



Digitally signed by  
Technical Scientific Library,  
TUM  
Reason: I attest to the  
accuracy and integrity of  
this document

**UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI**

**Liliana POPESCU**

**PRINCIPII DE PROCESARE A PRODUSELOR  
LACTATE CORELATE CU OBIECTIVELE  
DE NUTRIȚIE ECHILIBRATĂ**

**Monografie**



**2024**

**CZU 637.1:613.287.5**

**P 81**

Monografia este recomandată pentru editare de către Senatul UTM, proces-verbal nr.10 din 23.04.2024.

Monografia *Principii de procesare a produselor lactate corelate cu obiectivele de nutriție echilibrată* a fost realizată în cadrul Proiectului de postdoctorat 20.00208.1908.03 *Principii de procesare a produselor lactate corelate cu obiectivele de nutriție echilibrată și de siguranță alimentară*.

Lucrarea reprezintă o sinteză amplă privind valorificarea surselor bogate în fitonutrienți în vederea elaborării produselor lactate inovative. În lucrare a fost abordată și problema intoleranței la lactoză, precum și dezvoltarea produselor lactate cu un conținut scăzut de lactoză/fără lactoză cu proprietăți senzoriale și reologice înalte. Lucrarea include cercetările efectuate în cadrul proiectelor naționale și internaționale cu participarea instituțiilor de cercetare-dezvoltare și de învățământ superior din Republica Moldova și din România.

Monografia este destinată specialiștilor în domeniul industriei alimentare și studenților ciclului II master, ciclului III doctorat, Facultatea Tehnologia Alimentelor.

Autor:

**Liliana POPESCU**

conf. univ., dr., Universitatea Tehnică a Moldovei

Recenzenți:

**Aliona GHENDOV-MOȘANU**

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

**Elvira VRABIE**

dr., cerc. șt. coord., Laboratorul Procese Termice și Hidrodinamice, Institutul de Fizică Aplicată, Universitatea de Stat din Moldova

Redactor științific:

**Rodica STURZA**

prof. univ., dr. hab., m.c. AȘM, Universitatea Tehnică a Moldovei

**DESCRIEREA CIP A CAMEREI NAȚIONALE A CĂRȚII DIN RM**

**Popescu, Liliana.**

Principii de procesare a produselor lactate corelate cu obiectivele de nutriție echilibrată: Monografie / Liliana Popescu; redactor științific: Rodica Sturza; Universitatea Tehnică a Moldovei.

– Chișinău: Tehnica-UTM, 2024. – 169 p.: fig., tab.

Referințe bibliogr. la sfârșitul cap. – 25 ex.

**ISBN 978-9975-64-438-9.**

© UTM, 2024

## CUPRINS

<b>INTRODUCERE</b>	5
<b>Capitolul I. FITONUTRIENȚI CU ACTIVITATE ANTIOXIDANTĂ ȘI ANTIMICROBIANĂ – INGREDIENTE PROMIȚĂTOARE PENTRU PRODUSE LACTATE</b>	8
1.1. Provocări prin utilizarea fitonutrienților în dezvoltarea alimentelor funcționale	8
1.2. Prezentarea generală a fitonutrienților din alimente	9
1.3. Activitatea antioxidantă a fitonutrienților din alimente	12
1.4. Activitatea antimicrobiană a fitonutrienților din alimente	19
1.5. Plantele aromatice - sursă de fitonutrienți importanți	23
1.6. Obținerea și caracterizarea extractelor polifenolice de cimbru, rozmarin și busuioc	26
Bibliografie	36
<b>Capitolul II. BIODISPONIBILITATEA ȘI BIOACCESIBILITATEA FITONUTRIENȚILOR</b>	45
2.1. Biodisponibilitatea și bioaccesibilitatea fitonutrienților în sistemul metabolic uman	45
2.2. Microîncapsularea și coîncapsularea fitonutrienților cu aplicații în industria alimentară	47
2.3. Tehnologii de încapsulare și coîncapsulare a fitonutrienților	49
2.4. Microîncapsularea extractelor de plante în alginatul de sodiu	57
Bibliografie	62
<b>Capitolul III. LAPTELE ȘI PRODUSELE LACTATE ÎN NUTRIȚIE ȘI SĂNĂTATE</b>	67
3.1. Rolul produselor lactate într-un sistem alimentar durabil	67
3.2. Beneficiile pentru sănătate ale consumului de produse lactate	68
3.3. Microorganismele de alterare și patogene cu incidență în produsele lactate	73
3.4. Agenții antimicrobieni și siguranța produselor lactate	77
Bibliografie	82
<b>Capitolul IV. DEZVOLTAREA PRODUSELOR LACTATE INOVATIVE CU INGREDIENTE FUNCȚIONALE DIN SURSE VEGETALE</b>	90
4.1. Utilizarea colorantului natural galben din petale de șofrănel la obținerea iaurtului de culoare stabilă pe durata depozitării	90
4.2. Proprietățile senzoriale, fizico-chimice și de textură ale iaurtului cu adaos de tescovină de mere	95
4.3. Efectul extractelor de cimbru și rozmarin microîncapsulate asupra calității și bioactivității iaurtului concentrat	102
4.4. Efectul extractului de busuioc microîncapsulat asupra calității și stabilității cremei de brânză	113
4.5. Efectul pudrelor și extractelor de pomușoare asupra calității și stabilității microbiologice a înghețatei	120
Bibliografie	128

<b>Capitolul V. DEZVOLTAREA PRODUSELOR LACTATE CU UN CONȚINUT SCĂZUT DE LACTOZĂ ȘI DELACTOZATE</b>	137
5.1. Intoleranța la lactoză și importanța produselor lactate delactozate	138
5.2. Managementul intoleranței la lactoză	142
5.3. Procedee de obținere a produselor lactate cu un conținut redus de lactoză și delactozate	144
5.4. Efectul temperaturii, pH-ului și cantității de enzime asupra procesului de hidroliză a lactozei	149
5.5. Obținerea și caracterizarea iaurtului cu un conținut redus de lactoză obținut prin hidroliza enzimatică a lactozei	156
Bibliografie	163

## INTRODUCERE

Dezvoltarea pieței produselor lactate și nevoia de a satisface cerințele consumatorilor, inclusiv celor vulnerabili (de exemplu, copii, bătrâni, persoane alergice, femei însărcinate, persoane cu boli gastrointestinale) sunt factori declanșatori pentru proiectarea de alimente noi și atractive. Inovațiile în sectorul alimentar sunt concentrate în cea mai mare parte pe îmbunătățirea alimentelor disponibile în prezent, ținând cont de unele criterii specifice, precum calitatea, siguranța și chiar caracteristicile distincte legate de efectele bioactive și de promovare a sănătății conferite de aceste matrice. În ultimii ani s-a remarcat și o creștere a gradului de conștientizare a consumatorilor asupra efectelor adverse ale aditivilor sintetici din compoziția alimentelor. Acest lucru a deschis calea spre o diversitate de alimente noi prin înlocuirea aditivilor sintetici cu ingrediente naturale, care au, în același timp, calități senzoriale înalte și sunt echilibrate din punct de vedere al conținutului de fitonutrienți.

Produsele lactate, inclusiv produsele lactate fermentate, brânzeturile, înghețata au devenit din ce în ce mai populare ca matrice alimentare funcționale, datorită faptului că aceste alimente sunt consumate zilnic. Mai mult, produsele lactate fermentate conțin microorganisme vii benefice care pot digera lactoza și alți constituenți ai laptelui, pot exercita efecte de scădere a colesterolului și, de asemenea, pot contribui la reducerea riscului de cancer. Aceste efecte modulatorii promițătoare sunt atinse în principal prin acțiunea bacteriilor probiotice, care îmbunătățesc semnificativ abilitățile de promovare a sănătății ale produselor lactate, contribuind la îmbunătățirea activității microbiotei intestinale, reducerea absorbției lactozei și a intoleranței prin îmbunătățirea funcționalităților gastrointestinale, îmbunătățirea digestibilității lipidelor, a sistemului imunitar și a activităților antimicrobiene. Consumul de produse lactate reduce în mod evident incidența problemelor de sănătate, inclusiv obezitatea, tulburările metabolice și bolile cardiovasculare. Acest aspect a determinat un interes din ce în ce mai mare al cercetărilor pentru dezvoltarea alimentelor funcționale pe bază de produse lactate.

Îmbogățirea produselor lactate cu fructe, legume, plante și extracte derivate este o direcție promițătoare pentru elaborarea alimentelor cu caracteristici senzoriale atractive și cu valoare pro-sănătate extinsă. Unele fructe și legume sunt considerate ca potențiali agenți de stabilizare a produselor lactate datorită proprietăților lor funcționale înalte, cum ar fi capacitatea de legare și reținere a apei, de gelifiere și de îngroșare. Altele sunt capabile să contribuie la îmbunătățirea duratei de valabilitate a produselor lactate. Plantele aromatice din familia *Lamiaceae* sunt utilizate atât în formă proaspătă, frunze uscate, cât și extracte, uleiuri volatile, fiind cel mai mult consumate plante aromatice în diverse regiuni din întreaga lume.

Procesarea fructelor și legumelor generează cantități enorme de deșeuri. Cercetările au arătat că aceste deșeuri conțin cantități relevante de compuși bioactivi, cum ar fi acizi fenolici, flavonoide, lignine, carotenoide, fibre alimentare etc. Prezintă interes identificarea procedurilor de recuperare și extracție, caracterizarea ingredientelor și compușilor din deșeuri din fructe, precum și utilizarea lor în diferite sisteme alimentare.

Plantele și fructele sunt compuse dintr-un grup bogat și complex de fitonutrienți cu efecte bioactive importante la diferite niveluri. Printre care compușii polifenolici au o importanță deosebită datorită proprietăților lor antioxidante și antimicrobiene bine-cunoscute.

Calitatea ingredientelor bogate în fitonutrienți este strâns dependentă de procesului de extracție și separare, care va afecta caracteristicile compușilor activi. Tehnica de încapsulare este un proces complex care include crearea unei bariere ce acționează, acoperind componentele bioactive și

inhibând apariția interacțiunilor chimice, protejând împotriva factorilor de mediu (adică, temperatură, pH, enzime și oxigen) și chiar permițând eliberarea progresivă a componentelor active în anumite condiții.

Prezenta monografie cuprinde cinci capitole, fiind destinată studenților ciclului II master, ciclului III doctorat, Facultatea Tehnologia Alimentelor, precum și cercetărilor în domeniul procesării alimentelor. Această lucrare reprezintă o sinteză amplă a cercetărilor naționale și internaționale privind valorificarea surselor bogate în fitonutrienți în vederea dezvoltării produselor lactate inovative. În lucrare a fost abordată și problema intoleranței la lactoză și dezvoltarea produsele lactate cu un conținut scăzut de lactoză/fără lactoză cu proprietăți senzoriale și reologice înalte. În această sinteză sunt expuse și cercetările realizate de autoare în cadrul Proiectului de postdoctorat 20.00208.1908.03 *Principii de procesare a produselor lactate corelate obiectivelor de nutriție echilibrată și de siguranță alimentară* și altor proiecte naționale și internaționale cu participarea instituțiilor de cercetare-dezvoltare și de învățământ superior din Republica Moldova și din România.

În primul capitol, intitulat *Fitonutrienți cu activitate antioxidantă și antimicrobiană – ingrediente promițătoare pentru produsele lactate*, sunt prezentate caracteristicile principalelor grupe de fitonutrienți accentul fiind pus pe activitatea antioxidantă și antimicrobiană a fitonutrienților din alimente. Este evaluat conținutul total și individual de polifenoli, activitatea antioxidantă și antimicrobiană a extractelor polifenolice de cimbru, rozmarin și busuioc.

În capitolul doi, *Biodisponibilitatea și bioaccesibilitatea fitonutrienților*, este dezvoltat pe larg modul prin care fitonutrienții sunt digerați în tractul gastrointestinal, absorbiți, distribuiți și metabolizați în țesuturile desemnate, precum și efectul matricei alimentare asupra bioaccesibilității fitonutrienților; obținerea extractelor de plante microîncapsulate în alginat de sodiu și caracterizarea stabilității compușilor polifenolici în microcapsule prin analiza imaginilor SEM și spectrelor FT-IR.

În capitolul trei al monografiei, *Laptele și produsele lactate în nutriție și sănătate*, prezintă un studiu amplu referitor la rolul produselor lactate într-un sistem alimentar durabil, beneficiile pentru sănătate ale consumului de produse lactate, microorganismele de alterare și patogene cu incidență în produsele lactate și aplicațiile plantelor aromatice ca agenți antimicrobieni în conservarea produselor lactate.

În capitolul patru al monografiei, *Dezvoltarea produselor lactate inovative cu ingrediente funcționale din surse vegetale*, sunt prezentate caracteristicile de calitate a produselor lactate inovative care exploatează potențialul funcțional al extractelor de plante, pomușoare și subproduse agroalimentare.

În capitolul cinci, *Dezvoltarea produselor lactate cu un conținut scăzut de lactoză și delactozate*, sunt prezentate rezultatele cercetării privind stabilitatea termică a lactozei, efectul pH-ului laptelui, efectul temperaturii, durata hidrolizei și cantității de enzime asupra gradului de hidroliză a lactozei și gradului de dulceață a laptelui. În urma cercetărilor au fost identificați parametrii optimali de hidroliză a lactozei cu utilizarea a două enzime comerciale. Ulterior, sunt prezentate rezultatele investigării influenței diferitor procese de hidroliză a lactozei, aportului de enzime și tipului de lapte asupra caracteristicilor iaurtului delactozat.

Cercetările științifice au fost realizate de autoare în cadrul proiectelor de stat 20.80009.5107.09 Ameliorarea calității și siguranței alimentelor prin biotehnologie și inginerie alimentară și 20.80009.5107.10 Nutriție personalizată și tehnologii inteligente pentru bunăstarea mea derulate în perioada 2020-2023, proiectului finanțat de AUF, MECR 2019 Diminution des risques de contamination chimique et microbiologique des aliments, derulat în perioada 2020-2021, director de proiect din partea Universității Tehnice a Moldovei, prof. univ., dr. hab. m.c. AȘM Rodica STURZA,

și din partea Universității de Științe Agricole și Medicină Veterinară din Cluj-Napoca prof. univ., dr. hab. Adela PÂNTEA.

În acest context, aduc mulțumiri deosebite colectivelor științifice pentru activitatea științifică fructuoasă derulată în cadrul proiectelor comune și colegilor de la Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Tehnologii Izotopice și Moleculare din Cluj-Napoca, România, cerc. șt. I, prof. univ., dr. hab. Maria-Loredana SORAN; dr. Ildiko LUNG; dr. Ocsana OPRIȘ; dr. Irina KACSO; dr. Alexandra CIORÎȚĂ și colegilor de la Universitatea de Stat de Medicină și Farmacie "Nicolae Testemițanu" conf. univ., dr. hab. Greta BALAN și lector universitar Daniela COJOCARU.

Totodată, mulțumesc mult recenzenților Elvira VRABIE, cercetător științific coordonator, dr., Institutul de Fizică Aplicată, Universitatea de Stat din Moldova; Aliona GHENDOV-MOȘANU, conf. univ., dr. hab., Universitatea Tehnică a Moldovei, și redactorului științific, profesorului universitar, doctor habilitat, membru corespondent al Academiei de Științe a Moldovei Rodica STURZA pentru aprecierea și observațiile pertinente asupra conținutului și modului de expunere a monografiei.

## **Bibliografie**

1. Li, A.; Zheng, J.; Han, X.; Yang, S.; Cheng, S.; Zhao, J.; Zhou, W.; Lu, Y. Advances in Low-Lactose/ Lactose-Free Dairy Products and Their Production. *Foods* 2023, 12, 2553.
2. Heine, R.G.; AlRefaee, F.; Bachina, P.; De Leon, J.C.; Geng, L.; Gong, S.; Madrazo, J.A.; Ngamphaiboon, J.; Ong, C.; Rogacion, J.M. Lactose intolerance and gastrointestinal cow's milk allergy in infants and children - common misconceptions revisited. *World Allergy Organization Journal* 2017, 8.
3. Storhaug, C.L.; Fosse, S.K.; Fadnes, L.T. Country, regional, and global estimates for lactose malabsorption in adults: A systematic review and meta-analysis. *The Lancet Gastroenterology & Hepatology* 2017, 2, 738–746.
4. Szabó, E.; Szakos, D.; Kasza, G.; Ózsvári, L. Analysis of the target group of lactose-free functional foods for product development. *Acta Aliment.* 2021, 50, 153–161.
5. Mattar, R.; de Campos Mazo, D.F.; Carrilho, F.J. Lactose intolerance: Diagnosis, genetic, and clinical factors. *Clin. Exp. Gastroenterol.* 2012, 5, 113–121.
6. Romero-Velarde, E.; Delgado-Franco, D.; García-Gutiérrez, M.; Gurrola-Díaz, C.; Larrosa-Haro, A.; Montijo-Barrios, E.; Muskiet, F.A.J.; Vargas-Guerrero, B.; Geurts, J. The Importance of Lactose in the Human Diet: Outcomes of a Mexican Consensus Meeting. *Nutrients* 2019, 11, 2737.



7. Stouten, K.; Wolfhagen, F.; Castel, R.; van de Werken, M.; Klerks, J.; Verheijen, F.; Vermeer, H.J. Testing for lactase non-persistence in a Dutch population: Genotyping versus the hydrogen breath test. *Ann. Clin. Biochem.* 2023, 00045632231159288.
8. Anguita-Ruiz, A.; Aguilera, C.M.; Gil, Á. Genetics of lactose intolerance: An updated review and online interactive world maps of phenotype and genotype frequencies. *Nutrients* 2020, 12, 2689.
9. Chin, E.L.; Huang, L.; Bouzid, Y.Y.; Kirschke, C.P.; Durbin-Johnson, B.; Baldiviez, L.M.; Bonnel, E.L.; Keim, N.L.; Korf, I.; Stephensen, C.B. Association of lactase persistence genotypes (rs4988235) and ethnicity with dairy intake in a healthy US population. *Nutrients* 2019, 11, 1860.
10. Kuchay, R.A.H. New insights into the molecular basis of lactase non-persistence/persistence: A brief review. *Drug Discov. Ther.* 2020, 14, 1–7.
11. Forsgård, R.A. Lactose digestion in humans: Intestinal lactase appears to be constitutive whereas the colonic microbiome is adaptable. *Am. J. Clin. Nutr.* 2019, 110, 273–279.
12. Porzi, M.; Burton-Pimentel, K.J.; Walther, B.; Vergères, G. Development of Personalized Nutrition: Applications in Lactose Intolerance Diagnosis and Management. *Nutrients* 2021, 13, 1503.
13. Deng, Y.; Misselwitz, B.; Dai, N.; Fox, M. Lactose Intolerance in Adults: Biological Mechanism and Dietary Management. *Nutrients* 2015, 7, 8020–8035.
14. Suri, S.; Kumar, V.; Prasad, R.; Tanwar, B.; Goyal, A.; Kaur, S.; Gat, Y.; Kumar, A.; Kaur, J.; Singh, D. Considerations for development of lactose-free food. *J. Nutr. Intermed. Metab.* 2019, 15, 27–34.
15. Bonder, M.J.; Kurilshikov, A.; Tigchelaar, E.F.; Mujagic, Z.; Imhann, F.; Vila, A.V.; Deelen, P.; Vatanen, T.; Schirmer, M.; Smeekens, S.P. The effect of host genetics on the gut microbiome. *Nat. Genet.* 2016, 48, 1407–1412.
16. Kurilshikov, A.; Medina-Gomez, C.; Bacigalupe, R.; Radjabzadeh, D.; Wang, J.; Demirkan, A.; Le Roy, C.I.; Raygoza Garay, J.A.; Finnicum, C.T.; Liu, X. Large-scale association analyses identify host factors influencing human gut microbiome composition. *Nat. Genet.* 2021, 53, 156–165.
17. Goodrich, J.K.; Davenport, E.R.; Beaumont, M.; Jackson, M.A.; Knight, R.; Ober, C.; Spector, T.D.; Bell, J.T.; Clark, A.G.; Ley, R.E. Genetic determinants of the gut microbiome in UK twins. *Cell Host Microbe* 2016, 19, 731–743.
18. Morelli, L.; Amrani, N.; Goulet, O.; Lukito, W. Lactose Intolerance: Clinical Symptoms, Diagnosis and Treatment. *Global Diabetes Open Access Journal*, 2019, 1(1), 1-10.
19. Dekker, P.J.T.; Koenders, D.; Bruins, M.J. Lactose-free dairy products: Market developments, production, nutrition and health benefits. *Nutrients* 2019, 11, 551.
20. Rangel, A.H.N.; Sales, D.C.; Urband, S.A.; Galvãd Júnidr, J.G.B.; de Andrade Netd, J.C.; Macêdd, C.S. Lactose intolerance and cow's milk protein allergy *Food Sci. Technol. Campinas* 2016, 36(2), 179-187.
21. Lule, V.K.; Garg, S.; Tomar, S.K.; Khedkar, C.D.; Nalage, D.N. Food Intolerance: Lactose Intolerance. In: *Encyclopedia of Food and Health*; Caballero, B., Finglas, P.M., Toldrá, F., Eds.; Academic Press: Oxford, UK, 2016, 43–48.
22. Itan, Y.; Jones, B.L.; Ingram, C.J.; Swallow, D.M.; Thomas, M.G. A worldwide correlation of lactase persistence phenotype and genotypes. *BMC Evol. Biol.* 2010, 10, 36.
23. Gille, D.; Walther, B.; Badertscher, R.; Bosshart, A.; Brügger, C.; Brühlhart, M.; Gauch, R.; Noth, P.; Vergères, G.; Egger, L. Detection of lactose in products with low lactose content. *Int. Dairy J.* 2018, 83, 17–19.

24. Bulgaru, V., Popescu, L., Siminiuc, R. Lactose intolerance and the importance of lactose-free dairy products in this condition (Review). *Journal of Social Sciences* 2021, 4 (4), 119 – 133.
25. Facioni, M.S.; Raspini, B.; Pivari, F.; Dogliotti, E.; Cena, H. Nutritional management of lactose intolerance: the importance of diet and food labelling. *Journal of Translational Medicine*, 2020, 18(1), 260.
26. Iannotti, L.; Muehlhoff, E.; McMahon, D. Review of milk and dairy programs affecting nutrition. *J. Dev. Effectiveness* 2013, 5(1), 82-115.
27. Costa, S.L.; Rossi, N.P.; Maldonado, R.R. Evaluation of lactose in milk and dairy products. In: *International Journal for Innovation Education and Research*, 2013, 1, 1–3.
28. Jana, A.H.; Mandal, P.K. Manufacturing and quality of mozzarella cheese: a review. In: *International Journal of Dairy Science* 2011, 6, 199–226.
29. Van der Merwe, J.; Steenekamp, J.; Steyn, D.; Hamman, J. The Role of Functional Excipients in Solid Oral Dosage Forms to Overcome Poor Drug Dissolution and Bioavailability. *Pharmaceutics* 2020, 12, 393.
30. Sethi, S.; Tyagi, S.K.; Anurag, R.K. Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: A review. *J. Food Sci. Technol.* 2016, 53, 3408–3423.
31. Obermayer-Pietsch, B.M.; Bonelli, C.M.; Walter, D.E.; Kuhn, R.J.; Fahrleitner-Pammer, A.; Berghold, A.; Goessler, W.; Stepan, V.; Dobnig, H.; Leb, G. Genetic predisposition for adult lactose intolerance and relation to diet, bone density, and bone fractures. *J. Bone Miner. Res.* 2004, 19, 42–47.
32. Joslin, S.E.; Durbin-Johnson, B.P.; Britton, M.; Settles, M.L.; Korf, I.; Lemay, D.G. Association of the lactase persistence haplotype block with disease risk in populations of European descent. *Front. Genet.* 2020, 11, 558762.
33. Churakova E. Peri, K.; Vis, J.S.; Smith, D.W.; Beam, J.M.; Vijverberg, M.P.; Stor, M.C.; Winter, R.T. Accurate analysis of residual lactose in low-lactose milk: Comparing a variety of analytical techniques. *International Dairy Journal*, 2019, 96, 126-131.
34. Perati, P.; de Borba, B.; Rohrer, J. Determination of Lactose in Lactose-Free Milk Products by High-Performance AnionExchange Chromatography with Pulsed Amperometric Detection. *Thermo Fisher Scientific, Application Note AN 248, AN70236\_E 10/12S*, Sunnyvale, CA, 2012, 1-8.
35. Monti, L.; Negri, S.; Meucci, A.; Stroppa, A.; Galli, A.; Contarini, G. Lactose, galactose and glucose determination in naturally “lactose free” hard cheese: HPAEC-PAD method validation. *Food Chem.* 2017, 220, 18–24.
36. van Scheppingen, W.B.; van Hilten, P.H.; Vijverberg, M.P.; Duchateau, A.L. Selective and sensitive determination of lactose in low-lactose dairy products with HPAEC-PAD. *J. Chromatogr. B* 2017, 1060, 395–399.
37. Ohlsson, J.A.; Johansson, M.; Hansson, H.; Abrahamson, A.; Byberg, L.; Smedman, A.; Lindmark-Månsson, H.; Lundh, Å. Lactose, glucose and galactose content in milk, fermented milk and lactose-free milk products. In: *International Dairy Journal*, 2017, 73, 151–154.
38. Trani, A.; Gambacorta, G.; Loizzo, P.; Cassone, A.; Fasciano, C.; Zambrini, A.V.; Faccia, M. Comparison of HPLC-RI, LC/MS-MS and enzymatic assays for the analysis of residual lactose in lactose-free milk. *Food Chem.* 2017, 233, 385–390.
39. Garbalo-Rubio, A.; Soto-Chinchilla, J.; Moreno, A.; Zafra-Gómez, A. Determination of residual lactose in lactose-free cow milk by hydrophilic interaction liquid chromatography (HILIC) coupled to tandem mass spectrometry. *J. Food Compos. Anal.* 2018, 66, 39–45.

40. Halbmayr-Jech, E.; Kittl, R.; Weinmann, P.; Schulz, C.; Kowalik, A.; Sygmund, C.; Brunelle, S. Determination of Lactose in Lactose Free and Low-Lactose Milk, Milk Products, and Products Containing Dairy Ingredients by the LactoSens® R Amperometry Method: First Action 2020.01. *J. AOAC Int.* 2020, 103, 1534–1546.
41. Mangan, D.; McCleary, B.V.; Culleton, H.; Cornaggia, C.; Ivory, R.; McKie, V.A.; Delaney, E.; Kargelis, T. A novel enzymatic method for the measurement of lactose in lactose-free products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2019, 99, 947-956.
42. [www.kbvresearch.com](http://www.kbvresearch.com). Accesat 10.02.2024.
43. Carević, M.B.; Vukašinović-Sekulić, M.S.; Banjanac, K.M.; Milivojević, A.D.; Ćorović, M.M.; Bezbradica, D.I. Characterization of  $\beta$ -galactosidase from *Lactobacillus acidophilus*: stability and kinetic study. *Advanced technologies*, 2017, 6(1) 5-13.
44. de Albuquerque, T.L.; de Sousa, M.; Gomes, E.S.N.C.; Girao Neto, C.A.C.; Goncalves, L.R.B.; Fernandez-Lafuente, R.; Rocha, M.V.P. Beta-Galactosidase from *Kluyveromyces lactis*: Characterization, production, immobilization and applications-A review. *Int. J. Biol. Macromol.* 2021, 191, 881–898.
45. Liu, P.; Xie, J.; Liu, J.; Ouyang, J. A novel thermostable beta-galactosidase from *Bacillus coagulans* with excellent hydrolysis ability for lactose in whey. *J. Dairy Sci.* 2019, 102, 9740–9748.
46. Harju, M.; Kallioinen, H.; Tossavainen, O. Lactose hydrolysis and other conversions in dairy products: technological aspects. *International Dairy Journal* 2012, 22(2), 104–109.
47. Kumar, P.; Sharma, N.; Ranjan, R.; Kumar, S.; Bhat, Z.; Jeong, D.K. Perspective of membrane technology in dairy industry: A review. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 2013, 26, 1347.
48. Qi, T.; Yang, D.; Chen, X.; Qiu, M.; Fan, Y. Rapid removal of lactose for low-lactose milk by ceramic membranes. *Sep. Purif. Technol.* 2022, 289, 120601.
49. Damin, B.; Kovalski, F.; Fischer, J.; Piccin, J.; Dettmer, A. Challenges and perspectives of the  $\beta$ -galactosidase enzyme. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2021, 105, 5281–5298.
50. Ureta, M.M.; Martins, G.N.; Figueira, O.; Pires, P.F.; Castilho, P.C.; Gomez-Zavaglia, A. Recent advances in beta-galactosidase and fructosyltransferase immobilization technology. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2021, 61, 2659–2690.
51. Savaiano, D.A.; Hutkins, R.W. Yogurt, cultured fermented milk, and health: A systematic review. *Nutr. Rev.* 2021, 79, 599–614.
52. Lima T. et al. Manufacture of a fermented dairy product using whey from sheep's milk cheese: an alternative to using the main by-product of sheep's milk cheese production in small farms. *International Dairy Journal*, 2020, 111, 104833.
53. Facioni, M.S.; Dominici, S.; Marescotti, F.; Covucci, R.; Taglieri, I.; Venturi, F.; Zinnai, A. Lactose Residual Content in PDO Cheeses: Novel Inclusions for Consumers with Lactose Intolerance. *Foods* 2021, 10, 2236.
54. Yamamoto, E.; Watanabe, R.; Ichimura, T.; Ishida, T.; Kimura, K. Effect of lactose hydrolysis on the milk-fermenting properties of *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* 2038 and *Streptococcus thermophilus* 1131. *J. Dairy Sci.* 2021, 104, 1454–1464.
55. Martins, A.R.; Monteiro, R.L.; Burkert, J.F.d.M.; Burkert, C.A.V. Simultaneous enzymatic hydrolysis and lactic fermentation to obtain a yogurt with low lactose content. *Ciência E Agrotecnologia* 2012, 36, 551–559.
56. Li, B.; Wang, Z.; Li, S.; Donelan, W.; Wang, X.; Cui, T.; Tang, D. Preparation of lactose-free pasteurized milk with a recombinant thermostable  $\beta$ -glucosidase from *Pyrococcus furiosus*. *BMC Biotechnology* 2013, 13, 73.

57. Pereira, P.C. Milk nutritional composition and its role in human health. *Nutrition* 2014, 30(6), 619-627.
58. Silanikove, N.; Leitner, G.; Merin, U. The interrelationships between lactose intolerance and the modern dairy industry: global perspectives in evolutionary and historical backgrounds. *Nutrients* 2015, 7, 7312–7331.
59. Wahlqvist, M.L. Lactose nutrition in lactase nonpersisters. *Asia Pacific Journal Clinical Nutrition* 2015, 24, 21–25.
60. Hodges, J.; Cao, S.; Cladis, D.; Weaver, C. Lactose intolerance and bone health: The challenge of ensuring adequate calcium intake. *Nutrients* 2019, 11, 1-17.
61. da Silva, F.I.; Souza, F.A.; Ruschel, J.; Badaró, A.C.L.; de Castro-Cislaghi, F.P.; Quast, L.B.; Bertan, L.C.; Quast, E. Production of naturally “lactose free” fresh cheese. *Research, Society and Development* 2020, 9(10), e4619108590.
62. Tomar, B. Lactose intolerance and other disaccharidase deficiency. *Indian Journal Pediatric* 2014, 81, 876-880.
63. Oliveira, C.; Guimaraes, P.; Domingues, L. Recombinant microbial systems for improved beta-galactosidase production and biotechnological applications. *Biotechnology Advances* 2011, 29(6), 600–609.
64. Husain Q. Beta galactosidases and their potential applications: a review. *Crit. Rev. Biotechnology* 2010, 30(1), 41–62.
65. Popescu, L.; Bulgaru, V.; Siminiuc, R. Effect of Temperature, pH and Amount of Enzyme Used in the Lactose Hydrolysis of Milk. *Food and Nutrition Sciences* 2021, 12, 1243-1254.
66. Ivory, R.; Mangan, D.; McCleary, B.V. Lactose Concentration in Low-Lactose and Lactose-Free Milk, Milk Products, and Products Containing Dairy Ingredients by High Sensitivity Enzymatic Method (K-LOLAC). *Journal of AOAC International*, 2022, 105 (6), 1617-1624.
67. Harju, M.; Kallioinen, H.; Tossavainen, O. Lactose hydrolysis and other conversions in dairy products: technological aspects. *International Dairy Journal* 2012, 22(2), 104–109.
68. Bosso, A.; Morioka, L.R.; Santos, L.F.; Suguimoto, H.H. Lactose hydrolysis potential and thermal stability of commercial  $\beta$ -galactosidase in UHT and skimmed milk. *Food Sci. Technol, Campinas* 2016, 36(1), 159-165.
69. Carević, M.B.; Vukašinović-Sekulić, M.S.; Banjanac, K.M.; Milivojević, A.D.; Ćorović, M.M.; Bezbradica, D.I. Characterization of  $\beta$ -galactosidase from lactobacillus acidophilus: stability and kinetic study. *Advanced technologies* 2017, 6(1), 5-13.
70. Zagorska, J.; Ciprovica, I.; Straumite, E.; Majore, K. Acceptance of low-sugar yoghurt among Latvian teenagers. *Agronomy Research* 2020, 18(S3), 1897–1905.
71. McCain, H.; Kaliappan, S.; Drake, M. Invited review: Sugar reduction in dairy products. *Journal of Dairy Science* 2018, 101(10), 8619–8640.
72. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Codex Alimentarius, Milk and Milk Products. 2nd. Rome, 2011.
73. Hill, C.; Guarner, F.; Reid, G.; Gibson, G.R.; Merenstein, D.J.; Pot, B.; Morelli, L.; Canani, R.B.; Flint, H.J.; Salminen, S.; Calder, P.C.; Sanders, M.E. Expert consensus document. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol.* 2014, 11, 506–514.
74. Ashraf, R.; Shah, N.P. Immune system stimulation by probiotic microorganisms. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2014, 54, 938–56.

75. Marette, A.; Picard-Deland, E. Yogurt consumption and impact on health: focus on children and cardiometabolic risk. *Am J Clin Nutr.* 2014, 99, 1243S–7.
76. Food intolerances. European Food Safety Authority, 2010. <https://foodintolerances.org/en/food-dictionary/lactose-content-of-food>
77. European Food Safety Authority. Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to live yoghurt cultures and improved lactose digestion. *EFSA Journal*, 2010, 8, 1763.
78. Kies, A.K. Authorised EU health claims related to the management of lactose intolerance: Reduced lactose content, dietary lactase supplements and live yoghurt cultures. In: Sadler M.J., editor. *Foods, Nutrients and Food Ingredients with Authorised EU Health Claims*. Woodhead Publishing; Cambridge, UK: 2014. 177–211.
79. Savaiano, D.A. Lactose digestion from yogurt: Mechanism and relevance. *Am. J. Clin. Nutr.* 2014, 99, 1251S–1255S.
80. Eri, Y.; Reiko, W.; Takefumi, I.; Tatsuya, I.; Katsunori, K. Effect of lactose hydrolysis on the milk-fermenting properties of *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* 2038 and *Streptococcus thermophilus* 1131. *J Dairy Sci.* 2021, 104 (2), 1454-1464.
81. Szilagyi, A.; Ishayek, N. Lactose Intolerance, Dairy Avoidance, and Treatment Options. *Nutrients* 2018, 10(12), 1994.
82. Ojetti, V.; Gigante, G.; Gabrielli, M.; Ainora, M.E.; Mannocci, A.; Lauritano, E.C.; Gasbarrini, G.; Gasbarrini, A. The effect of oral supplementation with *Lactobacillus reuteri* or tilactase in lactose intolerant patients: Randomized trial. *Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci.* 2010, 14, 163–170.
83. Malolepszy, P.; Shrier, I.; Szilagyi, A. Adaptation to lactose may not be achieved by long term ingestion of a multi-species containing probiotic: An extended study. *Int. J. Probiotics Prebiotics*, 2006, 1, 113–120.
84. Almeida, C.C.; Lorena, S.L.; Pavan, C.R. Akasaka, H.M.I.; Mesquita, M.A. Beneficial effects of long-term consumption of a probiotic combination of *Lactobacillus casei* Shirota and *Bifidobacterium breve* Yakult may persist after suspension of therapy in lactose-intolerant patients. *Nutr. Clin. Pract.* 2012, 27, 247–251.
85. Oak, S.J.; Jha, R. The effects of probiotics in lactose intolerance: A systematic review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2018, 57, 1–9.
86. Silanikove, N.; Leitner, G.; Merin, U. The Interrelationships between lactose intolerance and the Modern Dairy Industry: Global Perspectives in Evolutional and Historical Backgrounds. *Nutrients* 2015, 7, 7312–7331.
87. Pachekrepapol, U.; Somboonchai, N.; Krimjai, W. Physicochemical, rheological, and microbiological properties of lactose-free functional yogurt supplemented with fructooligosaccharides. *Journal of food processing and preservation* 2021, 45(1), e15017.
88. Matijević, B.; Božanić, R.; Tratnik, Lj. Optimizing enzymatic hydrolysis of lactose in a sweet whey. In *4th IDF Dairy Science and Technology Week*, Reen., 2009, 65 p.
89. Ibarra, A.; Acha, R.; Calleja, M.-T.; Chiralt-Boix, A.; Wittig, E. Optimization and shelf life of a low-lactose yogurt with *Lactobacillus rhamnosus* HN001. *Journal of Dairy Science* 2012, 95(7), 3536-48.
90. Pradeep Prasanna, P. H., Charalampopoulos, D. Encapsulation in an alginate goats' milk inulin matrix improves survival of probiotic *Bifidobacterium* in simulated gastrointestinal conditions and goats' milk yoghurt. *International Journal of Dairy Technology* 2019, 72(1), 132-141.
91. Beltrán, M. C.; Morari-Pirlog, A.; Quintanilla, P.; Escriche, I.; Molina, M.P. Influence of enrofloxacin on the coagulation time and the quality parameters of goat's milk yoghurt. *International Journal of Dairy Technology* 2017, 71(1), 105-111.

92. Gashaw Getaneh, D.; Mebrat, A.; Wubie, A.; Kendie, H. Review on Goat Milk Composition and its Nutritive Value. *Journal of Nutrition and Health Sciences* 2016, 3(4), 10.
93. López-Aliaga, I.; Díaz-Castro, J.; Alférez, M.J.M.; Barrionuevo, M.; Campos, M.S. A review of the nutritional and health aspects of goat milk in cases of intestinal resection. *Dairy Sci. Technol.* 2010, 90, 611–622.
94. Medeiros, G.K.V.V.; Queiroga, R.C.R.E.; Costa, W.K.A., et al. Proteomic of goat milk whey and its bacteriostatic and antitumor potential. *International Journal of Biological Macromolecules* 2018, 113(1), 116-123.
95. Fangmeier, M.; Kemerich, G. T.; Machado, B. L.; Maciel, M. J.; Souza, C.F.V. Effects of cow, goat, and buffalo milk on the characteristics of cream cheese with whey retention. *Food Science and Technology (Campinas)* 2019, 39(1), 122-128
96. Ranadheera, C. S.; Evans, C. A.; Baines, S. K., et al. Probiotics in goat milk products: Delivery capacity and ability to improve sensory attributes. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 2019, 18, 867-882.
97. Araújo, N.G.; da Silva, J.B.; Moreira, R.T.; Cardarelli, H.R. Effect of temperature and concentration of  $\beta$ -galactosidase on the composition of reduced lactose pasteurized goat milk. *Food Science and Technology Campinas* 2021, 41(2), 432-438.
98. Cais-Sokolińska, D.; Wójtowski, J.; Pikul, J.; Danków, R.; Majcher, M.; Teichert, J.; Bagnicka, E. Formation of volatile compounds in kefir made of goat and sheep milk with high polyunsaturated fatty acid content. *J Dairy Sci.* 2015, 98(10), 6692-705.
99. Popescu, L.; Bulgaru, V.; Siminiuc, R. Effects of lactose hydrolysis and milk type on the quality of lactose-free yoghurt. *Journal of Engineering Science* 2022, 29(4), 164 – 175.
100. Schmidt, C.; Mende, S.; Rohm, H. Fermented milk products: effects of lactose hydrolysis and fermentation conditions on the rheological properties. *Dairy Sci. Technol.* 2016, 96, 199–211.
101. Sfakianakis, P.; Tzia, C. Conventional and innovative processing of milk for yogurt manufacture; development of texture and flavor: A review. *Foods* 2014, 3, 176–193.
102. Kárnyáczki, Z.; Csanádi, J. Texture profile properties, sensory evaluation, and susceptibility to syneresis of yoghurt prepared from lactose-free milk. *Acta Aliment.* 2017, 46 (4), 403–410.
103. Vénica, C.I.; Bergamini, C.V.; Zalazar, C.A.; Perotti, M.C. Effect of lactose hydrolysis during manufacture and storage of drinkable yogurt. *J Food Nutr Disord* 2013, 2, 5.
104. Khabibullaev, J.; Zagorska, J.; Galoburda, R.; Cinkmanis, I. Rheological properties of lactose-free yoghurt in relation to enzyme concentrations. *Conference: 13th Baltic Conference on Food Science and Technology “FOOD. NUTRITION. WELL-BEING”* 2019, 40-44.
105. Bulgaru, V.; Cuşmenco, T.; Macari, A.; Botezat, O. Rheological and textural properties of goat's milk and mixture of goat's and cow's milk fruit yogurt. *Journal of engineering science* 2020, 27(4), 172-182.
106. Miocinovic, J.; Miloradovic, Z.; Hovjecki, M. Rheological and textural properties of goat and cow milk set type yoghurts. *International Dairy Journal* 2015, 58, 43-45.