093/ofid/ofaa216>
- Jaimee, G., & Halami, P. M.** 2016. High level aminoglycoside resistance in Enterococcus, Pediococcus and Lactobacillus species from farm animals and commercial meat products. *Annals of Microbiology*, 66(1), 101-110. <https://doi.org/10.1007/s13213-015-1086-1>
- Khalil, M. A., Alorabi, J. A., Al-Otaibi, L. M., Ali, S. S., & Elsilik, S. E.** 2022. Antibiotic Resistance and Biofilm Formation in Enterococcus spp. Isolated from Urinary Tract Infections. *Pathogens*, 12(1), 34. <https://doi.org/10.3390/pathogens12010034>
- Laudisio, A., Marinosci, F., Fontana, D., Gemma, A., Zizzo, A., Coppola, A., Rodano, L., & Antonelli Incalzi, R.** 2015. The burden of comorbidity is associated with symptomatic polymicrobial urinary tract infection among institutionalized elderly. *Aging Clinical and Experimental Research*, 27(6). <https://doi.org/10.1007/s40520-015-0364-x>
- Lee, C.-R., Lee, J. H., Park, K. S., Jeon, J. H., Kim, Y. B., Cha, C.-J., Jeong, B. C., & Lee, S. H.** 2017. Antimicrobial Resistance of Hypervirulent Klebsiella pneumoniae: Epidemiology, Hypervirulence-Associated Determinants, and Resistance Mechanisms. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 7(NOV). <https://doi.org/10.3389/fcimb.2017.00483>
- Mahmoud, A., Zahran, W., Hindawi, G., Labib, A., & Galal, R.** 2013. Prevalence of Multidrug-Resistant Pseudomonas aeruginosa in Patients with Nosocomial Infections at a University Hospital in Egypt, with Special Reference to Typing Methods. *Journal of Virology & Microbiology*, 1-13.
- Mancuso, G., Midiri, A., Gerace, E., Marra, M., Zummo, S., & Biondo, C.** 2023. Urinary Tract Infections: The Current Scenario and Future Prospects. *Pathogens*, 12(4), 623. <https://doi.org/10.3390/pathogens12040623>
- Mareş, C., Petca, R.-C., Popescu, R.-I., Petca, A., Muşescu, R., Bulai, C. A., Ene, C. V., Geavlete, P. A., Geavlete, B. F., & Jinga, V.** 2024. Update on Urinary Tract Infection Antibiotic Resistance—A Retrospective Study in Females in Conjunction with Clinical Data. *Life*, 14(1), 106. <https://doi.org/10.3390/life14010106>
- Mathur, Purva, Paul Malpiedi, Kamini Walia, Rajesh Malhotra, Padmini Srikantiah, Omika Katoch, Sonal Katyal et al.** 2020. "Surveillance of Healthcare-Associated Bloodstream and Urinary Tract Infections in a National Level Network of Indian Hospitals." *Infection Control & Hospital Epidemiology* 41 (S1): s398-99. <https://doi.org/10.1017/ice.2020.1043>.
- Medina, Martha, and Edgardo Castillo-Pino.** 2019. "An Introduction to the Epidemiology and Burden of Urinary Tract Infections." *Therapeutic Advances in Urology* 11 (January). <https://doi.org/10.1177/1756287219832172>.
- Mokhtari, P., Jalalizand, A., Mahmoudi, E., & Ghalamkari, G.** 2023. Tracking and Identifying Enterobacteriaceae Contamination in Darkling Beetles (Tenebrionidae) as One of the Reservoirs of Bacteria Persistence Poultry Farms. *Journal of Veterinary Research*, 78(2). <https://doi.org/10.22059/jvr.2023.355362.3327>
- Muder, R. R., Brennen, C., Rihs, J. D., Wagener, M. M., Obman, A., Obman, A., Stout, J. E., & Yu, V. L.** 2006. Isolation of Staphylococcus aureus from the Urinary Tract: Association of Isolation with Symptomatic Urinary Tract Infection and Subsequent Staphylococcal Bacteremia. *Clinical Infectious Diseases*, 42(1), 46-50. <https://doi.org/10.1086/498518>
- Nadimpalli, M., Vuthy, Y., de Lauzanne, A., Fabre, L., Criscuolo, A., Gouali, M., Huynh, B.-T., Naas, T., Phe, T., Borand, L., Jacobs, J., Kerléguer, A., Piola, P., Guillemot, D., Le Hello, S., & Delarocque-Astagneau, E.** 2019. Meat and Fish as Sources of Extended-

- Spectrum β -Lactamase-Producing *Escherichia coli*, Cambodia. *Emerging Infectious Diseases*, 25(1). <https://doi.org/10.3201/eid2501.180534>
- Nițică, R.-P., Gică, N., Gică, C., Ciobanu, A. M., Peltecu, G., Cimpoaia-Raptis, B. A., Botezatu, R., & Panaitescu, A. M.** 2021. Urinary tract infections in pregnancy. *Romanian Journal of Medical Practice*, 16(S3), 40–44. <https://doi.org/10.37897/RJMP.2021.S3.9>
- Öztürk, Recep, and Ahmet Murt.** 2020. "Epidemiology of Urological Infections: A Global Burden." *World Journal of Urology* 38 (11): 2669–79. <https://doi.org/10.1007/s00345-019-03071-4>.
- Pothoven, R.** 2023. Management of urinary tract infections in the era of antimicrobial resistance. *Drug Target Insights*, 17, 126–137. <https://doi.org/10.33393/dti.2023.2660>
- Sanches, M. S., Silva, L. C., Silva, C. R. da, Montini, V. H., Oliva, B. H. D. de, Guidone, G. H. M., Nogueira, M. C. L., Menck-Costa, M. F., Kobayashi, R. K. T., Vespero, E. C., & Rocha, S. P. D.** 2023. Prevalence of Antimicrobial Resistance and Clonal Relationship in ESBL/AmpC-Producing *Proteus mirabilis* Isolated from Meat Products and Community-Acquired Urinary Tract Infection (UTI-CA) in Southern Brazil. *Antibiotics*, 12(2), 370. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12020370>
- Selim, S., Faried, O. A., Almuhayawi, M. S., Saleh, F. M., Sharaf, M., El Nahhas, N., & Warrad, M.** 2022. Incidence of Vancomycin-Resistant *Staphylococcus aureus* Strains among Patients with Urinary Tract Infections. *Antibiotics*, 11(3), 408. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11030408>
- Sheikhrezaee, M., Mehrabani, M., Golnaraghi, A., Kobarfard, F., & Hosseini, O.** 2022. Study of Antibacterial and Synergistic Activities of *Cinnamomum verum*, *Eucalyptus camaldulensis* and *Zataria multiflora* Boiss. in Persian Medicine Against Some Gram-Negative and Gram-positive Pathogenic Bacteria. *Egyptian Journal of Veterinary Sciences*, 53(1), 87–97. <https://doi.org/10.21608/ejvs.2021.98049.1301>
- Sihra, N., Malde, S., Greenwell, T., Pakzad, M., Kujawa, M., & Sinclair, A.** 2022. Management of recurrent urinary tract infections in women. *Journal of Clinical Urology*, 15(2), 152–164. <https://doi.org/10.1177/2051415820939456>
- Silva, João Luis Almeida da, Cassiane Dezoti da Fonseca, Eniva Miladi Fernandes Stumm, Roseanne Montargil Rocha, Myria Ribeiro da Silva, and Dulce Aparecida Barbosa.** 2021. "Factors Associated with Urinary Tract Infection in a Nursing Home." *Revista Brasileira de Enfermagem* 74 (suppl 2). <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2020-0813>.
- Temoçin, F., Kayhan, Ş. B., Şensoy, L., Kuruoğlu, T., Atilla, A., & Tanyel, E.** 2023. Urinary tract infections caused by carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae*: monotherapy or combined therapy? *Pamukkale Medical Journal*, 16(2). <https://doi.org/10.31362/patd.1244480>
- Waad M. Raouf, & A.L. Shameran M. Tawfiq.** 2023. Sensitivity of *Pseudomonas aeruginosa* Isolated from patients with different clinical state to Antibiotics and determination of some virulence factors in vitro. *Tikrit Journal of Pure Science*, 20(1), 42–47. <https://doi.org/10.25130/tjps.v20i1.1133>
- Werter, D. E., Kazemier, B. M., van Leeuwen, E., de Rotte, M. C. F. J., Kuil, S. D., Pajkr, E., & Schneeberger, C.** 2022. Diagnostic work-up of urinary tract infections in pregnancy: study protocol of a prospective cohort study. *BMJ Open*, 12(9), e063813. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-063813>
- Yang, Xiaorong, Hui Chen, Yue Zheng, Sifeng Qu, Hao Wang, and Fan Yi.** 2022. "Disease Burden and Long-Term Trends of Urinary Tract Infections: A Worldwide Report." *Frontiers in Public Health* 10 (July). <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.888205>.

INFRASTRUCTURA TURISTICĂ ȘI UTILIZAREA RELIEFULUI MONTAN: O COMPARAȚIE ÎNTRE CARPAȚI ȘI TATRA

Matei DOMNIȚA ¹, Nicoleta-Andrada DOMNIȚA ²

¹ Centrul de Economie Montană „CE-MONT” al Institutului Național de Cercetări Economice „Costin C. Kirițescu” - INCE, Academia Română, Str. Petreni, nr. 49, Vatra Dornei, România

² Universitatea Babeș-Bolyai, Facultatea de Științe Economice și Gestiunea Afacerilor, Cluj-Napoca, România

*Autor corespondent: mdomnita@gmail.com

Rezumat

Munții Carpați, al doilea lanț muntos ca lungime din Europa, se întind pe aproximativ 1.500 de kilometri în Europa Centrală și de Est și reprezintă o regiune importantă pentru turism. Aproximativ 80% din acest lanț muntos se află pe teritoriile României, Slovaciei și Poloniei, ceea ce face ca aceste trei țări să fie actori principali în dezvoltarea turismului în regiune. Deși morfologia și peisajele munților prezintă numeroase asemănări, abordările fiecărei țări pentru promovarea și dezvoltarea turismului diferă semnificativ. România pune accent pe traseele pitorești și oportunitățile extinse de drumeție, Slovacia se concentrează pe stațiunile de schi și activitățile în aer liber pe tot parcursul anului, iar Polonia valorifică centrele de turism montan bine dezvoltate, precum Zakopane. Acest studiu analizează infrastructura turistică din regiunile carpatice ale României, Slovaciei și Poloniei, axându-se pe aspecte cheie precum cazarea, facilitățile pentru activități de iarnă și vară și rețelele de transport. Prin compararea acestor trei țări, analiza își propune să evalueze oferta turistică, inclusiv unitățile de cazare, pârtiile de schi, traseele de drumeție și accesul rutier. Această comparație oferă perspective asupra modului în care fiecare națiune valorifică partea sa din Carpați pentru a sprijini și dezvolta sectorul turistic.

Cuvinte-cheie: Munții Carpați, infrastructură turistică, România, Slovacia, Polonia, stațiuni de schi, cazare, turism montan.

INTRODUCERE

Munții Carpați, care se întind pe aproximativ 1.500 de kilometri în Europa Centrală și de Est, reprezintă o regiune de interes turistic major. Carpații sunt o sursă importantă de bogăție naturală, fiind un bastion pentru carnivorele mari, adăpostind peste jumătate din populațiile continentului de urși, lupi și lincși, precum și o treime din speciile de plante europene, inclusiv 481 de specii endemice (Kichkovskyy, 2010). România, Slovacia și Polonia, care găzduiesc aproximativ 80% din acest lanț muntos, au adoptat strategii diferite pentru a valorifica potențialul turistic al regiunii. Deși morfologia și peisajele sunt similare, fiecare țară se axează pe diferite aspecte: România pune accent pe traseele montane și drumurile pitorești, Slovacia dezvoltă stațiuni de schi și activități recreative, iar Polonia promovează stațiuni celebre, precum Zakopane. Carpații din aceste trei țări împărtășesc trăsături geomorfologice comune, cu vârfuri abrupte, versanți împăduriți și văi glaciare. În România, Carpații sunt împărțiți în Meridionali, Orientali și Occidentali, în Polonia se află în sud (Munții Tatra), iar în Slovacia se află în nord, cu Tatra Înaltă (Vysoké Tatry) și Tatra Joasă (Nízke Tatry).

Turismul în această zonă se concentrează pe activități similare, iar condițiile meteorologice joacă un rol important, determinând o preferință pentru vacanțele de vară (drumeție) și iarnă (schi), precum și pentru activități de relaxare sau tratament (stațiuni balneare) (Wieckowski, 2020). În special, turismul de schi a evoluat într-un segment important al industriei turismului de iarnă, atrăgând aproximativ 350 de milioane de vizite de schi anual (Steiger și colab., 2019) la nivel mondial. În prezent, există și o schimbare de la turismul tradițional axat pe drumeție și stațiuni balneare la un produs mai orientat spre distracție și divertisment în aceste destinații (Gajdosikova și colab., 2019).

Studiile recente au analizat turismul montan din Europa Centrală și de Est, în Slovacia, Polonia și România, evidențiind diverse aspecte precum turismul de schi, drumețiile, turismul cultural și impactul schimbărilor climatice asupra acestor activități. Cercetările asupra turismului de schi subliniază importanța economică și infrastructurală a sporturilor de iarnă în aceste regiuni. Polonia și Slovacia sunt recunoscute ca destinații cheie datorită stațiilor lor de schi bine dezvoltate, iar pantele Carpaților din România oferă un potențial emergent în acest sector (Gajdosikova și colab., 2019; Herman și colab., 2021; Krzesiwo și colab., 2019). Dincolo de turismul de iarnă, studiile privind drumețiile și turismul cultural evidențiază importanța Carpaților și Tatraților ca atracții pe tot parcursul anului, unde vizitatorii se implică în ecoturism, explorarea patrimoniului și activități recreative în aer liber, reflectând diversitatea portofoliului turistic al acestor zone montane (Banhidi și colab., 2014; Mokras-Grabowska, 2017). Pe lângă acestea, impactul schimbărilor climatice asupra turismului montan a fost larg examinat, studiile sugerând o reducere a fiabilității stratului de zăpadă și o orientare tot mai accentuată spre activități turistice alternative, precum turismul în natură și turismul cultural, pentru a atenua efectele negative ale încălzirii globale (Demiroglu și colab., 2015; Dincă și colab., 2014; Jodłowski și colab., 2023). Aceste studii ilustrează colectiv dinamica în schimbare a turismului montan din Slovacia, Polonia și România, oferind o înțelegere cuprinzătoare a dimensiunilor economice, culturale și de mediu ale acestuia.

Acest studiu compară infrastructura turistică din Carpați pentru a evidenția atât punctele forte, cât și provocările fiecărei țări, oferind o perspectivă asupra modului în care aceste țări își valorifică resursele naturale montane pentru a susține dezvoltarea turismului. În regiunea carpatică, activitatea turistică are loc pe tot parcursul anului, dar sezonalitatea influențează semnificativ fluxurile de turiști, cu vârfuri în sezoanele de vară și iarnă (Faracik și colab., 2009). Vara, traseele montane atrag iubitorii de drumeție, iar iarna, părțile de schi devin principalele destinații. Aceste dinamici sezoniere sunt esențiale pentru înțelegerea comportamentului turistic. Analiza s-a concentrat pe trei indicatori principali: rețeaua de trasee montane, numărul de părți de schi și unitățile de cazare, esențiali în definirea potențialului turistic al regiunii. Traseele și părțile reflectă activitățile principale de sezon, iar numărul unităților de cazare indică capacitatea regiunii de a susține fluxurile turistice. Acești indicatori sunt fundamentali pentru evaluarea atractivității regiunii.

Regiunile montane ale Carpaților din România, Slovacia și Polonia au o populație distribuită în comunități rurale mici, orașe medii și câteva centre urbane mari, care servesc ca noduri economice și turistice. Deși densitatea populației este scăzută în zonele montane, aceste regiuni sunt locuite de comunități cu tradiții legate de agricultură, creșterea animalelor și turism. Fig. 1 prezintă cele mai mari orașe din zona Munților Carpați. Chiar dacă Slovacia are mai multe localități de dimensiuni medii și singurele municipii de

dimensiuni mari sunt la periferia munților în România, niciuna dintre cele trei țări nu se remarcă prin dezvoltarea urbană a zonei carpatice.

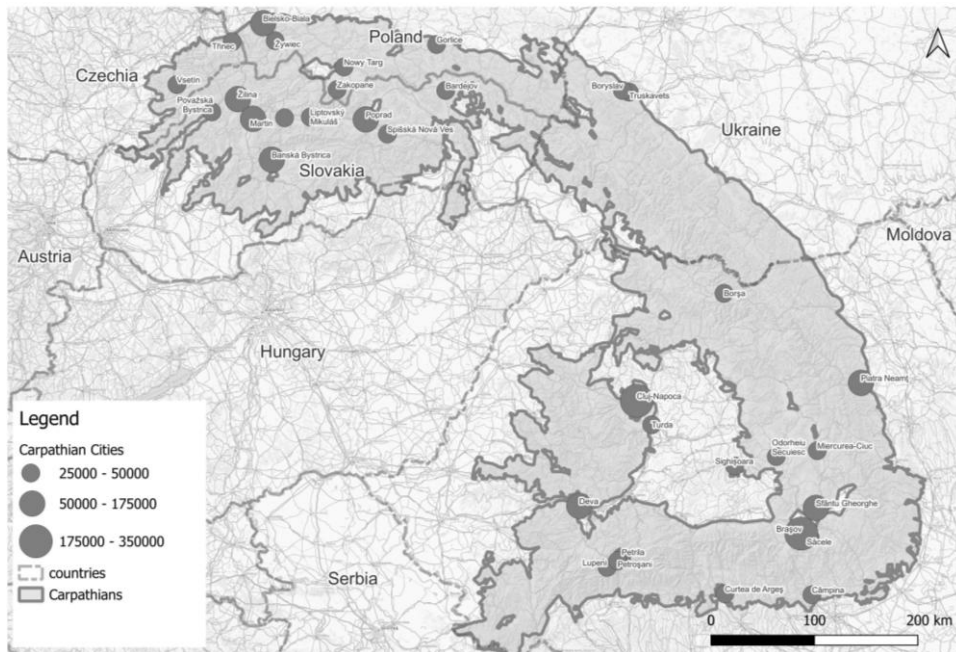


Fig. 1. Munții Carpați și orașele principale ale acestora

Sursa: autorii

MATERIALE ȘI METODOLOGIA DE CERCETARE

Pentru analiza celor trei indicatori menționați am folosit date din OpenStreetMap (OSM), cel mai cunoscut sistem de Informații Geografice Voluntar (VGI) (Goodchild, 2007), apărut ca o soluție pentru necesitatea de a avea date geografice deschise și ușor accesibile.

Toate datele din baza de date OSM pot fi descărcate gratuit în diverse formate de date spațiale. În plus, există o serie de unelte open-source disponibile pentru procesarea acestor date și generarea altor formate (Mooney și colab., 2013). Proiectul OSM se bazează pe voluntari experimentați care își dedică timpul pentru a verifica, actualiza și îmbunătăți datele OSM.

OSM furnizează date sub formă de structuri numite "ways" cu atribute atașate. Traseele montane, unitățile de cazare sau pârtiile de ski sunt un exemplu de astfel de structuri cu atribute specifice (Fig. 2). Aceste date sunt apoi convertite într-o bază de date pentru o gestionare mai eficientă și pentru a facilita accesul la informațiile necesare.

OSM conține date despre întreaga suprafață a Pământului și obiectele de pe aceasta, clasificate pentru aproape orice tip de utilizare. În studiul nostru, ne-am concentrat pe organizarea și filtrarea datelor relevante pentru analiza facilităților turistice. Indicatorii selectați pentru acest studiu sunt pârtiile de ski, traseele turistice și unitățile de cazare. Pârtiile de ski au fost identificate folosind atributul „piste:type” din OSM, traseele turistice

sunt reprezentate sub formă de „Relations – Hiking Route”, iar unitățile de cazare au fost extrase din categoria „accommodation” din OSM. Toate aceste date au fost procesate folosind un sistem informatic geografic (GIS).



Fig. 2. Exemplu de date OpenStreetMap - pârtii de ski (a) și trasee montane (b)

Sursa: OpenStreetMap Contributors (2024). www.openstreetmap.org. Accesat la 2 noiembrie 2024.

Datele au fost importate folosind QGIS, un instrument open-source, care a permis extragerea și prelucrarea eficientă a datelor din OpenStreetMap. După importul datelor relevante (pârtii de ski, trasee montane și unități de cazare), analiza spațială a fost efectuată în ArcGIS Pro, un software de specialitate, care a oferit un set avansat de instrumente pentru analiza și vizualizarea datelor geografice. Această metodă de analiză spațială a permis identificarea și evaluarea corelațiilor dintre facilitățile turistice din regiunile montane, iar hărțile generate au fost utile pentru a evidenția distribuția acestora pe baza diferitelor criterii geografice și tematice. Utilizarea acestor instrumente GIS a asigurat o gestionare precisă a datelor și a facilităților de analiză, contribuind astfel la realizarea unui studiu detaliat și bine fundamentat privind turismul din regiuni.

Limita masivelor montane pe baza căreia s-a făcut extragerea datelor au fost obținute de la European Environment Agency Datahub (EEA, 2023) și extrase din modele altimetrice și date geografice la scara 1:25000. Masivul principal al munților Carpați și Munții Apuseni (Fig. 1) au fost folosiți pentru a extrage toate datele prezentate mai sus.

REZULTATE

a. Unități de cazare

Pentru analiza unităților de cazare din regiunea carpatică, datele au fost extrase din baza de date OpenStreetMap (OSM), incluzând toate tipurile comune de unități de cazare: hoteluri, moteluri, hosteluri, pensiuni și cabane. Aceste date au fost filtrate astfel încât să fie luate în considerare doar unitățile situate în limitele geografice ale Munților Carpați.

Această abordare a permis o evaluare precisă a distribuției infrastructurii turistice în zonele montane, excluzând regiunile din afara acestui cadru natural.

Fig. 3 ilustrează densitatea unităților de cazare în fiecare dintre cele trei țări analizate – România, Slovacia și Polonia – oferind o imagine comparativă clară.

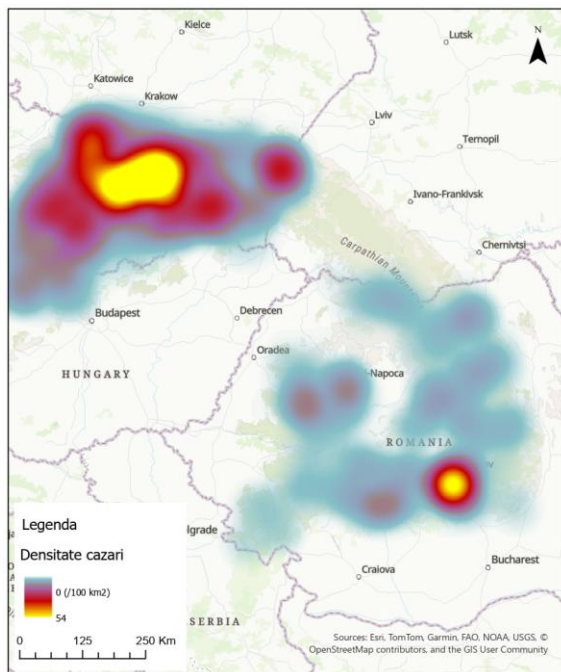


Fig. 3. Densitatea unităților de cazare

Sursa date: OpenStreetMap Contributors (2024). *Harta:* autorii

Analiza densității unităților de cazare în Carpații din România, Slovacia și Polonia scoate în evidență strategii turistice distincte. Polonia, cu o suprafață carpatică de 18.762 km², găzduiește 3.301 unități de cazare, rezultând o densitate de 17,5 unități la 100 km². Această densitate ridicată indică o infrastructură turistică concentrată, axată pe confort și accesibilitate într-un spațiu montan limitat.

Slovacia, cu o suprafață de 29.421 km² și 3.378 unități de cazare, are o densitate de 11,4 unități la 100 km². Această valoare intermediară reflectă o abordare echilibrată, cu o infrastructură dezvoltată într-un teritoriu montan de dimensiuni medii.

România, cu cea mai extinsă zonă carpatică de 66.750 km² și 5.295 unități de cazare, prezintă cea mai mică densitate, de doar 7,9 unități la 100 km². Această cifră sugerează o strategie turistică mai dispersă, cu accent pe turismul rural și ecologic, în acord cu vastitatea regiunii.

b. Trasee montane

Pentru a analiza traseele montane am extras din OSM datele legate de rutele de tip Hiking Route și le-am împărțit pe cele trei țări studiate. Fig. 4 prezintă traseele montane în zonele Carpaților studiate. Doar traseele marcate ca trasee turistice din interiorul Munților

Carpați au fost luate în considerare, drumurile forestiere și cărările nemarcate nu fac obiectul analizei.

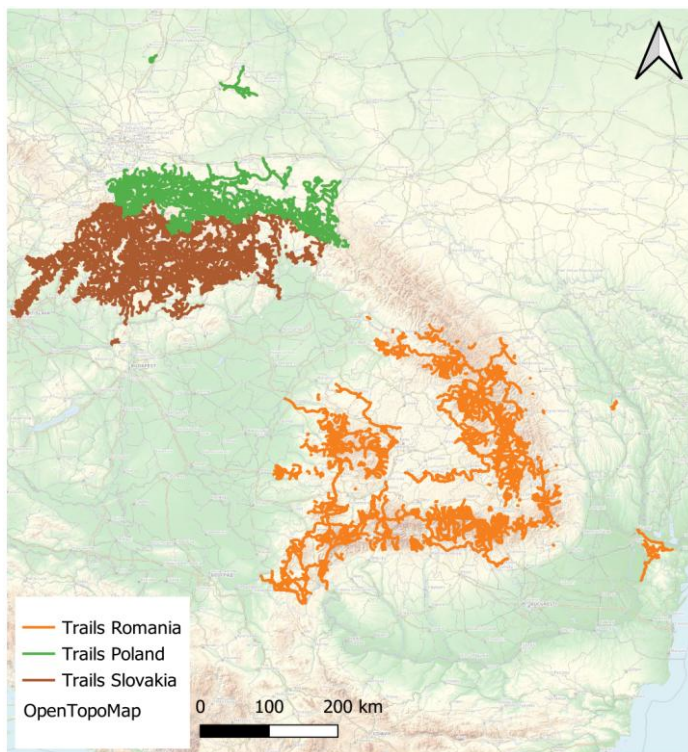


Fig. 4. Trasee montane în zona studiată

Sursa date: OpenStreetMap Contributors (2024). Harta: autorii

Pentru analiza traseelor montane din regiunile carpatice, s-a evaluat atât lungimea totală a acestora, cât și densitatea lor raportată la suprafața muntoasă din fiecare țară.

Slovenia dispune de o rețea extinsă de trasee montane, cu un total de 41,928 km și o densitate impresionantă de 140 km/100 km², ceea ce reflectă o infrastructură bine dezvoltată și accesibilitate ridicată pentru drumeții.

Polonia are o lungime totală a traseelor de 18,967 km și o densitate de 101 km/100 km², ceea ce evidențiază o acoperire consistentă a zonei montane.

România, deși are cea mai mare suprafață muntoasă dintre cele trei țări, oferă 29,846 km de trasee montane, cu o densitate de doar 44.71 km/100 km², sugerând o rețea mai dispersată și o dezvoltare infrastructurală mai redusă comparativ cu Slovenia și Polonia.

Aceste diferențe reflectă abordări variate ale țărilor în utilizarea și promovarea potențialului turistic al Munților Carpați.

c. Pârții de schi

Pentru a analiza infrastructura pentru schi am extras din OSM datele legate de pârtiile de schi alpin (nu traseele neamenajate de schi de tură) care se află în general în

interiorul unor stațiuni de schi mai mari. După cum se vede în Fig. 5, pârtiile de schi sunt adunate în jurul celor câteva stațiuni mai importante din cele trei țări analizate.

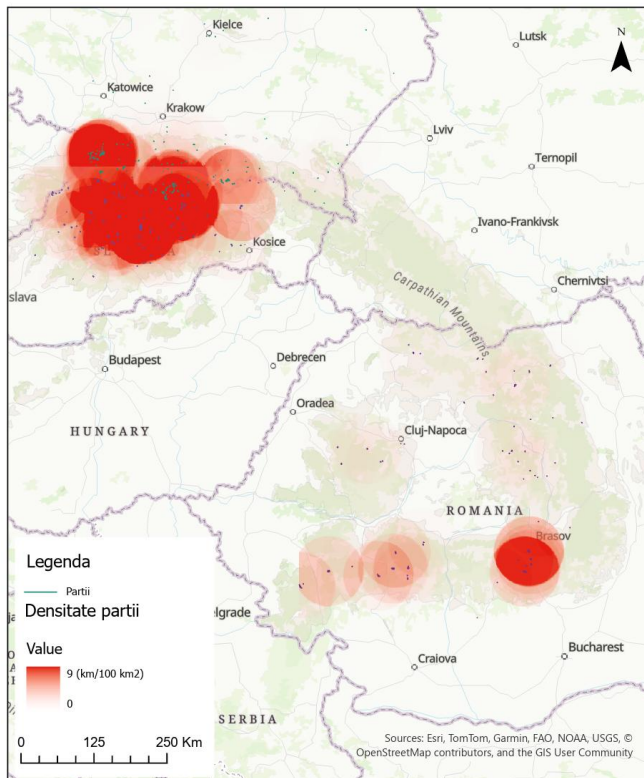


Fig. 4. Densitatea pârtiilor de schi în zona studiată

Sursa date: OpenStreetMap Contributors (2024). Harta: autorii

Zonele carpatice din Polonia, Slovacia și România prezintă densități diferite ale pârtiilor de schi, reflectând strategii variate de dezvoltare a turismului montan.

Polonia are cea mai mare densitate a pârtiilor de schi, cu 546,03 km de pârtii, ceea ce reprezintă 2,91 km/100 km², indicând o infrastructură bine dezvoltată, axată pe maximizarea activităților turistice de iarnă.

Slovacia, cu 672,56 km de pârtii și o densitate de 2,29 km/100 km², reflectă o dezvoltare echilibrată a infrastructurii de schi, adaptată dimensiunilor regiunii montane.

România, cu 327,44 km de pârtii și o densitate de doar 0,49 km/100 km², sugerează o infrastructură mai redusă, în concordanță cu o strategie de turism montan mai dispersată. Aceste diferențe subliniază prioritățile distincte ale fiecărei țări în valorificarea turismului montan.

DISCUȚII

Analiza integrată a densității unităților de cazare, traseelor montane și pârtiilor de schi din regiunile carpatice ale Poloniei, Slovaciei și României reflectă strategii turistice

distincte, influențate de priorități economice, infrastructurale și geografice. Polonia, deși are cea mai mică suprafață carpatică, demonstrează o utilizare intensă și concentrată a teritoriului, cu cele mai mari densități atât în ceea ce privește cazările (17,5 unități/100 km²), cât și pârtiile de schi (2,91 km/100 km²), secundată de o infrastructură semnificativă de trasee montane (101 km/100 km²). Aceasta indică o orientare clară către un turism intens, accesibil și bine organizat.

Slovacia, cu densități intermediare la toate categoriile specifice sporturilor de iarnă (11,4 unități de cazare/100 km², 2,29 km de pârtii/100 km²) are cea mai mare densitate de trasee turistice 140 km de trasee/100 km². Acest lucru ilustrează o abordare echilibrată, care îmbină dezvoltarea infrastructurii turistice cu conservarea mediului și diversificarea ofertei turistice. Aceasta poziționează țara ca o destinație versatilă, potrivită atât pentru sporturile de iarnă, cât și pentru drumețiile montane.

România, deși dispune de cea mai mare suprafață carpatică și cel mai mare număr total de unități de cazare (5.295) are cele mai mici densități la toate categoriile (7,9 unități de cazare/100 km², 44,71 km de trasee/100 km² și 0,49 km de pârtii/100 km²). Aceasta sugerează o infrastructură dispersată și mai puțin concentrată, adaptată unui model turistic orientat către explorarea rurală și turismul ecologic, mai degrabă decât turismul de masă.

Aceste date evidențiază diferențe în strategiile naționale de valorificare a Munților Carpați, reflectând modul în care fiecare țară echilibrează accesibilitatea, diversitatea experiențelor turistice și sustenabilitatea dezvoltării regionale.

CONCLUZII

În cadrul acestei cercetări, am analizat potențialul turistic al regiunilor montane din Carpați utilizând date din OpenStreetMap (OSM), o bază de date geografică deschisă și gratuită. Am investigat trei indicatori principali: pârtiile de ski, traseele montane și unitățile de cazare, pentru a evalua distribuția și accesibilitatea facilităților turistice în zonele montane din România, Slovacia și Polonia. Procesul de analiză a fost realizat cu ajutorul instrumentelor GIS, respectiv QGIS și ArcGIS Pro, care au permis importul, prelucrarea și analiza spațială a datelor OSM. Rezultatele obținute au demonstrat o corelație între numărul de facilități turistice și zonele cu un potențial ridicat pentru activități de recreere și turism montan, confirmând importanța infrastructurii turistice în atragerea vizitatorilor în aceste regiuni.

Prin utilizarea OSM și a instrumentelor GIS, am reușit să identificăm principalele zone de interes turistic din Carpați, evidențiind diferențele semnificative între țările analizate în ceea ce privește distribuția și disponibilitatea facilităților turistice, cum ar fi traseele montane, pârtiile de schi și unitățile de cazare. Studiul a arătat că regiunile cu o infrastructură mai dezvoltată, precum zona Zakopane din Polonia, au o concentrare mai mare de facilități de înaltă calitate, ceea ce sugerează o atracție mai mare pentru turiștii care caută servicii premium. De asemenea, analiza a relevat că Slovacia este mai bine pregătită pentru turismul de vară, având un număr semnificativ de trasee montane, dar și facilități suficiente pentru a susține un flux turistic important în sezonul de iarnă, în special pe pârtiile de schi. În general, studiul subliniază importanța planificării și dezvoltării infrastructurii turistice pentru a susține fluxurile sezoniere de turiști din lunile de vară și

iarnă, punând accent pe diversificarea ofertei turistice și pe creșterea atractivității regiunilor montane.

În continuare, cercetările viitoare pot explora integrarea datelor suplimentare, precum cele climatice sau economice, pentru a obține o imagine și mai detaliată a dinamicii turismului montan. De asemenea, analiza impactului turismului asupra mediului și comunităților locale ar putea adăuga un strat important de informații pentru dezvoltarea unui turism sustenabil în regiunile montane. O posibilă direcție viitoare de cercetare ar fi utilizarea datelor despre activitatea firmelor care activează în domeniul turismului în zonă sau analiza evoluției fluxului de turiști în funcție de variația temperaturilor sau a stratului de zăpadă anual.

CONTRIBUȚIILE AUTORILOR

Conceptualizare, M.D.; Metodologie, A.D. și M.D.; Analiză formală, A.D.; Verificarea datelor, M.D.; Redactare - schiță originală, M.D.; Redactare - revizuire și editare, A.D. și M.D.

DECLARAȚIE PRIVIND CONFLICTUL DE INTERESE

Autorii declară că nu există conflicte de interese.

DECLARAȚIE PRIVIND UTILIZAREA INTELIGENȚEI ARTIFICIALE

În timpul elaborării acestui articol, autorii au folosit instrumentul ChatGPT în scopul generării de sugestii pentru formularea unor părți ale textului și pentru optimizarea clarității expresiilor. După utilizarea acestui instrument, autorii au revizuit și editat conținutul conform cerințelor academice și își asumă întreaga responsabilitate pentru conținutul publicației.

DISPONIBILITATEA DATELOR

Datele derivate care susțin concluziile acestui studiu sunt disponibile la autorul corespondent la cerere.

REFERINȚE

- Banhidi M., Simonek J, Dobay Beáta.** 2014. Preferred sport tourism destinations of slovak and hungarian tourists. *Sport Science*. 7.
- Demiroglu O. C., Kučerová J., Özcelebi O.** 2015. Snow reliability and climate elasticity: Case of a Slovak ski resort. *Tourism Review*, 70(1), 1–12.
- Dincă, A. I., Surugiu, C., Surugiu, M., Frenț, C.** 2014. Stakeholder perspectives on climate change effects on tourism activities in the northern Romanian Carpathians: Vatra Dornei resort case study. *HUMAN GEOGRAPHIES – Journal of Studies and Research in Human Geography*, 8(1), 27–41.
- European Environment Agency (EEA).** 2023. European Mountain areas. Dataset Retrieved from <https://www.eea.europa.eu/en/datahub/datahubitem-view/48b6f8a7-9e5a-4865-bd05-59c29348b5fb> downloaded on 8 June 2024.

- Faracik R., Kurek W., Mika M., Pawlusiński R.** 2009. Turystyka w Karpatach Polskich w świetle współczesnych kierunków rozwoju. In Domański B., Kurek W., eds. *Gospodarka i przestrzeń*. Kraków (Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ), pp 77-98.
- Gajdosikova, Zuzana, Gajdosik, Tomas, Kucerova, Jana.** 2019. Slovak winter tourism destinations: future playground for tourists in the Carpathians. *Tourism and Hospitality Management*. 25. 10.20867/thm.25.1.7.
- Geofabrik.** 2024. OpenStreetMap data from Geofabrik - Europe Dataset. Retrieved from <https://download.geofabrik.de/> downloaded on 10 August 2024.
- Goodchild M.F.** 2007. Citizens as sensors: The world of volunteered geography. *GeoJournal*, 69, 211–221
- Herman, G., Grama, V., Buhaş S, Garai Lavinia, Caciora T., Grecu Alexandra, Gruia Andreea, Hudea Oana, Peptenatu D.** 2021. The Analysis of the Ski Slopes and the Degree of Economic Dependence Induced by Winter Sports Tourism. The Case of Romania. *Sustainability*. 13. 13698. 10.3390/su132413698.
- Jodłowski M., Kruczek Z., Szromek, A., Gmyrek-Gołąb Katarzyna.** 2023. Tourists' Attitudes towards Visitor Management and Restrictions in the National Parks in the Carpathian Mountains. *Studia Periegetica*. 42. 10.58683/sp.385.
- Kichkovskyy, M.** 2010. Sustainable development of mountain regions and the experience of the Carpathian Mountains. Congress of Local and Regional Authorities, Chamber of Regions, 19th Session. CPR(19)2.
- Krzesiwo Kinga, Ziółkowska-Weiss Kamila, Zemla M.,** 2018. The attractiveness of selected Central European countries for winter sports and mountain hiking. *Turyzm*. 28. 10.18778/0867-5856.28.1.12.
- Mokras-Grabowska Justyna.** 2017. Mountain Hiking in Tatra National Park. *Tourism Journal* 2016 26/1. 26. 10.1515/tour-2016-0006.
- Mooney P., Minghini M.** 2017. *A Review of OpenStreetMap Data*; Ubiquity Press: London, UK, 2017.
- OpenStreetMap Contributors.** 2024. OpenStreetMap basemaps Retrieved from OpenStreetMap Foundation. <https://www.openstreetmap.org/> accessed on 12 November 2024.
- Steiger R., Scott, D., Abegg B., Pons M., Aall, C.** 2019. A critical review of climate change risk for ski tourism. *Current Issues in Tourism*, 22(11), 1343-1379
- Więckowski M.** 2020. Natural heritage as a resource for tourism development in the Polish Carpathians. *Geographical review*. 72. 243-259. 10.31577/geogrcas.2020.72.3.12

ABORDĂRI INTEGRATE PENTRU REDUCEREA IMPACTULUI ASUPRA MEDIULUI PRIN BIOECONOMIE CIRCULARĂ: VALORIFICAREA SUBPRODUSELOR DIN FRUCTE — O PERSPECTIVĂ A LITERATURII ȘTIINȚIFICE

Emanuela-Adina NICULA^{1*}

¹ Centrul de Economie Montană (CE-MONT), Institutul Național de Cercetări Economice „Costin C. Kirițescu” (INCE), Academia Română, str. Petreni nr. 49, 725700, Vatra Dornei, România

*Autor corespondent: emanuela.nicula@ce-mont.ro

Rezumat

Tranziția de la un model de producție liniar, caracterizat prin epuizarea resurselor, către o abordare circulară a devenit esențială în soluționarea provocărilor globale legate de sustenabilitate. Bioeconomia circulară se conturează ca un cadru inovator, integrând principiile economiei circulare cu strategiile bioeconomiei, pentru a încuraja practici ecologice și eficiente în utilizarea resurselor. Prin focalizarea pe reciclarea și reutilizarea reziduurilor organice, în special a subproduselor provenite din fructe, această strategie își propune să închidă ciclurile de nutriție, să diminueze impactul asupra mediului și să prevină pierderea resurselor valoroase. Valorificarea deșeurilor din fructe contribuie semnificativ la reducerea poluării mediului, iar diminuarea amprentei de carbon de-a lungul lanțului de aprovizionare alimentar sprijină ecologizarea proceselor. Transformarea subproduselor, precum deșeurile din fructe, reprezintă o tendință globală în creștere, având un potențial considerabil de a îmbunătăți valoarea nutrițională a alimentelor de bază și de a răspunde preocupărilor legate de sustenabilitate. Cu toate acestea, în ciuda conținutului ridicat de fitochimicale, doar o mică porție din aceste subproduse – mai puțin de 0,5% din deșeurile de fructe, de exemplu – este în prezent reutilizată pentru a crea produse cu valoare adăugată.

Această analiză a literaturii de specialitate examinează abordările integrate pentru reducerea impactului asupra mediului prin valorificarea subproduselor din fructe. Prin aplicarea principiilor bioeconomiei circulare, pot fi dezvoltate produse inovatoare și de înaltă calitate, contribuind la reducerea deșeurilor, stimularea creșterii economice locale și promovarea durabilității mediului. Studiul subliniază necesitatea utilizării eficiente a resurselor naturale, fiind aliniat cu eforturile globale de a construi un viitor mai sustenabil.

Cuvinte-cheie: Bioeconomie circulară, valorificare, deșeuri de fructe, subproduse, impact de mediu.

INTRODUCERE

În ultimele decenii, la nivel global, am asistat la o creștere masivă a populației, care a generat, fără îndoială, o presiune severă asupra disponibilității, gestionării și eliminării alimentelor (Bathia și colab., 2023).

Alimentele, o resursă care se transformă rapid în deșeuri (Badgett și Milbrandt, 2021), par să fie puternic corelate cu amprenta de carbon, reducerea acesteia fiind de o importanță crucială prin identificarea unor metode inovatoare și sustenabile de tratare, care să aducă beneficii mediului în ansamblu (Carpio-Aguilar și colab., 2019; Jones și colab., 2021). Potrivit lui Bennbaia et al. (2018), rata excepțional de scăzută de reciclare a deșeurilor alimentare contribuie la acumularea unor cantități masive de alimente aruncate în gropile de gunoi. În aceste depozite, deșeurile alimentare sunt incinerate, ceea ce duce la eliberarea de gaze nocive în atmosferă.

Sarker et al. (2024) indică faptul că reciclarea și valorificarea deșeurilor alimentare au devenit un domeniu proeminent și în rapidă creștere în cercetarea sustenabilă la nivel mondial. Obiectivele de Dezvoltare Durabilă (ODD) ale Națiunilor Unite subliniază importanța gestionării deșeurilor alimentare ca strategie critică pentru a avansa ODD 2 (Zero Foamete), ODD 3 (Sănătate și bunăstare), ODD 6 (Apă curată și sanitație), ODD 7 (Energie accesibilă și curată) și ODD 12 (Consumul și producția responsabile).

Pentru a sprijini extinderea unei economii biocirculare axate pe gestionarea deșeurilor alimentare, eforturile la nivel global se concentrează pe explorarea tehnologiilor care le transformă în produse valoroase, combustibili sau energie (Badgett și Milbrandt, 2021). În prezent, atenția este îndreptată spre valorificarea naturii în diverse domenii științifice, având sustenabilitatea ca obiectiv central.

În acest context, fructele, odinioară neglijate, prezintă un interes deosebit, fiind resurse naturale regenerabile și abundente, ce includ componente precum rădăcini, spice, scoarță, frunze, tescovină, coji, semințe și sămburi. Aceste componente au compoziții chimice diverse și oferă beneficii semnificative, însă, în ciuda bogăției lor în fitocompuși (Kumar și colab., 2024), doar o fracțiune din astfel de subproduse—mai puțin de 0,5% din deșeurile de fructe, de exemplu—este în prezent reutilizată pentru a produce produse valoroase (Nasrollahzadeh și colab., 2020).

Scenariul cercetărilor actuale evidențiază faptul că o gamă diversă de semințe de fructe bogate în fitocompuși, aruncate de gospodăria și de sectorul agroalimentar, ar putea servi nu doar ca viitoare alimente funcționale, ci și ca materii prime valoroase pentru dezvoltarea nutraceuticelor, produselor cosmetice și a diverselor aplicații farmaceutice (Alves și colab., 2021).

Industria fructelor și legumelor generează un volum semnificativ mai mare de deșeuri comparativ cu alte sectoare de procesare a alimentelor, contribuind cu 25–30% la totalul deșeurilor (Ajila și colab., 2010).

În acest context favorabil, se conturează o oportunitate pentru dezvoltarea unor produse inovatoare și de înaltă calitate care să încorporeze subprodusele generate de industria alimentară, reducând astfel impactul negativ asupra mediului. Cercetările arată că utilizarea subproduselor din industria alimentară nu doar că diminuează risipa alimentară, ci generează și valoare adăugată, stimulând economiile locale (Baiano, 2014; Prakash și colab., 2017; Mahato și colab., 2018; Ng și colab., 2020; Zhang și colab., 2021).

Având la bază literatura științifică relevantă (Nirmal și colab., 2023; Salamon și colab., 2024), se poate afirma fără echivoc faptul că utilizarea subproduselor rezultate din industria alimentară pentru îmbunătățirea valorii nutriționale a alimentelor de bază reprezintă o tendință actuală la nivel mondial. Prin integrarea subproduselor și a deșeurilor necomestibile din industria alimentară în noi lanțuri valorice, această abordare se aliniază cerințelor consumatorilor pentru produse alimentare de calitate superioară, punând accent pe creșterea conținutului de nutrienți și pe proprietățile benefice pentru sănătate (Mańkowski și colab., 2018; Wojciechowska-Solis și colab., 2020; Comisia Europeană, 2023; Kušar și colab., 2023).

Cercetările evidențiază că, atât timp cât gustul și calitatea nu sunt compromise, consumatorii sunt dispuși să achiziționeze produse alimentare care încorporează ingrediente reciclate, mai ales atunci când sunt informați în mod corespunzător despre beneficiile de mediu ale acestor produse (Aschemann-Witzel și Zielke, 2020).

Această lucrare oferă o perspectivă bazată pe literatura științifică, având ca obiectiv reducerea impactului asupra mediului prin bioeconomie circulară, cu un accent specific pe valorificarea subproduselor rezultate de la procesarea fructelor. Prin sintetizarea cercetărilor recente și a studiilor de caz, această perspectivă își propune să identifice bune practici, provocări și oportunități pentru implementarea eficientă a acestor strategii.

Scopul este de a oferi noi orizonturi care să sprijine elaborarea politicilor publice, să ghideze cercetările viitoare și să contribuie la dezvoltarea sustenabilă a regiunilor montane în contextul schimbărilor climatice.

MATERIALE ȘI METODOLOGIE

Pentru a oferi o imagine de ansamblu cuprinzătoare, informații precise și relevante au fost colectate meticolous, în conformitate cu topicul de cercetare abordat. Lucrarea a fost elaborată exclusiv pe baza publicațiilor științifice în limba engleză, procesul incluzând o etapă detaliată de selecție, urmată de extragerea diverselor tipuri de publicații, cum ar fi articole originale, articole de sinteză și lucrări din conferințe, preluate din bazele de date Web of Science (Clarivate Analytics) și Scopus.

Obiectivul acestei sinteze nu a fost de a compila sau descrie exhaustiv toate rezultatele științifice disponibile în aceste baze de date utilizând cuvintele cheie „valorization fruit waste” sau „fruit by-products valorization”. În schimb, lucrarea își propune să rezume și să evidențieze sistematic tendințele cheie de cercetare legate de valorificarea subproduselor din fructe, folosind o abordare descriptivă.

Dintre publicațiile selectate, o observație notabilă este că nu au fost identificate cercetări axate pe valorificarea subproduselor/deșeurilor provenite din pădurile de fructe în zonele montane.

Așa cum s-a menționat anterior, principalele cuvinte utilizate pentru interogarea motorului de căutare WOS au fost:

- „valorization of fruit/fruits waste” OR „fruit/fruits by-product/products valorization” OR „fruit/fruits pomace/pomaces valorization”.

Rezultatele obținute au fost următoarele:

- 1155 rezultate după subiect și 80 de rezultate după titlu pentru sintagma: „valorization of fruit/fruits waste”;
- 657 rezultate după subiect și 29 de rezultate după titlu pentru sintagma: „fruit/fruits by-product/products valorization”;
- 255 rezultate după subiect și 4 rezultate după titlu pentru sintagma: „fruit/fruits pomace/pomaces valorization”.

Pentru a rafina domeniul cercetării, au fost aplicate criterii suplimentare de includere și excludere a publicațiilor. Articolele au fost prioritizate în funcție de relevanța lor pentru temele de bază ale bioeconomiei circulare, metodelor inovatoare de valorificare și sustenabilității mediului. De asemenea, s-a acordat o atenție deosebită studiilor care explorează progresele tehnologice și aplicațiile practice în valorificarea subproduselor din fructe. Abordarea metodologică a încorporat atât analize cantitative, cât și calitative. Instrumentele bibliometrice au fost utilizate pentru a identifica tendințele cheie de cercetare, autorii prolifici și revistele influente din domeniu. În plus, s-a realizat o clasificare tematică pentru a categoriza studiile în domenii distincte, precum conversia biochimică, recuperarea materialelor și aplicațiile la scară industrială.

Acest proces sistematic a asigurat selectarea unor surse de înaltă calitate, favorizând o înțelegere solidă a cunoștințelor existente și identificarea lacunelor critice pentru direcțiile viitoare de cercetare. Interpretarea datelor s-a bazat pe selectarea principalelor dezbateri pe două linii de studiu – subprodusele din fructe și tehnicile inovatoare de valorificare, urmate de discuții asupra concluziilor obținute.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Sustenabilitatea mediului reprezintă o provocare esențială pentru vremurile contemporane. Deșeurile/subprodusele de fructe, dacă nu sunt gestionate eficient, pot genera probleme semnificative, incluzând poluarea apei și a solului, contribuții la efectul de seră, eutrofizarea, încălzirea globală și diverse probleme de sănătate, în principal din cauza biodegradabilității ridicate și a proprietăților fermentative (deMedeiros și colab., 2020). În acest context, utilizarea subproduselor a apărut ca o abordare promițătoare pentru reducerea deșeurilor și crearea de produse cu valoare adăugată (Iqbal și colab., 2021). Majoritatea problemelor asociate cu subprodusele de fructe pot fi rezolvate prin creșterea valorii lor economice prin valorificare, având în vedere că acestea sunt considerate materii prime valoroase pentru produse noi, în conformitate cu principiile economiei fără deșeuri sau bioeconomiei circulare (Ningrum și colab., 2018). Există o gamă largă de subproduse din fructe care pot fi utilizate, cum ar fi cojile, semințele, tescovinele, sămburii, după cum se poate observa în Tabelul 1, care include exemple din literatura științifică.

Tabelul 1. Subproduse/deșeuri de fructe utilizate pentru valorificare

Tip de subprodus/deșeu	Fruct	Referințe bibliografice
Coji	Fructul pasiunii	Abboud și colab., 2020; Aisyah & Ngibad, 2022; Lin și colab., 2022; Sampaio și colab., 2022; Huo și colab., 2023
Semințe	Fructul pasiunii	Antoniassi și colab., 2022; Yeo & Thed, 2022; Vieira și colab., 2022; Muslim și colab., 2023; Ahmad & Malik, 2023
Coajă tare	Fructul pasiunii	de Souza și colab., 2018; Inayati și colab., 2018; Pereira și colab., 2021; Liu și colab., 2021
Tescovine	Fructe de pădure	Struck și colab., 2016; Petrov Ivanković și colab., 2024
Tescovine	Fructe tropicale	Ningrum și colab., 2018
Tescovine	Cireșe amare	Teslić și colab., 2023
Tescovine	Mere, Struguri, Lămâi, Mango	Iqbal și colab., 2021
Tescovine	Struguri	Theagarajan și colab., 2019
Tescovine	Diferite fructe	Venkidasamy și colab., 2024
Coji	Mango	Ajila et al., 2010
Semințe	Mure	Fazio și colab., 2013
Semințe	Coacăze negre	Al-Hamimi & Turner, 2020
Semințe	Merișoare	Helbig și colab., 2008
Semințe	Agrișe	Gornas & Rudzinska, 2016; Al-Hamimi & Turner, 2020
Semințe	Struguri	Harbeoui et al. 2018; Gornas și colab., 2019
Semințe	Aronia	Al-Hamimi & Turner, 2020
Semințe	Afine	Helbig și colab., 2008; Gustinelli și colab., 2018
Semințe	Soc	Helbig și colab., 2008; Dulf et al., 2013; Fazio și colab., 2013
Semințe	Zmeură	Oomah și colab., 2000
Semințe	Scorș	Al-Hamimi & Turner, 2020
Semințe	Căpșuni	Helbig și colab., 2008

Fructele și subprodusele lor conțin o serie de compuși bioactivi funcționali valoroși, care pot fi extrași prin diverse tehnici (convenționale sau moderne, de ultimă generație),

fiecare având aplicabilități specifice în funcție de natura subprodusului și de compusul țintit. Mai jos sunt exemple generale ale acestor compuși și tehnicile asociate, pe baza informațiilor relevante din literatura științifică.

Tabelul 2. Compuși bioactivi conținuți de subprodusele de fructe (Nirmal și colab., 2023)

Compuși bioactivi	Tehnică de extracție	Referințe bibliografice
Polifenoli, antocianine, flavonoide, uleiuri esențiale	Macerare	Masi și colab., 2016; Cujic și colab., 2016; Naviglio și colab., 2017
Alkaloizi, steroli, flavonoide, glicozide, saponine, fenoli, lignine, tanini	Percolare	Rathore și colab., 2012; Leela și colab., 2013
Antioxidanți și polifenoli	Decoct	Rijo și colab., 2014
Uleiuri esențiale, flavonoide, polifenoli	Reflux sau extracția solid-lichid	Aliboudhar și colab., 2014; Sagar și colab., 2018
Rășini fenolice, antioxidanți, uleiuri esențiale, flavonoide	Extracția Soxhlet	Kumar, 2018; Alara și colab., 2018
Flavonoide, antioxidanți, carotenoide, acizi grași, uleiuri esențiale, terpene, polifenoli	Extracția cu fluid supercritic (SFE)	Da Silva și colab., 2016
Compuși fenolici, glicozide, flavonoide, terpenoide, uleiuri esențiale, alkaloizi, saponină	Extracția asistată de microunde (MAE)	Sridhar și colab., 2021
Antociani, polifenoli, carotene, terpene, flavonoide	Extracția asistată de enzime (EAE)	Gligor și colab., 2019; Nadar și colab., 2019
Fenoli, flavonoide, proteine, antociani, carbohidrați	Extracția asistată de câmp electric pulsatoriu (PEFE)	Redondo și colab., 2018; El Kantar și colab., 2018
Compuși fenolici, flavonoide, uleiuri, antocianine	Extracția asistată de ultrasunete (UAE)	Wen și colab., 2018; Kumar și colab., 2021
Compuși fenolici, flavonoide, carotenoide, pectine, luteină, licopen, catechină	Extracția asistată de presiune hidrostatică înaltă	Khan și colab., 2019

Pe baza analizei literaturii științifice, se poate observa că principalele domenii de valorificare a subproduselor din fructe pot fi împărțite în mai multe categorii principale, așa cum este prezentat în Figura 1. În acest sens, Ajila și colab. (2020) evidențiază că integrarea pulberii de coajă de mango în compoziția macaroanelor reprezintă o strategie promițătoare pentru îmbunătățirea profilului nutrițional al acestora, abordând în același timp provocarea ecologică legată de deșeurile de coajă de mango. Studiul subliniază că o proporție de până la 5% de pulbere de coajă de mango adăugată în gris permite obținerea unor macaroane cu proprietăți nutriționale superioare, inclusiv un conținut crescut de fibre alimentare, polifenoli și carotenoizi, precum și o capacitate antioxidantă sporită. În mod remarcabil, aceste îmbunătățiri nutriționale nu compromit calitatea de gătire, textura sau caracteristicile senzoriale ale produsului final. Dintr-o perspectivă industrială, valorificarea cojii de mango ca ingredient funcțional nu doar că promovează sustenabilitatea, ci și adaugă valoare unui subprodus al industriei de procesare a mango-

ului. Această abordare se aliniază cererii în creștere pentru alimente funcționale care oferă beneficii pentru sănătate, contribuind totodată la reducerea risipei alimentare.

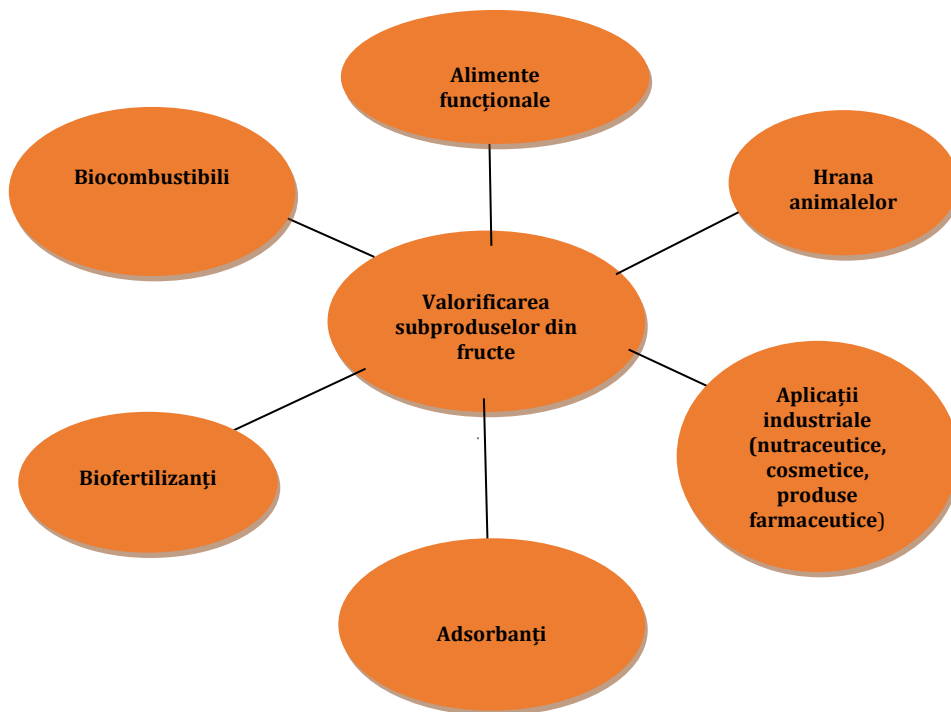


Fig. 1. Domenii principale pentru valorificarea subproduselor din fructe

Axându-se și pe dezvoltarea diverselor suplimente alimentare și alimente funcționale, valorificarea tescovinei de struguri pare a fi o soluție viabilă, conform cercetărilor realizate de Theagarajan și colab. (2019). Integrarea tescovinei de struguri Muscat în biscuiți, într-o proporție de 6% (m/m), a demonstrat nu doar o îmbunătățire a proprietăților antioxidante, ci și o prelungire a duratei de păstrare, transformând astfel o gustare tradițional bogată în grăsimi într-un aliment funcțional cu beneficii pentru sănătate. Aceste rezultate subliniază importanța reutilizării deșeurilor agricole pentru obținerea unor produse cu valoare nutrițională, contribuind atât la gestionarea durabilă a resurselor, cât și la dezvoltarea unor opțiuni alimentare mai sănătoase.

Ținând cont de faptul că tescovina este un subprodus subutilizat al producției de sucuri, în special în țările în curs de dezvoltare, Ningrum și colab. (2018) susțin cu tărie că valorificarea compușilor bioactivi și a enzimelor prezente în acest subprodus oferă oportunități semnificative pentru dezvoltarea produselor nutraceutice și funcționale. Prin transformarea tescovinei, adesea considerată deșeu, în resurse valoroase, această abordare nu doar că sporește valoarea economică a producției alimentare, ci promovează practicile sustenabile și sprijină dezvoltarea unor produse benefice pentru sănătate, aplicabile într-o gamă diversificată de domenii.

Un alt exemplu elocvent din spectrul valorificării subproduselor, se regăsește în stuiul realizată de Petrov Ivanković și colab. (2024), care a demonstrat potențialul reutilizării tescovinei de coacăze negre, zmeură, căpșuni și aronia provenite din producția de sucuri. Prin utilizarea unor metode de extracție fără solvenți organici, au fost obținute

extracte bogate în polifenoli, cu activitate antioxidantă semnificativă. Analizele statistice (RACI și GAS) au identificat coacăzele negre ca având cel mai puternic potențial antioxidant dintre extractele testate. Toate extractele au manifestat o influență dependentă de doză asupra creșterii bacteriilor benefice pentru piele (*S. epidermidis*) și a bacteriilor dăunătoare (*S. aureus*), extractul din tescovina de zmeură arătând cel mai ridicat potențial datorită capacității sale prebiotice în co-cultură cu cele două microorganisme.

În ansamblu, rezultatele susțin cu fermitate faptul că tescovinele de fructe de pădure reprezintă surse valoroase de compuși bioactivi, cu aplicații promițătoare în alimente funcționale și cosmetice prebiotice. Cercetările viitoare ar trebui să se concentreze pe optimizarea proceselor de extracție pentru a spori eficiența acestora și pe evaluări detaliate ale activității prebiotice folosind modele *in vitro* ale pielii și alte reprezentări ale microbiotei cutanate. Aceste eforturi ar contribui la o înțelegere mai cuprinzătoare a efectelor acestor extracte asupra întregului microbiom cutanat.

Studiile realizate de Nasrollahzadeh și colaboratorii săi (2020) subliniază potențialul transformator al extractelor și reziduurilor de fructe ca resurse sustenabile pentru dezvoltarea de (nano)materiale utilizabile într-o varietate de aplicații catalitice și de mediu. Prin valorificarea proprietăților chimice excelente ale acestor resurse regenerabile, industriile pot concepe sisteme catalitice eficiente din punct de vedere al costurilor și prietenoase cu mediul. Această abordare nu doar că răspunde provocărilor globale legate de gestionarea deșeurilor, ci și aliniează procesele cu principiile chimiei verzi, transformând deșeurile în active valoroase. Rezultatele evidențiază beneficiile duble ale reducerii impactului asupra mediului și promovării inovației în cataliză și nanotehnologie, contribuind astfel la un viitor mai sustenabil și economic viabil.

Cercetări științifice conexe subliniază potențialul notabil al sâmburilor de fructe pentru aplicații industriale extinse în diverse domenii ale economiei biocirculare, inclusiv, dar fără a se limita la sectoarele cosmetice și farmaceutice. Recenzia realizată de Kumar și colab. (2024) oferă exemple relevante în acest sens. Utilizarea nanoparticulelor metalice derivate din sâmburi de fructe necomestibili reprezintă o frontieră promițătoare în nanotehnologie, oferind aplicații variate în cataliză, livrarea de medicamente și tehnologii de detectare. Cu toate acestea, testarea toxicității rămâne o provocare esențială, chiar și pentru nanoparticulele produse sustenabil. Abordarea preocupărilor legate de toxicitatea acută este crucială pentru a asigura utilizarea sigură a acestora în diverse domenii.

În mod similar, punctele cuantice de carbon (Carbon Dots - CDs) obținute din sâmburi de fructe necomestibili se conturează ca o alternativă sustenabilă la probele fluorescente și punctele cuantice, având aplicații variind de la monitorizarea mediului la bioimaging. Deși metoda hidrotermală este considerată eficientă pentru producerea de CDs, este necesară o cercetare mai amplă asupra CDs obținute din biomasă, cu un randament cuantic (QY) ridicat (Kumar și colab., 2024).

În contexte agricole și de mediu, biocharul derivat din sâmburi de fructe necomestibili servește ca un ameliorator ecologic al solului, sporind retenția de nutrienți și sechestrarea carbonului. Dintre metodele de piroliză disponibile, piroliza cu microunde este cea mai eficientă, deși cercetări suplimentare sunt necesare pentru extinderea resurselor funcționale susținute de biochar. În plus, bioadsorbanții obținuți din acești sâmburi joacă un rol esențial în purificarea apei, îndepărtând eficient contaminanții. Îmbunătățirea proprietăților bio-adsorbanților pe bază de biomasă rămâne un domeniu vital de explorare (Kumar și colab., 2024).

În domeniul energiei regenerabile, conversia sâmburilor de fructe necomestibili în biodiesel oferă o alternativă sustenabilă la combustibilii tradiționali, contribuind la reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră. Cu toate acestea, comercializarea acestora

este limitată în multe țări, iar explorarea suplimentară a resurselor biobazate ar putea crește producția de biodiesel dincolo de nivelurile combustibililor convenționali.

Acești sămburi au, de asemenea, potențial în aplicații de îmbogățire în alimentație și furaje pentru animale. Produsele alimentare îmbogățite pe bază de cereale oferă beneficii funcționale și nutriționale, în special în regiunile subdezvoltate, unde costurile alimentelor sunt ridicate. Încorporarea acestor sămburi în uleiuri comestibile, pelicule și învelișuri crește valoarea produselor alimentare. În furajele pentru animale, acești sămburi îmbunătățesc valoarea nutrițională a dietelor pentru păsări și pești, sporind conversia furajelor, performanța de creștere și sănătatea generală. Cu toate acestea, este necesară abordarea preocupărilor legate de siguranță, cum ar fi prezența glicozidelor cianogenice, pentru a asigura utilizarea lor în condiții de siguranță (Kumar și colab., 2024).

Privind spre viitor, valorificarea sămburilor de fructe necomestibili oferă oportunități pentru inovație și sustenabilitate. Cercetări suplimentare pot contribui la optimizarea proceselor scalabile de extracție a substanțelor valoroase și la extinderea aplicațiilor acestora în biotehnologie, industria farmaceutică și energia regenerabilă.

Soluționarea preocupărilor legate de siguranță va fi esențială pentru deblocarea întregului potențial al acestor resurse, promovând un viitor mai verde și mai sustenabil (Kumar și colab., 2024).

În mod similar, alte studii s-au concentrat pe stabilirea unei baze de înțelegere a subproduselor de fructe subevaluate pentru a le îmbunătăți valorificarea. Numeroase cercetări au explorat utilizarea subproduselor de fructe ca surse alternative de fibre alimentare (FA), precum și aplicarea acestora în îmbogățirea biscuiților, fursecurilor și pâinii din grâu. Potrivit lui Tsegay și colab. (2024), aceste subproduse au fost investigate, de asemenea, pentru extracția unor componente funcționale valoroase, cu aplicații în industria alimentară, cosmetică și farmaceutică. Dovezile subliniază proprietățile farmaceutice remarcabile ale cojilor și sămburilor de fructe, susținând utilizarea acestora în aplicații alimentare mai degrabă decât în scopuri non-alimentare, cum ar fi producția de biocombustibili.

Multe dintre subprodusele analizate în studiul lor prezintă profiluri nutriționale bogate, ceea ce le face potrivite pentru conversia în pigmenți naturali, concentrate de fibre alimentare, materiale de ambalare alimentară, nutraceutice și băuturi fermentate. Cu toate acestea, tehnologiile actuale de valorificare se confruntă cu limitări. Cercetările cuprinzătoare și un design atent sunt esențiale pentru selectarea subproduselor potrivite și optimizarea condițiilor de procesare. Prin urmare, dezvoltarea unor tehnici inovatoare și personalizate de procesare pentru aceste subproduse este imperativă pentru a realiza pe deplin potențialul acestora (Tsegay și colab., 2024).

Deși scenariile prezentate par să ofere soluții sustenabile bune pentru valorificarea diferitelor subproduse de fructe, provocarea principală în recuperarea acestor compuși constă în identificarea celei mai potrivite și ecologice tehnici de extracție, care să maximizeze randamentul și să păstreze stabilitatea produselor extrase (Ferrentino și colab., 2018).

CONCLUZII

Valorificarea subproduselor de fructe nu reprezintă doar o strategie promițătoare pentru reducerea deșeurilor, ci și o componentă esențială în avansarea principiilor bioeconomiei circulare. Așa cum afirmă Tsegay și colab. (2024:31) în mod inspirat: „Beneficierea de pe urma deșeurilor este o perlă de înțelepciune, iar ignorarea valorii lor

înseamnă participarea la poluare.” Acest studiu a evidențiat potențialul subproduselor de fructe de a contribui la realizarea obiectivelor de dezvoltare sustenabilă prin atenuarea provocărilor de mediu generate de risipa alimentară, inclusiv contribuția semnificativă a acestora la emisiile de gaze cu efect de seră și amprenta de carbon. Prin sintetizarea cercetărilor existente, lucrarea subliniază valoarea subproduselor de fructe ca surse de compuși de înaltă valoare utilizabili în nutraceutice, produse cosmetice, farmaceutice, biocombustibili și alimente funcționale.

Tehnicile inovatoare de procesare, precum extracția fără solvenți organici, metodele asistate de enzime și aplicațiile biotehnologice avansate, au demonstrat fezabilitatea exploatării proprietăților bioactive ale acestor subproduse fără a compromite integritatea mediului. Cu toate acestea, persistă provocări legate de optimizarea proceselor de extracție și dezvoltarea unor tehnologii scalabile, viabile economic, care să se alinieze cu sustenabilitatea ecologică. Integrarea acestor subproduse în noi lanțuri valorice poate aborda preocupările globale legate de gestionarea deșeurilor, poate stimula economiile locale și poate promova inovațiile ecologice.

Cercetările viitoare ar trebui să se concentreze pe rafinarea metodologiilor de extracție pentru a maximiza randamentul și stabilitatea produselor, explorând în același timp potențialul prebiotic și de aliment funcțional al acestor subproduse. De asemenea, studii mai cuprinzătoare asupra interacțiunii lor cu diverși microbiomi și aplicațiile lor industriale ar putea dezvălui noi oportunități de valorificare. Prin încurajarea colaborării multidisciplinare, valorificarea subproduselor de fructe poate evolua de la o practică de nișă la o piatră de temelie a dezvoltării sustenabile, transformând deșeurile în resurse și impulsionând progresul global către un viitor mai verde.

CONTRIBUȚIILE AUTORILOR

Conceptualizare, N.E.A.; Prelucrarea datelor, N.E.A.; Metodologie, N.E.A.; Redactare - schiță originală, N.E.A.; și Redactare- revizuire și editare, N.E.A.

DECLARAȚIE PRIVIND CONFLICTUL DE INTERESE

Autorul declară că nu există conflict de interese.

DECLARAȚIA COMISIEI DE EVALUARE INSTITUȚIONALĂ

Nu se aplică.

DECLARAȚIA PRIVIND CONSIMȚĂMÂNTUL INFORMAT

Nu se aplică.

DISPONIBILITATEA DATELOR

Datele care susțin rezultatele acestui studiu sunt disponibile în articol.

REFERINȚE

- Abboud KY, Iacomini M, Simas FF, Cordeiro LMC.** 2020. High methoxyl pectin from the soluble dietary fiber of passion fruit peel forms weak gel without the requirement of sugar addition. *Carbohydrate Polymers* 246, 116616.
- Ahmad AR, Malik A.** 2023. Antioxidant activity of *Passiflora edulis* (passion fruit) seed extracts obtained from maceration and ultrasonic assisted extraction method. *FITOFARMAKA: Jurnal Ilmiah Farmasi* 13(1):77-81.
- Aisyah SD, Ngibad K.** 2022. Determination of flavonoid content of ethanol and ethyl acetate extract from purple passion fruit peel. *Jurnal Pijar Mipa* 17(5):696-700.
- Ajila CM, Aalami M, Leelavathi K, Rao UP.** 2010. Mango peel powder: A potential source of antioxidant and dietary fiber in macaroni preparations. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 11(1):219-224.
- Alara OR, Abdurahman NH, Ukaegbu C.** 2018. Soxhlet extraction of phenolic compounds from *Vernonia cinerea* leaves and its antioxidant activity. *J. Appl. Res. Med. Aromat. Plants* 11:12–17.
- Al-Hamimi S, and Turner C.** 2020. A fast and green extraction method for berry seed lipid extraction using CO₂ expanded ethanol combined with sonication. *European Journal of Lipid Science and Technology* 122 (4):1900283. doi: 10.1002/ejlt.201900283.
- Aliboudhar H, Tigrine-Kordjani N.** 2014. Effect of extraction technique on the content and antioxidant activity of crude extract of *Anacyclus clavatus* flowers and their essential oil composition. *Nat. Prod. Res.* 28: 2140–2149.
- Alves E, Simoes A, Domingues MR.** 2021. Fruit seeds and their oils as promising sources of value-added lipids from agro-industrial byproducts: oil content, lipid composition, lipid analysis, biological activity and potential biotechnological applications. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 61:1305–1339.
- Antoniassi R, Wilhelm AE, Reis SLR, Regis SA, Faria Machado AF, Bizzo HR, Cenci SA.** 2022. Expeller pressing of passion fruit seed oil: pressing efficiency and quality of oil. *Brazilian Journal of Food Technology* 25, e2021168.
- Aschemann-Witzel J, Zielke S.** 2020. Consumers' perception of food waste and food surplus: The role of product attributes and awareness in consumer acceptance. *Food Quality and Preference* 84, 103948. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.103948>.
- Badgett A, Milbrandt A.** 2021. Food waste disposal and utilization in the United States: A spatial cost benefit analysis. *J. Clean. Prod.* 314, 128057.
- Baiano A.** 2014. Recovery of biomolecules from food wastes—A review. *Molecules* 19(9): 14821-14842.
- Bennbaia S, Wazwaz A, Abujarbou A, Abdella GM, Musharavati F.** 2018. IEOM Society International towards Sustainable Society: Design of Food Waste Recycling Machine. In Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Bandung, Indonesia, 6–8 March 2018; pp. 6–8.
- Bhatia L, Jha H, Sarkar T, and Sarangi PK.** 2023. Food waste utilization for reducing carbon footprints towards sustainable and cleaner environment: a review. *International journal of environmental research and public health*, 20(3), 2318.
- Carpio-Aguilar JC, Rincon-Moreno JA, Franco-Garcia L.** 2019. Potential of Carbon Footprint Reduction within Retailers: Food Waste at Walmart in Mexico. In Sustainable Development Goals and Sustainable Supply Chains in the Post-Global Economy; Springer: Cham, Switzerland, 2019.
- Cujic N, Savikin K, Jankovic T, Pljevljakusic D, Zdunic G, Ibric S.** 2016. Optimization of polyphenols extraction from dried chokeberry using maceration as traditional technique. *Food Chem.* 194:135–142.
- Da Silva RP, Rocha-Santos TA, Duarte AC.** 2016. Supercritical fluid extraction of bioactive compounds. *Trends Anal. Chem.* 76: 40–51.

- de Souza CG, Rodrigues THS, e Silva LMA, Ribeiro PRV, de Brito ES.** 2018. Sequential extraction of flavonoids and pectin from yellow passion fruit rind using pressurized solvent or ultrasound. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 98(4):1362-1368.
- deMedeiros VPB, Pimentel TC, Varandas RCR, Dos Santos SA, de Souza Pedrosa GT, da Costa Sassi CF, da Conceicao MM, Magnani M.** 2020. Exploiting the use of agro-industrial residues from fruit and vegetables as alternative microalgae culture medium. *Food Res. Int.* 137, 109722.
- Dulf F, Oroian I, Vodnar D, Socaciu C, Pinteau A.** 2013. Lipid classes and fatty acid regiodistribution in triacylglycerols of seed oils of two sambucus species (*S. nigra* L. and *S. ebulus* L.). *Molecules* 18 (10):11768–11782. doi: 10.3390/molecules181011768.
- El Kantar S, Boussetta N, Lebovka N, Foucart F, Rajha HN, Maroun RG, Louka N, Vorobiev E.** 2018. Pulsed electric field treatment of citrus fruits: Improvement of juice and polyphenols extraction. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 46:153–161.
- European Commission (EC).** 2023. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Ensuring Resilient and Sustainable Use of EU's Natural Resources. 2023. Available online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52023DC0410> (accessed on 01 December 2024).
- Fazio A, Plastina P, Meijerink J, Witkamp RF, Gabriele B.** 2013. Comparative analyses of seeds of wild fruits of *Rubus* and *Sambucus* species from Southern Italy: Fatty acid composition of the oil, total phenolic content, antioxidant and anti-inflammatory properties of the methanolic extracts. *Food Chemistry* 140 (4):817–824. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.11.010.
- Ferrentino G, Asaduzzaman MD, Scampicchio MM.** 2018. Current technologies and new insights for the recovery of high valuable compounds from fruits by-products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(3):386-404.
- Gligor O, Mocan A, Moldovan C, Locatelli M, Crisan G, Ferreira ICFR.** 2019. Enzyme-assisted extractions of polyphenols—A comprehensive review. *Trends Food Sci. Technol.* 88:302–315.
- Gornas P, Rudzinska M.** 2016. Seeds recovered from industry by products of nine fruit species with a high potential utility as a source of unconventional oil for biodiesel and cosmetic and pharmaceutical sectors. *Industrial Crops and Products* 83:329–338.
- Gornas P, Rudzinska M, Grygier A, Laciš G.** 2019. Diversity of oil yield, fatty acids, tocopherols, tocotrienols, and sterols in the seeds of 19 interspecific grapes crosses. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 99 (5):2078–2087. doi: 10.1002/jsfa.9400.
- Gustinelli G, Eliasson L, Svelander C, Alminger M, Ahrne L.** 2018. Supercritical CO₂ extraction of bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) seed oil: Fatty acid composition and antioxidant activity. *The Journal of Supercritical Fluids* 135:91–97. doi: 10.1016/j.supflu.2018. 01.002.
- Harbeoui H, Rebey IB, Ouerghemmi I, Wannes W, Zemni H, Zoghalmi N, Khan N, Ksouri R, Tounsi M.** 2018. Biochemical characterization and antioxidant activity of grape (*Vitis vinifera* L.) seed oils from nine Tunisian varieties. *Journal of Food Biochemistry* 42 (5):e12595. doi: 10.1111/jfbc.12595.
- Helbig D, Bohm V, Wagner A, Schubert R, Jahreis G.** 2008. Berry seed press residues and their valuable ingredients with special regard to black currant seed press residues. *Food Chemistry* 111 (4): 1043–1049. doi: 10.1016/j.foodchem.2008.05.017.
- Huo D, Dai J, Yuan S, Cheng X, Pan Y, Wang L, Wang R.** 2023. Eco-friendly simultaneous extraction of pectins and phenolics from passion fruit (*Passiflora edulis* Sims) peel: process optimization, physicochemical properties, and antioxidant activity. *International Journal of Biological Macromolecules* 243, 125229.
- Inayati Puspita RI, Fajrin VL.** 2018. Extraction of pectin from passion fruit rind (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Degener) for edible coating. AIP Conference Proceedings, 1931, 030002.

- Iqbal A, Schulz P, Rizvi SS.** 2021. Valorization of bioactive compounds in fruit pomace from agro-fruit industries: Present Insights and future challenges. *Food Bioscience* 44, 101384.
- Jones SL, Gibson KE, Ricke SC.** 2021. Critical Factors and Emerging Opportunities in Food Waste Utilization and Treatment Technologies. *Front. Sustain. Food Syst.* 5, 781537.
- Khan SA, Aslam R, Makroo HA.** 2019. High pressure extraction and its application in the extraction of bio-active compounds: A review. *J. Food Process Eng.* 42, e12896.
- Kumar H, Kimta N, Guleria S, Cimler R, Sethi N, Dhanjal DS ... & Kuca K.** 2024. Valorization of non-edible fruit seeds into valuable products: A sustainable approach towards circular bioeconomy. *Science of the Total Environment*, 171142.
- Kumar K, Srivastav S, Sharanagat VS.** 2021. Ultrasound assisted extraction (UAE) of bioactive compounds from fruit and vegetable processing by-products: A review. *Ultrason. Sonochem.* 70, 105325.
- Kumar P.** 2018. Effect of temperature and time intervals on the solvent extraction of essential oil from *azadirachta indica* (neem) leaf powder by using soxhlet extraction method. *World J. Pharm. Res.* 8: 939–946.
- Kušar A, Pravst I, Kuprovič UP, Grunert KG, Kreft I, Hristov H.** 2023. Consumers' Preferences towards Bread Characteristics Based on Food-Related Lifestyles: Insights from Slovenia. *Foods* 12, 3766.
- Leela C, Shashank B, Suresh D.** 2013. Phytochemical screening of secondary metabolites of *euphorbia Neriifolia* linn. *Glob. J. Res. Med. Plants Indig. Med.* 2, 292.
- Lin H, Chen K, Du L, Gao P, Zheng J, Liu Y, Ma L.** 2022. Efficient and selective adsorption of methylene blue and methyl violet dyes by yellow passion fruit peel. *Environmental Technology* 43(23):3519-3530.
- Liu J, Teng B, Zhang X, Dai M, Lin Y, Liu Y, McRae JM.** 2021. Anthocyanins from purple passion fruit (*Passiflora edulia* Sims) rind – an innovative source for nonbleachable pigment production. *Journal of Food Science* 86(7):2978-2989.
- Mahato N, Sharma K, Sinha M, Cho MH.** 2018. Citrus waste derived nutra-/pharmaceuticals for health benefits: Current trends and future perspectives. *Journal of functional foods* 40:307-316.
- Mańkowski DR, Fraś A, Gołębiewska K, Gołębiewski D.** 2018. Consumer acceptance of polish bread products. *Plant Breeding and Seed Science* 77:33–42. <https://doi.org/10.37317/pbss-2018-0003>.
- Masi E, Taiti C, Heimler D, Vignolini P, Romani A, Mancuso S.** 2016. PTR-TOF-MS and HPLC analysis in the characterization of saffron (*Crocus sativus* L.) from Italy and Iran. *Food Chem.* 192:75–81.
- Muslim M, Jusuf NK, Putra IB.** 2023. The effect of 3% passion fruit purple variant (*Passiflora edulis* Sims var. *Edulis*) seed extract cream on facial skin aging. *Journal of Pakistan Association of Dermatologists* 33(2):566-573.
- Nadar SS, Rao P, Rathod VK.** 2018. Enzyme assisted extraction of biomolecules as an approach to novel extraction technology: A review. *Food Res. Int.* 108: 309–330.
- Nasrollahzadeh M, Shafiei N, Nezafat Z, Sadat Soheili Bidgoli N, Soleimani F, Varma RS.** 2020. Valorisation of fruits, their juices and residues into valuable (nano) materials for applications in chemical catalysis and environment. *The Chemical Record* 20(11):1338-1393.
- Naviglio D, Formato A, Vitulano M, Cozzolino I, Ferrara L, Zanoelo EF, Gallo M.** 2017. Comparison Between the Kinetics of Conventional Maceration and A Cyclic Pressurization Extraction Process for the Production of Lemon Liqueur Using A Numerical Model. *J. Food Process Eng.* 40, e12350.
- Ng HS, Kee PE, Yim HS, Chen P-T, Wei Y-H, Chi-Wei Lan J.** 2020. Recent advances on the sustainable approaches for conversion and reutilization of food wastes to valuable bioproducts. *Bioresource Technology* 122889. doi:10.1016/j.biortech.2020.122889.
- Ningrum A, Anggrahini S, Kusumaningrum LD, Hapsari MW, Schreiner M.** 2018. Valorization of food by product from selected tropical fruits pomace. InIOP Conference

- Series: Earth and Environmental Science 2018 Nov 1 (Vol. 205, No. 1, p. 012034). IOP Publishing.
- Nirmal NP, Khanashyam AC, Mundanat AS, Shah K, Babu KS, Thorakkattu P, Al-Asmari F, Pandiselvam R.** 2023. Valorization of fruit waste for bioactive compounds and their applications in the food industry. *Foods* 12(3), 556.
- Oomah B, Ladet S, Godfrey D, Liang J, Girard B.** 2000. Characteristics of raspberry (*Rubus idaeus* L.) seed oil. *Food Chemistry* 69 (2):187–193.
- Pereira DTV, Zabot GL, Reyes FGR, Iglesias AH, Martínez J.** 2021. Integration of pressurized liquids and ultrasound in the extraction of bioactive compounds from passion fruit rinds: impact on phenolic yield, extraction kinetics and technical-economic evaluation. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 67, 102549.
- Petrov Ivanković A, Čorović M, Milivojević A, Simović M, Banjanac K, Veljković M, Bezbradica D.** 2024. Berries pomace valorization: From waste to potent antioxidants and emerging skin prebiotics. *International Journal of Fruit Science* 24(1): 85-101.
- Prakash B, Kujur A, Singh PP, Kumar A, Yadav A.** 2017. Plants-derived bioactive compounds as functional food ingredients and food preservative. *J. Nutr. Food Sci* 1(004).
- Rathore SK, Bhatt S, Dhyani S, Jain A.** 2012. Preliminary phytochemical screening of medicinal plant *Ziziphus mauritiana* Lam. fruits. *Int. J. Curr. Pharm. Res.* 4:160–162.
- Redondo D, Venturini ME, Luengo E, Raso J, Arias E.** 2018. Pulsed electric fields as a green technology for the extraction of bioactive compounds from thinned peach by-products. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 45:335–343.
- Rijo P, Falé PL, Serralheiro ML, Simões MF, Gomes A, Reis C.** 2014. Optimization of medicinal plant extraction methods and their encapsulation through extrusion technology. *Measurement* 58:249–255.
- Sagar NA, Pareek S, Sharma S, Yahia EM, Lobo MG.** 2018. Fruit and Vegetable Waste: Bioactive Compounds, Their Extraction, and Possible Utilization. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 17:512–531.
- Salamon A, Szafrńska A, Baryga A, Diowski A, Szymczyk K, Kowalska H.** 2024. Assessment of the Possibility of Using Sugar Beet Pulp with Molasses as By-Product for Enriching Flour and Production of Bread with Pro-Health Properties. *Applied Sciences* 14(22): 10570.
- Sampaio RF, Lima VdC, Bungart GAM, Correia LDB, Tobal TM.** 2022. Flour of winged-stem passion fruit peel: nutritional composition, incorporation in cookies, and sensory acceptability. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 65, e22200776.
- Sarker A, Ahmmed R, Ahsan SM, Rana J, Ghosh MK, Nandi R.** 2024. A comprehensive review of food waste valorization for the sustainable management of global food waste. *Sustainable Food Technology* 2(48), doi: 10.1039/d3fb00156c.
- Sridhar A, Ponnuchamy M, Kumar PS, Kapoor A, Vo DN, Prabhakar S.** 2021. Techniques and modeling of polyphenol extraction from food: A review. *Environ. Chem. Lett.* 19: 3409–3443.
- Struck S, Plaza M, Turner C, Rohm H.** 2016. Berry pomace—a review of processing and chemical analysis of its polyphenols. *International Journal of Food Science & Technology* 51(6):1305-1318.
- Teslić N, Kojić J, Đermanović B, Šarić L, Maravić N, Pestorić M, Šarić B.** 2023. Sour cherry pomace valorization as a bakery fruit filling: Chemical composition, bioactivity, quality and sensory properties. *Antioxidants* 12(6), 1234.
- Theagarajan R, Malur Narayanaswam L, Dutta S, Moses JA, Chinnaswamy A.** 2019. Valorisation of grape pomace (cv. Muscat) for development of functional cookies. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(4):1299-1305.
- Tsegay ZT, Gebreegziabher STB, Mulaw G.** 2024. Nutritional Qualities and Valorization Trends of Vegetable and Fruit Byproducts: A Comprehensive Review. *Journal of Food Quality* (1), 5518577.

- Venkidasamy B, Samynathan R, Ramasamy P, Kumar MS, Thiruvengadam M, Khayrullin M, Shariati MA, Nile AS, Nile, SH.** 2024. Unveiling novel applications of fruit pomace for sustainable production of value-added products and health benefits: A review. *Food Bioscience* 104533.
- Vieira BRDR, Grigoletto LC, Ströher GR, Seixas FL.** 2022. Synthesis of magnetic activated carbon from passion fruit seeds and its application in the adsorption of methylene blue dye. *Brazilian Journal of Development* 8(5):42419-42430.
- Wen C, Zhang J, Zhang H, Dzah CS, Zandile M, Duan Y, Ma H, Luo X.** 2018. Advances in ultrasound assisted extraction of bioactive compounds from cash crops—A review. *Ultrason. Sonochem.* 48: 538–549.
- Wojciechowska-Solis J, Smiglak-Krajewska M.** 2020. Consumer Education and Food Waste: An Example of the Bakery Market—The Case of Young Consumer. *Eur. Res. Stud. J.* 23:89–96.
- Yeo YY, Thed ST.** 2022. Product development of passion fruit and citrus peel dark chocolate. *Food Research* 6(S1):41-44.
- Zhang Z, Lin C, Cai W.** 2021. Recycling food waste and by-products for sustainable food production. *Journal of Cleaner Production* 315:127–136.

EDUCAȚIE, ALFABETIZARE ȘI INCLUZIUNE FINANCIARĂ: DEPĂȘIREA PROVOCĂRILOR DIN ECOSISTEMUL FINANCIAR ROMÂNESC

Liviu-Gelu DRĂGHICI ¹, Isabelle OPREA ^{2*}

¹ Academia Română, Școala de Studii Avansate a Academiei Române,
Școala Doctorală de Științe Economice, Institutul Național de Cercetări Economice
"Costin C.Kirișescu", Institutul de Economie Mondială

² Academia Română, Școala de Studii Avansate a Academiei Române,
Școala Doctorală de Științe Economice, Institutul Național de Cercetări Economice
"Costin C.Kirișescu", Institutul de Economie Mondială

* Autor corespondent: isabelle-margareta.oprea@ince.ro

Rezumat

Articolul analizează relația dintre educația financiară, alfabetizarea financiară și incluziunea financiară în România, având ca scop identificarea modalităților de îmbunătățire a eficienței programelor de educație financiară. De asemenea, subliniază rolul critic al alfabetizării financiare în promovarea stabilității economice și reducerea sărăciei, mai ales în contextul digitalizării rapide a sectorului bancar. În studiu se utilizează metoda analizei datelor secundare, bazându-se pe rapoarte naționale, cercetări academice și studii instituționale de la autoritățile financiare cheie, cum ar fi Banca Națională a României și Ministerul Educației. Se evaluează eficiența diverselor inițiative de educație financiară care vizează diferite grupuri demografice, concentrându-se în mod special pe populațiile rurale și vârstnice. Concluziile indică faptul că, în ciuda eforturilor crescute, România se confruntă cu provocări semnificative, inclusiv rate scăzute de alfabetizare financiară, lipsa de încredere în instituțiile financiare și acces limitat la educația financiară în zonele rurale. În plus, analfabetismul digital accentuează excluderea financiară, deoarece multe persoane nu pot utiliza pe deplin serviciile bancare digitale. Acest studiu examinează în mod unic rolul serviciilor bancare digitale ca factor de mediere în incluziunea financiară, în special pentru grupurile vulnerabile, oferind în același timp o evaluare cuprinzătoare a programelor de educație financiară și a eficacității acestora în diferite segmente demografice din România. Lucrarea concluzionează prin recomandarea unei colaborări sporite între instituțiile guvernamentale, financiare și educaționale pentru a crea o strategie integrată de educație financiară care să abordeze atât alfabetizarea, cât și competențele digitale pentru o mai bună incluziune financiară.

Cuvinte-cheie: Alfabetizare Financiară, Educație Financiară, Digitalizare Bancară, Incluziune Financiară, România

INTRODUCERE

Educația financiară contribuie semnificativ la bunăstarea populației și, prin urmare, la dezvoltarea economică. În Uniunea Europeană, inițiativele de educație financiară au căpătat amploare datorită unor factori precum excluderea socială, creșterea datoriilor, îmbătrânirea populației, alocarea ineficientă a resurselor, scăderea încrederii în instituțiile financiare ca urmare a falimentului băncilor private, criza financiară din 2008 și criza creditelor în franci elvețieni. Eforturile s-au concretizat în dezvoltarea strategiilor naționale de educație financiară, implicând o colaborare intensă între instituțiile financiare, autoritățile pieței financiare, instituțiile de învățământ și Ministerul Educației.

Au apărut cărți de educație financiară scrise de autori români, mass-media s-a implicat în acest domeniu, iar programe de educație financiară sunt difuzate la posturi de radio și TV cu acoperire națională.

Există două situații care pun sub semnul întrebării posibilitățile reale de creștere ale alfabetizării financiare și ale educației financiare. Primul aspect este reticenta populației, iar a doua situație care subminează succesul inițiativelor de educație financiară este însăși eficiența și eficacitatea acestor inițiative, în cazul cărora opiniile cercetătorilor sunt divergente.

Unele cercetări susțin că aproape jumătate dintre români se bazează pe propriile cunoștințe sau pe sfaturile prietenilor atunci când iau decizii cu implicații financiare și că mai mult de jumătate dintre români recunosc că nu au avut acces la informații financiare sau interes în îmbunătățirea nivelului lor de educație financiară. Lipsa de încredere în educația financiară și în instituțiile financiare este cauzată și de numeroasele evenimente care au marcat societatea românească după Revoluție (inflația de trei cifre din anii '90, devalorizarea economiilor depuse la CEC, schemele piramidale, falimentele băncilor private, criza din 2008, impactul creditelor în franci elvețieni, pandemia COVID-19, războiul din Ucraina etc.).

Există studii care demonstrează utilitatea inițiativelor de educație financiară, dar și cercetări care pun la îndoială eficiența acestora. Sunt cercetători care susțin că programele de educație financiară au un impact neglijabil asupra comportamentelor financiare reale, studiile indicând că efectele lor se estompează în timp. Fernandes și colab. (2014) au constatat că eforturile de educație financiară explică doar 0,1% din variația comportamentelor financiare, în timp ce Mandell (2011) și Björklund & Sandahl (2023) sugerează că educația financiară singură este insuficientă pentru a determina schimbări semnificative în luarea deciziilor financiare. Pentru a spori eficiența inițiativelor de educație financiară, este necesar să fie luate o serie de măsuri pentru îmbunătățirea modului în care educația financiară este predată la nivel gimnazial și liceal, precum și a modului în care sunt pregătiți profesorii care predau această disciplină. În România, un curs de „Educație economică și financiară pentru profesori,” acreditat de Ministerul Educației și Cercetării, Banca Națională a României, Asociația Română a Băncilor, Institutul Bancar Român, Autoritatea de Supraveghere Financiară și Institutul de Studii Financiare, există deja din 2021.

Deși responsabilitatea educației financiare ar trebui să revină individului, este necesară o colaborare între stat, instituțiile publice cu responsabilități în domeniul financiar și entitățile private active în această sferă, pentru a implementa Strategia Națională de Educație Financiară și pentru a crește nivelul de alfabetizare financiară în România.

DATE ȘI METODE

Studiul utilizează analiza a datelor secundare, concentrându-se pe rapoarte naționale existente, cercetări academice și studii instituționale privind alfabetizarea și educația financiară în România. Sursele de date includ rapoarte de la Banca Națională a României, Ministerul Educației din România și instituții financiare care sunt implicate activ în inițiativele educaționale.

Analiza urmărește programe existente, cum ar fi strategiile naționale pentru educație financiară și eforturile de a introduce alfabetizarea financiară în curriculele școlare. În plus, studiul examinează rapoarte privind nivelurile de alfabetizare financiară, concentrându-se în special pe populațiile din zonele rurale și generațiile mai în vârstă, care pot avea acces limitat la educația financiară.

Datele colectate oferă informații asupra succesului și limitărilor acestor inițiative, permițând o comparație a ratelor de alfabetizare și a eficienței programelor. Studiul utilizează, de asemenea, evaluări calitative din documentele de politici și rapoartele instituționale pentru a evalua eforturile instituționale de îmbunătățire a educației financiare. Această abordare permite o înțelegere cuprinzătoare a peisajului actual al educației financiare din România, identificând provocările critice și oferind sugestii pentru îmbunătățirea eforturilor de alfabetizare financiară în rândul diferitelor grupuri demografice.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Educația și dezvoltarea se susțin reciproc. La fel și educația financiară și dezvoltarea economică. Din fericire, în ultimii ani, inițiativele de educație financiară s-au dezvoltat rapid în Uniunea Europeană, fiind motivate de factori internaționali diverși, cum ar fi excluziunea financiară, îmbătrânirea populației, creșterea datoriilor, lipsa de cunoștințe ale consumatorilor sau alocarea ineficientă a resurselor publice (Nițoi și colab., 2022). România se numără printre țările care au dezvoltat o Strategie Națională de Educație Financiară și prezintă și alte preocupări în acest sens: „Începând cu anul școlar 2020-2021, educația financiară a devenit o disciplină obligatorie pentru elevii de clasa a VIII-a” (Guvernul României, 2023). Diverse instituții publice (Autoritatea de Supraveghere Financiară, Institutul de Studii Financiare, Banca Națională a României) și private (bănci comerciale, companii de asigurări, diverse asociații non-profit) dezvoltă inițiative de educație financiară. Există mai multe programe de educație financiară pe posturile de televiziune naționale și numeroase publicații financiare pe care publicul larg le poate utiliza ca surse de informare. Ministerul Finanțelor Publice a desfășurat, de asemenea, mai multe campanii media pentru promovarea investițiilor în titluri de stat, iar Guvernul României și Bursa de Valori București au promovat listarea Hidroelectrică pe bursă. De asemenea, au fost publicate diverse cărți de educație financiară, scrise de autori români și adaptate contextului economic autohton. Global Money Week are loc între 18 și 24 martie, 11 aprilie (în fiecare an) este Ziua Educației Financiare, iar 31 octombrie a fost desemnată Ziua Mondială a Economisirii. Deși nu pretinde să fie un inventar exhaustiv al inițiativelor de educație financiară, este clar că astfel de inițiative s-au înmulțit în ultimii ani. Cu toate acestea, un studiu recent trage o concluzie sumbră: „92% din populația României este analfabetă financiar. Procentul crește la aproximativ 95% atunci când se măsoară cunoștințele despre performanța și riscurile instrumentelor financiare” (Nițoi și colab., 2022). Cifrele sunt îngrijorătoare, mai ales dacă luăm în considerare faptul că „pe măsură ce tot mai multe gospodării sunt nevoite să ia propriile decizii în chestiuni financiare, analfabetismul financiar poate deveni o amenințare serioasă pentru bunăstarea lor de-a lungul vieții” (Batsaikhan și Demertzis, 2018). Nivelul de alfabetizare financiară variază direct proporțional cu bunăstarea financiară și invers proporțional cu riscul de sărăcie, concluzionând că „în general, persoanele cu niveluri ridicate de alfabetizare financiară au,

de asemenea, un indice de bunăstare financiară peste medie” (Nițoi și colab., 2022), iar tinerii au o alfabetizare financiară mai mare comparativ cu persoanele mai în vârstă (Nițoi și colab., 2022). Astfel, relația dintre alfabetizarea financiară și incluziunea financiară este una de interdependență: alfabetizarea financiară contribuie la creșterea accesului la servicii financiare, iar rezultatele cercetărilor au arătat că deținătorii de conturi bancare sunt mai susceptibili de a fi alfabetizați financiar și de a utiliza servicii financiare conexe (Nițoi și colab., 2022). Așadar, primul pas pentru reducerea riscului de sărăcie ar fi alfabetizarea financiară, care poate fi definită ca „procesul prin care consumatorii/investitorii financiari își îmbunătățesc înțelegerea produselor și conceptelor financiare și, prin informații, instrucțiuni și/sau sfaturi obiective, își dezvoltă abilitățile și încrederea pentru a deveni mai conștienți de riscurile și oportunitățile financiare, pentru a face alegeri informate, pentru a ști unde să se adreseze pentru ajutor și pentru a lua decizii eficiente pentru a-și îmbunătăți bunăstarea financiară” (OECD, 2005). Din păcate, țara noastră se confruntă cu două situații care pun sub semnul întrebării posibilitățile reale de creștere a alfabetizării financiare și a educației financiare. Primul aspect este reticența populației, cu 39% dintre participanții la un sondaj declarând că „nu sunt interesați să primească informații despre conceptele financiare”. Această reticență se reflectă și în alegerea surselor de informare, majoritatea respondenților apelând la „experiența și cunoștințele personale (41%) ca sursă principală de informații pentru a lua decizii financiare” (Nițoi și colab., 2022). Pe de altă parte, conform altor studii, „48% dintre români se bazează pe familia și prietenii lor atunci când doresc sfaturi privind economisirea și investițiile, iar 19% chiar pe informații de pe rețelele sociale” (Erste Group, 2022). Mai mult, „58% dintre respondenți admit că nu au avut acces la informații financiare sau nu au avut interes în îmbunătățirea alfabetizării financiare” (Unlock Market Research, 2021). Această reticență ar putea avea cauze multiple, dar nu putem ignora lipsa de încredere în instituțiile financiare. Aceasta a fost alimentată și de evoluția pieței financiare din România după Revoluție. Băncile private au apărut imediat după căderea comunismului, dar multe dintre ele au dat faliment, afectând milioane de cetățeni: Banca de Credit, Banca Columna, Banca Albina, Bankoop, Banca Internațională a Religiiilor, Banca Dacia Felix, Banca Română de Investiții, Banca Română de Comerț Exterior (Bancorex). Aderarea României la Uniunea Europeană a adus mai multă stabilitate pe piața financiară, prin reglementarea sectorului financiar și consolidarea instituțiilor bancare. Cu toate acestea, au existat alte situații care au afectat încrederea românilor în bănci, cum ar fi relaxarea condițiilor de creditare în 2006-2008 („credit doar cu buletinul”), creditele în franci elvețieni și criza imobiliară din 2008. Deși piața financiar-bancară este acum reglementată și băncile sunt mai solide, există încă un număr de instituții financiare nebankare (IFN-uri) care percep dobânzi uriașe.

În ciuda reticenței populației față de educația financiară și a lipsei de încredere în bănci, mulți români consideră că cele mai potrivite instituții pentru educație financiară sunt băncile comerciale, companiile de asigurări, fondurile de pensii și de investiții, autoritățile de reglementare și protecția consumatorilor și mediul academic (Nițoi și colab., 2022). Un alt sondaj concluzionează că „61% dintre respondenți cred că educația financiară este responsabilitatea școlilor și a altor instituții de învățământ, 56% cred că este responsabilitatea părinților și a familiei, iar 45% consideră că revine băncilor și altor instituții financiare” (Erste Group, 2022). A doua situație care diminuează succesul inițiativelor de educație financiară (alături de reticența populației) este însăși eficiența și eficacitatea acestor inițiative, în cazul cărora opiniile cercetătorilor sunt divergente. În

cea ce privește eficiența și eficacitatea inițiativelor, cercetătorii au opinii împărțite. Pe de o parte, un inventar de 76 de experimente realizate pe un eșantion de aproximativ 160.000 de indivizi concluzionează că, în medie, programele de educație financiară au un impact pozitiv atât asupra cunoștințelor financiare, cât și asupra comportamentelor financiare (Kaiser și colab., 2022). Pe de altă parte, un alt studiu care a analizat 168 de lucrări ce prezentau rezultatele a 201 de studii anterioare ne-a atras atenția. Conform (Fernandes și colab., 2014), eforturile de a îmbunătăți alfabetizarea financiară explică doar 0,1% din variația comportamentelor financiare examinate, cu efecte și mai mici observate în grupurile cu venituri reduse. Așadar, nu este suficient să se implementeze aceste inițiative izolat; este nevoie de mai mult. Autorii menționați trag o concluzie și mai sumbră: „la fel ca în cazul altor forme de educație, educația financiară se deteriorează în timp; chiar și intervențiile mari cu multe ore de instruire au efecte neglijabile asupra comportamentului la 20 de luni sau mai mult după intervenție” (Fernandes și colab., 2014). Din păcate, această opinie nu este singulară, alți cercetători ajungând la o concluzie similară: „Urmărirea elevilor care au urmat un astfel de curs pe o perioadă de cinci ani nu arată niciun impact pozitiv asupra alfabetizării financiare, asupra atitudinilor față de economisire sau asupra oricărei schimbări favorabile de comportament” (Mandell, 2011). Faptul că rezultatele educației financiare în masă nu sunt cele așteptate este remarcat și de Björklund și Sandahl într-o lucrare recentă (Björklund și Sandahl, 2023). Implicațiile acestor constatări sunt că „52% dintre consumatori tind să opteze pentru primul produs pe care îl văd atunci când își deschid un cont bancar curent sau când solicită un card de credit” (Jana, 2015). Rezultatele acestui studiu relevă, de asemenea, lacune semnificative în alfabetizarea financiară și incluziunea financiară din România. Datele sugerează că, în ciuda eforturilor naționale, ratele de alfabetizare financiară rămân scăzute, în special în rândul populației rurale și a celei vârstnice. Potrivit Băncii Mondiale (2021), accesul la servicii financiare în zonele rurale este limitat, ceea ce agravează decalajul în materie de alfabetizare financiară. În plus, un studiu realizat de Nițoi și colab. (2022) arată că România se clasează pe locuri inferioare în privința alfabetizării financiare, doar o mică parte din populație având o înțelegere solidă a conceptelor financiare de bază. Decalajul urban-rural continuă să provoace dificultăți în eforturile de incluziune financiară. După cum a subliniat OECD (2020), comunitățile rurale sunt adesea lăsate în urmă în ceea ce privește accesul la resurse educaționale, inclusiv la educația financiară. Această lipsă de acces se traduce în mai puține oportunități pentru persoanele din aceste zone de a dobândi cunoștințele necesare pentru a se angaja în planificarea financiară și utilizarea produselor financiare. Transformarea digitală a sectorului bancar joacă, de asemenea, un rol important, deoarece persoanele care nu au competențe digitale nu pot beneficia pe deplin de serviciile financiare online (Atkinson și Messy, 2013). Această divizare digitală agravează și mai mult excluderea acestor populații vulnerabile.

În plus, nivelurile de alfabetizare financiară au o corelație directă cu bunăstarea financiară. Cercetările realizate de Lusardi și Mitchell (2014) arată că persoanele cu o alfabetizare financiară mai mare sunt mai predispuse să participe la planificarea financiară pe termen lung, să economisească regulat și să evite împrumuturile cu dobânzi mari. În contextul românesc, ratele scăzute de alfabetizare financiară pot crește vulnerabilitatea la instabilitate financiară, în special în zonele economic dezavantajate. Îmbunătățirea alfabetizării financiare are potențialul de a genera beneficii economice mai mari, deoarece tot mai mulți cetățeni devin capabili să ia decizii financiare informate, contribuind astfel la

o mai mare stabilitate economică. Inițiativele României în domeniul educației financiare, cum ar fi integrarea acestora în curriculum-ul național școlar, reflectă o conștientizare în creștere a nevoii de intervenție timpurie. Cu toate acestea, eficiența acestor programe rămâne limitată din cauza lipsei unei continuități consecvente și a aplicabilității practice dincolo de sala de clasă. Cercetările realizate de Willis (2011) sugerează că, deși educația financiară poate îmbunătăți cunoștințele, acest lucru nu se traduce întotdeauna în comportamente financiare mai bune. Prin urmare, România trebuie nu doar să își educe cetățenii, ci și să creeze medii în care comportamentele învățate să poată fi puse în practică, în special în scenarii controlate din viața reală, cum ar fi simulările sau consilierea financiară comunitară. Colaborarea între părțile interesate, inclusiv instituțiile guvernamentale, băncile și organizațiile neguvernamentale, este esențială pentru succesul programelor de educație financiară. Deși diverse entități din România și-au arătat interesul de a îmbunătăți educația financiară, eforturile lor rămân fragmentate. O abordare coordonată, așa cum este recomandată de Atkinson și Messy (2013), ar ajuta la unificarea acestor eforturi într-o strategie națională cuprinzătoare care să vizeze toate categoriile demografice, în special grupurile vulnerabile, cum ar fi gospodăriile cu venituri reduse și persoanele vârstnice. Promovând parteneriate între actorii principali din sectorul financiar, instituțiile de învățământ și organizațiile comunitare, România poate dezvolta programe de educație financiară mai eficiente și scalabile. Creșterea eficienței programelor de educație financiară necesită „proiectarea unor abordări educaționale care să conducă mai eficient tinerii la aplicarea corectă a cunoștințelor financiare relevante atunci când iau decizii financiare” (Salas-Velasco și colab., 2021). Astfel, este necesară trecerea de la o abordare concentrată pe informații la o abordare orientată spre obiective, spre acțiune și schimbare de comportament. Dacă ne referim la elevi și studenți, concepte financiare specifice ar putea fi incluse și în alte discipline (de exemplu, calcularea dobânzilor și taxelor în matematică), iar în funcție de vârsta cursanților, ar putea fi utilizate diferite povești sau jocuri (Drăghici, 2024). Pentru elevii de liceu, simularea activităților bursiere prin joc „crește constant scorurile de alfabetizare, indicând că predarea ar trebui să fie interactivă, contemporană și distractivă” (Mandell, 2011). De asemenea, este important să se măsoare eficiența acestor inițiative atât pe termen scurt (după finalizarea procesului), cât și pe termen mediu (la șase luni și respectiv un an după încheierea inițiativei). Unii cercetători au realizat că este important să fie educați mai întâi profesorii „despre finanțele lor personale pentru a-i pregăti mai bine să predea educația financiară” (Hensley și colab., 2017), iar în România există deja, din 2021, un curs de „Educație Economică și Financiară pentru Profesori,” acreditat de Ministerul Educației și Cercetării, Banca Națională a României, Asociația Română a Băncilor, Institutul Bancar Român, Autoritatea de Supraveghere Financiară și Institutul de Studii Financiare. „Grupul țintă al acestui curs este personalul didactic din învățământul gimnazial care predă disciplina ‘Educație Socială’ elevilor de clasa a VIII-a” (M.E.C., 2021). Acest lucru ar avea implicații pe termen lung atât pentru indivizi, cât și pentru economie în general, deoarece studiile concluzionează că „un nivel adecvat de alfabetizare financiară de bază a populației contribuie la bunăstarea individuală, la stabilitatea piețelor financiare și la buna funcționare a economiei” (Clichici și Moagăr-Poladian, 2022). Deși, așa cum s-a menționat anterior, educația financiară ar trebui să fie în primul rând responsabilitatea individului, strategiile naționale de educație financiară sunt de un real beneficiu. Scopul lor este de a „îmbunătăți capacitatea oamenilor de a-și gestiona mai bine finanțele personale și de a evita sau cel puțin de a reduce stresul

financiar și gravitatea crizelor financiare la nivel individual și familial” (Guvernul României, 2023).

Așa cum au menționat și alți cercetători, „contextul instituțional actual este propice implementării proiectelor de educație financiară, având în vedere creșterea inițiativelor de consolidare a sectorului educațional și existența unei inițiative de implementare a unei strategii naționale de educație financiară” (Nițoi și colab., 2022). Rămâne doar ca, sub coordonarea autorităților (fie că este vorba despre Ministerul Educației și Cercetării, Banca Națională a României, Autoritatea de Supraveghere Financiară sau orice altă instituție), aceste proiecte să urmărească un obiectiv comun și să stabilească obiective cuantificabile. În viitorul apropiat, în ceea ce privește educația financiară, accentul ar trebui să se mute de la „ce și cât se face” la „cum” și, mai presus de toate, „de ce” se face. Nu există nicio îndoială că responsabilitatea pentru educația financiară (ca în orice domeniu) revine în primul rând fiecărui individ. Dar, dacă individul nu este dispus, capabil sau nu are posibilitatea de a se educa în domeniul financiar, statul și instituțiile financiare publice sau private ar trebui să își asume această responsabilitate. Lucrarea aduce mai multe contribuții la literatura științifică de specialitate, oferind o analiză integrată a educației financiare, educației financiare și incluziunii financiare în România. Spre deosebire de studiile anterioare care abordează aceste subiecte separat, cercetarea noastră stabilește o legătură directă între nivelurile de educație financiară și incluziunea financiară, subliniind rolul serviciilor bancare digitale ca factor cheie, în special pentru grupurile vulnerabile, cum ar fi populația rurală și vârstnică. În plus, prin evaluarea inițiativelor naționale de educație financiară folosind rapoarte instituționale și date secundare, acest studiu identifică atât progresul, cât și provocările persistente, contribuind la o înțelegere mai cuprinzătoare a eficacității programelor de educație financiară.

CONCLUZII

În concluzie, rezultatele subliniază importanța unei abordări cuprinzătoare și incluzive în ceea ce privește educația financiară în România. Acest studiu contribuie la literatura științifică de specialitate, oferind o perspectivă inedită asupra interacțiunii dintre alfabetizarea financiară, serviciile bancare digitale și incluziunea financiară în România. Deși s-au înregistrat progrese, rămân provocări semnificative, în special în atingerea populațiilor din mediul rural și a persoanelor vârstnice. Pentru a îmbunătăți incluziunea financiară, România trebuie să se concentreze pe integrarea alfabetizării digitale în educația financiară, îmbunătățirea accesibilității programelor și asigurarea unei colaborări eficiente între părțile interesate pentru a crea un cadru solid de educație financiară. Este necesar să fie luate o serie de măsuri privind modul în care educația financiară este predată atât la nivel gimnazial, cât și liceal, precum și modul în care profesorii sunt pregătiți pentru a preda această disciplină. În plus, companiile ar trebui să fie mai implicate în derularea programelor de educație financiară pentru angajați, deoarece gestionarea corespunzătoare a finanțelor personale conduce la angajați mai fericiți și mai productivi. Acest articol contribuie la literatura existentă, oferind o analiză concentrată asupra interacțiunii dintre alfabetizarea financiară, educația financiară și incluziunea financiară în România, cu accent pe digitalizarea bancară. Articolul evidențiază limitările programelor actuale și propune o abordare mai integrată și colaborativă pentru îmbunătățirea alfabetizării și incluziunii financiare. Limitările articolului includ faptul că

acesta se bazează pe date secundare, care s-ar putea să nu surprindă pe deplin evoluțiile recente în materie de alfabetizare financiară și digitalizarea bancară. În plus, lipsa cercetărilor empirice, cum ar fi sondaje sau interviuri, ar putea oferi o imagine incompletă asupra experiențelor individuale și a atitudinilor față de educația financiară și incluziunea digitală în România. Având în vedere că nu au fost efectuate studii în zona montană din România, considerăm că cercetările viitoare ar trebui să se concentreze pe realizarea de studii empirice, cum ar fi sondaje și interviuri, pentru a evalua impactul inițiativelor de educație financiară și digitalizare bancară, în special în această zonă. Această regiune se confruntă adesea cu provocări unice, inclusiv acces limitat la servicii bancare și rate mai scăzute de alfabetizare financiară. Investigarea nevoilor specifice ale acestor comunități va oferi informații valoroase pentru dezvoltarea unor strategii adaptate pentru îmbunătățirea incluziunii financiare și alfabetizării digitale în această zonă neglijată.

REFERINȚE

- Atkinson, A., & Messy, F.** 2013. Promoting Financial Inclusion through Financial Education: OECD/INFE Evidence, Policies and Practice. OECD Working Papers on Finance, Insurance and Private Pensions, 34, 1-26. <https://doi.org/10.1787/5k3xz6m88smp-en>. Paris, France.
- Batsaikhan, U., & Demertzis, M.** 2018. Financial literacy and inclusive growth in the European Union. Bruegel Policy Contribution, 8. Bruxelles, Belgium.
- Björklund, M., & Sandahl, J.** 2023. Teaching and learning financial literacy within social studies—a case study on how to realise curricular aims and ambitions. *Journal of Curriculum Studies*, 55(3). <https://doi.org/10.1080/00220272.2023.2203771>. Harrington Tower College Station, TX.
- Clichici, D., & Moagăr-Poladian, S.** 2022. Financial Literacy, Economic Development and Financial Development: A Cross-Country Analysis. *Romanian Journal of European Affairs*, 22(1). Bucharest, Romania.
- Erste Group.** 2022. Schimbări de comportament financiar. 47% dintre români și-au restrâns cheltuielile în ultimul an din cauza creșterii prețurilor. <https://www.bcr.ro/ro/presa/informatii-de-presa/2022/09/19/schimbari-de-comportament-financiar-47-la-suta-dintre-romani-si-au-restrans-cheltuielile-in-ultimul-an-din-cauza-cresterii-preturilor>. Bucharest, Romania.
- Fernandes, D., Lynch, J. G., & Netemeyer, R. G.** 2014. Financial literacy, financial education, and downstream financial behaviors. *Management Science*, 60(8). <https://doi.org/10.1287/mnsc.2013.1849>
- Guvernul României.** 2023. Strategia națională de educație financiară. Bucharest, Romania.
- Hensley, B. J., Jurgenson, J. B., & Ferris, L. A.** 2017. Combining Adult Education and Professional Development Best Practice to Improve Financial Education Teacher Training. *Journal of Financial Counseling and Planning*, 28(1). <https://doi.org/10.1891/1052-3073.28.1.33>
- Jana, V.** 2015. Improving the financial literacy of European consumers. Members' Research Service, May.
- Kaiser, T., Lusardi, A., Menkhoff, L., & Urban, C.** 2022. Financial education affects financial knowledge and downstream behaviors. *Journal of Financial Economics*, 145(2), 255–272. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2021.09.022>

- Liviu-Gelu Drăghici.** 2024. Bune practici în educația financiară -povești și jocuri pe care le putem folosi la orele de educație financiară.
- Lusardi, A., & Mitchell, O. S.** 2014. The Economic Importance of Financial Literacy: Theory and Evidence. *Journal of Economic Literature*, 52(1), 5-44. <https://doi.org/10.1257/jel.52.1.5>
- Mandell, L.** 2011. Financial Literacy: If It's so Important, Why isn't It Improving? *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.923557>
- M.E.C.** 2021. Comunicat-comun-acreditare-curs-pentru-formatori.
- Nițoi, M., Clichici, D., Zeldea, C., Pochea, M., & Ciocîrlan, C.** 2022. Financial well-being and financial literacy in Romania: A survey dataset. *Data in Brief*, 43. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2022.108413>
- OECD.** 2005. Improving financial literacy: Analysis of issues and policies. In *Improving Financial Literacy: Analysis of Issues and Policies (Vol. 9789264012578)*. <https://doi.org/10.1787/9789264012578-en>
- OECD.** 2020. Financial Literacy and Inclusion in Rural Areas. *OECD Economic Studies*. <https://doi.org/10.1787/fin-lit-rural-en>
- Salas-Velasco, M., Moreno-Herrero, D., & Sánchez-Campillo, J.** 2021. Teaching financial education in schools and students' financial literacy: A cross-country analysis with PISA data. *International Journal of Finance and Economics*, 26(3). <https://doi.org/10.1002/ijfe.2005>
- Unlock Market Research.** 2021. Studiu BCR: Doar 38% dintre români își urmăresc cheltuielile. <https://www.bcr.ro/ro/presa/informatii-de-presa/2021/09/21/Studiu-BCR-Doar-38-procente-dintre-romani-isi-urmaresc-cheltuielile-si-le-prioritizeaza-corect>
- Willis, L. E.** 2011. The Financial Education Fallacy. *American Economic Review*, 101(3), 429-434. <https://doi.org/10.1257/aer.101.3.429>
- World Bank.** 2021. Financial Inclusion in Romania. *Global Financial Development Report*. <https://www.worldbank.org>

PRODUSELE LACTATE ȘI IMPACTUL ASUPRA MEDIULUI

Doru NECULA^{1,2}, Octavia Maria TAMAS-KRUMPE^{2*} și Brîndușa COVACI¹

¹ Centrul de Economie Montană „CE-MONT”-INCE, Academia Română, România
Str. Petreni, nr. 49, 725700, Vatra Dornei, România

² Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară, str. Manăștur, nr. 3-5, 400037,
Cluj-Napoca, România

*autor corespondent: octavia.tamas@usamvcluj.ro

Rezumat

Pe tot globul agricultura are cea mai mare importanță deoarece produce hrană pentru animale și pentru populație. Zootehnia este ramura care produce lapte și carne, alimente indispensabile consumului uman. Urmează industria de lactate care prin produsele sale reprezintă o sursă importantă de nutrienți pentru hrana omului. Toate aceste activități necesită consum de energie. Cultivarea terenului, apoi recoltarea furajarea și întreținerea animalelor, obținerea laptelui, transportul acestuia și prelucrarea sunt dependente de energia electrică și industria petrolieră. Aceste activități sunt indispensabile pentru producerea de hrană, însă impactul este major asupra mediului prin creșterea amprentei de carbon și implicit a gazelor cu efect de seră (GES). Pentru această recenzie, ne-am propus să dezbaterem și să aducem la cunoștința populației cât și a celor care practică agricultura faptul că zootehnia și industria produselor lactate sunt o sursă importantă a gazelor cu efect de seră. De aceea se impune luarea unor măsuri de atenuare a acestor surse prin aplicarea unor strategii de reducere și echilibrare a acestora, de a se găsi strategii, fără a se renunța la aceste activități ci a le face cât mai rentabile. În zootehnie amprenta de apă poate fi controlată prin alegerea de rații furajare adecvate, în schimb în industria lactatelor cea mai mare cantitate de apă este reprezentată de apele uzate și cu un mare consum de energie. Însă o sursă alternativă de energie la nivel de fermă este digestia anaerobă a gunoierului de grajd și obținerea de energie generată de metan și transformată în energie electrică. De asemenea, montarea la nivelul fermelor cât și în industria prelucrătoare a panourilor solare ar duce la reducerea emisiilor GES. Schimbările climatice determinate de GES au favorizat creșterea temperaturilor și lipsa precipitațiilor care vor duce în timp la o penurie de apă atât de necesară agriculturii și industriei procesatoare.

Cuvinte-cheie: Zootehnie; lactate; carbon; apă; energie; poluare; gaze cu efect de seră.

INTRODUCERE

Produsele lactate sunt alimente pentru care cererea este tot mai mare, urmând ca până în anul 2050 această cerere să se dubleze datorită creșterii populației globale cât și a veniturilor (Alexandratos și Bruinsma, 2012). Se estimează că până în 2050 populația globală se va situa la circa 9,8 miliarde de oameni, care în timp vor trece la diete tot mai bogate în produse de origine animală în special cele lactate (Gerber și colab., 2013; Gerbens-Leenes, 2017). Producerea acestora implică utilizarea de cantități mari de resurse cum ar fi: teren agricol, culturi agricole, apă, petrol cu impact major în producerea de gaze cu efect de seră (GES) (Notarnicola și colab., 2017).

La ora actuală cele mai mari preocupări cu care se confruntă societatea sunt cele legate de schimbările climatice (Steffen și colab., 2007; Flysjö, 2011). Emisiile de gaze cu efect de seră la nivel global sunt reprezentate și de sectorul industriei alimentare care se situează cu un procent însemnat de aproximativ o treime din totalul emisiilor (Barker, 2007; Flysjö, 2011). În sectorul de lactate și procesarea acestora, legat de producție,

transport, procesare este estimat că emisiile de gaze cuprind aproximativ 2,7 din totalul emisiilor globale de emisii cu efect de seră (Gerber și colab., 2010; Notarnicola și colab., 2017).

Laptele reprezintă o sursă importantă și bogată de nutrienți pentru hrana omului, însă calitatea acestuia începe imediat după muls să se deterioreze, datorită dezvoltării microorganismelor patogene. Pentru a-i menține prospețimea laptele trebuie răcit la aproximativ 3-4° C, după care poate fi transportat pe distanțe mai mari către fabricile prelucrătoare. Pentru procesare, laptele trebuie încălzit uneori la temperaturi de pasteurizare și apoi din nou răcit consumându-se astfel o mare cantitate de energie și astfel are loc creșterea emisiilor de dioxid de carbon (Debnath și colab., 2022). Pentru a reduce consumul de energie s-a început utilizarea de proceduri ecologice cum ar fi prelucrarea cu frecvența radio, lumina ultravioletă pulsată, ultrasunetele, iradierea, tehnologia de înaltă presiune, tratarea cu ozon, câmpul electric pulsat, și alte metode care consumă mai puțină energie (Singh și Debnath, 2019; Hazra și colab., 2020; Debnath și colab., 2022). De asemenea maturarea pe perioadă îndelungată a brânzeturilor se soldează cu un consum mare de energie deoarece trebuie păstrate 6-8 luni și chiar mai mult la temperaturi scăzute pentru a se obține aroma specifică. Pentru a grăbi maturarea și aroma brânzeturilor și a reduce consumul de energie se pot folosi enzime precum lipază, esterază și protează (Law, 2001; Debnath și colab., 2022).

În industria lactatelor rezultă și mulți produși secundari cum ar fi cazeina și cazeinatul care pot fi încorporați în alte produse alimentare ce le va crește conținutul de proteine (Badem și Uçar 2017). Badem și Uçar (2017) specifică faptul că din cazeina industrială se pot obține adezivi, vopsele sau cauciuc. Barukčić și colab. (2014) în cercetările sale scoate în evidență un alt produs valoros cum ar fi zerul obținut din fabricarea brânzei ce poate fi utilizat în obținerea de zer praf, concentrat proteic din zer, pulbere de lactoză, drojdie de panificație, băuturi răcoritoare care sunt bogate în electroliți, sau etanol, biogaz etc. De asemenea adăugarea de pudră de zară în iaurt previne sinereza datorită capacității mari de legare a apei (Garczewska-Murzyn și colab., 2022)

În acest context, scopul prezentei lucrări a fost de a evidenția impactul sectorului zootehnic și al industriei de prelucrare a produselor lactate asupra mediului, pe baza lucrărilor din literatura de specialitate. Nu s-a efectuat nici o cercetare originală experimentală.

METODOLOGIE

Fiind o lucrare bibliografică nu s-a efectuat o cercetare experimentală originală. În vederea realizării acestui studiu cu caracter bibliografic am consultat un ansamblu de surse bibliografice, incluzând publicații științifice recente sau mai vechi, dar consacrate în domeniul abordat. Concomitent am recurs la accesarea on-line a unor platforme de documentare științifică de mare actualitate (Google Scholar/Academic, Web of Science), apelând la următorii termeni de căutare: „gaze cu efect de seră”, „amprenta de carbon”, „poluare în sistemele de creștere a animalelor”, „poluare din industria de lactate”. Datele sintetizate a fost prelucrate descriptiv și analizate comparativ, iar apoi ansamblate și organizate în următoarele capitole.

Utilizarea conservanților în procesarea lactatelor

Web (2022) afirma că circa peste 800 de milioane de oameni de la nivel planetar mor de foame având în vedere că în același timp în fiecare an FAO (2011) susține că circa 1,3 milioane tone de produse sunt deteriorate, cea mai însemnată fiind risipa de produse lactate (Gustafsson și colab., 2013; Debnath și colab., 2022). Creșterea duratei de valabilitate a produselor poate fi îmbunătățită prin conservanți bio care nu afectează nici sănătatea umană nici mediul. Dintre aceștia putem aminti: uleiurile esențiale, nisina, lactacina, pedocina care au efecte bacteriostatice sau bactericide și totodată influențează menținerea calităților organoleptice și fizico chimice ale produselor (Debnath și colab., 2022). Nisina are ca sursă *Lactococcus lactis*, *subsp. lactis* cu aplicație în laptele pasteurizat și brânză procesată, cu efecte asupra inhibării *Clostridium tyrobutyricum* (Khurana, și Kanawjia, 2007). Lactacina are ca sursă *Lactococcus lactis* având rol de accelerare a maturării brânzeturilor dar și de eliminare a unor microorganisme gram pozitive (Guinane și colab., 2005; Sen și Ray, 2019). Pedocina produsă de *Lactobacillus plantarum* are efect inhibitor deosebit împotriva *Listeria monocytogenes* din brânză de vaci și înghețată (Rodríguez și colab., 2002; Debnath și colab., 2022).

Dintre uleiurile esențiale, chimenul, rozmarinul și cimbru inhibă dezvoltarea unor patogeni cum ar fi *Salmonella typhi* și *Bacillus cereus*, dar au și un rol important în menținerea proprietăților organoleptice și fizico chimice ale brânzeturilor moi (EL-Kholy, și Aamer 2017; Mishra și colab., 2020). Zataria, menta și busuiocul împreună au rol în preîntâmpinarea dezvoltării *Escherichia coli* și *Listeria monocytogenes* în iaurturi (Azizkhani și Tooryan, 2016). Chimionul și cimbrul sunt considerați veritabili bacteriofagi ce acționează ca antioxidanți în prevenirea denaturării untului în timpul depozitării acestuia, împiedicând totodată dezvoltarea microorganismelor *Salmonella spp.*, *Stafilococcus aureus* și *Listeria monocytogene*, precum și dezvoltarea de endolizine în lapte și brânzeturi (El-Sayed și Youssef 2019; Ameer și colab., 2019).

Amprenta de apă

Este mai puțin cunoscut faptul că producerea hranei pentru animale se confruntă cu cereri tot mai mari pentru apă, având în vedere că schimbările climatice vor provoca o criză a apei. Tocmai de aceea apare necesitatea de a atenua efectele negative în producția de alimente cu impact asupra mediului (Thornton, 2010). Dintre toate ramurile economiei agricultura a devenit cel mai mare consumator de apă, iar penuria apei în viitor poate duce la efecte asupra producției de alimente necesare populației (Godfray și colab., 2010; Strzepek și Boehlert 2010). Creșterea temperaturilor împreună cu scăderea precipitațiilor vor afecta major ciclul apei ducând la un deficit tot mai mare de apă (Rojas-Downing și colab., 2017). Pe fondul acestor modificări, evapotranspirația plantelor va crește semnificativ, raportat la faptul că plantele de cultură vor consuma mai multă apă (Guzmán-Luna și colab., 2022). Nivelul crescut al populației globale va ridica competiția pentru apă și energie (Thornton, 2010). Utilizarea în exces a apei se asociază cu riscul de contaminare al apei, sarea și nitrații fiind cei mai întâlniți contaminanți din pânza freatică (Grout și colab., 2006). Tot la nivel global zootehnia reprezintă aproximativ o treime din amprenta de apă (Mekonnen și Hoekstra, 2012) iar din aceasta amprentă, 98% este apa necesară pentru a se produce furaje pentru animale (Shiklomanov, 2000).

Odată cu creșterea producției de lapte, amprenta de apă va scădea în favoarea amprentei de carbon (Mekonnen și Hoekstra, 2012). Într-un studiu Hoekstra (2012), concluzionează că dietele cu mai multe furaje, reduc amprenta de apă în producția de lapte iar utilizarea în hrana animalelor a concentratelor cresc cu circa 5 ori mai mult amprenta de apă decât a furajelor fibroase. În acest context se recomandă alegerea de rații furajere pentru hrana animalelor care să scadă amprenta de apă. Cea mai mare cantitate de apă este reprezentată apele uzate din industria de lactate care necesită un consum mare de energie (Drożdziel et colab., 2017). În industria laptelui se folosesc cantități mari de apă pentru fiecare etapă de producție, începând de la lapte crud care este tratat termic și apoi răcit, unde se consumă de 2-3 ori apă pentru 1L de lapte tratat termic și apoi răcit (Singh și Kumar, 2009). În 2018 Klemes și colab. au raportat că circa 10,8 L lapte sunt utilizați pentru 1 Kg de produs lactat obținut. Apele uzate din prelucrarea lactatelor vor crește încărcătura organică din sistemul de canalizare și totodată vor reduce mult conținutul de oxigen din apa rezervoarelor, afectând grav viața viețuitoarelor acvatice (Al-Wasify și colab., 2018). Tratarea apelor uzate trebuie realizată cât mai judicios pentru că poate contribui la emisia de gaze cu efect de seră prin emanația de carbon și metan (Keller și Hartley, 2003).

Utilizarea terenului pentru agricultură și clima în contextul actual

Istoria agricolă a arătat că a răspuns întotdeauna la creșterea cererii pentru alimente prin extinderea și amenajarea de noi suprafețe pentru producție. Având în vedere tendințele creșterii populației globale această opțiune nu este de actualitate (Smith și colab., 2010). Godfray (2010) afirmă că recuperarea unor terenuri pentru redarea lor în scopuri agricole este în detrimentul defrișărilor de păduri cu repercusiuni și în detrimentul biodiversității, ceea ce poate contribui la amprenta de gaze cu efect de seră. Atunci când terenul nu este adecvat pentru cultura cerealelor, el este folosit pentru pășunat devenind mai oportun pentru producțiile animaliere și apoi pentru hrana umană, fără a fi în concurență cu alimentele provenite din hrănirea animalelor cu cereale (Capper și colab., 2009). Un alt studiu a lui Mekonnen și Hoekstra (2012) a raportat că amprenta de apă pentru produsele lactate este mai mică dintr-un sistem de hrănire mixt adică sistem de pășunat cu produse industriale, avându-se în vedere utilizarea optimă a terenului și disponibilitatea surselor de apă. Lactatele obținute de pe pășuni montane stimulează și activitățile de turism și recreere, iar aceste activități însoțite de bunăstarea animalelor au favorizat înființarea de piețe ecologice stimulând activitatea fermierilor (Meul și colab., 2012). Din cauza schimbărilor climatice, vegetația caracteristică fiecărui anotimp va fi afectată printr-o întârziere sau o avansare a perioadelor de recoltare (Guzmán-Luna și colab., 2022). Aceste modificări vor schimba cursul anotimpurilor prin dereglarea perioadelor de vegetație a unor culturi, cu efecte pozitive în unele zone sau negative în altele (Guzmán-Luna și colab., 2022).

Din anul 2000 temperaturile medii globale au crescut cu 0,2-0,6°C și se preconizează că până la sfârșitul secolului vor mai crește cu 1,5 până la 5,8°C. (IPCC, 2007). Perioadele de secetă vor fi tot mai greu de suportat, iar precipitațiile extreme tot mai frecvente (Battisti și Naylor, 2009; Karl și colab., 2009). În cazul acesta vacile producătoare de lapte se confruntă cu stresul termic (Ravagnolo și colab., 2000) și de aceea se recomandă creșterea unor rase mai rezistente și adaptate la temperaturi ridicate cum ar fi în România,

Rasa Pinzgau de Transilvania și Pinzgau cu varietatea negru și Brună de Maramureș (Necula și colab., 2024). În acest context apar noi provocări în obținerea de lactate, stimulând utilizarea pajiștilor ce pot constitui o diversificare a sistemelor agricole (Sanderson și colab., 2009).

În ultimele secole, s-au luat măsuri de schimbare a utilizării terenurilor dar cu repercursiuni foarte mari asupra stabilității ecologice uneori mai mari decât schimbările climatice. Însă majoritatea măsurilor de schimbare a utilizării terenurilor nu întotdeauna au de-a face cu schimbările climatice sau chiar cu clima și astfel oamenii vor schimba utilizarea și gestionarea terenurilor, pentru a se readapta la schimbările climatice, ceea ce ar putea amplifica unele efecte ecologice (Dale, 1997).

Consumul de energie

Industria laptelui este dependentă de resursele neregenerabile ridicând considerabil nivelul amprentei de carbon fiind considerată din acest punct de vedere nesustenabilă (Godfray și colab., 2010). Tehnologia de procesare a laptelui presupune folosirea unor manopere mecanice cum ar fi omogenizarea, emulsionarea, agitarea, centrifugarea pregătirea pentru închegare (în cazul brânzeturilor) care consumă energie electrică (Dąbrowski și colab., 2021) Plantarea culturilor, fertilizarea, recoltarea și livrarea furajelor depind de industria petrolieră (Von Keyserlingk și colab., 2013). În zonele montane unde animalele nu stau permanent în stabulație închisă și sunt scoase pe pășuni, se reduce mult dependența de petrol. Acest lucru este valabil raselor autohtone care sunt mai rezistente în sistemul de pășunat, însă nu același lucru putem vorbi de vacile cu o genetică dirijată la recorduri în producția de lapte. Das și colab. (2001) amintesc despre sistemele de pășunat, care sunt mai puțin dependente de o parte de energie prin faptul că vacile consumă iarba, fertilizează cu propriul gunoi de grajd, iar razele solare transformă totul în lapte. O sursă alternativă de energie la nivel de fermă care ar putea atenua dependența de energie neregenerabilă și care ar trebui luată în considerare ar putea fi fermentarea gunoiului de grajd și obținerea de energie generată de metan (Zaks și colab., 2011; Atandi și Rahman, 2022). De asemenea o alternativă la energia regenerabilă este montarea la nivelul fermelor producătoare de lapte a panourilor solare. Prin digestia anaerobă a gunoiului de grajd și obținerea de biogaz acestea pot reduce emisiile GES atât în timpul depozitării cât și atunci când este administrat pe teren îngrășământ avantajând scăderea emisiilor de CH₄ (Aguirre-Villegas și colab., 2015). Totodată prin producerea de energie regenerabilă din gunoiul de grajd și prin reducerea de gaze se îmbunătățește durabilitatea fermei (Lijó și colab., 2017), iar prin transformarea gazului în energie electrică precum și utilizarea sistemului fotovoltaic ce este convertit din energie solară în energie electrică (Peng și colab., 2013), ferma devine un producător de energie electrică în loc de consumator, reducându-se astfel emisiile de CO₂ (Bey și colab., 2016; Peng și colab., 2013).

Managementul îngrășămintelor

Gunoiul de grajd include manopere de: manipulare, colectare și depozitare, factori ce contribuie la emisiile de GES ce reprezintă la nivelului unei ferme de lapte circa 9-15% amprentă de carbon (Roibás și colab., 2016; Noya și colab., 2018). Principala sursă de emisie de N₂O o reprezintă gunoiul de grajd (Guzmán-Luna și colab., 2022). De asemenea în funcție de condițiile climatice, în timpul manipulării și depozitării, gunoiul de grajd

eliberează și o anumită cantitate de CH₄. Pentru estimarea emisiilor de N₂O și CH₄, Guzmán-Luna și colab. (2022) au folosit factori de emisie implicați, propuși în 2006 de IPCC. Gunoiul de grajd este considerat cel mai bun îngrășământ natural pentru asigurarea de nutrienți, pentru creșterea culturilor dar și al pajiștilor. Însă, aplicat în exces, are un efect invers prin pierderea de nutrienți, contaminarea apelor de suprafață și subterane precum și a aerului (Knowlton și colab., 2004).

Sectorul zootehnic, prin creșterea animalelor de fermă, a fost identificat ca sursă importantă din contaminare cu N și P al apelor de suprafață (Smith și Alexander, 2000). Tocmai din acest motiv a crescut mult îngrijorarea populației asupra calității apei ce au condus la implementarea unor reglementări legislative (Knowlton și colab., 2004). Astfel unele țări au luat deja măsuri de reducere a pierderilor produse de gunoiului de grad prin amenajarea de platforme care să reducă scurgerile de N și P din apele de suprafață (Von Keyserlingk și colab., 2013).

Poluarea aerului

Al doilea cel mai mare contribuitor de gaze cu efect de seră (GES) de pe glob, este considerat a fi agricultura, cu 26%, urmată apoi de producția de energie electrică și termică cu 25% (Meena și colab., 2022). Conform US EPA (2012) agricultura contribuie cu 16,3 la emisiile totale de gaze cu efect de seră, iar emisia rezultate din producția de lactate este de aproximativ 1 Kg de bioxid de carbon Eq/Kg lapte la poarta fermei (FAO, 2010). Din totalul emisiilor de fermă CH₄ este cel mai mare contribuitor și provine din fermentația rumenală enterică (Hagemann și colab., 2011), iar pentru mediu reprezintă un GES de 25 de ori mai mare decât CO₂ (IPCC, 2006).

Principalele surse de emisie de gaz la nivelul fermelor sunt sistemul de furajare, gunoiul de grajd, adăpostul animalelor, aplicarea pe sol a gunoiului de grajd, iar principalii poluanți cu gaze sunt bioxidul de carbon (CO₂), protoxidul de azot (N₂O) împreună cu azotul de azot (NO și NO₂), metanul (CH₄), amoniacul (NH₃), hidrogenul sulfurat (H₂S) și compușii organici volatili (COV) (Von Keyserlingk și colab., 2013). Deci pentru a se produce lapte și subproduse din lapte impactul asupra mediului este destul de important (Alvarado și colab., 2012; Von Keyserlingk și colab., 2013). Von Keyserlingk și colab. (2013) specifică faptul că monitorizarea cât mai atentă a producției animale, gestionarea foarte atentă a caracteristicilor pardoselilor din fermă și frecvența de curățare, gestionarea cât mai responsabilă a compostului aerob și anaerob, va permite ca atenuarea emisiilor de gaze să ajungă la o variabilă acceptabilă specifică, pentru a se putea identifica cele mai bune strategii de a merge în continuare și a se obține lapte și produse lactate conform normelor sanitare veterinare.

Amprenta de carbon

În mare parte preocupările pentru mediu devin tot mai ample atât în presă cât și în mediul academic. Cantitățile de energie consumate pentru obținerea unui produs vor fi transformate și interpretate în indicatori de impact accesibili (Meena și colab., 2022). În cazul producțiilor de lapte și al produselor lactate, singura categorie de impact este potențialul de încălzire globală, raportat la echivalent CO₂/ kilogram lapte într-o perioadă de 100 de ani (Foster, 2013), unde 1 kg CO₂ = 1 kg CO₂ echivalent (Eq), 1 kg CH₄ = 25 kg CO₂Eq, 1 kg N₂O = 298 kg CO₂ Eq (Meena și colab., 2022). Astfel potențialul de încălzire

globală este estimat în funcție de fiecare tip de gaz pe baza puterii de încălzire și durată de viață atmosferică. De multe ori însă aceste rezultate sunt subiective. Însă deoarece industria laptelui este o sursă importantă de gaze cu efect de seră (GES), se impune identificarea punctelor critice pentru a se putea implementa strategii de atenuare a acestora prin creșterea productivității animalelor și a îmbunătățirii calității reproductive, și totodată o cercetare cât mai eficientă asupra producerii de furaje și a aditivilor furajeri (Meena și colab., 2022).

Amprenta de Carbon se concretizează în totalitatea gazelor emise cu efect de seră acumulate pe o perioadă etapizată de obținere a unui produs, măsurată în echivalent CO₂ (Meena și colab., 2022). Amprenta de carbon a laptelui (tabelul 1) se calculează utilizând evaluarea ciclului de viață (LCA) pentru a evidenția eficiența sistemului de producție în obținerea și valorificarea laptelui (Mazzetto și colab., 2022). Producția de lapte și de produse lactate trebuie evaluată cu deosebită atenție, deoarece aceasta constituie o importantă sursă de elemente vitale consumului uman (Vida și Tedesco, 2017).

Tabelul 1. Amprenta de carbon pentru producția de lapte (1 Kg) din diferite țări

Țara	Tip fermă	Amprenta de carbon (KgCO ₂ eq)	Referința
Columbia	Producție mixtă (lapte-carne)	2.1-4.2	(Gonzalez-Quintero și colab., 2021)
Uruguay	Producție de lapte	0.97	(Darre și colab., 2021)
Noua Zeelandă	Producție de lapte	0.78	(Ledgard și colab., 2020)
Kenya	Producție de lapte la scară redusă	2.19-3.13	(Wilkes și colab., 2020)
China	Producție de lapte	1.34	(Wang și colab., 2018)
Australia	Producție de lapte	0.39-1.35	(Sejian și colab., 2018)
Irlanda	Producție de lapte	1.22	(Yan și colab., 2013)
Irlanda	Animale pășunate	1.11	(O'Brien și colab., 2014)
Portugalia	Animale pășunate	0.83	(Morais et al.2018)
Italia	Producție de lapte	1.12	(Bacenetti și colab., 2016)
Australia	Producție de lapte	1.11	(Gollnow și colab., 2014)
Canada	Producție de lapte	0.44 - 1.73	(Jayasundara și colab., 2019)

Pentru o mai bună durabilitate a fermei, producătoare de lapte se impune implementarea unor strategii cât mai eligibile pentru reducerea GES, cum ar fi CH₄ N₂O și CO₂ (Vida și Tedesco, 2017). Gerber și colab. (2013) preconizează că emisiile de GES ar putea fi reduse în sectorul zootehnic cu circa 30% prin aplicarea unor cât mai bune tehnologii și practici în acest sector. Printr-o schimbare și modernizare a fermelor, printr-un management bine aplicat emisiile GES pot fi reduse considerabil (Castro și colab., 2012). Un număr mai redus de animale cu productivitate crescută poate fi și o modalitate

de a reduce CH₄ (Moss și colab., 2000). Menținerea unui status de sănătate al vacilor prin prevenirea unor boli cum ar fi mastita vor reduce perioadele neproductive, se reduc emisiile de CH₄/litru de lapte și totodată se vor reduce emisiile GES (Garnsworthy, 2004).

DISCUȚII

Studiile efectuate de tot mai mulți cercetători sunt concentrate penru atenuarea efectelor GES.

Hrana animalelor prin eficientizarea acesteia poate constitui un factor deosebit de important în emisiile produse de animale. Raportul dintre capacitatea de a obține o productivitate crescută și emisiile GES a fost demonstrată în special în sectorul de producere a lactatelor prin faptul că per kg lapte, emisiile au scăzut considerabil o dată cu creșterea productivității animalelor.

Dacă luăm în considerare zona montană, emisiile de GES sunt considerabil reduse prin hrănirea animalelor pe pășuni. Prin aceasta crește coeficientul de digestibilitate al hranei, raportat la o îmbunătățire a sănătății și bunăstării ce duce la o creștere a eficienței reproductive cu o productivitate mai mare, iar per total la reducerea amprentei de carbon.

Prin pășunat se asigură cea mai veritabilă bunăstare a animalelor considerată și cea mai bună strategie de a reduce amprenta de carbon. Multe din studiile axate pe managementul fermelor referitor la productivitatea animalelor arată faptul că există diferențe mari între ferme, raportat la productivitatea animalelor și performanța de mediu.

CONCLUZII

În această lucrare ne-am propus să analizăm în ansamblu și să definim principalii factori din industria laptelui ce interacționează cu schimbările climate de la nivel global. Astfel oferim informații despre modul în care sustenabilitatea din sectorul laptelui pe termen scurt și lung vor fi grav perturbate de efectele schimbărilor climatice. Produsele lactate sunt alimente de bază în alimentația umană, iar consumul acestora crește o dată cu creșterea populației. Producerea de alimente implică totodată și utilizare unor mari cantități de resurse energetice cu efecte majore asupra creșterii amprentei de carbon și implicit asupra creșterii gazelor cu efect de seră care au dus în timp la schimbări climatice considerabile. Totuși producția de lapte și de produse lactate trebuie evaluată cu deosebită atenție, deoarece aceasta constituie o importantă sursă de elemente vitale consumului uman.

Datorită acestor schimbări de climă se dereglează anotimpurile, apare penuria de apă, cu impact asupra culturilor. Odată cu creșterea schimbărilor climatice vor prolifera o serie de microorganisme ce vor afecta calitatea laptelui și a produselor lactate, va fi afectată siguranța alimentară și ar putea crește deșeurile generate de industria produselor lactate. În acest context viitorul planetei este plin de incertitudini, iar această lucrare îndeamnă luarea unor decizii clare și stabilirea unor strategii concrete în zootehnie și industria lactatelor. Printr-un management bine aplicat de modernizare a fermelor, emisiile GES ar putea fi reduse considerabil. Reducerea numărului de animale și exploatarea celor cu productivitate crescută poate fi o alternativă de a reduce CH₄.

Putem argumenta că constatările multor cercetători, deși sunt aproximative, scot în evidență importanța luării în considerare a tuturor GES și reliefează că practicile care

reduc cel mai bine emisiile pot varia și în funcție de locație. Din mai multe puncte de vedere, emisiile de gaze cu efect de seră constituie o nouă provocare la nivel global, însă cercetări mai ample și amănunțite pot duce la activități și practici mai eficiente și mai bune care ajută la performarea reducerii externalităților din producție.

REFERINȚE

- Aguirre-Villegas HA, Passos-Fonseca TH, Reinemann DJ, Armentano LE, Wattiaux MA, Cabrera VE, ..., Larson R.** 2015. Green cheese: Partial life cycle assessment of greenhouse gas emissions and energy intensity of integrated dairy production and bioenergy systems. *Journal of dairy science* 98(3):1571-1592.
- Alexandratos N, Bruinsma J.** 2012. World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. *ESA Working paper* 12-03, Vol. 12 (2012)
- Alvarado CS, Gibbs SG, Gandara A, Flores C, Hurd WW, Green CF.** 2012. INTERNATIONAL PERSPECTIVES: The Potential for Community Exposures to Pathogens From an Urban Dairy. *Journal of Environmental Health* 74(7):22-29.
- Al-Wasify RS, Ali M, Hamed SR.** 2018. Application of different magnetic intensities for the treatment of landfill leachate in Egypt. *Cogent Engineering* 5(1): 1436114., doi: 10.1080/23311916.2018.1436114
- Ameer S, Aslam S, Saeed M.** 2019. Preservation of milk and dairy products by using biopreservatives. *Middle East Journal of Applied Science & Technology (MEJAST)* 2:72-79.
- Atandi E, Rahman S.** 2012. Prospect of anaerobic co-digestion of dairy manure: a review. *Environmental Technology Reviews* 1(1):127-135.
- Azizkhani M, Tooryan F.** 2016. Antimicrobial activities of probiotic yogurts flavored with peppermint, basil, and zataria against *Escherichia coli* and *Listeria monocytogenes*. *J. Food Qual. Hazards Control* 3:79-86.
- Bacenetti J, Bava L, Zucali M, Lovarelli D, Sandrucci A, Tamburini A, Fiala M.** 2016. Anaerobic digestion and milking frequency as mitigation strategies of the environmental burden in the milk production system. *Science of the total environment* 539:450-459.
- Badem A, Uçar G.** 2017. Production of caseins and their usages. *Int J Food Sci Nutr* 2(1):4-9.
- Barker T.** 2007. L Bernstein, J E Bogner, I Bashmakov, P R Bosch, R Dave, O R Davidson, B S Fisher, S Gupta, K Halsnæs, G J Heij, S Kahn Ribeiro, S Kobayashi, M D Levine, D L Martino, O Maser, B Metz, L A Meyer, G -J Nabuurs, N Nakicenovic, H -H Rogner, J Roy, J Sathaye, R Schock, P Shukla, R E H Sims, P Smith, D A Tirpak, D Urge-Vorsatz, and D Zhou (2007) Technical Summary. *Climate Change* 35-37.
- Barukčić I, Božanić R, Jakopović K, Tratnik L.** 2014. Possibilities of whey utilisation. *Austin J Nutr Food Sci* 2(7):1-7.
- Battisti DS, Naylor RL.** 2009. Historical warnings of future food insecurity with unprecedented seasonal heat. *Science* 323(5911):240-244.
- Bey M, Hamidat A, Benyoucef B, Nacer T.** 2016. Studiu de viabilitate a utilizării sistemului fotovoltaic conectat la rețea în agricultură: Cazul fermelor de lapte din Algeria. *Evaluări pentru energie regenerabilă și durabilă* 63:333-345.
- Capper JL, Cady RA, Bauman DE.** 2009. The environmental impact of dairy production: 1944 compared with 2007. *Journal of animal science* 87(6):2160-2167.
- Castro A, Pereira JM, Amiama C, Bueno J.** 2012. Estimating efficiency in automatic milking systems. *Journal of Dairy Science* 95(2):929-936.
- Dąbrowski W, Żyłka R, Malinowski P.** 2017. Evaluarea consumului de energie în timpul epurării aerobe a nămolului de epurare în stația de epurare a apelor uzate lactate. *Mediul* 153:135-139.

- Dale, V. H.** 1997. The relationship between land-use change and climate change. *Ecological applications*, 7(3), 753-769.
- Darré E, Llanos E, Astigarraga L, Cadenazzi M, Picasso V.** 2021. Do pasture-based mixed dairy systems with higher milk production have lower environmental impacts? A Uruguayan case study. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 64(3):444-462.
- Das SM, Redbo I, Wiktorsson H.** 2001. Behaviour of Zebu and crossbred cows in restricted suckling groups. *Applied Animal Behaviour Science* 72(3):263-270.
- Debnath PP, Roy K, Debnath A, Sanyal MK.** 2022. Life cycle assessment and application of green technologies in dairy industry to reduce carbon footprint. *Indian J Anim Health* 61(2):19-32.
- Defta N, Vidu L, Mihai R, Dragomir N, Posan P, Oprea I.** 2023. Study on the dynamics of cattle livestock, milk production and fresh dairy products in Romania between 2016-2020. *Scientific Papers. Series D. Animal Science LXVI* (2):465-470.
- Drożdźiel P, Vitenko T, Voroshchuk V, Narizhnyy S, Snizhko O.** 2021. Discrete-impulse energy supply in milk and dairy product processing. *Materials* 14(15):4181.
- EL-Kholy W, Aamer R.** 2017. Effect of some essential oils on the quality of UF-soft cheese during storage. *Alexandria Journal of Food Science and Technology* 14(1):13-28., doi: 10.12816/0038401
- El-Sayed SM, Youssef AM.** 2019. Potential application of herbs and spices and their effects in functional dairy products. *Heliyon* 5(6), doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e01989
- FAO.** 2011. Global food losses and food waste – extent, causes and prevention. Food and Agriculture Organization, Rome, pp. 4
- Flysjö A.** 2011. Potential for improving the carbon footprint of butter and blend products. *Journal of dairy science* 94(12):5833-5841.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).** 2010. Greenhouse gas emissions from the dairy sector: A life cycle assessment.
- Foster JB.** 2013. Why ecological revolution. *Environmental sociology: From analysis to action*, pp. 37-52.
- Garczewska-Murzyn A, Smoczyński M, Kotowska N, Kielczewska K.** 2022. Effect of buttermilk and skimmed milk powder on the properties of low-fat yoghurt. *Journal of Food Science and Technology* 59(6):2160-2167, doi: 10.1007/s13197-021-05227-w
- Garnsworthy PC.** 2004. The environmental impact of fertility in dairy cows: a modelling approach to predict methane and ammonia emissions. *Animal feed science and technology* 112(1-4):211-223.
- Gerbens-Leenes PW.** 2017. Dietary transition: longterm trends, animal versus plant energy intake, and sustainability issues. *In Vegetarian and plant-based diets in health and disease prevention*, pp. 117-134.
- Gerber PJ, Steinfeld H, Henderson B, Mottet A, Opio C, Dijkman J, ..., Tempio G.** 2013. Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities.
- Gerber PJ, Vellinga TV, Steinfeld H.** 2010. Issues and options in addressing the environmental consequences of the growth of the livestock sector. *Meat Science* 84(2):244-247.
- Godfray HCJ, Beddington JR, Crute IR, Haddad L, Lawrence D, Muir JF, ..., Toulmin C.** 2010. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science* 327(5967):812-818.
- Godfray HCJ, Crute IR, Haddad L, Lawrence D, Muir JF, Nisbett N, ..., Whiteley R.** 2010. The future of the global food system. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365(1554):2769-2777.

- Gollnow S, Lundie S, Moore AD, McLaren J, van Buuren N, Stahle P, ..., Rehl T.** 2014. Carbon footprint of milk production from dairy cows in Australia. *International Dairy Journal* 37(1):31-38.
- González-Quintero R, Kristensen T, Sánchez-Pinzón MS, Bolívar-Vergara DM, Chirinda N, Arango J, ..., Knudsen MT.** 2021. Carbon footprint, non-renewable energy and land use of dual-purpose cattle systems in Colombia using a life cycle assessment approach. *Livestock Science* 244:104330.
- Grout AS, Veira DM, Weary DM, Von Keyserlingk MAG, Fraser D.** 2006. Differential effects of sodium and magnesium sulfate on water consumption by beef cattle. *Journal of animal science* 84(5):1252-1258.
- Guinane CM, Cotter PD, Hill C, Ross RP.** 2005. Microbial solutions to microbial problems; lactococcal bacteriocins for the control of undesirable biota in food. *Journal of Applied Microbiology* 98(6):1316-1325, doi: 10.1111/j.1365-2672.2005.02552.x
- Gustafsson J, Cederberg C, Sonesson U, Emanuelsson A.** 2013. The methodology of the FAO study: "Global Food Losses and Food Waste-extent, causes and prevention"-FAO, 2011.
- Guzmán-Luna P, Mauricio-Iglesias M, Flysjö A, Hospido A.** 2022. Analysing the interaction between the dairy sector and climate change from a life cycle perspective: A review. *Trends in Food Science & Technology* 126:168-179.
- Hagemann M, Hemme T, Ndambi A, Alqaisi O, Sultana MN.** 2011. Benchmarking of greenhouse gas emissions of bovine milk production systems for 38 countries. *Animal feed science and technology*, 166, 46-58.
- Hoekstra AY.** 2012. The hidden water resource use behind meat and dairy. *Animal frontiers* 2(2).
- IPCC.** 2006. Emissions from livestock and manure management. *Forestry*, Vol. 4, <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>
- Jayasundara S, Worden D, Weersink A, Wright T, VanderZaag A, Gordon R, Wagner-Riddle C.** 2019. Improving farm profitability also reduces the carbon footprint of milk production in intensive dairy production systems. *Journal of cleaner production* 229:1018-1028.
- Keller J, Hartley K.** 2003. Greenhouse gas production in wastewater treatment: process selection is the major factor. *Water Science and Technology* 47(12):43-48, doi: 10.2166/wst.2003.0626
- Khurana HK, Kanawjia SK.** 2007. Recent trends in development of fermented milks. *Current Nutrition & Food Science* 3(1):91-108.
- Klemes J, Smith R, Kim JK. (Eds.)** 2008. Handbook of water and energy management in food processing. Elsevier.
- Knowlton KF, Radcliffe JS, Novak CL, Emmerson DA.** 2004. Animal management to reduce phosphorus losses to the environment. *Journal of Animal Science* 82.
- Law BA.** 2001. Controlled and accelerated cheese ripening: the research base for new technology. *International Dairy Journal* 11(4-7):383-398, doi: 10.1016/S0958-6946(01)00067-X
- Ledgard SF, Falconer SJ, Abercrombie R, Philip G, Hill JP.** 2020. Temporal, spatial, and management variability in the carbon footprint of New Zealand milk. *Journal of dairy science* 103(1):1031-1046.
- Lijó L, Lorenzo-Toja Y, González-García S, Bacenetti J, Negri M, Moreira MT.** 2017. Eco-efficiency assessment of farm-scaled biogas plants. *Bioresource technology* 237:146-155.
- Mazzetto AM, Falconer S, Ledgard S.** 2022. Mapping the carbon footprint of milk production from cattle: A systematic review. *Journal of Dairy Science* 105(12):9713-9725.

- Meena BS, Paul P, Tengli MB.** 2022. Calculation of carbon footprint to agricultural produce specifically milk production. *Analytical Approaches for Vulnerability and Adaptation to Climate Change in Agriculture* 68.
- Mekonnen MM, Hoekstra AY.** 2012. A global assessment of the water footprint of farm animal products. *Ecosystems* 15(3):401-415.
- Mekonnen MM, Hoekstra AY.** 2012. A global assessment of the water footprint of farm animal products. *Ecosystems* 15(3):401-415.
- Mekonnen, M. M., & Gerbens-Leenes, W.** 2020. The water footprint of global food production. *Water*, 12(10), 2696.
- Meul M, Van Passel S, Fremaut D, Haesaert G.** 2012. Higher sustainability performance of intensive grazing versus zero-grazing dairy systems. *Agronomy for sustainable development* 32:629-638.
- Mishra AP, Devkota HP, Nigam M, Adetunji CO, Srivastava N, Saklani S, ..., Khaneghah AM.** 2020. Combination of essential oils in dairy products: A review of their functions and potential benefits. *LWT-Food Science and Technology* 133:110116, doi: 10.1016/j.lwt.2020.110116
- Mishra P, Fatih C, Niranjana HK, Tiwari S, Devi M, Dubey A.** 2020. Modelling and forecasting of milk production in Chhattisgarh and India. *Indian Journal of Animal Research* 54(7):912-917.
- Morais TG, Teixeira RF, Rodrigues NR, Domingos T.** 2018. Carbon footprint of milk from pasture-based dairy farms in Azores, Portugal. *Sustainability* 10(10):3658.
- Moss AR, Jouany JP, Newbold J.** 2000. Methane production by ruminants: its contribution to global warming. In *Annales de zootechnie* Vol. 49, 3: 231-253, EDP Sciences.
- Necula D, Ciupe S, Tamas-Krumpe O, Todoran D, Ognean L.** 2024. Analysis of the Current Opportunities for Valorization and Conservation of the Main Autochthonous Cattle Breeds in the Conditions of the Carpathian Mountain Areas. *Bulletin of the University of Agricultural Sciences & Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Veterinary Medicine* 81(1).
- Notarnicola B, Tassielli G, Renzulli PA, Castellani V, Sala S.** 2017. Environmental impacts of food consumption in Europe. *Journal of cleaner production* 140:753-765.
- O'Brien D, Brennan P, Humphreys J, Ruane E, Shalloo L.** 2014. An appraisal of carbon footprint of milk from commercial grass-based dairy farms in Ireland according to a certified life cycle assessment methodology. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 19:1469-1481.
- O'Brien D, Shalloo L, Patton J, Buckley F, Grainger C, Wallace M.** 2012. A life cycle assessment of seasonal grass-based and confinement dairy farms. *Agricultural Systems* 107:33-46.
- Peng J, Lu L, Yang H.** 2013. Review on life cycle assessment of energy payback and greenhouse gas emission of solar photovoltaic systems. *Renewable and sustainable energy reviews* 19:255-274.
- Ravagnolo O, Misztal I, Hoogenboom G.** 2000. Genetic component of heat stress in dairy cattle, development of heat index function. *Journal of dairy science* 83(9):2120-2125.
- Rodríguez JM, Martínez MI, Kok J.** 2002. Pediocin PA-1, a wide-spectrum bacteriocin from lactic acid bacteria. *Critical reviews in food science and nutrition* 42(2):91-121.
- Roibás L, Martínez I, Goris A, Barreiro R, Hospido A.** 2016. An analysis on how switching to a more balanced and naturally improved milk would affect consumer health and the environment. *Science of the Total Environment* 566:685-697.
- Rojas-Downing MM, Nejadhashemi AP, Harrigan T, Woznicki SA.** 2017. Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. *Climate risk management* 16:145-163.
- Sanderson MA, Wedin D, Tracy B.** 2009. Grassland: Definition, origins, extent, and future. *Grassland Quietness and Strength for a New American Agriculture* pp. 55-74.

- Sejian V, Prasadh RS, Lees AM, Lees JC, Al-Hosni YA, Sullivan ML, Gaughan JB.** 2018. Assessment of the carbon footprint of four commercial dairy production systems in Australia using an integrated farm system model. *Carbon Management* 9(1):57-70.
- Sen C, Ray PR.** 2019. Biopreservation of dairy products using bacteriocins. *Indian Food Industry* 1(4):51-60.
- Shiklomanov IA.** 2000. Appraisal and assessment of world water resources. *Water international* 25(1):11-32.
- Singh OP, Kumar MD.** 2009. Impact of dairy farming on agricultural water productivity and irrigation water use. Hazra S, Jadhav V, Manik S, Debnath A and Roy K, 2020. Infrared heating: An alternate way for traditional food processing. *Vigyan Varta* 1(8):26-28.
- Smith P, Gregory PJ, Van Vuuren D, Obersteiner M, Havlík P, Rounsevell M, ..., Bellarby J.** 2010. Competition for land. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365(1554):2941-2957.
- Smith RA, Alexander RB.** 2000. Sources of Nutrients in the Nation's Watersheds, pp. 13-21. Reston, Virginia, USA: US Geological Survey.
- Steffen W, Crutzen PJ, McNeill JR.** 2007. The Anthropocene: are humans now overwhelming the great forces of nature. *Ambio-Journal of Human Environment Research and Management* 36(8):614-621.
- Strzepek K, Boehlert B.** 2010. Competition for water for the food system. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365(1554):2927-2940.
- Karl TR, Melillo JM, Peterson TC, Hassol SJ.** 2009. Global climate change impacts in the United States. Cambridge University Press, New York, NY
- Thornton PK.** 2010. Livestock production: recent trends, future prospects. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365(1554):2853-2867.
- Vida E, Tedesco DEA.** 2017. The carbon footprint of integrated milk production and renewable energy systems—A case study. *Science of the total environment* 609:1286-1294.
- Von Keyserlingk MAG, Martin NP, Kebreab E, Knowlton KF, Grant RJ, Stephenson M, ..., Smith SI.** 2013. Invited review: Sustainability of the US dairy industry. *Journal of dairy science* 96(9):5405-5425.
- Wang X, Ledgard S, Luo J, Guo Y, Zhao Z, Guo L, ..., Ma L.** 2018. Environmental impacts and resource use of milk production on the North China Plain, based on life cycle assessment. *Science of the Total Environment* 625:486-495.
- WFP.** 2022. A global food crisis, 2022: A year of unprecedented hunger. *World Food Programme*. At <https://www.wfp.org/global-hunger-crisis> on Accessed on 28.10.2024.
- Wilkes A, Wassie S, Fraval S, van Dijk S.** 2020. Variation in the carbon footprint of milk production on smallholder dairy farms in central Kenya. *Journal of Cleaner Production* 265:121780.
- Yan MJ, Humphreys J, Holden NM.** 2013. Life cycle assessment of milk production from commercial dairy farms: the influence of management tactics. *Journal of dairy science* 96(7):4112-4124.
- Zaks DP, Winchester N, Kucharik CJ, Barford CC, Paltsev S, Reilly JM.** 2011. Contribution of anaerobic digesters to emissions mitigation and electricity generation under US climate policy. *Environmental science & technology* 45(16):6735-6742.



ISSN/ISSN-L: 2360-6215