



**Universitatea Tehnică a Moldovei**

**PROGRESE ALE APLICĂRII TEHNOLOGIILOR  
EMERGENTE ÎN INDUSTRIA LAPTELUI**

**Student :**

**Ciugureanu Iana**

**Conducător :**

**Bulgaru Viorica,  
dr.conf.univ.**

**Chișinău, 2024**

## REZUMAT

Teza de master cu tema: „**Progrese ale aplicării tehnologiilor emergente în industria laptelui**”, autor Ciugureanu Iana, este structurată în 4 capitole: introducere, tehnologii emergente de procesare a alimentelor, tehnologia de procesare a laptelui cu utilizarea ultrasunetului, efectul aplicării ultrasunetelor în prelucrarea laptelui asupra indicilor de calitate, elaborarea planului HACCP privind producerea laptelui prelucrat cu ultrasunete, concluzii și recomandări, referințe bibliografice. Memoriu explicativ se prezintă pe 68 pagini și include: 7 tabele, 14 figuri și 78 surse bibliografice.

**Cuvinte-cheie:** lapte, ultrasunete, tehnologii emergente, cavitație, compoziție chimică.

**Scopul:** stabilirea impactului procesului de tratare cu ultrasunet asupra stabilității fizico-chimice și microbiologice a laptelui.

### **Obiective:**

1. Studiarea tehnologiile emergente de procesare a produselor alimentare.
2. Studiarea metode de prelucrare cu ultrasunet a produselor alimentare și impactul lor asupra acestora.
3. Identificarea și caracterizarea efectelor tratamentului cu ultrasunete asupra compoziției chimice și a indicilor de calitate a laptelui.
4. Elaborarea și implementarea planului HACCP privind producerea laptelui prelucrat cu ultrasunete.

Teza de master conține un studiu de referință amplu despre evaluarea cercetărilor efectuate în țară și străinătate, referitoare la progresele tehnologiilor emergente utilizate în industria laptelui. În capitolul 1 sunt discutate avantajele și dezavantajele diferitor tehnologii emergente specific industriei alimentare. În capitolul 2 și 3 sunt descries tehnologiile de procesare a laptelui cu utilizarea ultrasunetului și impactul acestei tehnici emergente asupra indicilor de calitate a laptelui, modificări a compoziției chimice. Capitolul 4 include un plan HACCP privind procesul tehnologic de prelucrare a laptelui cu ultrasunet.

## SUMMARY

The master's thesis with the theme: "Progress in the application of emerging technologies in the milk industry", author Ciugureanu Iana, is structured as follows: introduction, emerging food processing technologies, milk processing technology using ultrasound, the effect of applying ultrasound in milk processing on quality indices, the development of the HACCP plan regarding the production of milk processed with ultrasound, conclusions and recommendations, bibliographic references. The explanatory memorandum is presented on 68 pages and includes: 7 tables, 14 figures and 78 bibliographic sources.

**Keywords:** milk, ultrasound, emerging technologies, cavitation, chemical composition.

**The purpose of the master's thesis** was to establish the impact of the ultrasound treatment process on the physico-chemical and microbiological stability of milk.

**Objectives:**

1. Studying emerging food processing technologies.
2. Studying ultrasonic processing methods of food products and their impact on them.
3. Identification and characterization of the effects of ultrasound treatment on the chemical composition and quality indices of milk.
4. Elaboration and implementation of the HACCP plan regarding the production of ultrasonically processed milk.

The master's thesis contains an extensive reference study on the evaluation of research carried out in the country and abroad, regarding the progress of emerging technologies used in the dairy industry. In chapter 1, the advantages and disadvantages of different emerging technologies specific to the food industry are discussed. Chapters 2 and 3 describe milk processing technologies using ultrasound and the impact of this emerging technique on milk quality indices, changes in chemical composition. Chapter 4 includes a HACCP plan regarding the technological process of ultrasonic milk processing.

## CUPRINS

<b>INTRODUCERE.....</b>	<b>8</b>
<b>1.TEHNologii EMERGENTE DE PROCESARE A ALIMENTELOR.....</b>	<b>9</b>
1.1 Clasificarea tehnologiilor emergente utilizate în industria laptelui.....	9
1.2 Ultrasunetul.....	10
1.3 Presiune ultra înaltă.....	14
1.4 Tehnici de membrană.....	18
1.5 Concluzii capitolul 1.....	22
<b>2.TEHNologia DE PROCESARE A LAPTELUI CU UTILIZAREA</b>	
<b>ULTRASUNETULUI.....</b>	<b>24</b>
2.1 Prelucrarea laptelui cu utilizarea ultrasunetului de intensitate înaltă.....	24
2.2 Prelucrarea cu utilizarea ultrasunetului de intensitate joasă.....	27
2.3 Concluzii capitolul 2 .....	28
<b>3. EFECTUL APLICĂRII TRATAMENTULUI CU ULTRASUNETE ÎN</b>	
<b>PRELUCRAREA LAPTELUI ASUPRA INDICILOR DE CALITATE.....</b>	<b>30</b>
3.1 Efectul asupra proprietăților chimice a laptelui.....	30
3.2 Efectul asupra proprietăților organoleptice a laptelui.....	47
3.3 Efectul asupra proprietăților microbiologice a laptelui.....	48
3.4 Efectul asupra proprietăților funcționale a laptelui.....	49
3.5 Concluzii capitolul 3.....	49
<b>4. ELABORAREA PLANULUI HACCP PRIVIND PRODUCEREA LAPTELUI</b>	
<b>PRELUCRAT CU ULTRASUNETE.....</b>	<b>51</b>
4.1. Planul calității în proces de fabricație-lapte prelucrat cu ultrasunete.....	52
4.2 Planul calității produsului finit-lapte prelucrat cu ultrasunete.....	53
4.3 Analiza pericolelor 8.5.2 ISO.....	55
4.4. Identificarea punctelor critice de control (PCC) .....	56
4.5 Planul de control al pericolelor - Plan HACCP.....	57
4.6 Planul de control al pericolelor .....	60
<b>CONCLUZII GENERALE.....</b>	<b>61</b>
<b>BIBLIOGRAFIE.....</b>	<b>62</b>

## INTRODUCERE

Produsele lactate sunt o componentă esențială a unei diete complete pentru populație. Laptele de băut este o sursă de elemente minerale, are un efect restabilizator pronunțat asupra sănătății consumatorului. În lumea modernă, în condiții de concurență acerbă pe piață, produsele lactate sunt produse alimentare pentru fabricarea cărora se folosesc diverse tehnologii noi pentru a obține produse cu indici de calitate, compoziție chimică sporită. O tendință relativ nouă în tehnologia de prelucrare a laptelui este procesarea cu ultrasunete a laptelui sau sonicarea laptelui.

Aplicarea ultrasunetelor constă în potențialul de a oferi beneficii semnificative industriei lactate, cum ar fi posibile economii de costuri și proprietăți îmbunătățite ale produsului, capabil să înlocuiască sau să asiste multe aplicații convenționale de prelucrare a produselor lactate.

Utilizarea ultrasunetelor în procesare este deja folosită pentru a forma o serie de produse noi care nu pot fi obținute prin metodele clasice de prelucrare. „Sonicarea” laptelui crud poate avea un impact semnificativ asupra stabilității microbiologice și proprietăților structurale ale laptelui. În același timp, această tehnologie presupune un cost redus de implementare, care poate crește eficiența economică a producției de produse lactate.

Utilizarea ultrasunetelor în industria produselor lactate este încă un subiect de cercetare. Cea mai importantă etapă în dezvoltarea oricărei noi tehnologii este crearea principiilor de gestionare a calității proceselor, prin formarea de idei teoretice despre proces, determinarea punctelor critice de control și desemnarea limitelor. Rezultatul acestei lucrări este dezvoltarea unui sistem conceptual al calității aplicabil proceselor acestei tehnologii.

Teza de master își propune să formuleze un concept de management al riscului în producția de lapte prin prelucrarea cu ultrasunete.

**Scopul:** stabilirea impactului procesului de tratare cu ultrasunet asupra stabilității fizico-chimice și microbiologice a laptelui.

### **Obiective:**

1. Studiarea tehnologiile emergente de procesare a produselor alimentare.
2. Studiarea metode de prelucrare cu ultrasunet a produselor alimentare și impactul lor asupra acestora.
3. Identificarea și caracterizarea efectelor tratamentului cu ultrasunete asupra compoziției chimice și a indicilor de calitate a laptelui.
4. Elaborarea și implementarea planului HACCP privind producerea laptelui prelucrat cu ultrasunete.

## BIBLIOGRAFIE

1. MASON, T.J., PANIWNUK, J.P. The uses of ultrasound in food technology. *Ultrasonics Sonochemistry*, 3(3),1996, pp.253-260. [https://doi.org/10.1016/S1350-4177\(96\)00034-X](https://doi.org/10.1016/S1350-4177(96)00034-X)
2. MASON, T.J., RIERA, E., VERCET, A., LOPEZ-BUCŞA, P. Application of ultrasound. *Emerg. Technol in Food Process* 2005, pp. 323–351.  
doi: 10.1016/Besch-012676757-5/50015-3.
3. WU, H., HULBERT, G.J., MOUNT, J.R. Effects of ultrasound on milk homogenization and fermentation with yogurt starter. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 1, 2000, pp. 211–218.  
doi: 10.1016/S1466-8564(00)00020-5.
4. ДУНЧЕНКО, Н., ЯНКОВСАЯ, В. Научные основы управления качеством пищевых продуктов. *М. ПГАУ-МСХА*, 2017, стр.150.
5. SCHMIDT, V. Microbial biodiversity, quality and shelf life of microfiltered and pasteurized extended shelf life (ESL) milk from Germany, Austria and Switzerland, *International journal of food microbiology*,2012, pp. 1-9
6. ТС, Т. Р. О безопасности пищевой продукции. Утвержден решением *Комиссии Таможенного союза*, 021,2011, с. 9.
- 7.ТИХОМИРОВА, Н., Сонохимическая обработка молочных продуктов, *Переработкамолока (8)*,2011, с. 40-43
8. SORIA, A.C., VILLAMIEL, M. Effect of ultrasound on the technological properties and bioactivity of food, *Trends Food Sci. Technol.* 21 (7), 2010, pp. 323-331
9. ASHOKKUMAR, M., BHASKARACHARYA, R., KENTISH, S., LEE, J., PALMER, M., ZISU, B. The ultrasonic processing of dairy products. *An overview Dairy Sci. Technol.*, 90(2-3),2010, pp. 147-168.
10. JELICIC, I., BOZANIC, R., BRNCIC, M., TRIPALO, B. Influence and comparison of thermal, ultrasonic and thermo-sonic treatments on microbiological quality and sensory properties of rennet cheese whey. *Mljekarstvo*, 62(3), 2012, pp. 165-178.
11. YAMAMOTO, K. Food processing by high hydrostatic pressure. *Bioscience, Biotechnology. Biochemistry*, 2017, pp. 672-679. doi.org/10.1080/0916 8451.2017.1281723)
12. TRUJILLO, A.J. Applications of high-hydrostatic pressure on milk and dairy products. *High Pressure Research*,2002, pp. 619-626. doi.org/10.1080/08957950212449
13. PINTO, C.A., MOREIRA, S., FIDALGO, L., INACIO, R., BARBA, F.J.,& SARAIVA, J.A. Effects of high-pressure processing on fungi spores: Factors affecting spore germination and inactivation and impact on ultrastructure. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(2), pp. 553-573.

doi.org/10.1111/1541-4337.12534)

14. DASH, K., FAYAZ, U., DAR, A.H., SHAMS, R., MANZOOR, S., SUNDARSHINGH, A., DEKA, P., & KHAN, S.A. A comprehensive review on heat treatments and related impact on the quality and microbial safety of milk and milk-based products. *Food Chemistry Advances*, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100041>
15. DHANASHEKAR, R., AKKINEPALLI, S., & NELLUTLA, A. Milk-borne infections. An analysis of their potential effect on the milk industry. *Germs*, 2(3), 2012, pp.101-109. doi.org/10.11599/germs.2012.1020
16. CHIOZZI, V., AGRIOPOULOU, S., & VARZAKAS, T. Advances, applications, and comparison of thermal (pasteurization, sterilization, and aseptic packaging) against non-thermal (ultrasounds, UV radiation, ozonation, high hydrostatic pressure) technologies in food processing, *Appl Sci.*, 12(4), 2022. <https://doi.org/10.3390/app12042202>
17. KATSAROS, G., ALEXANDRAKIS, Z., & TAOUKIS, P. High-pressure processing of foods technology and application. *Handbook of Food Processing. Food Preservation*, CRC Press, 2016, pag. 443-468. DOI: 10.1201/b19397-13
18. ZAGORSKA, J., GALOBURDA, R., RAITA, S., LIEPA, M., Inactivation and recovery of bacterial strains, individually and mixed, in milk after high pressure processing. *International Dairy Journal*, 2021, pp. 105-147. doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105147)
19. DURAES-CARVALHO, R., SOUZA, A.R., MARTINS, M.L., SPROGIS, A.C.S., BISPO, J.A.C., BONAFE, C.F.S., YANO, T. Effect of high hydrostatic pressure on *Aeromonas hydrophila* AH 191 growth in milk. *In Journal of Food Science*, 7(8), 2012, pp. 417-424. doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012
20. WANG, C.Y., HUANG, H.W., HSU, C.P., YANG, B.B. Recent advances in food processing using high hydrostatic pressure technology. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56, 2016, pp.527-540.
21. ANEMA, S.G., STOCKMAN, R., & LOWE, E. K. Denaturation of beta-lactoglobulin in pressure-treated skim milk. *J Agric Food Chem.* 53(20), 2005, pp.7783-7791. doi.org/10.1021/jf050326x
22. MUNIR, M., NADEEM, M., MAHMOOD-QURESHI, M., GAMLATH, C.J., MARTIN, G.J.O., HEMAR, Y., ASHOKKUMAR, M. Ultrasound Effect of sonication, microwaves and high-pressure processing on ACE-inhibitory activity and antioxidant potential of Cheddar cheese during ripening, *Ultrasonics, Sonochemistry*, 67, 2020, pp.105-140. doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105140.
23. YANG, S., LIU, G., MUNK, D.M.E., QIN, Z., PETERSEN, M.A., AHRNE, L., CARDOSO, D.R., OTTE, J., AHRNE, L. Cycled high hydrostatic pressure processing of whole and skimmed

- milk: Effects on physicochemical properties, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 63, 2020, ISSN: 102-378.
24. GHARIBZAHEDI, S.M.T., HERNANDEZ-ORTEGA, C., WELTI-CHANES, J., PUTNIK, P., BARBA, F.J., MALLIKARJUNAN, K., ESCOBETO-AVELLANEDA, Z., ROOHINEJAD, S. High pressure processing of food-grade emulsion systems: Antimicrobial activity, and effect on the physicochemical properties, *Food Hydrocolloids*, 63, 2019, pp.307-320.
25. FIELD, R.W., BEKASSY-MOLNAR, E., LIPNIZKI, F., GYULA, V. *Engineering Aspects of Membrane Separation and Application in Food processing*: Eds.CRC Press. Ch.: S. n., 2017, pp.390, ISBN 978-1315-374-90-1.
26. TORO-SIERRA, A., TOLKACH, U. Fractionation of  $\alpha$ -Lactalbumin and  $\beta$ -Lactoglobulin from whey protein isolate using selective thermal aggregation: An optimized membrane separation procedure and re-solubilization techniques at pilot plant scale. *Food Bioprocess Technology*, 6 (4), 2013, pp.43.
27. DELORME, M.M., GUIMARÃES, J.T., COUNTINHO, N.M., BALTAZHAR, C.F., ROCHA, R.S., MARGALHO, L.P., PIMENTEL, T.C., MARCIA, C.S., FREITAS, M.Q., GRANATO, D., ANDERSON, S., CRUZ, A.G. Ultraviolet radiation: An interesting technology to preserve quality and safety of milk and dairy foods. *Elsevier*, 10(2), 2020 pp.146–154.
28. PENDYALA, B., PATRAS, A., GOPISETTY, S.V.V., SASGES, M. UV-C inactivation of microorganisms in a highly opaque model fluid using a pilot scale ultra-thin film annular reactor: Validation of delivered dose. *Elsevier*, Tennessee State University, Nashville, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110403>.
29. RIBEIRO, N.G., XAVIER -SANOS, D., CAMPELO, P.H., GUIMARAES, J.T., PIMENTEL, T.C., DUARTE, M.C.K. Dairy foods and novel thermal and non-thermal processing: A bibliometric analysis. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 102934, vol.76, 2022. doi: 10.1016/j.ifset.2022.102934.
30. GUIMARAES, J.T., BALTHAZAR, C.F., SCUDINO, H., PIMENTEL, T.C., ESMERINO, E.A., ASHOKKUMAR, M., FREITAS, M.Q., CRUZ, A.G. High-intensity ultrasound: A novel technology for the development of probiotic and prebiotic dairy products(review). *Ultrason Sonochem.* 57,2019, pp.12–2. doi: 10.1016/j.ultsonch.2019.05.004
31. CHAVEZ-MARTINEZ, A., REYES-VILLAGRANA, R.A., RENTERIA-MONTEERRUBIO, A.L., SANCHEZ-VEGA, R., TIRADO-GALLEGOS, J. M., BOLIVAR-JACOBO, N,A. Low and High-Intensity Ultrasound in Dairy Products: Applications and Effects on Physicochemical and Microbiological Quality. *Journal List Foods*, 9(11): 1688, 18.11.2020, PMID: 33218106 doi: 10.3390/foods9111688.



32. MONTEIRO, S.H., SILVA, E.K., ALVARGANDA, V.O., MORAES, J., FREITAS, M.Q., SILVA, M.C., RAICES, R.S., Effects of ultrasound energy density on the non-thermal pasteurization of chocolate milk beverage. *Ultrasonics Sonochemistry*, vol.42, 2018, pp. 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2017.11.015>.
33. GUIMARAES, J.T., ALVARGANDA, O., RODRIGUES COSTA, A. L., SILVA, E.K. Physicochemical changes and microbial inactivation after high-intensity ultrasound processing of prebiotic whey beverage applying different ultrasonic power levels. *Ultrasonics Sonochemistry*, 44, 2019. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2018.02.012
34. BJØRNØ, L., CLAYTON, L. Ultrasound in the Food Industry. In *Ultrasonics International 91*, Eds.; Butterworth-Heinemann: Le Touquet, France, 1991, pp. 23–29.
35. CHANDRAPALA, J., MARTIN, G., ZISU, B., KENTISH, S.E., ASHOKKUMAR, M. The Effect of Ultrasound on Casein Micelle Integrity. *J. Dairy Sci.* 95, 2012, pp., 6882–6890.
36. ERTUGAY, M.F., ŞENGÜL, M. Effect of Ultrasound Treatment on Milk Homogenization and Particle Size Distribution of Fat. *Turc. J. Vet. Anim. Sci.*, 28, 2004; pp. 303–308.
37. PERDIH, T.S., ZUPANC, M., DULAR, M. Revision of the Mechanisms Behind Oil-Water (O/W) Emulsion Preparation by Ultrasound and Cavitation. *Ultrason. Sonochem.*, 2019, 51, pp.298–304.
38. ASLAN, D., DOGAN, M. The Influence of Ultrasound on the Stability of Dairy-Based, Emulsifier-Free Emulsions: Rheological and Morphological Aspect. *Eur. Food Res. Technol.* 2017, 244, pp. 409–421.
39. ZLATEV, Z., PEHLIVANOVA, T., DIMITROVA, A., BAYCHEVA, S., TANEVA, I., KEREMIDCHIEVA, K. Dezvoltarea unui dispozitiv cu ultrasunete pentru evaluarea calității iaurtului. *Ing. Rev.* 2018, 38, pp.279–287.
40. DWYER, C., DONNELLY, L., BUCKIN, V. Analiza cu ultrasunete a proceselor de pregelificare și gelificare induse de cheag în lapte. *J. Lactate Res.* 2005, 72, pp. 303–310.
41. KOC, A.B., OZER, B. Nondestructive Monitoring of Renetted Whole Milk during Cheese Manufacturing. *Food Res. Int.* 2008, 41, 745–750.
42. EWE, J.A., WAN-ABDULLAH, W.N., ALIAS, A.K., LIONG, M.T. Efectele ultrasunetelor asupra creșterii, bioconversiei izoflavonelor și proprietăților probiotice ale părintelui și ale pasajelor ulterioare ale *Lactobacillus fermentum* BT 8633 în laptele de soia suplimentat cu biotină. *Ultrasunete Sonochem.*, 9(4), 2012, pp. 890 – 900.
43. EWE, J.A., WAN-ABDULLAH, W. N., ALIAS, A.K., LIONG, M.T. Effects of ultrasound on growth, bioconversion of isoflavones and probiotic properties of parent and subsequent passages of *Lactobacillus fermentum* BT 8633 in biotin-supplemented soymilk. *Ultrason. Sonochem.* 19(4), 2012, pp. 890–900.

44. ULUKO, H., LIU, L., LI, H., CUI, W., ZHANG, S., ZHAO, L., XUE, H., LV, J. Effect of power ultrasound pretreatment on peptidic profiles and angiotensin converting enzyme inhibition of milk protein concentrate hydrolysates: improving milk protein concentrate hydrolysates functionality using ultrasound. *J. Sci. Food Agric*, 2014, 94(12), pp. 2420–2428.
45. AHMADI, Z., S.M.A. RAZAVI, S.M.A., VARIDI, M. Sequential ultrasound and transglutaminase treatments improve functional, rheological, and textural properties of whey protein concentrate. *Innovative Food Sci. Emerg. Technol.*, 43, 2017, pp. 207-215.
46. ARZENI, C., MARTINEZ, K., ZEMA, P., ARIAS, A., PEREZ, O.E., PILOSO, F.A.M.R. Comparative study of high intensity ultrasound effects on food proteins functionality *J. Food Eng.*, 108 (3), 2012, pp. 463-472.
47. FRYDENBERG, R.P., HAMMERSOJ, M., ANDERSEN, U., WIKING, L. Efectele ultrasunetelor de mare intensitate asupra gelurilor izolate de proteine din zer induse de căldură depind de raportul  $\alpha$ -lactalbumină:  $\beta$ -lactoglobulină. *Int. Dairy J.* 56, 2016, pp.1–3.
48. XUE, S., TIANQI, F., GAO, F., MINGRUO, G. Effects of ultrasound treatment on physicochemical and emulsifying properties of whey proteins pre- and post-thermal aggregation, *Food Hydrocolloids*, 63, 2016, pp. 668-676.
49. LUIS, M., CARRILLO, L., IVAN, A., GARCIA, G., TIRADO -GALLEGO, J.M., SANCHEZ-VEGA, R., HUERTA-JIMENEZ, M., ASHOKKUMAR, M. Recent advances in the application of ultrasound in dairy products: Effect on functional, physical, chemical, microbiological and sensory properties. *Ultrasonics Sonochemistry*, 73, 2021, 105467. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105467>
50. NGUYEN, H.A., SKELTE, G.A. Ultrasonication of reconstituted whole milk and its effect on acid gelation. *Food Chem*, 217, 2017, pp. 593-601. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.08.117.
51. ZHANG, H., ZHAO, X., CHEN, X., XINGLIAN, X. Thoroughly review the recent progresses in improving O/W interfacial properties of proteins through various strategies. *Frontiers in Nutrition*, 9: 1043809, 2022.
52. YANJUN, S., JIANHANH, C., SHUWEN, Z., HONGJUAN, L., JING, L., LU, L., ULUKO, H., YANLING, S., WENMING, C., WUPEN, G., JIAPING, L. Effect of power ultrasound pre-treatment on the physical and functional properties of reconstituted milk protein concentrate. *J. Food Eng.* 124, 2014, pp. 11–18. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2013.09.013
53. STANIC-VUCINIC, D., STOJADINOVIC, M., ATANASKOVIC-MARKOVIC, M., OGNJENOVIC, J., GRONLUND, H., HAGE, M., LANTTO, R., SANCHO, A.I., VELICKOVIC, T.C. Structural changes and allergenic properties of  $\beta$ -lactoglobulin upon exposure to high-intensity ultrasound. *Mol. Nutr. Food Res.* 56(12), 2012, pp.1894–1905.
54. TAMMINEEDI, C.V.R.K R., CHOUDHARY, G.C., PEREZ-ALVARADO, D.G. Watson

- Determining the effect of UV-C, high intensity ultrasound and nonthermal atmospheric plasma treatments on reducing the allergenicity of  $\alpha$ -casein and whey proteins. *LWT – Food Sci. Technol.*, 54 (1), 2013, pp. 35-41
55. LIU, Z., JULIANO, P., WILLIAMS, R. P.W., NIERE, J., & AUGUSTIN, M. A. Ultrasound improves the renneting properties of milk. *Ultrasonics Sonochemistry*, 21(6), 2014, pp.2131–2137. doi:10.1016/j.ultsonch.2014.03.034.
56. ZHENG,L., JULIANO,P.,WILLIAMS,R.,NIERE,J.,AUGUSTIN,M.A. Ultrasound effects on the assembly of casein micelles in reconstituted skim milk, *Journal of Dairy Research* 81(02), 2013, pp. 1-10. DOI:10.1017/S0022029913000721.
57. CHANDRAPALA, J., BUI, D., KENTISH, S., ASHOKKUMAR, M. Heat stability and acid gelation properties of calcium-enriched reconstituted skim milk affected by ultrasonication. *J. Dairy Res.*, 81 (2), 2014, pp. 238-244.
58. GHASEMINI, S., ABBASI, S. Formation of natural casein micelle nanocapsule by means of pH changes and ultrasound. *Food Hydrocolloids*, 42, 2014, pp. 42-47.
59. JIANG, Z., WANG, C., LI, T., SUN, D., GAO, H., GAO, Z., MU, Z. Effect of ultrasound on the structure and functional properties of transglutaminase-crosslinked whey protein isolate exposed to prior heat treatment. *Int. Dairy J.*, 88, 2019, pp. 79-88
60. VIJAYAKUMAR, S., GREWELL, D., ANNANDARAJAH, C., BENNER, L., CLARK, S. Quality characteristics and plasmin activity of thermosonicated skim milk and cream. *J. Dairy Sci.*, 98 (10), 2015, pp. 6678-6691.
61. ABESINGHE, A.M.N.L., VIDANARACHCHI, J.K., ISLAM, N.P., SILVA, K.F.S.T., BHANDARI, S, B., KARIMS, M.A. Effects of ultrasonication on the physicochemical properties of milk fat globules of *Bubalus bubalis* (water buffalo) under processing conditions: a comparison with shear-homogenization. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 59, 2020, pP. 102-237, <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102237>.
62. CHANDRAPALA, J., MARTIN, G., ZISU, B., KENTISH, S.E., ASHOKKUMAR, M. The effect of ultrasound on casein micelle integrity. *J. Dairy Sci.*, 95 (12), 2012, pp. 6882-6890
63. CHANDRAPALA, J., ONG, ZISU, B., GRAS, S.L., KENTISH, S.E., ASHOKKUMAR, M. The effect of sonication and high pressure homogenisation on the properties of pure cream, *Innovative Food Sci. Emerg. Technol.*, 33,2016, pp. 298-307
64. O’SULLIVAN, J., ARELLANO, M., R. PICHOT, R., NORTON, I. The effect of ultrasound treatment on the structural, physical and emulsifying properties of dairy proteins. *Food Hydrocol*, 42,2014, pp. 386-396. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.05.011>
65. LEE, S., MARTINI, J.S. Modifying the physical properties of butter using high-intensity ultrasound. *J. Dairy Sci.*, 102 (3),2019, pp. 1918-1926.

66. MARTINI, S., SUZUKI, A.H., HARTEL, R.W. Effect of high intensity ultrasound on crystallization behavior of anhydrous milk fat. *JAOCs, J. Am. Oil Chem. Soc.* 85,2008, pp. 621–628. Doi:10.1007/s11746-008-1247-5.
67. FAVÉ, G., COSTE, T.C., ARMAND, M. Physicochemical Properties of Lipids: New Strategies to Manage Fatty Acid Bioavailability. *Cell. Mol. Biol.*,50, 2004, pp.815–831.
68. ABESINGHE, A.M.N.L., VIDANARACHCHI, J.K., ISLAM, N., PRAKASK, S., SILVA, K.F.S.T., BHANDARI, B., KARIM, M.A. Effects of Ultrasonication on the Physicochemical Properties of Milk Fat Globules of *Bubalus bubalis* (Water Buffalo) under Processing Conditions: A Comparison with Shear-Homogenization. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 59,2020, pp.102-237. doi: 10.1016/j.ifset.2019.102237.
69. KHAIRE, R.A., GOGATE, P.R..Intensified recovery of lactose from whey using thermal, ultrasonic and thermosonication pretreatments.*J. Food Eng.*, 237, 2018, pp. 240-248.
70. RIENER, J., F., NOCI, D.A., CRONIN, D.J., MORGAN, J.G., LYNG, A. A comparison of selected quality characteristics of yoghurts prepared from thermosonicated and conventionally heated milks. *Food Chem.*, 119 (3), 2010, pp. 1108-1113.
71. GUIMARÃES, J.T., SILVA, E.K., RANADHEERA, C.S., MORAES, J., R.S.L. Effect of high-intensity ultrasound on the nutritional profile and volatile compounds of a prebiotic soursop whey beverage *Ultrason. Sonochem*, 55 (2019), pp. 157-164.
72. TOBA, HAYASAKA, T.I., TAGUCHI, S., ADACHI, S. A new method for manufacture of lactose-hydrolysed fermented milk.*J. Sci. Food Agric.*, 52 (3), 1990, pp. 403-407.
73. CHISTI, Y. Sonobioreactors: using ultrasound for enhanced microbial productivity. *Trends Biotechnol*,21, 2003, 21, pp.89–93. doi: 10.1016/S0167-7799(02)00033-1.
74. SAKAKIBARA, M., WANG, D., IKEDA, K., SUZUKI, K. Effect of ultrasonic irradiation on production of fermented milk with *Lactobacillus delbrueckii*. *Ultrason. Sonochem*, 1(2),1994, pp.107–110.
75. HUANG, G., CHEN, S., TANG, Y., DAI, C., SUN, L., MA, H., HE, R. Effect of ultrasonic irradiation on production of fermented milk with *Lactobacillus delbrueckii*. *Ultrasonete. Sonochem*,51, 2019, PP.315–324.
76. OJHA, K.S., MASON, T.J., O'DONNELL, C.P., KERRY, J.P., TIWARI, B.K. Ultrasound technology for food fermentation applications. *Ultrason. Sonochem*, 34, 2017, pp. 410–417.
77. BALTHZAR, C. F., SANTILLO, A., GUIMARÃES, J.T., BEVILACQUA, A., CORBO, M. R., CAROPRESE, M. Ultrasound processing of fresh and frozen semi-skimmed sheep milk and its effects on microbiological and physical-chemical quality. *Ultrasonics Sonochem.* 51, 2019, pp. 241–248. doi: 10.1016/j.ultsonch.2018.10.017.

78. GUIMARÃES, J.T., SCUDINO, H., RAMOS, G. L., OLIVEIRA, G. A., MARGALHO, L. P., COSTA, L. E. Current applications of high-intensity ultrasound with microbial inactivation or stimulation purposes in dairy products. *Curr Opin. Food Sci.* 42, 2021, pp.140–147. doi: 10.1016/j.cofs.2021.06.004.