

UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI



**Cu titlu de manuscris
C. Z. U.: 637.146.041(043)**

CUȘMENCO TATIANA

**AMELIORAREA VALORII BIOLOGICE A PRODUSELOR LACTATE
FERMENTATE CU INGREDIENTE BIOACTIVE DIN FRUCTE**

253.02. Tehnologia produselor alimentare de origine animală

Teză de doctor în științe inginerești

Conducător științific:

**MACARI Artur,
dr., conf. univ.**

Comisia de îndrumare:

**BULGARU Viorica
dr., conf. univ.
NETREBA Natalia
dr., conf. univ.
BOEȘTEAN Olga
dr., conf. univ.**

Autoare:

CUȘMENCO Tatiana

CHIȘINĂU, 2025

© Cuşmenco Tatiana, 2025

CUPRINS

ADNOTARE	6
ABSTRACT	7
АННОТАЦИЯ	8
LISTA TABELELOR	9
LISTA FIGURILOR	11
LISTA ABREVIERILOR	13
INTRODUCERE	14
1. TEHNOLOGII INOVATOARE DE CONSERVARE A FRUCTELOR BACIFERE PENTRU ÎMBUNĂȚĂȚIREA CALITĂȚII IAURTURILOR	21
1.1 Importanța conservării fructelor bacifere prin tratamente termice	21
1.2 Valoarea nutritivă și funcțională a fructelor bacifere	25
1.3 Stadiul actual și perspectivele industriei produselor lactate în Republica Moldova	28
1.4 Caracteristici specifice ale laptelui provenit de la diferite specii animale	28
1.5 Dinamica fermentării lactice: aspecte fundamentale și aplicative	32
1.6 Impactul consumului de iaurt asupra stării fiziologice și a sănătății organismului uman	34
1.7 Fortificarea produselor lactate fermentate cu fructe: efecte asupra indicatorilor fizico - chimici și valorii biologice	36
Concluzii la capitolul 1	38
2. MATERIALE ȘI METODE DE CERCETARE	39
2.1 Materiale utilizate pentru cercetare	39
2.1.1 Pregătirea fructelor bacifere pentru obținerea piureului	40
2.1.2 Matricea de planificare a experimentului binivellar bifactorial EFC 2 ²	40
2.1.3 Materia utilizată la fabricarea iaurtului	42
2.2 Metode de cercetare	44
2.2.1 Determinări fizico - chimice, senzoriale, microbiologice și a valorii biologice	44
2.2.2 Metode de determinare a calității iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	47
2.3 Reactivii folosiți pentru experiențe	52
2.4 Modelul matematic a datelor experimentale	53
2.5 Analiza statistică	54
Concluzii la capitolul 2	55
3. OPTIMIZAREA PROCESELOR DE PRELUCRARE A FRUCTELOR BACIFERE PRIN TEHNICI INOVATIVE	56
3.1 Evaluarea efectelor tratamentului cu ultrasunete asupra activității antioxidante și indicatorilor microbiologici ai piureurilor din fructe bacifere	56
3.2 Elaborarea și descrierea etapelor fluxului tehnologic de obținere a piureurilor din fructe bacifere	60
3.3 Analiza indicatorilor de calitate ale piureurilor din fructe bacifere	65
3.3.1 Caracteristici senzoriale ale piureurilor din fructe bacifere	65
3.3.2 Valoarea biologică a piureurilor din fructe bacifere	68
3.3.3 Efectul tratamentelor termice asupra activității enzimei polifenoloxidaza în piureurile din fructe bacifere	76
3.3.4 Indicatori fizico - chimici ai piureurilor din fructe bacifere	78
3.4 Influența duratei de păstrare asupra indicilor de calitate ai piureurilor din fructe bacifere	81
3.4.1 Caracteristici senzoriale ale piureurilor din fructe bacifere la păstrare	81

3.4.2 Valoarea biologică a piureurilor din fructe bacifere la păstrare	82
3.4.3 Activitatea antioxidantă a piureurilor din fructe bacifere la păstrare	85
3.4.4 Indicatori microbiologici ai piureurilor din fructe bacifere la păstrare	88
Concluzii la capitolul 3	90
4. STUDIUL INTERACȚIUNII DINTRE AMESTECUL DIN LAPTE DE CAPRĂ ȘI VACĂ CU PIUREURI DIN FRUCTE BACIFERE ÎN OBTINEREA IAURTULUI	92
4.1 Optimizarea proporțiilor amestecului din lapte de capră și vacă destinat obținerii iaurturilor naturale	92
4.1.1 Cercetarea procesului de fermentare în obținerea iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă	95
4.1.2 Analiza caracteristicilor senzoriale ale iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă	97
4.1.3 Studiul indicatorilor microbiologici ai iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă	100
4.1.4 Evaluarea indicatorilor fizico - chimici ai iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă	101
4.1.5 Investigarea indicatorilor de calitate ai iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă în timpul păstrării	103
4.2 Dezvoltarea iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	107
4.2.1 Analiza procesului de fermentare a iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	109
4.2.2 Acumularea acidului lactic în timpul fermentării iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	110
4.2.3 Corelația dintre vâscozitatea dinamică și pH în timpul fermentării iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	112
4.2.4 Studiul evoluției activității apei la fermentarea iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	113
4.3 Analiza caracteristicilor senzoriale ale iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	114
4.4 Studiul indicatorilor microbiologici ai iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	116
4.5 Investigarea valorii biologice și activității antioxidante ai iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	118
4.6 Evaluarea proprietăților antimicrobiene ale iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	120
4.7 Analiza indicatorilor fizico - chimici ai iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	122
4.8 Analiza proprietăților texturale ale iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	124
4.9 Studiul proprietăților reologice ai iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	125
4.10 Evaluarea parametrilor cromatici ai iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	127
4.11 Efectul duratei de păstrare asupra indicatorilor de calitate ai iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	128
4.11.1 Caracteristici senzoriale ale iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	128

4.11.2 Indicatori microbiologici ai iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	130
4.11.3 Activitatea antioxidantă și valoarea biologică a iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	131
4.11.4 Indicatori fizico - chimici ai iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere la păstrare	136
4.11.5 Proprietăți texturale ale iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere la păstrare	142
4.12 Modificări ale vâscozității dinamice ai iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere în funcție de temperatura de păstrare	143
4.13 Modelul matematic ai iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere - produs finit	145
Concluzii la capitolul 4	149
CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI	152
BIBLIOGRAFIE	154
ANEXE	172
DECLARAȚIA PRIVIND ASUMAREA RĂSPUNDERII	175
CURRICULUM VITAE	176

ADNOTARE

Cușmenco Tatiana: „Ameliorarea valorii biologice a produselor lactate fermentate cu ingrediente bioactive din fructe”, teză de doctor în științe ingineresti, Chișinău, 2025.

Structura tezei: constă din introducere, 4 capitole, concluzii și recomandări, bibliografie cu 260 titluri. Textul de bază conține 139 pagini, inclusiv 49 de figuri și 35 de tabele. Rezultatele obținute sunt publicate în 19 lucrări științifice

Cuvinte-cheie: lapte de capră, lapte de vacă, fructe, cultură starter, iaurt, tehnologie, fermentare, aciditate, bacterii lactice, proteină, vâscozitate, textură, fermitate, sinereză, antioxidanți, stabilitate.

Scopul lucrării: constă în obținerea piureurilor din fructe bacifere conservate prin metoda combinată de ultrasonificare și sterilizare cu păstrarea potențialului antioxidant ridicat și utilizarea acestora în fabricarea iaurtului cu valoare biologică ameliorată.

Obiectivele lucrării: cercetarea influenței condițiilor de ultrasonificare și sterilizare asupra valorii biologice și a potențialului antioxidant a piureurilor din fructe bacifere și stabilirea modelelor matematice pentru determinarea condițiilor optime de conservare; determinarea condițiilor optime de ultrasonificare și sterilizare asupra caracteristicilor senzoriale, indicatorilor fizico - chimici (aciditatea titrabilă, pH, conținut de substanță uscată, cenușă, proteină, fibre, zahăr), valorii biologice (acid *L*- hidroascorbic, conținutului total de antocieni) și activității antioxidante a piureurilor din fructe bacifere; determinarea raportului optim pentru elaborarea tehnologiei de fabricare a iaurtului din amestec de lapte de capră și vacă; cercetarea influenței piureului din fructe bacifere în iaurt și duratei de păstrare a acestuia asupra caracteristicilor senzoriale, indicatorilor fizico - chimici, stabilității microbiologice, valorii biologice, activității antioxidante și stabilirea modelului matematic privind calitatea produsului finit.

Noutatea și originalitatea științifică: pentru prima dată au fost determinate și identificate condițiile optime de conservare a piureurilor din fructe bacifere prin tratament termic combinat de ultrasonificare și sterilizare care permite păstrarea valorii biologice și activității antioxidante; a fost argumentată importanța utilizării amestecului din lapte de capră și vacă în fabricarea produselor lactate fermentate; a fost fundamentată necesitatea îmbogățirii iaurtului din amestec de lapte de capră și vacă cu fructe prin prisma conținutului de compuși biologic activi și stabilității microbiologice.

Rezultatele principale: s-a stabilit influența tratamentului termic combinat prin ultrasonificare și sterilizare asupra valorii biologice și potențialului antioxidant ale piureurilor din fructe bacifere; s-au determinat condițiile optime de ultrasonificare și sterilizare care asigură conservarea caracteristicilor senzoriale, a indicatorilor fizico - chimici, precum și a compușilor biologic activi; s-a stabilit raportul optim dintre laptele de capră și laptele de vacă pentru elaborarea tehnologiei de fabricare a iaurtului, în vederea obținerii unui produs cu proprietăți funcționale îmbunătățite și o valoare biologică ridicată; s-a demonstrat influența adaosului de piureuri din fructe bacifere și a duratei de păstrare asupra iaurturilor obținute, evidențiindu-se menținerea caracteristicilor senzoriale, a stabilității microbiologice, a indicatorilor fizico - chimici și a compușilor bioactivi pe perioada de păstrare. În plus, s-au elaborat modele matematice care descriu evoluția calității produsului finit și care permit estimarea stabilității acestuia în condiții de păstrare.

Semnificația teoretică: pentru prima dată a fost realizată modelarea cineticii procesului de conservare prin tratament termic de ultrasonificare și sterilizare a piureurilor din fructe bacifere, în funcție de temperatură și durată; au fost fundamentate particularitățile influenței tratamentului combinat prin ultrasonificare și sterilizare, fiind evidențiate corelațiile dintre indicatorii fizico - chimici, valoarea biologică și activitatea antioxidantă; a fost elaborată, în care piureurile din fructe bacifere au fost utilizate ca umplutură funcțională, contribuind la îmbogățirea valorii biologice și la creșterea stabilității produsului finit.

Valoarea aplicativă: a fost realizat procedeu de obținere a iaurtului din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere, a fost obținut brevet de invenție și act de implementare în cadrul întreprinderii de profil SRL „Ferma cu Origini”.

ABSTRACT

Cuşmenco Tatiana: “Improvement of the biological value of fermented dairy products with bioactive fruit ingredients,” PhD thesis in engineering sciences, Chişinău, 2025.

Structure of the thesis: The thesis includes an introduction, 4 chapters, conclusions and recommendations, and a bibliography containing 260 references. The main body of the text comprises 139 pages, including 49 figures and 35 tables. The results obtained have been published in 19 scientific papers.

Keywords: goat milk, cow milk, fruits, starter culture, yogurt, technology, fermentation, acidity, lactic acid bacteria, protein, viscosity, texture, firmness, syneresis, antioxidants, stability.

The purpose of the work: obtain berry fruit purees preserved through a combined method of ultrasonication and sterilization, ensuring high antioxidant potential, and to use these purees in the production of yogurt with enhanced biological value.

The objectives of the paper: investigate the influence of ultrasonication and sterilization temperature on the biological value and high antioxidant potential of berry fruit purees; establish mathematical models for optimizing the preservation conditions of berry fruit purees using kinetic modeling; determine the influence of ultrasonication and sterilization conditions on physicochemical parameters (titratable acidity, pH, total solids, ash, protein, fiber, sugars), biological value (TAC, *L*-ascorbic acid content), and antioxidant activity (AA) of the purees, and to define optimal preservation conditions; determine the optimal ratio of goat - cow milk mixture for natural yogurt production; develop a manufacturing technology for yogurt obtained from goat - cow milk mixtures; evaluate the effect of storage duration on the sensory, microbiological, physicochemical qualities, and antioxidant potential of yogurts with berry purees; apply mathematical modeling for evaluating the quality of fruit yogurt as a final product.

Scientific novelty and originality: For the first time, the optimal preservation conditions for berry fruit purees were determined and identified using a combined thermal treatment of ultrasonication and sterilization, which enables the retention of biological value and antioxidant activity. The importance of using a goat - cow milk mixture in the production of fermented dairy products was substantiated, and the necessity of enriching yogurt made from goat - cow milk mixture with fruits was justified in terms of biologically active compound content and microbiological stability.

Main results: the combined effect of ultrasonication and sterilization on the biological value and antioxidant potential was analyzed; the optimization of thermal treatment parameters and their effect on microbiological stability, physicochemical indices, sensory characteristics, bioactive compounds, and antioxidant activity of the purees was substantiated; the influence of these factors on the fermentation process and yogurt quality parameters was demonstrated; the stability of quality indicators in fruit yogurts during storage was also confirmed.

Theoretical significance: for the first time, kinetic modeling of the preservation method using thermal treatment by ultrasonication and sterilization of berry purees under various temperature and duration conditions has been performed; optimal conditions for preservation through thermal treatment were determined, focusing on their impact on physicochemical characteristics, biological value, and antioxidant activity; technologies for yogurt production using berry purees as bioactive filling agents were developed to enhance the final product's biological value.

Applicative value: a yogurt production process has been developed, resulting in invention patent and implementation act of the industrial - scale yogurt manufacturing technology with fruits at the specialized company “Ferma cu Origini” LDT.

АННОТАЦИЯ

Кушменко Татьяна: « Улучшение биологической ценности кисломолочных продуктов с использованием биоактивных фруктовых ингредиентов», диссертация на соискание ученой степени доктора инженерных наук, Кишинэу, 2025.

Структура диссертации: состоит из введения, 4 глав, выводов и рекомендаций, библиография в 260 наименованиях. Основной текст содержит 139 страниц, в том числе 49 рисунков и 35 таблицы. Полученные результаты опубликованы в 19 научных статьях

Ключевые слова: козье молоко, коровье молоко, фрукты, стартовая культура, йогурт, технология, ферментация, кислотность, молочнокислые бактерии, белок, вязкость, текстура, синерезис, антиоксиданты, стабильность.

Цель работы: получение фруктовых пюре из ягод, консервированных с использованием комбинированного метода ультразвуковой обработки и стерилизации при сохранении высокого антиоксидантного потенциала, а также в использовании этих пюре при производстве йогурта с повышенной биологической ценностью.

Задачи работы: изучение влияния температуры ультразвуковой обработки и стерилизации на биологическую ценность и антиоксидантный потенциал фруктовых пюре из ягод и разработка математических моделей оптимальных условий на основе кинетических моделей; определение влияния условий ультразвуковой обработки и стерилизации на физико-химические параметры, биологическую ценность и антиоксидантную активность фруктовых пюре; определение оптимальных соотношений смеси козьего и коровьего молока для производства йогурта; изучение влияния срока хранения на органолептические, микробиологические, физико - химические характеристики и антиоксидантный потенциал йогурта с фруктовыми пюре; постановка математического моделирования качества йогурта с фруктовыми пюре конечного продукта.

Научная новизна и оригинальность: впервые были определены и идентифицированы оптимальные условия консервирования фруктовых пюре с использованием комбинированной термической обработки - ультразвука и стерилизации, что обеспечивает сохранение биологической ценности и антиоксидантной активности; обоснована важность использования смеси козьего - коровьего молока при производстве йогурта и необходимость обогащения йогурта с фруктовыми пюре с точки зрения содержания биологически активных веществ и микробиологической стабильности.

Основные результаты: проанализировано влияние комбинированной термической обработки на биологическую ценность и антиоксидантный потенциал фруктовых пюре; обосновано влияние оптимизации параметров обработки на микробиологическую стабильность, физико - химические показатели, органолептические характеристики и антиоксидантную активность; продемонстрировано влияние этих факторов на процесс ферментации и показатели качества йогурта; доказана стабильность качественных показателей фруктовых йогуртов в течение хранения.

Теоретическая значимость: впервые выполнено кинетическое моделирование процесса консервирования фруктовых пюре с использованием термической обработки ультразвуком и стерилизацией при различных температурных и временных режимах; установлены оптимальные условия для сохранения физико - химических показателей, биологической ценности и антиоксидантной активности; разработаны технологии производства йогуртов с использованием фруктовых пюре в качестве наполнителя с целью обогащения биологической ценности конечного продукта.

Прикладное значение: разработан технологический процесс производства йогурта; получен патент на изобретение и оформлен акт внедрения технологии промышленного производства фруктового йогурта на профильном предприятии SRL „Ferma cu Origini ”.

LISTA TABELELOR

Tabelul 1.1.	Compoziția chimică a laptelui de la diferite specii de animale și laptele uman	30
Tabelul 1.2.	Impactul consumului de iaurt asupra organismului uman	35
Tabelul 1.3.	Influența fructelor sau legumelor asupra calității iaurtului	36
Tabelul 2.1.	Materia primă utilizată la fabricarea iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	39
Tabelul 2.2.	Optimizarea experimentului prin ascensiune pe gradient	42
Tabelul 2.3.	Caracteristici de calitate ai laptelui crud- materie primă	43
Tabelul 2.4.	Metode de analiză utilizate pentru caracterizarea piureurilor din fructe	44
Tabelul 2.5.	Metode de analiză utilizate pentru caracterizarea iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	48
Tabelul 2.6.	Reactivii utilizați pentru efectuarea experiențelor	52
Tabelul 3.1.	Influența ultrasonificării asupra potențialului antioxidant și indicatorilor microbiologici ai piureurilor din fructe bacifere	57
Tabelul 3.2.	Parametri optimizați ai tratamentului termic prin ultrasonificare ai piureurilor din fructe bacifere	58
Tabelul 3.3.	Parametri experimentali pentru tratamentul termic combinat al piureurilor din fructe bacifere	59
Tabelul 3.4.	Caracteristici senzoriale ale piureurilor din fructe bacifere	66
Tabelul 3.5.	Efectul sterilizării asupra potențialului antioxidant și indicatorilor microbiologici ale piureurilor din fructe bacifere obținute prin ultrasonificare	72
Tabelul 3.6.	Efectul ultrasonificării și sterilizării asupra indicatorilor fizico - chimici ai piureurilor din fructe bacifere	79
Tabelul 3.7.	Indicatori microbiologici a piureurilor din fructe bacifere în timpul păstrării	89
Tabelul 4.1.	Raportul de lapte al iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă	93
Tabelul 4.2.	Calculul materiei prime la obținerea iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă	93
Tabelul 4.3.	Cantitatea de acid lactic (g/100g) acumulat în timpul fermentării iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă	96
Tabelul 4.4.	Caracteristici senzoriale ale iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă	98
Tabelul 4.5.	Indicatori microbiologici ai iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă	101
Tabelul 4.6.	Indicatori fizico - chimici ai iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă	102
Tabelul 4.7.	Codificarea iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	108
Tabelul 4.8.	Calculul materiei prime la obținerea iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	108
Tabelul 4.9.	Acumularea acidului lactic în iaurturile din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere la fermentare	111
Tabelul 4.10.	Caracteristici senzoriale ale iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	114
Tabelul 4.11.	Indicatori microbiologici ai iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	117
Tabelul 4.12.	Valoarea biologică și activitatea antioxidantă a iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	118
Tabelul 4.13.	Indicatori fizico-chimici ai iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	123

Tabelul 4.14.	Evaluarea texturii iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	125
Tabelul 4.15.	Parametri de culoare ai iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	127
Tabelul 4.16.	Proprietăți texturale ale iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere la păstrare	142
Tabelul 4.17.	Calitatea iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	145
Tabelul 4.18.	Date experimentale de intrare (X) și ieșire (Y)	146
Tabelul 4.19.	Modelul matematic al datelor statistice	147

LISTA FIGURILOR

Fig. 1.1.	Tehnologiile termice și non - termice aplicate în procesarea alimentelor	22
Fig. 1.2.	Clasificarea diferitelor amplitudini ale spectrului sonor	24
Fig. 1.3.	Structura volumelor de fructe produse pe Glob, anul 2024	25
Fig. 1.4.	Dinamica suprafețelor prognozate cu arbuști fructiferi și căpșun în RM în perioada 2021-2023	26
Fig. 1.5.	Structura industriei alimentare pe categorii de produse	28
Fig. 1.6.	Căile metabolice ale bacteriilor lactice homo și heterofermentative	33
Fig. 1.7.	Prođușii extracelulari ai fermentării bacteriilor lactice	34
Fig. 3.1.	Flux tehnologic de obținere a piureurilor din fructe bacifere	62
Fig. 3.2.	Acceptabilitatea generală a piureurilor din fructe bacifere a), b), c)	67
Fig. 3.3.	Profilul cromatogramei picului acidului <i>L</i> - hidroascorbic din piureurile de fructe bacifere, $R_t = 4,3$ min. a), b), c)	69
Fig. 3.4.	Profilul cromatogramei picului din piureurile de fructe bacifere, R_t a), b), c)	70
Fig. 3.5.	Influența tratamentelor termice asupra activității enzimei PFO în piureurile de fructe bacifere	77
Fig. 3.6.	Acceptabilitatea generală a piureurilor din fructe bacifere în timpul păstrării a), b), c)	82
Fig. 3.7.	Evoluția conținutului de acid <i>L</i> - hidroascorbic a piureurilor din fructe bacifere la păstrare a), b), c)	83
Fig. 3.8.	Evoluția conținutului total de antocieni a piureurilor din fructe bacifere la păstrare a), b), c)	83
Fig. 3.9.	Evoluția activității antioxidante DPPH (a, b, c) și ABTS (a', b', c') în piureurile din fructe bacifere în timpul păstrării	86
Fig. 4.1.	Flux tehnologic de obținere a iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă	94
Fig. 4.2.	Evoluția pH- ului în timpul fermentării iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă	95
Fig. 4.3.	Multiplicarea bacteriilor lactice în timpul fermentării iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă	97
Fig. 4.4.	Caracteristici senzoriale ale iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă	99
Fig. 4.5.	Efectul duratei de păstrare asupra pH-ului iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă	104
Fig. 4.6.	Efectul duratei de păstrare asupra acidității titrabile ai iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă	104
Fig. 4.7.	Efectul duratei de păstrare asupra vâscozității dinamice a iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă	106
Fig. 4.8.	Efectul duratei de păstrare asupra sinerezei iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă	106
Fig. 4.9.	Evoluția pH- ului în timpul fermentării iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	109
Fig. 4.10.	Multiplicarea bacteriilor lactice în timpul fermentării iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	109
Fig. 4.11.	Evoluția vâscozității dinamice și pH- ului la fermentarea iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	112
Fig. 4.12.	Evoluția activității apei la fermentarea iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	113
Fig. 4.13.	Caracteristici senzoriale ale iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	115
Fig. 4.14.	Activitatea antimicrobiană a iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	121

Fig. 4.15. Corelația dintre activitatea antioxidantă și activitatea antimicrobiană ai iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	122
Fig. 4.16. Evoluția elasticității (G') iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	126
Fig. 4.17. Evoluția vâscozității (G'') iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	126
Fig. 4.18. Evoluția caracteristicilor senzoriale ale iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere la păstrare	129
Fig. 4.19. Variația bacteriilor lactice din iaurturile cu piureuri din fructe bacifere la păstrare	130
Fig. 4.20. Evoluția activității antioxidante a iaurturilor din amestec de lapte de vacă și capră cu piureuri din fructe bacifere la păstrare	131
Fig. 4.21. Evoluția conținutului de acid <i>L</i> -hidroascorbic a iaurturilor din amestec de lapte de vacă și capră cu piureuri din fructe bacifere la păstrare	132
Fig. 4.22. Evoluția conținutului total de antocieni a iaurturilor din amestec de lapte de vacă și capră cu piureuri din fructe bacifere la păstrare	133
Fig. 4.23. Evoluția conținutului total de polifenoli a iaurturilor din amestec de lapte de vacă și capră cu piureuri din fructe bacifere la păstrare	134
Fig. 4.24. Corelația dintre activitatea antioxidantă și valoarea biologică a iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere la păstrare, a), b), c)	135
Fig. 4.25. Evoluția acidității titrabilă ai iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere la păstrare	137
Fig. 4.26. Evoluția pH-ului iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere la păstrare	137
Fig. 4.27. Evoluția conținutului de acid lactic a iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere la păstrare	138
Fig. 4.28. Evoluția substanței uscate totale a iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere la păstrare	139
Fig. 4.29. Evoluția activității apei a iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere la păstrare	139
Fig. 4.30. Evoluția vâscozității dinamice a iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere la păstrare	140
Fig. 4.31. Evoluția sinerezei iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere la păstrare	140
Fig. 4.32. Evoluția vâscozității dinamice la temperatura de păstrare a iaurtului din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	144
Fig. 4.33. Similitudinea modelului matematic al calității iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	149

LISTA ABREVIERILOR

a*	componenta roșu/verde
AA	activitate antioxidantă
AAM	Administrația pentru Alimente și Medicamente
ABT RC	Centru de cercetare AgroBioTech
ABTS	2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid
ACIA	Agenția Canadiană de Inspecție a Alimentelor
AOAC	Association of Official Analytical Collaboration (Asociația Oficială pentru Colaborare în Analiza Chimică)
ANPLPL „Lapte”	Asociația Națională a Producătorilor de Lapte și Produse Lactate „Lapte”
a _w	activitatea apei, u.c.
b*	componenta galben/albastru
BL	bacterii lactice
BNS	Biroul Național de Statistică
CIELab	spațiu tridimensional de reprezentare a culorilor
CBA	compuși biologic activi
CTA	conținutul total de antociane, mg/g SU
CTP	conținutul total de polifenoli, mg GAE/100 g SU
DPPH	1,1-Difenil-2-picrilhidrazil
DVS	direct-to-vat-set
EFC	experiment factorial complet
FAO	Organizația pentru Alimentație și Agricultură a Națiunilor Unite (eng. Food and Agriculture Organization of the United Nations)
GAE	echivalenți de acid galic (eng. Gallic Acid Equivalents)
HG	Hotărârea Guvernului
ISO	International Organization for Standardization, (Organizația Internațională de Standardizare)
L*	luminozitate
NCS	numărul celulelor somatice
NTGFAnM	numărul total de germeni facultativ anaerobe mezofile
ONU	Organizația Națiunilor Unite
pH	aciditate activă
PFO	polifenoloxidaza
PM	proba-martor
R ²	coeficient de determinare
SCI	sindromul colonului iritabil
SM	Standard Moldovenesc
SRO	substanțe reactive de oxigen
SU	substanță uscată
SUT	substanța uscată totală
TE	echivalenți trolox (eng. trolox equivalents)
TTU	tratament termic prin ultrasonificare
TTS	tratament termic prin sterilizare
THA	transfer de hidrogen-atom
UF	unități de fermenti
UE	Uniunea Europeană
US	ultrasunete
UFC	unități formatoare de colonii
VD	vâscozitate dinamică

INTRODUCERE

Argumentarea alegerii temei de cercetare. În prezent industria produselor lactate este una dintre ramurile importante ale sectorului agroalimentar. Această ramură are drept scop de a asigura aprovizionarea populației cu produse lactate inofensive și de calitate superioară (Tamang et al., 2020; Gouda et al., 2021). Situația actuală din sectorul produselor lactate din Republica Moldova se confruntă cu presiuni concurențiale crescânde din exterior, o diversitate sporită de produse disponibile la raft, costuri de producție în creștere și un consumator mai bine informat. Datorită faptului că cantitatea de lapte procesat în Republica Moldova s-a redus de aproximativ 6 ori în ultimii 33 de ani, iar în anul 2023 aproximativ 40% din laptele și produsele lactate consumate de cetățeni au fost importate (ANPLPL „Lapte”, 2020), producătorii din Republica Moldova nu reușesc încă să valorifice pe deplin cererea pe piața internă, autoritățile locale au stabilit deja obiectivul de a stimula cetățenii să crească vaci sau capre, unde aproximativ 1700 de familii au primit din partea ONU pentru Alimentație și Agricultură peste 600 de tone de furaje (ACIA, 2019).

Din producția mondială de lapte, 90-95% este obținut din creșterea bovinelor, fapt care situează aceste animale pe primul loc ca importanță (FAOSTAT, 2021). Calitatea și proprietățile laptelui de vacă sunt bine cunoscute și valorificat într-un asortiment variat de produse lactate, însă proprietățile nutritive ale laptelui de capră prezintă, la fel, un interes deosebit. Pe lângă faptul că asigură organismului uman o nutriție echilibrată, laptele de capră are proprietăți antioxidante, antimicrobiene, antialergice etc. (Tilahun et al., 2014; Zenebe et al., 2014; Khan et al., 2019). Laptele de capră reprezintă interes consumatorilor în special pentru fabricarea brânzeturilor și iaurturilor în mai multe țări dezvoltate și în curs de dezvoltare (Mehta, 2015). Un alt criteriu important al cererii laptelui de capră derivă din afecțiunea persoanelor care suferă de alergii la laptele de vacă și de alte afecțiuni gastro-intestinale (Bogdan et al., 2016; Aryana et al., 2017).

Nivelul scăzut al producției de lapte la caprinele crescute în Republica Moldova poate fi explicat prin faptul că această specie de animale nu a fost inclusă în preocupările și obiectivele economice oficiale, cu excepție că în ultimii ani în datele statistice se indică doar că caprinele fac parte din efectivul total de ovine. Pe lângă avantajele enumerate anterior, laptele de capră are și unele dezavantaje din punct de vedere tehnologic, și anume, prezintă o putere de coagulare slabă, datorită conținutului mai înalt de β - cazeină care formează un gel cu o rețea mai subtilă în comparație cu laptele de vacă unde prevalează conținutul de α - cazeină. Compoziția chimică a grăsimii care conține mai multe fracții de acizi grași caproic, caprilic și capric formează o aromă specifică „de capră”, din acest motiv unii consumatori nu preferă laptele de capră. Aceste dezavantaje din punct de vedere tehnologic descrise mai sus, pot fi îmbunătățite prin procesarea

concomitentă a laptelui de capră și a laptelui de vacă, deoarece reprezintă un potențial relevant și profitabil în obținerea produselor lactate fermentate, precum este iaurtul (Biadała et al., 2018).

Un interes deosebit de actual în producerea iaurtului este utilizarea ingredientelor naturale pentru diversificarea gamei sortimentale de iaurturi, care nu numai că răspund așteptărilor consumatorilor în ceea ce privește valoarea nutritivă, dar care satisfac nevoia tot mai mare de „etichetă curată” sau de valoare adăugată ca produs funcțional (Savaiano et al., 2021).

Fabricarea iaurtului este asociată cu conservarea tuturor componentelor laptelui pentru obținerea unui produs cu caracteristici de calitate înaltă. Este important ca să se păstreze valoarea nutritivă și biologică a componentelor materiilor prime, dar și a produsului finit (Singh et al., 2021).

Oamenii de știință au dezvoltat teoria nutriției echilibrate, conform căreia dieta umană ar trebui să conțină nu numai cantitatea necesară de proteine, grăsimi, carbohidrați, aminoacizi esențiali, vitamine, săruri minerale în proporții echilibrate, dar și probiotice, la fel de benefice pentru sănătate (Loveday et al., 2013). Iaurtul este prezent în mod regulat în alimentația diferitor societăți/comunități și este derivat de la cuvântul turcesc „yogurtmak”, care se referă la îngroșare sau coagulare (Behera et al., 2020), iar în prezent, există un interes crescând în industria produselor lactate pentru a dezvolta continuu produse lactate fermentate inovatoare cu potențial înalt pentru sănătatea umană (Mann et al., 2017; Dimitrellou et al., 2019). Datorită prezenței bacteriilor probiotice, s-a constatat că iaurturile contribuie la menținerea unui microbiom sănătos al gazdei și a unei rezistențe ridicate la agenții patogeni din mediul extern (Pappalardo et al., 2016). În plus, studiul lui Gouda și colaboratorii (Gouda et al., 2021) a raportat că iaurtul posedă beneficii cu efecte antivirale, antioxidante, antiinflamatorii, antitrombotice și care, în consecință, influențează tratamentul asupra infecțiilor respiratorii, inclusiv COVID-19. Odată cu răspândirea la nivel mondial a pandemiei COVID-19, doar o mică parte din normele alimentare au rămas neschimbate. Milioane de familii din întreaga lume s-au confruntat cu schimbări majore legate de normele alimentare, care în timp, au modelat aceste norme într-un mod mai complex. Aceste schimbări de comportament au făcut ca extinderea termenului de valabilitate al alimentelor proaspete să fie mai importantă ca niciodată (Albenzio, et al., 2017). Adoptarea unui comportament orientat spre reducerea risipei alimentare de către consumatori determină o creștere a cererii pentru produse alimentare naturale și sustenabile. Pandemia COVID-19 a adus cu sine multe provocări, dar totodată și noi oportunități pentru dezvoltarea alimentelor inovative.

Produsele lactate fermentate, precum iaurtul, influențează funcțiile specifice ale organismului și pot oferi beneficii suplimentare pentru sănătate (Danone, 2013; Fazilah et al., 2018; Maqsood et al., 2020). În prezent, industria produselor lactate fermentate în Republica

Moldova este de perspectivă, iar dezvoltarea ei prezintă o tendință de creștere în următorii ani. Pe baza statisticii din 2023, dimensiunea pieței globale de produse lactate fermentate a generat venituri de aproximativ 247,89 miliarde de USD în 2020 și s-a estimat să ajungă 319,93 miliarde USD până în 2025. Un factor cheie ce a contribuit la această creștere a cererii în multe părți ale lumii, constă în faptul că populația acordă mai multă atenție produselor lactate fermentate nu doar pentru a satisface foamea, dar și ca parte a obiceiurilor nutriționale ce oferă o soluție excelentă: adică fie proaspete, fie procesate, aceste alimente conțin componente cu funcții de îmbunătățire fiziologică și/sau cu funcții de reducere a unor riscuri (Raikos et al., 2018; Crivoi et al., 2018).

Consumul fructelor a devenit extrem de important pentru consumatorul modern care alege alimente ce pot fi consumate rapid. Antioxidanții naturali pot fi folosiți pentru a controla formarea excesivă a radicalilor liberi și pentru a crește potențialul antioxidant, precum și pentru a înlocui antioxidanții sintetici, care deseori afectează sănătatea umană și inhibă proprietățile nutritive (Caleja et al., 2016; Nguyen et al., 2016; Gomez-Gallego et al., 2018; Gouda et al., 2021). Aceste considerente oferă o oportunitate excepțională de a dezvolta un iaurt cu piureu din fructe, de exemplu: iaurt cu aronia (*Aronia melanocarpa*), sau iaurt cu zmeură (*Rubus idaeus*), sau iaurt cu căpșună (*Fragaria xanassa*), care oferă stabilitate oxidativă (prin conținutul de vitamine, polifenoli, antociane, antioxidanți etc.); furnizează o aromă plăcută și armonioasă de fructe precum și un aspect atractiv; ameliorează substratul de dezvoltare și multiplicare a bacteriilor lactice; influențează pozitiv numărul de microorganisme viabile; stimulează sinergismul dintre bacteriile lactice și substanțele biologice active din fructe prelungind termenul de valabilitate; diminuează incidența microorganismelor de alterare; îmbunătățesc proprietățile texturale etc.

În baza aspectelor menționate anterior, este evidentă argumentarea alegerii temei de cercetare privind ameliorarea valorii biologice a produselor lactate fermentate cu fructe.

Scopul cercetării constă în obținerea piureurilor din fructe bacifere conservate prin metoda combinată de ultrasonificare și sterilizare cu păstrarea potențialului antioxidant ridicat și utilizarea acestora în fabricarea iaurtului cu valoare biologică ameliorată.

Pentru realizarea scopului au fost formulate următoarele **obiective operaționale**:

1. Cercetarea influenței condițiilor de ultrasonificare și sterilizare asupra valorii biologice, potențialului antioxidant al piureurilor din fructe bacifere și stabilirea modelelor matematice pentru determinarea condițiilor optime de conservare.

2. Determinarea influenței parametrilor optimi de ultrasonificare și sterilizare asupra caracteristicilor senzoriale, indicatorilor fizico - chimici (aciditatea titrabilă, pH, conținut de substanță uscată, cenușă, proteină, fibre, zahăr), valorii biologice (acid *L*- hidroascorbic, conținutului total de antocieni) și activității antioxidante a piureurilor din fructe bacifere.

3. Determinarea raportului optim al amestecului din lapte de capră și vacă și elaborarea tehnologiei de fabricare a iaurtului din amestec de lapte de capră și vacă.

4. Cercetarea influenței piureului din fructe bacifere în iaurt și duratei de păstrare a acestuia asupra caracteristicilor senzoriale, indicatorilor fizico - chimici, stabilității microbiologice, valorii biologice, activității antioxidante și stabilirea modelului matematic privind calitatea produsului finit.

Ipoteza de cercetare constă în faptul că metoda combinată de ultrasonificare și sterilizare permite păstrarea potențialului antioxidant ridicat al piureurilor din fructe bacifere și utilizarea acestora în fabricarea iaurtului din amestec de lapte de capră și vacă cu valoare biologică ameliorată.

Sinteza metodologiei de cercetare și justificarea metodelor de cercetare alese. Pentru realizarea lucrării au fost studiate metode de conservare prin ultrasonificare și sterilizare, sau combinarea lor la temperatură și durată de timp diferită. Pentru caracterizarea piureurilor din fructe bacifere și iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere a fost aplicată metoda HPLC. Activitatea antioxidantă (DPPH și ABTS) a fost determinată atât pentru piureurile din fructe bacifere, cât și pentru iaurturile elaborate. Au fost aplicate metode de analiză senzoriale, microbiologice, fizico - chimice și texturale. S-au aplicat metode de prelucrare statistică și modelarea matematică a rezultatelor experimentale.

Importanța teoretică și inovația științifică a lucrării constă în determinarea condițiilor optime de conservare a piureurilor din fructe bacifere prin tratament termic combinat de ultrasonificare și sterilizare care permite păstrarea valorii biologice și activității antioxidante; identificarea condițiilor optime de conservare prin tratament termic combinat de ultrasonificare și sterilizare a piureurilor din fructe bacifere de calitate standardizată cu potențial antioxidant ridicat; argumentarea utilizării amestecului din lapte de capră și vacă în fabricarea iaurtului. Soluționarea problemei a fost realizată prin următoarele cercetări:

- ❖ modelarea matematică a procesului de conservare prin ultrasonificarea piureurilor din fructe bacifere la diferite temperaturi și durată de timp, cu aplicarea modelelor cinetice;

- ❖ conservarea piureurilor din fructe bacifere prin ultrasonificare și sterilizare la temperatura și durata de timp optimizată, ceea ce permite păstrarea valorii biologice și a potențialului antioxidant;

- ❖ argumentarea teoretică și experimentală a aplicabilității metodelor de conservare prin tratament termic de ultrasonificare și sterilizare; evaluarea influenței condițiilor de conservare asupra indicatorilor fizico - chimici ai piureurilor din fructe bacifere (aciditatea titrabilă, pH, conținut de substanță uscată, cenușă, proteină, fibre, zahăr); aprecierea valorii biologice - acidului

L- hidroascorbic, conținutului total de antocieni și activității antioxidante a piureurilor din fructe bacifere;

❖ compararea metodelor de conservare: ultrasonificare și sterilizare a piureurilor din fructe bacifere prin prisma indicatorilor fizico - chimici, valorii biologice și activității antioxidante;

❖ stabilirea raportului optim al laptelui de capră și vacă în vederea obținerii iaurtului din amestec de lapte de capră și vacă;

❖ argumentarea necesității îmbogățirii iaurtului din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere fundamentată pe conținutul de compuși biologic activi și siguranței microbiologice;

❖ analiza influenței piureurilor din fructe bacifere asupra calității senzoriale, indicatorilor fizico - chimici, stabilității microbiologice, valorii biologice și potențialului antioxidant a iaurtului din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere - produs finit în timpul păstrării.

Semnificația teoretică: pentru prima dată a fost realizată modelarea cineticii metodei de conservare prin tratament termic de ultrasonificare și sterilizare a piureurilor din fructe bacifere la diferite condiții de temperatură și durată de timp; au fost stabilite condiții optime de conservare a tratamentului termic prin ultrasonificare și sterilizare a piureurilor din fructe bacifere asupra indicatorilor fizico-chimici, valorii biologice și activității antioxidante; au fost elaborate tehnologii de fabricare a iaurtului din amestec de lapte de capră și vacă în care piureurile din fructe bacifere au fost utilizate ca umplutură pentru a îmbogăți valoarea biologică a produsului finit.

Lucrarea de față a fost realizată în baza cercetărilor și experienței acumulate la realizarea proiectului de cercetare națională: 20.80009.5107.09 „Ameliorarea calității și siguranței alimentelor prin biotehnologie și inginerie alimentară” (2020-2023).

Valoarea aplicativă a lucrării constă în următoarele:

- au fost stabilite condiții optime de conservare a tratamentului termic prin ultrasonificare și sterilizare a piureurilor din fructe bacifere care permite păstrarea valorii biologice și a potențialului antioxidant;
- a fost identificată proporția optimă al laptelui de capră și vacă pentru formularea iaurt;
- a fost analizat efectul piureurilor din fructe bacifere asupra calității senzoriale, indicatorilor fizico - chimici, texturali, stabilității microbiologice și valorii biologice a iaurtului din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere.

Aprobarea lucrării la foruri științifice naționale și internaționale. Rezultatele principale ale tezei au fost raportate la un șir de conferințe și simpozioane științifice naționale și internaționale: Conferința Internațională „Tehnologii Moderne în Industria Alimentară”, Chișinău, Republica Moldova (2018, 2022, 2024); Simpozionul Internațional „Euro-Aliment”, Galați,

România (2019, 2021, 2023); Conferința Tehnico-Științifică Internațională a Studenților, Masteranzilor și Doctoranzilor, UTM, Chișinău, Republica Moldova (2018, 2019, 2021, 2023); Conferința „Științe inteligente ale vieții și tehnologie pentru dezvoltare durabilă”, ediția 13, Chișinău, Moldova, 2023; Conferința științifică internațională „Femeile în cercetare: destine, contribuții, perspective”, 2024, Chișinău, Republica Moldova; Conferința Internațională „Student în Bucovina”, ediția a XI-a, 2024, Suceava, România; Expoziția Europeană a Creativității și Inovației „EUROINVENT”, Iași, România, 2022; Expoziția Internațională de Invenții „INVENTICA”, Iași, România, 2022; Salonul Internațional al Cercetării Științifice, Inovării și Inventicii „INVENTICA”, Cluj-Napoca, România, 2022.

Publicații la tema tezei. Rezultatele cercetării și problemele abordate în teză au fost publicate în 19 lucrări științifice, inclusiv 1 capitol în monografie colectivă, 7 articole științifice, 1 brevet de invenție de scurtă durată, 12 articole în culegeri și rezumate la manifestări științifice naționale și internaționale.

Sumarul capitolelor tezei. Lucrarea este expusă pe 139 de pagini dactilografiate și include următoarele capitole: adnotare în limbile română, engleză și rusă, introducere, 4 capitole, concluzii și recomandări, bibliografie cu 260 de surse. Lucrarea este ilustrată cu 35 de tabele și 49 de figuri, 2 anexe.

În **Introducere** sunt relevate: motivația alegerii subiectului de cercetare, actualitatea și importanța temei abordate, scopul și obiectivele cercetării, ipoteza de cercetare, sinteza metodologiei de cercetare, importanța teoretică și inovația științifică, valoarea aplicativă a rezultatelor obținute și sumarul capitolelor tezei.

În Capitolul I **Tehnologii inovatoare de conservare a fructelor bacifere pentru îmbunătățirea calității iaurturilor** este redată importanța conservării fructelor bacifere prin tratamente termice; stadiul actual și perspectivele industriei produselor lactate în Republica Moldova; caracteristici specifice ale laptelui provenit de la diferite specii animale; dinamica fermentației lactice: aspecte fundamentale și aplicative; impactul consumului de iaurt asupra stării fiziologice și a sănătății organismului uman; fortificarea produselor lactate cu ingrediente naturale din fructe: efecte asupra indicatorilor fizico - chimici și valori biologice ale iaurtului.

În Capitolul II **Materiale și metode de cercetare** sunt descrise materialele utilizate pentru cercetare; pregătirea fructelor bacifere pentru obținerea piureului; matricea de planificare a experimentului binivelar bifactorial EFC 2²; materia primă utilizată la fabricarea iaurtului; metode de cercetare; determinări chimice, senzoriale și microbiologice; metode de determinare a calității iaurturilor elaborate; reactivii folosiți pentru experiențe; modelarea matematică a datelor experimentale; analiza statistică.

În Capitolul III **Optimizarea proceselor de prelucrare a fructelor bacifere prin tehnici inovative și avansate** s-a evaluat efectele tratamentului cu ultrasunete asupra activității antioxidante și a indicatorilor microbiologici a piureurilor din fructe bacifere; elaborarea și descrierea etapelor fluxului tehnologic de obținere a piureurilor din fructe bacifere; analiza indicilor de calitate ai piureurilor din fructe bacifere (caracteristici senzoriale, potențialul antioxidant, indicatori fizico - chimici); efectul tratamentelor termice asupra activității enzimei polifenoloxidază; influența duratei de păstrare asupra indicilor de calitate ai piureurilor din fructe bacifere.

În Capitolul IV **Studiul sinergiei dintre amestecul din lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere în obținerea iaurtului** este descrisă optimizarea proporțiilor din lapte de capră și vacă destinat fabricării iaurtului natural; cercetarea procesului de fermentare în obținerea iaurturilor naturale, analiza caracteristicilor senzoriale, indicatorilor microbiologici și fizico - chimici ai iaurturilor naturale, inclusiv și la păstrare; dezvoltarea iaurtului din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere; analiza procesului de fermentare; studiul caracteristicilor senzoriale, indicatorilor microbiologici și fizico - chimici, proprietăților antimicrobiene, potențialului antioxidant, texturii și proprietăților reologice, parametrilor de culoare, inclusiv și la păstrare; modificări ale vâscozității dinamice în funcție de temperatura de păstrare; stabilirea modelului matematic ai iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere - produs finit.

Cuvinte cheie: lapte de capră, lapte de vacă, fructe, cultură starter, iaurt, tehnologie, fermentare, aciditate, bacterii lactice, proteină, vâscozitate, textură, fermitate, sinereză, antioxidanți, stabilitate.

1. TEHNOLOGII INOVATOARE DE CONSERVARE A FRUCTELOR BACIFERE PENTRU ÎMBUNĂTĂȚIREA CALITĂȚII IAURTURILOR

*„Crește o lume mai bună. Natural”
Chr. Hansen Holding*

1.1 Importanța conservării fructelor bacifere prin tratamente termice

Conservarea fructelor bacifere prin tratamente termice este esențială pentru prelungirea duratei lor de păstrare și menținerea valorii nutritive în afara sezonului. Aplicarea corectă a tratamentelor termice permite transformarea fructelor proaspete în semifabricate sigure și stabile microbiologic, cum ar fi piureurile, contribuind astfel la reducerea pierderilor postrecoltă și la asigurarea disponibilității lor pe parcursul întregului an. Având în vedere creșterea constantă a cererii pentru piureurile de fructe (Grand View Research, 2019), este esențial ca aceste produse, cu valoare nutrițională ridicată și conținut bogat de compuși bioactivi, să ajungă la consumatori în condiții optime de calitate.

Pentru a prelungi durata de valabilitate a alimentelor, în industria alimentară au fost utilizate diverse metode de prelucrare (Domínguez-Díaz et al., 2020; Salazar-Orbea et al., 2023). Dintre acestea, prelucrarea termică este cea mai aplicată (Cano-Lamadrid et al., 2022). Abundența nutrienților prezenți în multe categorii de alimente reprezintă un substrat excelent pentru creșterea microorganismelor, iar inactivarea acestora este un parametru critic pentru siguranța alimentelor. Deși conservarea prin metode termice, precum pasteurizarea, sterilizarea și ambalarea aseptică, au fost eficiente pentru inactivarea microorganismelor și a enzimelor de alterare în același timp, ele prezintă rezultate reduse legate de caracteristicile nutriționale și aspectul senzorial. Nutrienții sensibili la căldură sunt cei care sunt de obicei afectați mai întâi. Astfel, vitaminele, culoarea, aroma și glucidele sunt semnificativ degradate în funcție de mulți parametri (Jacobo-Velázquez et al., 2021).

Pe de altă parte, câteva tehnologii noi de procesare non-termică sunt o alternativă la metodele termice tradiționale, dar nu folosesc temperatura pentru a inactiva microorganismele și enzimele (Cano-Lamadrid et al., 2022). Procesarea la presiune înaltă, lumina ultravioletă și ozonarea sunt procese non-termice, care sunt utilizate la scară industrială și comercială. Timpul și intensitatea procesării, precum și condițiile de prelucrare, sunt unii dintre cei mai importanți factori asociați cu succesul acestor metode, astfel încât acestea ar trebui optimizate în fiecare aliment (Artés-Hernández et al., 2021). Fig. 1.1 prezintă câteva aspecte ale tehnologiilor termice și non-termice.

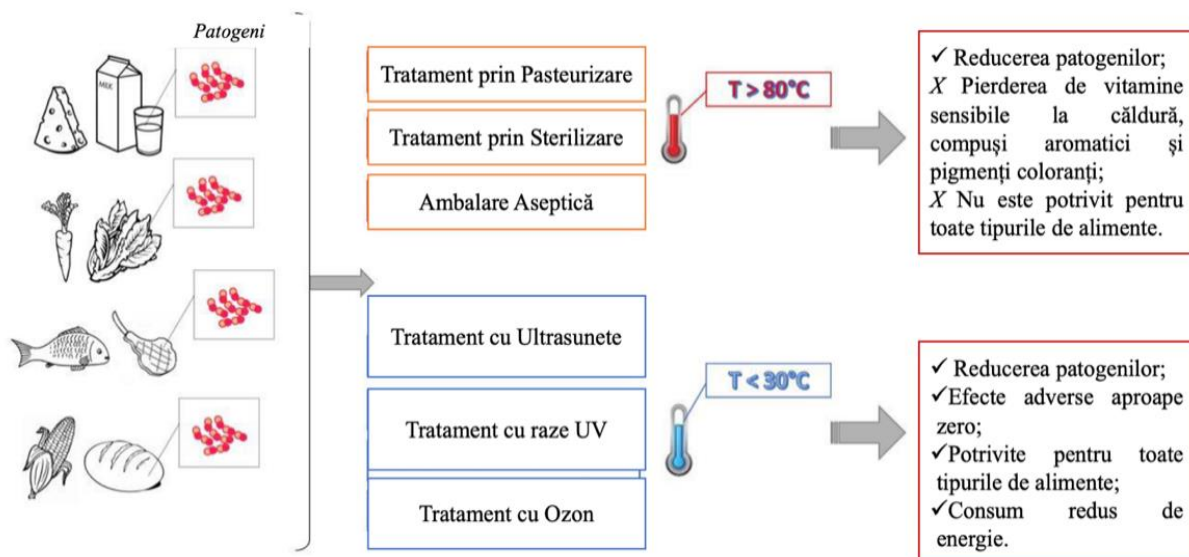


Fig. 1.1 Tehnologiile termice și non - termice aplicate în procesarea alimentelor, (Sanchez et al., 2020)

Conservarea alimentelor depinde de operațiuni tehnologice majore, cum ar fi blanșarea, pasteurizarea, sterilizarea, pentru a distruge bacteriile patogene (Moon et al., 2020; Nogales-Delgado, 2021). Blanșarea reprezintă un tratament termic preliminar esențial în procesarea piureurilor din fructe, având rolul de a inactiva enzimele oxidoreductazice precum polifenoloxidaza și peroxidaza, responsabile de brunificarea neenzimatică și degradarea compușilor bioactivi. Prin aplicarea controlată a temperaturii și timpului, blanșarea contribuie la menținerea culorii naturale, la stabilizarea aromei și la conservarea conținutului de vitamine, în special vitamina C (Wang et al., 2023). De asemenea, reduce încărcătura microbiană inițială, ceea ce favorizează o durată mai lungă de păstrare și o mai bună stabilitate a produsului finit (Jabbar et al., 2014b). Deși blanșarea aduce beneficii importante în procesarea fructelor, aplicarea necorespunzătoare a acestui tratament termic poate avea efecte nefavorabile asupra calității produsului. Printre acestea se numără pierderile semnificative de compuși termolabili, cum ar fi vitamina C, flavonoidele și alți antioxidanți, care sunt sensibili la temperaturi ridicate. De asemenea, blanșarea excesivă poate duce la degradarea pigmenților naturali (cum ar fi antocianinele sau carotenoidele), afectând negativ culoarea piureului. În plus, textura poate deveni prea moale sau apoasă, iar aroma specifică fructului poate fi diminuată ca urmare a evaporării compușilor volatili (Xiao et.al., 2017; Silva et al., 2019; Perera et al., 2021).

Pasteurizarea este o metodă de tratament termic utilizată pentru a elimina microorganismele patogene, ajutând la reducerea sau eliminarea agenților patogeni din alimentele cu umiditate scăzută sau ridicată. Pentru inactivarea microbiană a alimentelor cu umiditate ridicată,

cum ar fi sucurile sau piureurile, metodele exploatate includ pasteurizarea termică ($<100^{\circ}\text{C}$), care vizează distrugerea celulelor vegetative ale tuturor microorganismelor patogene, precum și ale microorganismelor nepatogene (Sanchez et al., 2020; Cano-Lamadrid et al., 2022).

Sterilizarea este tratamentul termic care eliberează produsele alimentare de orice formă viabilă de microorganisme patogene și formatoare de toxine, care ar putea crește în alimente în condiții normale la depozitare (Xiao et al., 2017).

În contextul dezvoltării de noi metode de conservare a substanțelor biologice active din alimente, comunitatea științifică desfășoară cercetări aprofundate care evidențiază eficiența, siguranța și sustenabilitatea acestor tehnologii (Hernández-Hernández et al., 2019; Vidyarthi et al., 2020). Interesul major este justificat de rolul lor esențial în menținerea sănătății umane, având efecte antioxidante, antiinflamatoare și imunomodulatoare. Conservarea asistată de ultrasunete este investigată pentru capacitatea de a minimiza degradarea termică, de a menține structura nativă a compușilor bioactivi și de a reduce pierderile nutriționale. În plus, această metodă modernă contribuie la extinderea duratei de valabilitate, reducerea contaminării microbiologice și menținerea caracteristicilor senzoriale ale produselor alimentare, răspunzând cerințelor actuale ale consumatorilor pentru alimente funcționale, sigure și minim procesate (Lafarga et al., 2019; López-Gámez et al., 2021).

Ultrasunetele reprezintă propagarea vibrațiilor mecanice sub formă de unde elastice care se pot transmite prin diferite medii - solide, lichide sau gazoase - asigurând transportul energiei fără deplasarea permanentă a materiei. Aceste unde acustice se diferențiază în funcție de frecvența lor de oscilație, iar capacitatea de percepție a urechii umane este limitată la un interval aproximativ cuprins între 16 Hz și 20 kHz (Kumar et al., 2021; Agriopoulou et al., 2022). Ca orice altă undă, ultrasunetele sunt caracterizate de doi parametri fundamentali: amplitudinea și frecvența. Amplitudinea determină intensitatea energiei acustice, adică puterea cu care unda se propagă în mediul respectiv, în timp ce frecvența descrie tonalitatea sau înălțimea sunetului. Această proprietate este o caracteristică subiectivă a percepției auditive umane, care, împreună cu intensitatea și timbrul, permite clasificarea sunetelor pe o scară de la joase la înalte.

În funcție de domeniul de frecvență, undele sonore pot fi grupate astfel: infrasunete, cu frecvențe mai mici de 16 Hz, care nu pot fi percepute de urechea umană; ultrasunete, cu frecvențe cuprinse între 20 kHz și 1 GHz; și hipersunete (sau unde hipersonice), care depășesc valoarea de 1 GHz (fig. 1.2). Aceste diferențieri nu sunt doar convenționale, ci au o semnificație practică majoră, deoarece comportamentul de propagare al undelor acustice, precum și efectele lor asupra mediilor traversate, depind în mod direct de domeniul de frecvență.

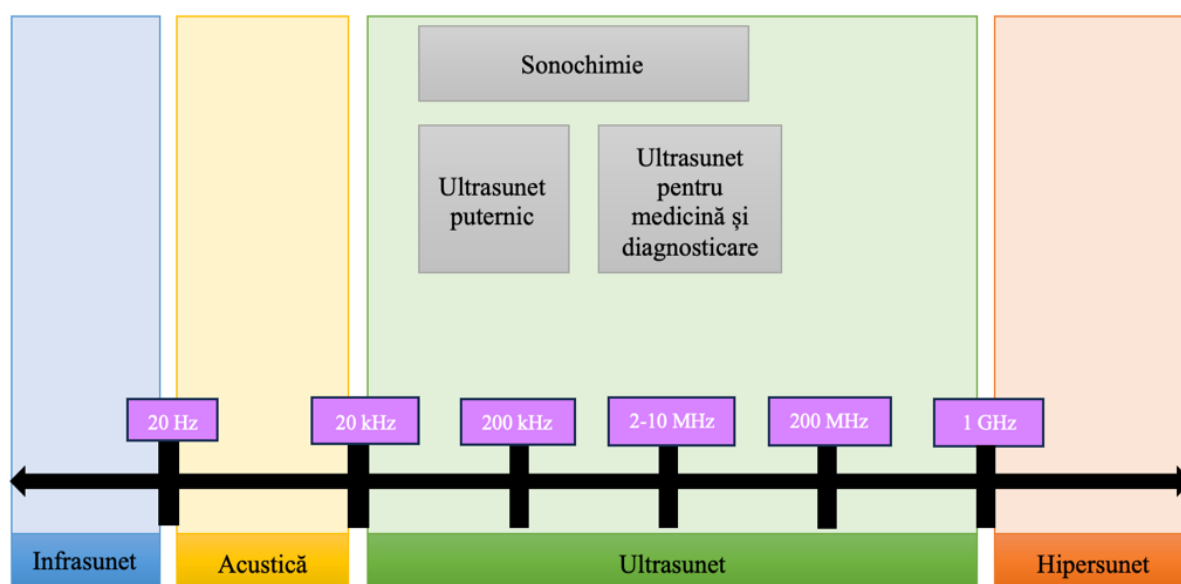


Fig. 1.2 Clasificarea diferitelor amplitudini ale spectrului sonor, (Agriopoulou et al., 2022)

Aplicarea ultrasunetelor se caracterizează prin avantaje semnificative în comparație cu tehnologiile tradiționale de conservare. În special, tratamentul cu ultrasunete reduce durata de prelucrare, asigură un randament mai bun, reduce consumul de solvenți, crește viteza procesului, garantează extragerea substanțelor termolabile etc. Echipamentul are costuri reduse de întreținere, se utilizează mai puțină energie pentru procesare, ca urmare, procesul este mai ecologic și mai fezabil din punct de vedere economic (Picot-Allain et al., 2021).

Termosonicarea este un proces tehnologic utilizat în industria alimentară pentru a conserva produsele prin încălzire controlată, care distruge microorganismele dăunătoare și enzimele ce pot cauza alterarea alimentelor. Prin termosonicare, alimentele sunt încălzite la temperaturi ridicate pentru o perioadă scurtă de timp, păstrându-se astfel calitatea nutrițională și gustul, în timp ce se prelungește durata de valabilitate. Această metodă este esențială pentru siguranța alimentară, fiind aplicată în special pentru alimentele perisabile (Tiwari et al., 2008).

În prezent, există puține date care compară calitatea senzorială a metodelor termice și non-termice de conservare a fructelor. Cu toate acestea, unii cercetători subliniază că utilizarea pe termen lung a ultrasunetelor sau utilizarea unei puteri mari poate provoca, de asemenea, degradarea compușilor bioactivi. Impactul procesării piureului cu ultrasunete nu a fost investigat pe larg până acum. O încercare de a aplica această tehnică la tratamentul piureului a fost efectuată pentru acerola (*Malpighia emarginata*), (Dang et al., 2012), struguri (*Vitis vinifera*), (Guler, 2023), coacăze negre (*Ribes nigrum*), roșii (*Ribes rubrum*) și albe (*Ribes rubrum* „White Grape”), (Kidoñ et al., 2022).

1.2 Valoarea nutritivă și funcțională a fructelor bacifere

Consumul și popularitatea fructelor au crescut foarte mult în ultimii ani din cauza abundenței compușilor biologic activi. Începând cu 2024, peste 12,2 milioane/t de fructe au fost produse la nivel mondial, iar producția sa aproape s-a dublat în ultimii 15 ani - 6,3 milioane/t în 2023 (FAOSTAT, 2023). Suprafața terenurilor arabile de pe Glob a constituit 10,9 % din suprafața totală. Din cele circa 1417,2 milioane/ha de terenuri arabile la nivel global, 90 milioane/ha sunt ocupate de culturi pomicole, din care arbuștii fructiferi și căpșunul ocupă suprafața de 767 milioane/ha (fig. 1.3).

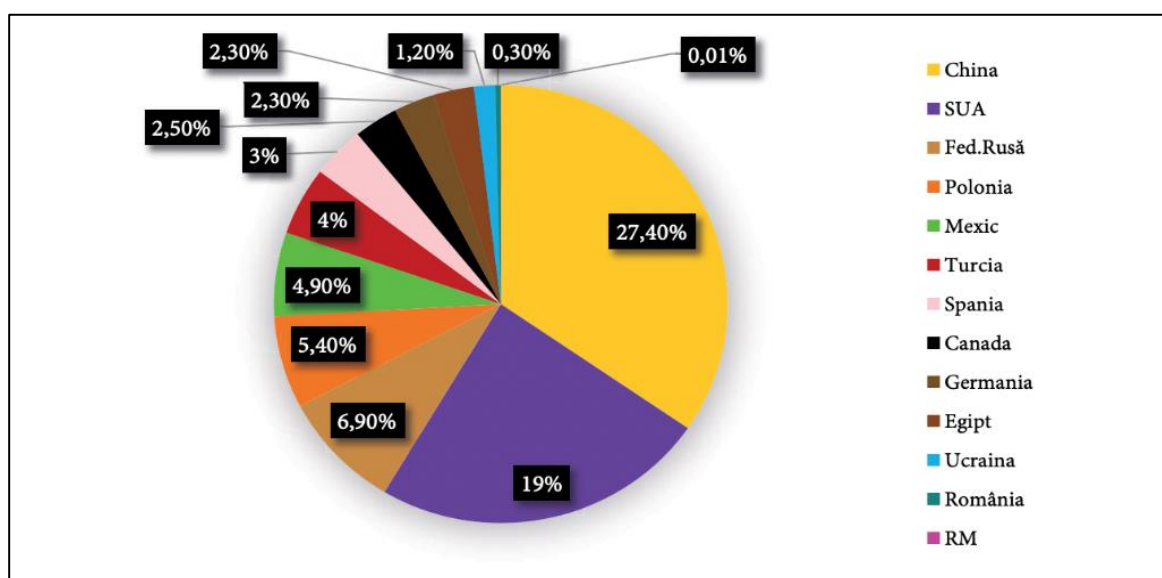


Fig. 1.3 Structura volumelor de fructe produse pe Glob, anul 2024, %, (FAOSTAT 2023)

Republica Moldova, în anul 2024, s-a situat pe poziția 76 în lume printre producătorii de fructe cu o producție de 1,085 t ceea ce reprezintă 0,01% din producția mondială. Principala specie cultivată în anul 2024 au fost fructele de căpșună, cu o producție de 595 tone ori 55% din producția totală de fructe bacifere. Fructele de zmeură s-au recoltat 422 tone ori 39% din producția totală, aronia - 65 tone ori 6 % din producția totală. Din datele neoficiale ale experților, producția de fructe din Republica Moldova este cu mult mai mare decât cea reflectată în datele statistice oficiale (Sava, 2014; Balan et al., 2017).

În ultimii 3 ani s-au plantat specii noi de arbuști, așa numitele specii de „nișă”, cum sunt: murul (*Rubus fruticosus* L.), scorușul negru (*Aronia melanocarpa* (Michx.) (Ell.), afinul (*Vaccinium* L. *corymbosum*), cătina albă (*Hippophaë rhamnoides* L.), goji (*Lycium barbarum* L.), cornul (*Cornus mas*. L.) etc. (Machidon et al., 2024). Căpșunul (*Fragaria ananassa* Duch.),

zmeurul (*Rubus idaeus* L.) și coacăzul negru (*Ribes nigrum*) au înregistrat cele mai mari creșteri ale suprafețelor în perioada 2021-2023 (fig. 1.4).

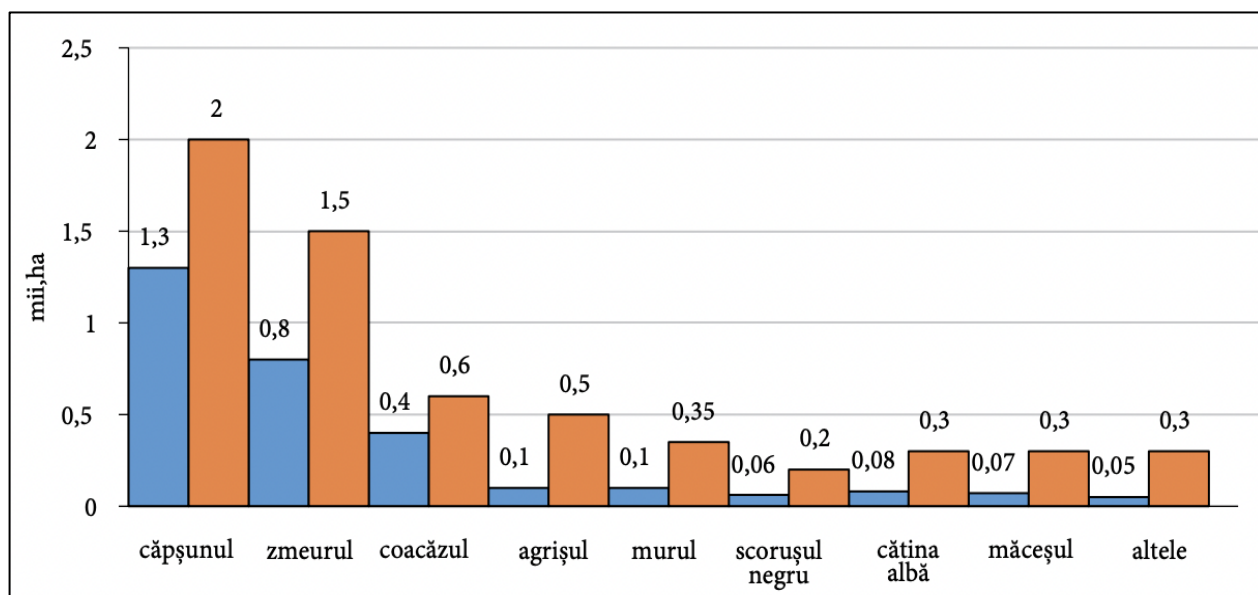


Fig. 1.4 Dinamica suprafețelor prognozate cu arbuști fructiferi și căpșun în RM în perioada 2021-2023, mii ha

Această creștere a avut loc masiv atât în grădinile familiare, cât și în plantațiile comerciale. În grădinile familiare, suprafețele cultivate cu arbuști fructiferi și căpșun variază de la 0,1 ha până la 0,5 ha, în timp ce plantațiile comerciale ajung și până la 140 ha pe gospodărie. Majoritatea plantațiilor comerciale sunt însă de categoria mici spre mediu, cu suprafețe cuprinse între 2 - 5 ha (Balan et al., 2017).

Căpșuna (*Fragaria ananassa* Duch.) - este una dintre cele mai apreciate fructe cultivate din lume, fiind populară pentru aroma sa plăcută și calitățile nutritive (Kuchi et al., 2019) și este consumată nu numai ca fruct proaspăt, ci și ca umplutură în compoziții alimentare, cum ar fi în înghețată, iaurt, biscuiți, deserturi etc. Pe lângă faptul că sunt primele fructe care apar primăvara, căpșunele sunt foarte căutate și pentru conținutul lor bogat în acizi organici (0,72 - 1,91%), zaharuri (4,5 - 9,5%), proteine (0,10 - 0,51%), săruri minerale (0,94 - 1,74%), vitamina C (42 - 106 mg), vitaminele A, B₁, B₂, PP, acid pantotenic etc. Datorită conținutului de Mg și vitaminelor din grupul B, căpșunele au un rol important în buna funcționare a sistemului nervos și sunt indicate în prevenirea insomniilor, stărilor de astenie, anemiei, reglarea funcției ficatului etc. (Kuchi et al., 2019). Antocienii cu un conținut aproximativ de la 0,5 până la



Fructe de căpșune, soiul Marmolada

1,5 mg/100 g sunt componenta principală care contribuie la formarea culorii, în timp ce acidul ascorbic (0,3 până la 1,2 mg/100 g) este principala vitamină care oferă beneficii nutriționale. Se consideră că căpșunele au un efect anticancerigen datorită conținutului înalt de minerale, vitamine și compuși fenolici (Giampieri et al., 2015).

Aronia (*Aronia melanocarpa* (Michx.) (Ell.) este bogată în compuși naturali care posedă unele efecte terapeutice: antimicrobian, chimiopreventiv, vasoprotector, antimutagen, anticancerigen, antioxidant (Roșca et al., 2019) și pot fi consumate pentru fortificarea organismului uman. Activitatea fiziologică a fructelor de aronia se datorează concentrației ridicate de flavonoide, capabile de a acționa asupra sistemului sanguin (Tolić et al., 2015). Din flavonoli face parte quercetina care formează glicozidele:

evercitrina și rutina. Conținutul flavonolilor în fructele de aronia constituie 100 - 460 mg/100 g. Fructele de aronia mai conțin zaharuri glucoză și fructoză (4,6 - 9,4 g/100 g), substanțe pectice (0,5 - 2,5 g/100 g), acid malic (0,70 - 1,87 g/100 g), vitamine: β – caroten (1,1 - 5,6 mg/100 g), vitamina C (8,0 - 72,1 mg/100 g, vitamina B₁ (0,02 mg/100 g), vitamina B₂ (0,013 mg/100 g), vitamina PP (0,5 mg/100 g), acid folic (3,0 mkg/100 g), vitamina E (1,5 mg/100 g), compuși fenolici (990,0 - 6905,0 mg/100 g), (Ochmian et al, 2012).

Zmeura (*Rubus idaeus* L.) - are numeroase efecte benefice asupra sănătății, datorită compoziției nutriționale bogate în antioxidanți, fitonutrienți, fibre, vitamine și minerale (Alappat et al., 2020). Conține numeroase minerale ca K, Mg, Cu, Fe, dar și vitamine din complexul B și vitamina K. De asemenea, conține o cantitate înaltă de vitamina C, o porție de 100 g de zmeură asigurând 44% din necesarul zilnic de vitamina C. Zmeura este o sursă

importantă de substanțe nutritive benefice pentru sănătate, printre care se remarcă antocianinele - compuși polifenolici care conferă fructului culoarea sa intensă și care au proprietăți puternic antioxidante și antiinflamatoare. Prezintă efecte de protecție asupra celulelor (cianidine, pelargonidine, delfinidine, malvidine); flavonoli cu rol antioxidant și antiinflamator (quercetină și kaempferol); flavanoli ce reglează fluxul sanguin, susțin formarea neuronilor și mențin sănătatea creierului (catechine și epicatechine); tilirozidă (rol antidiabetic, antiinflamator, antiviral,



Fructe de aronia, soiul Nero



Fructe de zmeură, soiul Polana

antibacterian etc.); taninuri (proprietăți anticancerigene și antimutagenice, de reducere a stresului oxidativ); acizi hidroxi benzoici cu rol antioxidant, anti - îmbătrânire (acid elagic, vanilic, galic și clorogenic); acizi hidroxicinamici antioxidanți (acid cafeic, cumaric, ferulic); resveratrol cu rol antidiabetic și cardioprotector. Zmeura are proprietăți anti-inflamatoare și antioxidante. Aceste efecte sunt sporite de potențialul antioxidant și de reducerea radicalilor liberi din organism. Fructele de zmeură se cultivă atât pentru consumul în stare proaspătă, cât și pentru procesare industrială sub formă de dulceață, compot, gem, sirop, suc etc. Zmeura conține zaharuri (4,5 - 10,6%), acizi organici (1,1 - 2,3%), pectine (0,5 - 2,8%), proteine (1,2-1,5%), fibre alimentare (2,9 - 3,9%), proteine (0,34 - 1,3%), vitamina C (13,6 - 31,1 mg/100 g), antocieni (0,2 - 83,6 mg/100 g), niacină (0,14 - 0,90 mg/100 g), resveratrol (0,14 - 0,90 mg/100 g) etc. (Krstic et al., 2014).

1.3 Stadiul actual și perspectivele industriei produselor lactate în Republica Moldova

Industria alimentară în Republica Moldova reprezintă una dintre ramurile de bază ale economiei naționale, unde principalele ramuri de specializare regională sunt reprezentate de industria vinicolă, produselor lactate, produselor din carne, conservei de fructe și legume, sucurilor naturale etc. (fig. 1.5) Industria de procesare a alimentelor are un aport de aproximativ 12% la formarea PIB, valoarea alimentelor procesate în I semestru al anului 2023 fiind de 3,354,437 mii lei (ANPLPL „Lapte”, 2020). Cererea la produsele alimentare pe piață este una destul de stabilă, iar diversificarea gamei de alimente procesate și comercializarea lor pe piața internă poate contribui la creșterea veniturilor întreprinzătorilor din domeniul alimentar inclusiv și prin înlocuirea produselor importate cu cele fabricate local.

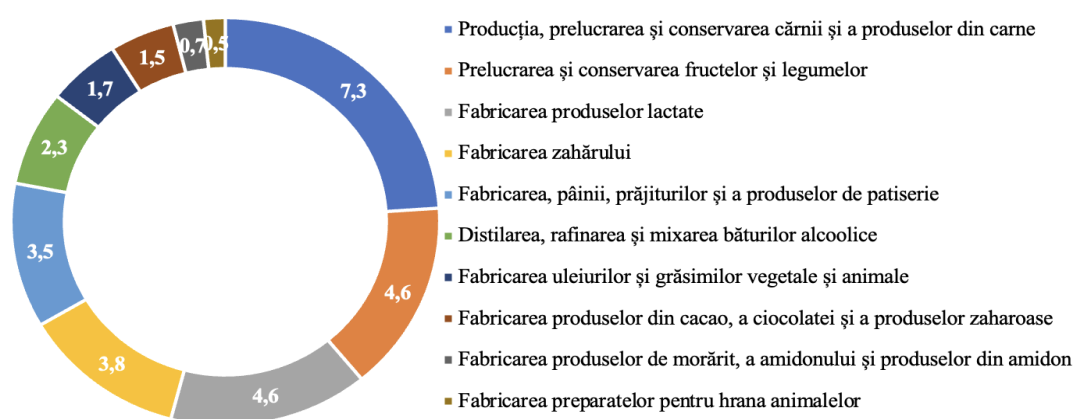


Fig. 1.5 Structura industriei alimentare pe categorii de produse, %

Sursa: www.statistica.md

Sectorul de producere a laptelui și produselor lactate în Republica Moldova este un sector strategic în asigurarea siguranței alimentare, deoarece produsele lactate sunt alimente importante social și sunt indispensabile în rațiile alimentare ale omului (BNS, 2023). Cantitatea insuficientă de lapte materie primă produsă la nivel național generează o dependență semnificativă de importurile de produse lactate, ceea ce constituie un obstacol major în calea dezvoltării sectorului de procesare a laptelui. Acest sector necesită investiții substanțiale și servicii de sprijin adecvate pentru a putea fi reabilitat și consolidat. Programul Național de Dezvoltare a Sectorului de Lapte în Republica Moldova 2020 - 2025 prezintă măsurile necesare pentru redresarea situației actuale din sectorul produselor lactate, descrie contextul curent, definește principalele probleme, stabilește obiectivele și etapele de implementare, precum și aspectele legate de impactul aplicării acestuia (ANPLPL „Lapte”, 2020). În prezent, în Republica Moldova activează 41 de întreprinderi de procesare a laptelui. Aceste unități de procesare produc circa 90% din toate produsele lactate, restul, 10%, aparținând producătorilor mici. Datele BNS arată că, în primul semestru al anului 2024, întreprinderile de procesare au produs 86 638,2 tone de produse lactate, cu 7% mai puțin decât în perioada similară a anului 2023 (BNS, 2023).

1.4 Caracteristici specifice ale laptelui provenit de la diferite specii animale

Alimentele exercită un efect benefic asupra organismului uman, unde, fără îndoială, unul dintre aceste produse alimentare este laptele, care reprezintă aproximativ 25 - 30% din nutriția umană (Clark et al., 2017). Laptele joacă un rol important în alimentație ca sursă de nutrienți esențiali, dar și compuși biologic activi, care au proprietăți benefice pentru sănătatea organismului uman. Laptele este alcătuit din 4 faze fizice: o fază gazoasă, care cuprinde în principal CO_2 în momentul mulgerii; o fază grasă, compusă din globule de grăsime care sunt înconjurate de fosfolipide și de membrană proteică; o fază coloidală formată din miclele de cazeină, asociate cu fosfați și citrați de calciu și de magneziu și o fază apoasă formată din proteine solubile (proteine din zer), glucide și minerale (Turkmen et al., 2017).

Laptele conține, prin urmare, toate substanțele sub formă de nutrienți principali, și anume apă, grăsimi, proteine, glucide, minerale și vitamine etc. De remarcat este faptul că laptele de vacă este cu siguranță cel mai popular produs în majoritatea țărilor lumii, întrucât aproximativ 85% din producția globală de lapte provine de la bovine (Albenzio et al., 2017). Cu toate acestea, în anumite țări ale lumii, laptele de la alte specii de animale are, de asemenea, o pondere semnificativă în consumul de lapte, unde 8% din producția mondială îi revine laptelui de bivoliță, urmată de laptele de capră și de oaie, 4% și, respectiv, 3 % (Biadała et al., 2018). La rândul său, laptele de cămilă este consumat pe scară largă în țările arabe. Laptele de măgăriță a câștigat și el popularitate în

ultima perioadă, deoarece prezintă cea mai mare asemănare cu compoziția laptelui uman (Guetouache et al., 2014).

Laptele de vacă, fracțiunile sale și componentele izolate sunt asociate cu numeroase beneficii pentru sănătate. Proteinele din zer, cum ar fi lactoferina, α -lactalbumina și imunoglobulina G prezintă proprietăți antimicrobiene, antivirale, imunomodulatoare, metabolice și anti-cancerigene. Deși laptele de bivoliță, capră și oaie au reprezentat o parte importantă a alimentației umane, cunoștințele detaliate despre compoziția și funcția acestor tipuri de lapte sunt limitate în comparație cu laptele de vacă. Laptele de capră și fracțiunile de lapte au fost studiate pentru proprietățile lor digestive. Astfel, s-au raportat diferențe pentru laptele de vacă și de capră (Maathuis et al., 2017). Într-adevăr, studiul lui Hodgkinson și colaboratorii (2018) a raportat comportamente digestive diferite într-un model de digestie *in vitro* între laptele de capră și de vacă, cazeina laptelui de capră tinde să fie digerat mai eficient, în comparație cu cazeina laptelui de vacă, cu profiluri generale de peptide din laptele de capră și de vacă. Este important de menționat că alți autori au observat atât rezultate similare, cât și contradictorii (Inglingstad et al., 2010). Laptele de oaie a fost folosit predominant pentru a produce brânză și iaurt, însă producția și disponibilitatea crescută a laptelui de oaie l-au poziționat ca o sursă care promovează sănătatea. După cum a raportat Claeys și colaboratorii (Claeys et al., 2014), laptele de oaie este bogat în proteine și aminoacizi care îmbunătățește digestibilitatea și valoarea nutritivă.

Însușirile oricărui tip de lapte sunt strâns legate de compoziția chimică și proprietățile fizice (Bulgaru, 2016). Caracteristicile comparative ale laptelui de la diferite specii de animale au fost revizuite și în alte studii (Clark et al., 2017) și, prin urmare, nu vor fi pe larg caracterizate, însă principalele componente sunt prezentate în tabelul 1.1.

Tabelul 1.1. Compoziția chimică a laptelui de la diferite specii de animale și laptele uman,
(Claeys et al., 2014)

Nr.	Component	Lapte					
		de vacă	de capră	de oaie	de bivoliță	de cămilă	uman
1.	Substanță uscată, %	12,4 - 15,0	12,1 - 15,0	17,0 - 19,1	15,7 - 17,2	12,4	10,7 - 12,9
2.	Proteină, %	3,2 - 4,0	2,8 - 5,2	4,5 - 7,0	3,6 - 4,7	3,0-3,3	0,9 - 1,9
3.	Grăsime, %	3,4 - 4,5	3,4 - 4,5	5,3 - 9,3	5,2 - 9,0	3,2-3,8	2,1 - 4,0
4.	Lactoză, %	4,4 - 5,4	3,9 - 5,0	3,9 - 5,0	3,2 - 4,7	5,8-7,4	6,3 - 6,9
5.	Substanțe minerale, %	0,7 - 0,8	0,7 - 0,9	0,9 - 1,0	0,8 - 0,9	0,8-1,1	0,2 - 0,3

Grăsimea din lapte. Cea mai importantă componentă a laptelui din punct de vedere al costului, nutriției, caracteristicilor fizice și senzoriale pe care le conferă produselor lactate fermentate este grăsimea (tabelul 1.1). Laptele de capră este mai ușor de digerat datorită cantității mari de globule de grăsime cu diametru compact. Conținutul de grăsime din laptele de capră nu se

deosebește de cel al laptelui de vacă, însă se constată diferențe sezonale (laptele de capră de toamnă conține cu 1% mai multă grăsime decât cel de vară), (Bulgaru, 2016). Ceea ce diferențiază mult laptele de capră față de laptele de vacă se referă la mărimea globulelor de grăsime care, în medie, este de 2,5μm, la laptele de capră și 2,5 - 3,5μm la laptele de vacă. Rezultă că globulele de grăsime din laptele de capră sunt mai ușor digerabile în comparație cu cele din laptele de vacă.

Proteina din lapte. Laptele de capră conține toate proteinele laptelui de vacă, proporțiile dintre ele sunt însă diferite. Astfel, în laptele de capră cazeinele reprezintă 71%, proteinele solubile (lactoserice) 21% și azotul neproteic 7%, în timp ce laptele de vacă conține 75% proteine cazeinice, 18% proteine serice și 5,8% azot neproteic. Referitor la cazeine, laptele de capră conține mai puțină α₁- cazeină, și anume, 15% față de cazeina totală în comparație cu 39% față de cazeina totală, în cazul laptelui de vacă. Laptele de capră conține mai multă cazeină α₂ (21% față de cazeina totală), în comparație cu 10% față de cazeina totală, în cazul laptelui de vacă. De asemenea, laptele de capră are un conținut mai mare de β - cazeină (48% față de cazeina totală), în comparație cu 35% pentru laptele de vacă. Proporția de k - cazeină este relativ asemănătoare în cele două tipuri de lapte 15% din cazeina totală (Jesch et al., 2017).

Dacă laptele de vacă provoacă alergii la sugari și la copii mici, cu manifestări gastrointestinale cum ar fi vome, colici, dar și cu manifestări la nivel respirator (rinite alergice, nas înfundat, bronșite, bronhopneumonii, astm), precum și la nivelul pielii (urticarii, edeme și dermatite atopice), laptele de capră provoacă mai puține alergii. Sunt prezente în aceste alergii atât α - lactoalbumina, cât și mai ales, β - lactoglobulina, principalul alergen din laptele de vacă. De remarcat este faptul că 40% dintre persoanele sensibile la alergii provocate de laptele de vacă tolerează bine laptele de capră, ceea ce înseamnă că proteinele serice de la laptele de vacă diferă structural și prin compoziția aminoacidică din laptele de capră (Hodgkinson et al., 2018).

Vitaminele din lapte. Deoarece caprele transformă tot carotenul din lapte în vitamina A, laptele de capră are o concentrație mai mare de vitamina A decât laptele de vacă. Vitamina A este necesară pentru răspunsurile imune înnăscute și adaptative, cum ar fi imunitatea mediată celular și răspunsurile anticorpilor. Culoarea mai albă a laptelui de capră în comparație cu laptele de vacă se datorează conversiei carotenului în retinol. Laptele de capră este semnificativ mai sărac în vitamina E, acid folic și vitamina B₁₂ decât laptele de vacă, ceea ce poate conduce la anemie, dacă aceste vitamine nu sunt consumate în cantități suficiente. Vitamina B₆ și vitamina D, care sunt ambele esențiale pe parcursul copilăriei, sunt scăzute atât în laptele de capră cât și de vacă. Vitamina C este un antioxidant hidrosolubil bine cunoscut, prezent în laptele de capră în concentrații mai mari decât laptele de vacă. Caracteristicile antivirale și antioxidante ale acestei vitamine s-au dovedit a fi importante în controlul sistemului imunitar (Turkmen et al., 2017).

Mineralele din lapte. Laptele de capră versus laptele de vacă are un conținut mai mare de minerale, variind între 0,70 și 0,90 % și o concentrație mai mare de Ca, P, K, Mg și Cl (Nayik et al., 2022), are o biodisponibilitate mai mare a Fe, I₂ și a Se, din cauza unei cantități mai mari de conținut de nucleotide (Zenebe et al, 2014).

Glucidele din lapte. Lactoza este principala glucidă din lapte ce conține aproximativ 4,3% laptele de capră și 4,7% laptele de vacă. Este sintetizată în glanda mamară din glucoză și galactoză, unde proteina α - lactalbumina joacă un rol important. Lactoza este un nutrient valoros deoarece favorizează absorbția intestinală a Ca, Mg și P precum și a vitaminei D. Lactoza se formează prin unirea unei molecule de D - galactoză și a unei molecule de D - glucoză (angajată de poziția sa hidroxil 4), (Clark et al., 2017; Leong et al., 2019).

1.5 Dinamica fermentării lactice: aspecte fundamentale și aplicative

Fermentarea este una dintre cele mai eficiente metode de transformare a alimentelor proaspete în diverse produse. Fermentarea îmbunătățește conținutul de aminoacizi esențiali, vitamine și aromă. În plus, alimentele fermentate necesită adesea mai puțină prelucrare în comparație cu produsele nefermentate, ceea ce duce la economii de energie. Fermentarea, ca proces, este transformarea materiilor prime într-o varietate de produse cu valoare adăugată prin utilizarea fenomenelor de creștere a microbilor sau activității acestora asupra laptelui. Bacteriile lactice vii prezente în cultura starter pentru obținerea produselor lactate fermentate au fost legate de activitatea antibacteriană și microbiota intestinală. Pentru prelucrarea produselor lactate, capacitatea laptelui de a forma un gel prin acidifiere este esențială. Acidifierea este folosită mai ales pentru fabricarea produselor fermentate, iar orice tip de lapte suferă cel puțin o ușoară creștere a vâscozității atunci când este atins punctul izoelectric al cazeinelor (Xiang et al., 2019).

Compoziția substraturilor utilizate și tipul de microorganisme fermentescibile reprezintă factori determinanți în obținerea produselor lactate fermentate de calitate superioară. Substraturile, care pot include diverse tipuri de carbohidrați, proteine, lipide și compuși minerali, oferă mediul nutritiv esențial pentru dezvoltarea microorganismelor implicate în fermentare. Proporția și disponibilitatea acestor componente determină dinamica procesului fermentativ, randamentul conversiei și, implicit, profilul senzorial și funcțional al produsului finit. Pe lângă natura substratului, condițiile tehnologice aplicate - cum ar fi tratamentul termic preliminar, temperatura de incubare, pH- ul inițial, durata și intensitatea procesului de fermentare - exercită o influență semnificativă asupra metabolismului microbial (Terpou et al., 2017). Tratamentul termic are rolul de a inactiva microflora competitivă nedorită, de a denatura parțial proteinele din lapte și de a

favoriza accesibilitatea enzimatică a substanțelor nutritive, creând condiții optime pentru activitatea bacteriilor lactice (BL).

Din punct de vedere metabolic, BL se împart în două grupe principale: homofermentative și heterofermentative. Bacteriile homofermentative obțin energia metabolică prin fosforilarea substratului și realizează conversia aproape exclusivă a hexozelor în acid lactic, folosind ca principală cale metabolică glicoliza. Acest tip de fermentare este caracterizat de o eficiență energetică ridicată și de un randament mare de acid lactic, contribuind la obținerea unor produse cu aciditate pronunțată și stabilitate microbiologică crescută. În contrast, bacteriile heterofermentative utilizează căi metabolice alternative (precum calea fosfocetolazică), prin care pot degrada atât hexozele, cât și pentozele, generând nu doar acid lactic, ci și alte produse secundare, cum ar fi etanolul, acidul acetic și dioxidul de carbon. Aceste produse secundare influențează pozitiv profilul aromatic și textura produselor lactate fermentate (fig. 1.6).

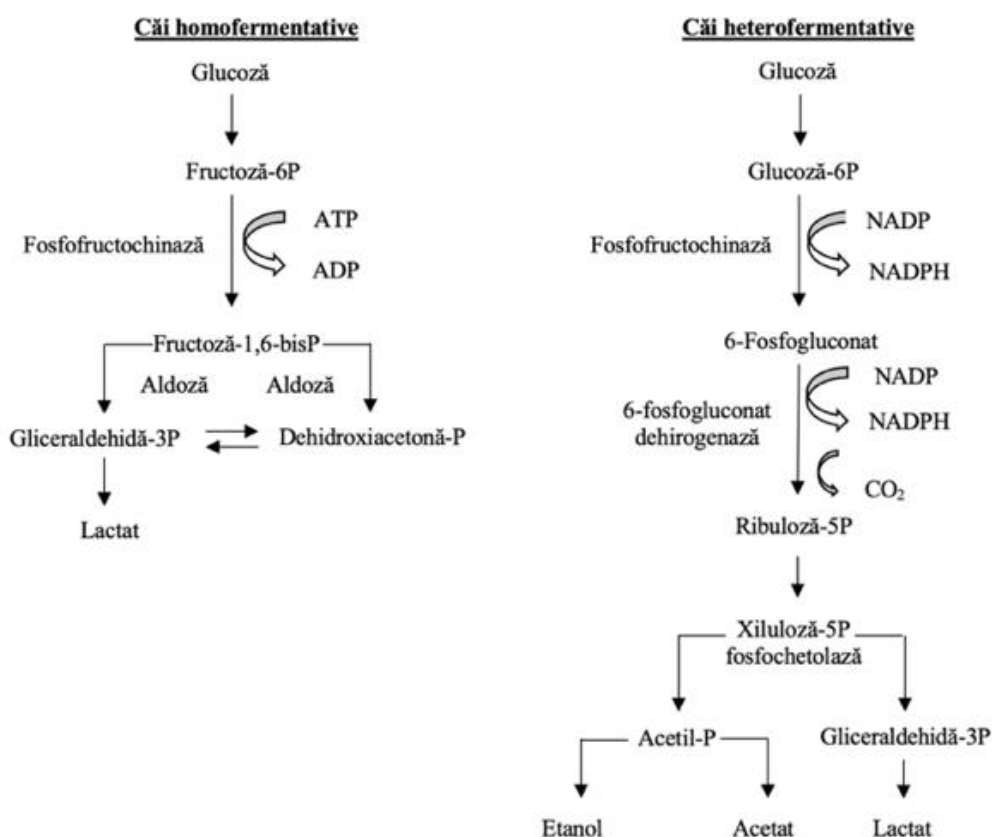


Fig. 1.6 Căile metabolice ale bacteriilor lactice homo și heterofermentative, (Peña-Carrera, 2019)

Bacteriile lactice produc, în timpul procesului de fermentare, o gamă largă de metaboliți secundari care contribuie semnificativ la calitatea, stabilitatea și siguranța produselor fermentate.

Acești compuși includ acizi organici, bacteriocine, vitamine (precum cele din complexul B) și aminoacizi liberi, care joacă roluri esențiale atât în menținerea echilibrului microbiologic al mediului de fermentare, cât și în dezvoltarea proprietăților funcționale ale produsului finit. Acizii organici, în special acidul lactic, acidul acetic și acidul propionic, contribuie la scăderea pH - ului mediului, inhibând dezvoltarea microorganismelor patogene și de alterare. Prin reducerea potențialului redox, acești acizi creează condiții selective favorabile pentru dezvoltarea tulpinilor benefice de bacterii lactice, stabilizând produsul din punct de vedere microbiologic. În plus, unii dintre acești acizi prezintă activitate antioxidantă, protejând compușii bioactivi sensibili la oxidare. Bacteriocinele, peptide antimicrobiene produse de anumite specii de BL (cum ar fi *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus acidilactici* sau *Enterococcus faecium*), au capacitatea de a interfera cu integritatea membranelor celulare ale microorganismelor sensibile. Ele determină formarea de pori în structura membranei, provocând scurgeri de ioni și metaboliți esențiali, ceea ce duce la inhibarea sau distrugerea celulelor țintă, inclusiv a unor tulpini patogene sau fungice (fig. 1.7).

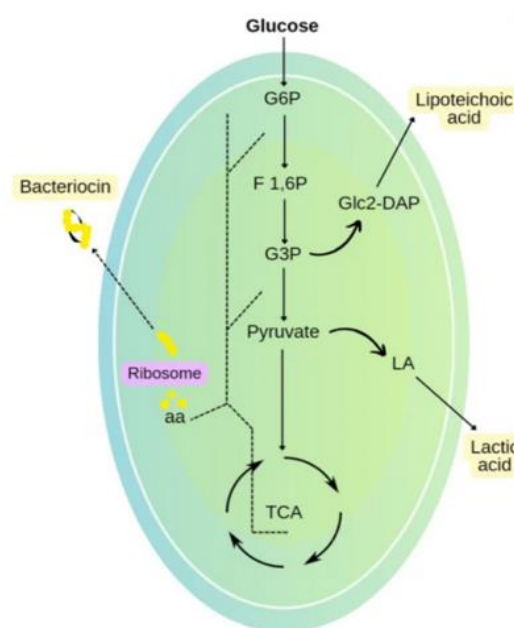


Fig. 1.7 Producții extracelulare ai fermentării bacteriilor lactice, (Peña-Carrera, 2019)

În același timp, vitaminele (precum B2 - riboflavină, B9 - acid folic și B12 - cobalamină) sintetizate de bacteriile lactice contribuie la îmbunătățirea valorii nutriționale a produselor fermentate. Producerea acestor compuși în timpul fermentației naturale transformă produsele lactate în alimente funcționale, cu efecte benefice asupra sănătății consumatorului. De asemenea, aminoacizii liberi rezultați din proteoliza parțială a proteinelor din lapte influențează pozitiv profilul aromatic și gustul produsului, fiind precursori ai compușilor volatili responsabili de aroma

specifică produselor lactate fermentate. În plus, acești aminoacizi pot participa la reacții biochimice cu potențial antioxidant, contribuind la protecția componentelor sensibile la oxidare și la prelungirea duratei de conservare (Sionek et al., 2023).

1.6 Impactul consumului de iaurt asupra stării fiziologice și a sănătății organismului uman

Consumul de iaurt este asociat cu o alimentație sănătoasă, datorită modificărilor biochimice ce apar în timpul fermentării, care generează efecte benefice asupra sănătății. Conținutul redus de lactoză face ca iaurtul să fie mai ușor digerabil și mai plăcut la gust decât laptele. În ultimii ani, interesul pentru relația dintre dietă și sănătate a condus la dezvoltarea unor tipuri de iaurturi funcționale, capabile să reducă riscul bolilor cronice (Verruck et al., 2019), să îmbunătățească imunitatea și să trateze tulburările digestive, precum diareea (Guandalini et al., 2011), boala Crohn, colita ulcerosă și sindromul de intestin iritabil (Basnayake et al., 2018). De asemenea, consumul regulat de iaurt poate contribui la prevenirea cancerului (Sun et al., 2022) și la scăderea colesterolului (Jesch et al., 2017). Exemple relevante privind impactul iaurtului asupra organismului uman în contextul bolilor civilizației moderne sunt prezentate în tabelul 1.2.

Tabelul 1.2. Impactul consumului de iaurt asupra organismului uman

Nr.	Boală/disfuncție	Cercetări asupra efectului iaurtului asupra sănătății	Referințe
1.	Sindromul metabolic	Iaurtul este asociat unui nivel mai scăzut de glucoză în sânge, a tensiunii arteriale, a parametrilor lipidici, și o concentrație mai mare de lipoproteine de înaltă densitate.	Guandalini, 2011
2.	Cancer	Consumul de iaurturi arată o reducere a raportului de probabilitate al apariției cancerului colorectal, de vezică urinară, esofagian.	Phelan et al., 2011
3.	Diabet	Consumul de iaurt modulează metabolismul glucozei și conferă o senzație de sațietate (datorită aminoacizilor de înaltă calitate), ceea ce reduce consumul de energie și reglează nivelul glucozei din sânge.	Savaiano et al., 2021; Phelan et al., 2011
4.	Hipertensiune	Consumul iaurtului din dieta DASH (<i>Dietary Approaches to Stop Hypertension</i>) reduce nivelul tensiunii arteriale.	Guandalini, 2011
5.	Osteoporoză	Consumul de iaurt reduce riscul de osteoporoză, datorită conținutului de minerale și vitamine (calciu, vitamina D, vitamina B ₂ și B ₁₂).	Savaiano et al., 2021
6.	Alergii alimentare	Consumul produselor lactate fermentate scade riscul de boli alergice la copii.	Phelan et al., 2011
7.	Sindromul colonului iritabil	Consum regulat de iaurt este corelat cu probabilitatea mai mică de a dezvolta SCI, datorită prezenței bacteriilor lactice care au un efect de promovare a sănătății asupra microflorei tractului gastro - intestinal.	Basnayake et al., 2018
8.	Coronavirus 2 (SARS-CoV-2)	Studiile privind impactul alimentelor și Covid-19 indică faptul că îmbogățirea dietei cu iaurt previne proliferarea bacteriilor responsabile de dezvoltarea infecțiilor respiratorii.	Savaiano et al., 2021

Un studiu recent a lui Savaiano și colaboratorii (2021) a concluzionat că iaurtul și alte produse lactate fermentate oferă rezultate favorabile pentru sănătate dincolo de laptele din care aceste produse sunt fabricate, iar consumul lor ar trebui încurajat ca parte a ghidurilor alimentare. Alt studiu efectuat în rândul populației italiene de Verger și colaboratorii (2012) a demonstrat că persoanele care au consumat chiar și o cantitate mică de iaurt în fiecare zi aveau parametri de calitate a dietei semnificativ mai mari conform indicelui PANDiet în comparație cu persoanele care nu consumau produse lactate. Totodată, lucrarea lui Tremblay și colaboratorii (2017) a raportat că oamenii care au consumat iaurt au avut un aport mai mare de fibre alimentare, vitamina B, Ca, Zn și Fe și au îmbunătățit calitatea vieții.

1.7 Fortificarea produselor lactate fermentate cu fructe: efecte asupra indicatorilor fizico - chimici și valori biologice

Iaurturile cu fructe sunt mai populare decât cele naturale, iar producătorii tind spre dezvoltarea asortimentului pentru a-și lărgi portofoliile de produse cu scopul de a satisface cerințele consumatorilor. În prezent, consumatorii nu numai că caută gusturi și arome noi, dar acordă atenție originii și proprietăților bioactive ale produselor lactate, pe măsură ce devin din ce în ce mai conștienți de modul în care dieta lor le afectează sănătatea, bunăstarea și calitatea vieții. Îmbogățirea produselor lactate fermentate cu produse horticoale precum fructe, legume, cereale, ierburi sau flori este o parte a inovației industriei lactate (Biswas et al., 2019). Studii multiple ce au fost întreprinse în fabricarea produselor lactate fermentate cu fructe sau legume au caracterizat efectul asupra calității iaurturilor, descrise în tabelul 1.3.

Tabelul 1.3. Influența fructelor sau legumelor asupra calității iaurtului

Nr.	Parametri	Vegetale	
		Fructe	Legume
1.	Aciditate titrabilă	↑	↓
2.	pH	↓	↓
3.	Conținut de bacterii lactice	↓	↑
4.	Sinereză	↑	↑
5.	Conținut de proteină	↑	↓
6.	Capacitatea de reținere a apei	↑	↓
7.	Conținut total de antocieni	↑	↑
8.	Activitate antioxidantă	↑	↑
9.	Fermitate	↑	↑
10.	Vâscozitate	↑	↑
11.	Culoare	↑	↓
12.	Caracteristici senzoriale	↑	↓



Scăderea valorii parametrilor în iaurturile cu fructe sau legume



Creșterea valorii parametrilor în iaurturile cu fructe sau legume

În ultimul timp, cercetările efectuate asupra iaurtului care conțin diverse fructe sau legume, au demonstrat influența lor asupra caracteristicilor de calitate. Astfel, studiul lui Saeed și colaboratorii (2020) a demonstrat că adăugarea pulberii de frunze de moringa (*Moringa oleifera*) în iaurt a crescut conținutul de proteine (de la 4,11 la 4,68 mg/100g), acid lactic (de la 0,871 la 1,137 g/100g), cenușă (de la 1,21 la 4,21 %), fibre (19,2 mg/100g), Ca (2003 mg/100g), P (204 mg/100g) și K (1324 mg/100g). Alt studiu (Yildiz et al., 2018) a descris efectul adăugării diferitor piureuri de legume în iaurt, unde s-a observat că adaosul de legume: dovleac (*Cucurbita maxima*), morcovi (*Daucus carota*), mazăre verde (*Pisum sativum*) și dovlecel (*Cucurbita pepo*) a crescut cantitatea de fibre respectiv cu 1,05%, 0,55%, 1,12% și 0,67%. Cercetarea lui Liu și colaboratorii (2019) a arătat că adăugarea pulpei de fructe de pădure a stimulat creșterea bacteriilor *Lactiplantibacillus plantarum* și *Streptococcus thermophilus* și a îmbunătățit semnificativ potențialul antioxidant. Lucrarea lui Maqsood și colaboratorii (2020) a confirmat că adăugarea siropului de curmale a crescut potențialul antioxidant, îmbunătățind astfel și valoarea biologică. La rândul său, studiul Kennas și colaboratorii (2019) a demonstrat că adaosul de miere și pudră de coajă de rodie a îmbunătățit caracteristicile senzoriale și nu a îngreunat procesul de fermentare, prezentând un conținut mai mare de polifenoli și flavonoide, dar și activitate antioxidantă ridicată.

Prezența fructelor în iaurturi crește conținutul total de polifenoli, ceea ce prezintă o creștere a capacității antioxidante. Studiul lui Yildiz și colaboratorii (2018) a evaluat efectul adăugării piureului de legume: dovleac (*Cucurbita maxima*), morcovi (*Daucus carota*), mazăre verde (*Pisum sativum*) și dovlecel (*Cucurbita pepo*) asupra conținutului de acid L- hidroascorbic și polifenoli, s-a observat că piureul a crescut, respectiv: 8,87; 3,54; 5,31; 7,08 mg/100 g și polifenoli 75,17; 47,28; 52,37; 47,46 mg GAE/100 g față de iaurtul natural.

Compușii bioactivi conținuți din fructe sau legume interacționează cu proteinele din lapte, formând complexe care măresc conținutul de fenoli din produsele lactate fermentate. Studiul lui Raikos și colaboratorii (2018) a demonstrat că adăugarea de salal (*Gaultheria shallon*), afine (*Vaccinium myrtillus* L.) și coacăze (*Ribes nigrum*) a crescut concentrația de polifenoli în iaurt în comparație cu cel natural. Rezultate similare, care a indicat o creștere a conținutului de polifenoli în iaurt, au fost obținute de Nguyen și colaboratorii (2016) care a adăugat suc de aronia (*Aronia melanocarpa*) în iaurt. Totodată, Amirdivani și colaboratorii (2015) a îmbogățit iaurtul cu extracte de mentă (*Mentha piperita*), fenicul (*Foeniculum vulgare*) și busuioc (*Ocimum basilicum*) și au raportat că aditivii din plante au crescut activitatea antioxidantă. Alt studiu a lui Muniandy și colaboratorii (2016) a indicat faptul că este posibil să se folosească ceaiul verde și negru ca adaosuri în iaurt, astfel crescând conținutul total de polifenoli de 479,48 g GAE/mL, 366,89 g GAE/mL. Pe de altă parte, studiul lui Caleja și colaboratorii (2016) a luat în considerare diferențele

dintre un adaos natural: decoct de fenicul (*Foeniculum vulgare* Mill.) și mușetel (*Matricaria recutita* L.) și un adaos sintetic (sorbit de potasiu- E202) și a demonstrat că îmbogățirea iaurturilor cu adaosuri naturale prezintă o activitate antioxidantă mai mare a iaurtului.

Concluzii la capitolul 1

Analiza literaturii de specialitate evidențiază rolul esențial al aplicării metodelor moderne de conservare în valorificarea fructelor bacifere, având în vedere potențialul lor nutritiv ridicat și conținutul bogat de compuși bioactivi. În contextul dezvoltării produselor lactate fermentate cu valoare biologică înaltă, conservarea eficientă a materiilor prime vegetale reprezintă un factor determinant pentru menținerea calității, siguranței și stabilității produsului finit. Cercetările recente subliniază importanța integrării tehnologiilor neconvenționale, precum ultrasonificarea, în procesele de prelucrare a alimentelor, ca alternativă la tratamentele termice clasice care pot afecta proprietățile funcționale și senzoriale.

Principalele concluzii formulate în urma studiului bibliografic sunt următoarele:

1. Ultrasonificarea se evidențiază ca o metodă tehnologică modernă, cu aplicabilitate largă în domeniul conservării fructelor bacifere. Prin acțiunea undelor ultrasonice de înaltă frecvență, această tehnică produce efecte fizico - chimice favorabile cum ar fi intensificarea transferului de masă și căldură care conduc la scurtarea timpului de procesare și reducerea temperaturilor de tratament. Aceste caracteristici contribuie la menținerea integrității compușilor bioactivi (vitamine, antocieni, polifenoli) și la păstrarea caracteristicilor senzoriale, oferind astfel produse cu valoare nutritivă și funcțională superioară.

2. Aplicarea individuală a ultrasonificării nu garantează, totuși, obținerea unui grad complet de sterilitate microbiologică, întrucât intensitatea limitată a undelor sonore nu permite inactivarea totală a microorganismelor patogene și sporulante. Această limitare poate fi depășită prin combinarea ultrasonificării cu sterilizarea termică, generând un efect sinergic care amplifică eficiența tratamentului.

3. Tehnologiile combinate de ultrasonificare și sterilizare se aliniază direcțiilor actuale de cercetare și dezvoltare în industria alimentară, orientate către obținerea unor procese eficiente energetic, durabile și cu impact minim asupra calității produselor. Utilizarea acestor tratamente integrate permite reducerea consumului de energie, limitarea pierderilor de compuși bioactivi și îmbunătățirea siguranței alimentelor, ceea ce le conferă un potențial major în dezvoltarea produselor cu valoare adăugată. În plus, adaptabilitatea acestor tehnologii la diferite tipuri de materii prime și fluxuri tehnologice le transformă într- o soluție realizabilă pentru procesarea alimentelor funcționale.

2. MATERIALE ȘI METODE DE CERCETARE

Capitolul 2 conține descrierea materiei prime utilizată pentru conservarea piureurilor din fructe, materiei prime și auxiliare pentru fabricarea produselor lactate fermentate noi, reactivii și metodele ce au fost aplicate pentru determinarea caracteristicilor senzoriale, parametrilor fizico-chimici, proprietăților texturale și stabilității microbiologice. Pentru piureurile din fructe a fost cercetată influența temperaturii și duratei de timp asupra conținutului compușilor biologic activi din piureurile din fructe. Piureurile din fructe au fost obținute prin conservarea cu ultrasonificare și sterilizare în diferite condiții. Au fost analizate proprietățile piureurilor din fructe conservate în diferite condiții ale tratamentului termic.

Cercetările realizate în teză au fost efectuate în anul 2021 în cadrul laboratoarelor științifice de la Departamentul Tehnologia Produselor Alimentare din cadrul Facultății Tehnologia Alimentelor a Universității Tehnice din Moldova, precum și în laboratoarele Centrului de Cercetare AgroBioTech Research Center (ABT RC) din cadrul Facultății de Biotehnologie și Știința Alimentelor de la Universitatea Slovacă de Agricultură din orașul Nitra, Slovacia.

2.1 Materiale utilizate pentru cercetare

În vederea elaborării și optimizării procesului tehnologic de obținere a iaurtului, în cadrul cercetării au fost utilizate materii prime de calitate corespunzătoare, prezentate în tabelul 2.1. Selecția materialelor s-a realizat în scopul obținerii unui produs finit cu valoare biologică ridicată.

Tabelul 2.1. Materia primă utilizată la fabricarea iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

Nr.	Denumirea materiei prime	Producător	Țara de origine	Document normativ
1.	Lapte de capră	Ferma locală „Vilador” SRL din comuna Slobozia Măgura, Sângerei,	Republica Moldova	SM 317: 2015
2.	Lapte de vacă	Ferma locală „Ferma cu Origini” SRL din comuna Horăști, raionul Ialoveni	Republica Moldova	HG 158/2019
3.	Cultură starter YoFlex® Express	Chr. Hansen, importator „Ingreda” SRL	Danemarca	HG 221/2009
4.	Fructe de: - aronia (soiul Nero)	colectate de pe plantațiile din comuna Cuizăuca, raionul Rezina	Republica Moldova	HG 929/2009
	- zmeură (soiul Polana)	colectate de pe plantațiile din comuna Elizavetovca, raionul Dondușeni,		
	- căpșună (soiul Marmolada)	colectate din plantațiile din comuna Sadova, raionul Călărași		
5.	Zahăr	„Suedzucker Moldova”	Republica Moldova	HG 774/2007

2.1.1 Pregătirea fructelor bacifere pentru obținerea piureului

Fructele de zmeură, soiul Polana, (plantațiile din satul Elizavetovca, raionul Dondușeni), de căpșună, soiul Marmolada (plantațiile din satul Sadova, raionul Călărași) și de aronia, soiul Nero (plantațiile din satul Cuizăuca, raionul Rezina) reprezintă recolta anului 2021. După recepția cantitativă și calitativă, fructele bacifere au fost mărunțite și omogenizate separat într-un blender electric (MJ-PB12 Easy 219, Midea Group Co., Ltd. China) timp de 10 ± 5 s pentru fructele de zmeură și de căpșună și de 50 ± 5 s pentru fructele de aronia, pentru a obține o masă omogenă sub formă de piureu. Piureurile din fructe bacifere ambalate în borcane de sticlă cu volumul de 180 g cu capace twist-off au fost împărțite în cinci probe pentru diferite tratamente termice: PUS (piureu ultrasonificat într-o baie de apă de model ISOLAB, 621.06.006, Germania, la o frecvență de 37 kHz și puterea de 510 W la $t = 70 \pm 1^\circ\text{C}$, $\tau = 12 \pm 2$ min), PST (piureu sterilizat la $t = 105^\circ\text{C}$, $\tau = 290$ s), P-1 (piureu ultrasonificat la $t = 70 \pm 1^\circ\text{C}$, $\tau = 12 \pm 2$ min și sterilizat la $t = 105^\circ\text{C}$, $\tau = 90$ s), P-2 (piureu ultrasonificat la $t = 70 \pm 1^\circ\text{C}$, $\tau = 12 \pm 2$ min și sterilizat la $t = 105^\circ\text{C}$, $\tau = 135$ s), P-3 (piureu ultrasonificat la $70 \pm 1^\circ\text{C}$, $\tau = 12 \pm 2$ min și sterilizat la $t = 105^\circ\text{C}$, $\tau = 290$ s).

Probele de piureuri din fructe bacifere au fost depozitate la 4°C pentru cercetările ulterioare.

2.1.2 Matricea de planificare a experimentului binivelar bifactorial EFC 2²

Experimentul factorial complet în aproximație liniară EFC 2² (bifactorial) s-a calculat după formula:

$$Y = \beta_0 X_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{12} X_{12} \quad (2.1)$$

unde: Y – parametrul analizat;

$\beta_1 \dots \beta_2$ – coeficienții de influență;

$X_0 \dots X_{12}$ – factorii de influență;

β_1 , β_2 și β_{12} – coeficienții de influență directă și comună

Ecuatiile de regresie pentru conținutul total de antocieni, CTA, mg/100 g sunt următoarele:

$$\begin{aligned} \text{CTA}_{\text{Cap}} &= 32,18 - 9,68T - 7,71\tau + 6,43 (T\tau) \\ \text{CTA}_{\text{Zme}} &= 68,26 - 0,64T - 3,10\tau - 0,90 (T\tau) \\ \text{CTA}_{\text{Aro}} &= 84,74 - 4,24T - 1,55\tau - 25,35 (T\tau) \end{aligned} \quad (2.2)$$

Ecuatiile de regresie pentru conținutul de acid L- hidroascorbic, AA, mg/100 g sunt următoarele:

$$\begin{aligned} \text{AA}_{\text{Cap}} &= 41,75 - 9,97T - 11,03\tau + 9,63 (T\tau) \\ \text{AA}_{\text{Zme}} &= 14,27 - 2,55T + 0,54\tau - 0,81 (T\tau) \end{aligned} \quad (2.3)$$

$$AA_{Aro} = 3,99 - 1,01T - 0,77\tau - 1,07(T\tau)$$

Ecuatiile de regresie pentru activitatea antioxidantă cuantificată prin DPPH, mg TE/100 g sunt următoarele:

$$\begin{aligned} AA_{DPPH_{Cap}} &= 4,78 + 0,13T - 0,17\tau + 0,19(T\tau) \\ AA_{DPPH_{Zme}} &= 4,91 - 0,49T + 0,03\tau - 0,47(T\tau) \\ AA_{DPPH_{Aro}} &= 10,19 + 0,02T - 0,12\tau - 0,01(T\tau) \end{aligned} \quad (2.4)$$

Ecuatiile de regresie pentru activitatea antioxidantă cuantificată prin ABTS, mg TE/100 g sunt următoarele:

$$\begin{aligned} ABTS_{Cap} &= 7,33 + 0,29T + 0,06\tau + 0,37(T\tau) \\ ABTS_{Zme} &= 6,13 - 1,92T - 0,32\tau - 0,77(T\tau) \\ ABTS_{Aro} &= 25,02 - 2,35T - 1,32\tau - 0,36(T\tau) \end{aligned} \quad (2.5)$$

Ecuatiile de regresie pentru NTGFAnM, log UFC/g sunt următoarele:

$$\begin{aligned} NTGFAnM_{Cap} &= 900 - 600T - 250\tau + 250(T\tau) \\ NTGFAnM_{Zme} &= 1800 - 200T - 700\tau - 700(T\tau) \\ NTGFAnM_{Aro} &= 1400 - 600T - 500\tau + 500(T\tau) \end{aligned} \quad (2.6)$$

Ecuatii de regresie pentru numărul de drojdii și mucegai, log UFC/g sunt următoarele:

$$\begin{aligned} SU_{Cap} &= 350 + 0T - 150\tau + 0(T\tau) \\ SU_{Zme} &= 375 + 175T - 25\tau - 25(T\tau) \\ SU_{Aro} &= 525 - 25T - 25\tau + 25(T\tau) \end{aligned} \quad (2.7)$$

Conținutul total de antocieni s-a calculat astfel: 1 mg Cyanidin-3-O-glucozidă formează 127593,4 mAu în 100 mL de soluție (la $V_i = 10\mu\text{L}$). Deoarece s-a injectat piureu din fructe, care este de 5 ori diluat (5 g piure + 20mL solvent), aria picului piureului din fructe a foste înmulțită la 5.

$$CTA, \text{ mg/100 g} = \frac{25 \cdot A_{probă}^{520}}{5 \cdot K_{CyGlu}} = \frac{5 \cdot A_{probă}^{520}}{127593,4} = 3,9187 \cdot 10^{-5} \cdot A_{probă}^{520} \quad (2.8)$$

Conținutul acid *L*- hidroascorbic s-a calculat astfel: 10 mg AA formează 6083203 mAu în 100 mL de soluție (la $V_i = 10\mu\text{L}$). 1 mg AA dă 608320,3 mAu în 100 mL de soluție (la $V_i = 10\mu\text{L}$)

$$AA = \frac{25 \cdot A_{probă}^{243}}{5 \cdot K_{AA}} = \frac{5 \cdot A_{probă}^{520}}{608320,3} = 8,2194 \cdot 10^{-6} \cdot A_{probă}^{243} \quad (2.9)$$

Pentru planul experimentului de optimizare prin ascensiune pe gradient, Step Climb (SC), ca bază au fost luate ecuațiile de regresie pentru CTA, L- hidroascorbic, AA_{DPPH}, AA_{ABTS}, NTGFA_{nM}, drojdii și mucegaiuri, iar semnul valorilor ΔX_{SC} (Step Climb) a fost inversat.

Tabelul 2.2. Optimizarea experimentului prin ascensiune pe gradient

Parametru	ΔX	β	ΔX·β	K	ΔX _{SC}	Centru	N _{SC} = 5	N _{SC} = 6	N _{SC} = 7	N _{SC} = 8
t _{Cap} , °C	10	-600	-6000	2400	2,5	65	67,5	70	72,5	75
τ _{Cap} , min	10	-250	-2500		1	10	11	12	13	14
t _{Zme} , °C	10	-200	-2000	3500	1	65	66	67	68	69
τ _{Zme} , min	10	-700	-7000		2	10	12	14	16	18
t _{Aro} , °C	10	-600	-6000	2800	2,5	65	67,5	70	72,5	75
τ _{Aro} , min	10	-500	-5000		1,5	10	11,5	13	14,5	16

După pregătirea extractului din piureurile de fructe bacifere, s-a cercetat influența temperaturii de ultrasonificare și sterilizare asupra conținutului de CBA, AA_{DPPH} și AA_{ABTS}, NTGFA_{nM}, drojdii și mucegaiuri.

2.1.3 Materia utilizată la fabricarea iaurtului

Analiza caracteristicilor senzoriale, indicatorilor microbiologici și fizico - chimici ale laptelui de capră și laptelui de vacă utilizat în fabricarea iaurtului. Pentru asigurarea calității materiilor prime utilizate în procesul tehnologic de obținere a iaurturilor, au fost realizate investigații amănunțite asupra laptelui de capră și laptelui de vacă. Aceste analize au vizat determinarea principalelor caracteristici senzoriale, indicatori microbiologici relevanți pentru siguranța alimentară, precum și parametri fizico - chimici esențiali pentru stabilirea valorii nutriționale și a potențialului tehnologic al laptelui.

Determinările s-au efectuat în strictă conformitate cu prevederile HG 158/2019 privind cerințele de calitate pentru laptele crud și produsele lactate, asigurând astfel alinierea la standardele naționale de siguranță și calitate. Rezultatele acestor evaluări sunt sintetizate în tabelul 2.3 și reflectă conformitatea materiilor prime cu normele în vigoare, precum și adecvarea acestora pentru fabricarea produselor lactate fermentate cu valoare biologică ameliorată.

Tabelul 2.3. Caracteristici de calitate ai laptelui crud- materie primă

Nr.	Indicatori	Lapte de capră	Lapte de vacă
		Caracteristici senzoriale	
1.	Aspect și consistență	Lichid omogen, fără impurități vizibile în suspensie și de sediment. Consistență fluidă. Fără consistență filantă, mucilaginoasă sau vâscoasă	
2.	Culoare	Albă cu nuanță gălbuie, uniformă	Albă, cu o nuanță ușor gălbuie, uniformă
3.	Miros și gust	Plăcut, dulce, miros specific laptelui de capră, fără gust și miros străin, fără miros și gust slab de furaje	
Indici microbiologici			
4.	Număr total de germeni facultativ anaerobe mezofile (NTGFAnM) UFC/mL	10 ⁵	10 ⁵
5.	Număr de celule somatice, 1 cm ³	3·10 ⁵	3·10 ⁵
6.	Prezența substanțelor inhibitoare	ND	ND
Indicatori fizico - chimici			
7.	pH	6,73±0,03	6,75±0,04
8.	Aciditate titrabilă, °T	17,90±0,06	16,50±0,07
9.	Substanță uscată totală, %	11,45±0,05	12,64±0,04
10.	Conținut de grăsime, %	3,10±0,02	4,41±0,03
11.	Densitate, g/cm ³	1,330±0,04	1,320±0,02
12.	Conținut de proteină totală, %	2,7±0,05	3,0±0,05
13.	Grad de impurificare mecanică	I	I

*Notă: ND- nedetectat

Rezultatele obținute de autor.

Această etapă a avut un rol fundamental în validarea selecției laptelui de capră și de vacă, evidențiind diferențele compoziționale dintre cele două tipuri de lapte și oferind un suport obiectiv pentru optimizarea amestecului utilizat în procesul de fermentare.

Pentru obținerea iaurtului din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere, s-au utilizat materii prime atent selecționate, corespunzătoare cerințelor de calitate. S-a folosit lapte integral de capră și de vacă, cu un conținut standardizat de grăsime de 3,5 - 4,1 %, întrunind criteriile de calitate prevăzute de cadrul legislativ național (HG nr. 158/2019 privind cerințele pentru lapte și produse lactate). Pentru inițierea procesului de fermentare, s-au utilizat culturi starter liofilizate de tip DVS, marca YoFlex® Express, furnizate de către compania Chr. Hansen (Danemarca). Acest tip de cultură conține tulpini selecționate de *Streptococcus thermophilus* și *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, microorganisme esențiale pentru dezvoltarea texturii caracteristice și a caracteristicilor senzoriale specifice iaurturilor naturale. Culturile DVS asigură o inoculare eficientă, reproductibilitate microbiologică ridicată, precum și stabilitate în timpul depozitării. Ele contribuie la obținerea unei fermentații omogene, cu acidifiere controlată și dezvoltare optimă a aromei, reprezentând astfel o componentă critică în procesul tehnologic. Utilizarea acestor culturi, în corelație cu un lapte de calitate superioară, a permis

fundamentarea unor parametri tehnologici optimi pentru fabricarea unui iaurt inovativ, îmbogățit cu compuși bioactivi din fructe bacifere și caracterizat prin valoare biologică ridicată și stabilitate microbiologică crescută.

2.2 Metode de cercetare

2.2.1 Determinări fizico - chimice, senzoriale, microbiologice și a valorii biologice

Pentru evaluarea complexă a piureurilor din fructe bacifere (căpșună, zmeură și aronia) și a iaurturilor obținute din amestec de lapte de capră și vacă, au fost aplicate metode analitice validate, cu scopul de a obține date relevante asupra indicatorilor de calitate, stabilitate și siguranță microbiologică. Metodologia de cercetare a inclus tehnici de determinare fizico - chimică, senzorială, microbiologică și valorii biologice, cu aplicabilitate directă în analiza produselor alimentare (tabelul 2.4).

Tabelul 2.4. Metode de analiză utilizate pentru caracterizarea piureurilor din fructe bacifere

Nr.	Denumirea metodei	Metoda aplicată	Referințe
1	2	3	4
1	Determinarea conținutului total de antocieni (CTA)	A fost măsurat spectrofotometric la lungimea de undă de 540 nm, pregătind o soluție de 95% de alcool etilic și 1,5 N de acid clorhidric în proporție de 85:15 până la decolorare. Rezultatele s-au calculat conform formulei 2.1 și sunt exprimate în mg/100 g: $CTA = \frac{D \times V \times R}{m \times K} \cdot 100 \quad (2.1)$ unde: D- absorbanța soluției la $\lambda=540$ nm; V- volumul filtratului; R- coeficient de recalcul, 1; m-masa probei; K- coeficient fix 98,2.	West, 2013
2	Determinarea conținutului de acid L-hidroascorbic	Principiul metodei constă în titrarea extractului preparat cu 0,001 N soluție indicator -2,6 diclorfenolindofenol. Rezultatele s-au calculat conform formulei 2.2 și sunt exprimate în mg/100 g $X = \frac{T \cdot (V - V_0) V_1 \cdot 1000}{V_2 \cdot m} \quad (2.2)$ unde: T- titrul soluției 2,6- diclorfenolindofenol, mg/cm ³ ; V- volumul soluției 2,6- diclorfenolindofenol al probei analizate, cm ³ ; V ₀ - volumul soluției 2,6- diclorfenolindofenol al probei martor, cm ³ ; V ₁ - volumul total al soluției, cm ³ ; 1000- coeficient de recalcul, mkg; V ₂ - volumul filtratului luat pentru titrare, cm ³ ; m- masa probei, g.	West, 2013

3	Activitate antioxidantă determinată prin testul DPPH și ABTS	DPPH (2,2-diphenil-1-picrilhidrazil) este un radical liber stabil. Soluția DPPH își pierde culoarea caracteristică violetă, atunci când acceptă hidrogenul de la un donator corespunzător. Pentru măsurări s-a utilizat curba de calibrare (0 - 500 μmol/L, R ² =0,9992) cu trolox. Rezultatele sunt exprimate în mg TE/100 g	Paulpriya et al., 2015
4	Analiza senzorială	S-a evaluat aspectul, culoarea, mirosul, gustul și consistența a produselor elaborate utilizând sistemul de 5 puncte de către un grup de specialiști din industria alimentară. Sistemul de evaluare de 5 puncte include următoarele scoruri: 5 - foarte bine; 4 - bine; 3 -satisfăcător; 2 - nesatisfăcător; 1 - rău și 0 - foarte rău	ISO 6658:2017
5	Determinarea acidității titrabile	Metoda se bazează pe titrarea unui extract apos cu o soluție de 0,1 N hidroxid de sodiu în prezența fenolftaleinei ca indicator. Rezultatele se calculează conform formulei 2.5 și sunt exprimate în %: $AT, \% = \frac{V_x C_x M}{m} \times V \times 0,1\%, \quad (2.5)$ unde: V- volumul de soluție de NaOH 0,1 N, folosit la titrare, cm³; V₀- volumul total al soluției de analizat obținut la cantitatea de produs luată pentru analiză, cm³; V₁- volumul soluției de analizat luat pentru determinare, cm³; c- concentrația molară a soluției de NaOH, mol/dm³; m- masa produsului luat pentru analiză, g; M- masa molară a acidului organic care predomină în produsul analizat, g/mol	ISO 750:1998
6	Determinarea pH- ului	Metoda constă prin măsurarea diferenței de potențial dintre doi electrozi (electrodul de măsurare și electrodul de referință) scufundați în proba măsurată.	ISO 1842:1991
7	Determinarea conținutului de substanță uscată	Metoda se bazează pe măsurarea indicelui de refracție conform formulei 2.6 $\text{Substanță uscată} = ^\circ\text{Brix} \quad (2.6)$	ISO 2173:2003
8	Determinarea conținutului de cenușă	Metoda se bazează pe oxidarea completă și eliminarea componentelor organice ale produsului prin încălzire controlată la temperaturi înalte (până la 525 ± 25 °C, timp de 6-8 ore neîntrerupt), lăsând în urmă reziduul anorganic (cenușa). Conținutul de cenușă s-a calculat conform formulei 2.7: $\text{Cenușă, \%} = \frac{m_1}{m} \times 100, \quad (2.7)$ unde: m₁- este cantitatea de cenușă, care se deduce din diferența între masa creuzetului de cenușă și masa creuzetului gol, g; m- cantitatea de produs luată în lucru, acesta calculându-se din diferența între masa creuzetului cu proba înainte de uscare și tara acestuia, g.	ISO 1171:2010(E)

9	Determinarea conținutului de proteină totală	S-a utilizat metoda Kjeldahl, care se bazează pe determinarea azotului total. Conținutul de proteină s-a calculat conform formulei 2.8: $\text{Proteină, \%} = \frac{(a-b) \times 0,0014 \times 100 \times 100}{G \times V \times 6,25} \quad (2.8)$ unde: a- cantitatea de HCl N/10; b- cantitatea de NaOH N/10 folosită la titrare; 0,0014- echivalent g N pentru 1 mL de HCl N/10; 100- se raportează la 100 g produs; 100- diluția mineralizatului; G- produsul luat pentru analiză, g; V- volumul de mineralizat luat pentru distilare, mL; 6,25- echivalent în substanțe proteice a 1 g de azot.	ISO 5983:1997(E)
10	Determinarea conținutului total de fibre	Metoda se bazează pe precipitarea amestecului de acid acetic și acid azotic prin uscarea la temperatura de 105°C. Conținutul total de fibre s-a calculat conform formulei 2.9: $\text{CTF, (\%)} = \frac{ax100}{PA} \quad (2.9)$ unde: a- cantitatea totală măsurată de fibre (g) PA- cantitate măsurată de probă prelevată pentru analiză (g)	Ramzija et al., 2022
11	Determinarea conținutului total de zahăr	Metoda Bertrand se bazează pe proprietatea zaharurilor de a reduce soluția Fehling la oxid cupros (Cu₂O). Aceasta se tratează cu soluție acidă de sulfat feric, iar sulfatul feros rezultat se titrează cu soluție de permanganat de potasiu 0,1N până la culoare roz pal. Conținutul total de zahăr s-a calculat conform formulei 2.10: $\text{CTZ, \%} = V_1 - V_2 \quad (2.10)$ unde: V₁- volumul soluției de permanganat de potasiu 0,1N folosit la titrarea probei martor V₂- volumul soluției de permanganat de potasiu 0,1 N folosit la titrarea probei analizate	Bertrand, 1906
12	Determinarea enzimei polifenoloxidaza	Metoda de determinare a polifenoloxidazei se bazează pe capacitatea de a oxida pirocatehina până la o-chinonă. Acesta din urmă oxidează acidul ascorbic. Activitatea enzimei PFO a fost calculată conform formulei 2.11 și a fost exprimată prin unități fermentative (u.f.). $A_{\text{PFO}} = \frac{(V_{\text{control}} - V_{\text{probă}}) \cdot 2}{5} \quad (2.11)$ unde: V_{control}- volumul soluției de iod 0,02 N folosit la titrarea probei martor V_{probă}- volumul soluției de iod 0,02 N folosit la titrarea probei analizate	Nogales-Delgado et al., 2021

13	Determinarea numărului total de germeni facultativ anaerobe mezofile NTGFAnM	S-a utilizat metoda orizontală pentru enumerarea microorganismelor care formează colonii după placare și incubare. NTG de bacterii organotrofe aerobe mezofile a fost determinat după incubarea la 30 °C timp de 4–72 h folosind agar nutritiv. NTGFAnM s-a calculat conform formulei 2.12: $N = \frac{\Sigma C}{(n_1 \div 0,1 \times n_2) \times d} \quad (2.12)$ unde: ΣC – suma coloniilor numărate în toate plăcile; n_1 – numărul de plăci reținute în prima diluție; n_2 – numărul de plăci reținute în a doua diluție; d – diluția probelor.	SM SR EN ISO 4833-1:2014
14	Determinarea numărului de drojdii și mucegai	S-a realizat prin metoda de diluare. Enumerarea drojdiei și a mucegaiului a fost efectuată și rezultatul a fost exprimat ca unități formatoare de colonii per g (UFC/g).	AOAC Official Method, 2015

Toate metodele aplicate au fost conforme cu standardele internaționale recunoscute (ISO, AOAC), iar acuratețea determinărilor a fost asigurată prin calibrarea periodică a echipamentelor și utilizarea probelor martor.

2.2.2 Metode de determinare a calității iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

Pentru evaluarea complexă a calității iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere a fost aplicat un ansamblu de procedee analitice moderne, conforme cu standardele internaționale recunoscute (ISO, AOAC). Aceste metode au avut ca scop investigarea completă a indicatorilor fizico - chimici, microbiologici, caracteristicilor senzoriale și valorii biologice în vederea evidențierii efectelor proceselor tehnologice asupra valorii nutritive și a stabilității în timp. Metodologia analitică a fost selectată în mod riguros, astfel încât să permită o caracterizare detaliată a produselor lactate fermentate, atât din punctul de vedere al compoziției chimice - conținutul de proteine, grăsimi, acid lactic, cenușă și substanță uscată totală cât și al indicatorilor microbiologici esențiali, care asigură siguranța alimentară și calitatea igienică a iaurturilor. De asemenea, analiza senzorială a vizat aprecierea aspectului, consistenței, gustului, mirosului și acceptabilității generale, oferind o imagine completă asupra preferințelor degustatorilor. Determinările experimentale au fost efectuate în etape succesive, corespunzătoare procesului tehnologic: în faza de fabricație, în perioada de maturare și ulterior pe parcursul depozitării, pentru a urmări evoluția caracteristicilor de calitate în timp. Tabelul 2.5 prezintă metodele standardizate utilizate pentru caracterizarea iaurturilor elaborate din amestec de lapte de

capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere, specificând tehnicile aplicate, instrumentele analitice folosite și condițiile experimentale corespunzătoare fiecărui tip de determinare.

Tabelul 2.5. Metode de analiză utilizate pentru caracterizarea iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

Nr.	Denumirea metodei	Metoda aplicată	Referințe
1	2	3	4
1	Determinarea conținutului total de polifenoli	Metoda Folin-Ciocalteu are la bază oxidarea polifenolilor cu ajutorul unui molibdowolframat, a cărui absorbnanță este urmărită spectrofotometric în intervalul 745 - 750 nm. Rezultatele au fost calculate folosind o curbă de etalonare cu acid galic drept standard (0-500 mg/L; $R^2=0,9988$; $y=0,0029x+0,0261$) și exprimate în mg GAE/100 g conform formulei 2.13 $CTP = \frac{a \cdot V \cdot R}{m} \cdot 100 \quad (2.13)$ unde: a- absorbnanța soluției la $\lambda=750$ nm; V- volumul filtratului; R- coeficient de recalcul, 1; m- masa probei;	Pintea et al., 2015
2	Determinarea conținutului total de antocieni	A fost măsurat spectrofotometric la lungimea de undă de 540 nm, pregătind o soluție de 95% de alcool etilic și 1,5N de HCl în proporție de 85:15 până la decolorare. Rezultatele s-au calculat conform formulei 2.14 și exprimate în mg/100 g $CTA = \frac{D \times V \times R}{m \times K} \cdot 100 \quad (2.14)$ unde: D- absorbnanța soluției la $\lambda=540$ nm; V- volumul filtratului; R- coeficient de recalcul, 1; m- masa probei; K- coeficient fix 98,2.	West, 2013
3	Determinarea conținutului de acid L-hidroascorbic	Principiul metodei constă în titrarea extractului preparat cu 0,001 N soluție indicator -2,6 diclorfenolindofenol. Rezultatele s-au calculat conform formulei 2.15 și exprimate în mg/100 g $X = \frac{T \cdot (V - V_0) \cdot V_1 \cdot 1000}{V_2 \cdot m} \quad (2.15)$ unde: T- titrul soluției 2,6- diclorfenolindofenol, mg/cm³; V- volumul soluției 2,6- diclorfenolindofenol al probei analizate, cm³; V₀- volumul soluției 2,6- diclorfenolindofenol al probei martor, cm³; V₁- volumul total al soluției, cm³; 1000- coeficient de recalcul, mkg; V₂- volumul filtratului luat pentru titrare, cm³; m- masa probei, g.	West, 2013

4	Activitate antioxidantă determinată prin testul DPPH	DPPH (2,2-diphenil-1-picrilhidrazil) este un radical liber stabil. Soluția DPPH își pierde culoarea caracteristică violetă, atunci când acceptă hidrogenul de la un donator corespunzător. Pentru măsurări s-a utilizat curba de calibrare (0 - 500 μmol/L, R ² =0,9992) cu trolox. Rezultatele au fost exprimate în mg TE/100 g	Paulpriya et al., 2015
5	Analiza senzorială	S-a evaluat aspectul, culoarea, mirosul, gustul și consistența a produselor elaborate utilizând sistemul de 5 puncte de către un grup de specialiști din industria alimentară. Sistemul de evaluare de 5 puncte include următoarele scoruri: 5 - foarte bine; 4 - bine; 3 - satisfăcător; 2 - nesatisfăcător; 1 - rău și 0 - foarte rău	ISO 6658:2017
6	Determinarea acidității titrabile	Constă în neutralizarea substanțelor acide din lapte cu soluție de 0,1n NaOH folosind ca indicator fenolftaleina. Rezultatele s-au calculat conform formulei 2.16 și exprimate în °T. $AT, ^\circ T = 10 \times V, \quad (2.16)$ unde: V- este volumul de NaOH 0,1 N folosit la titrare.	ISO/TS 11869 și IDF/RM 150
7	Determinarea pH-ului	Metoda constă prin măsurarea diferenței de potențial dintre doi electrozi (electrodul de măsurare și electrodul de referință) scufundați în proba măsurată.	ISO/TS 11869 și IDF/RM 150
8	Determinarea conținutului de substanță uscată totală	Determinarea conținutului de substanță uscată totală constă în evaporarea apei la etuvă timp de 1 h în trei repetări la temperatura de 102±1°C. Rezultatele s-au calculat conform formulei 2.17 $SU = 100 - \frac{M_1 - M_2}{M_1 - M_0} \times 100 \%, \quad (2.17)$ unde: M ₀ - masa capsulei cu nisip calcinat și bagheta din sticlă, g; M ₁ - masa capsulei cu nisip calcinat și bagheta din sticlă și proba de analizat până la uscare, g; M ₂ - masa capsulei cu nisip calcinat și bagheta din sticlă și proba de analizat după uscare, g.	ISO 6731:2010
9	Determinarea conținutului de grăsimi	Metoda acido-butirometrică constă în separarea grăsimii în prezența alcoolului izoamilic prin centrifugarea probei, macerate în prealabil cu acid sulfuric. Rezultatele s-au calculat conform formulei 2.18. $G, \% = V \times 2,15 \quad (2.18)$ unde: V- valoarea citită pe tija butirometrului	AOAC Official Method, 2012
10	Determinarea activității apei	Măsurarea presiunii de vapori a apei din jurul alimentului divizată la presiunea de vapori a apei pure pentru a da o valoare între 0,0 și 1,0.	Sandulachi, 2020
11	Determinarea conținutului de acid lactic	Principiul metodei se bazează pe titrarea acizilor liberi (exprimată ca acid lactic) cu o soluție standard de NaOH de normalitate cunoscută, până la un punct final vizual (fenolftaleină) sau la un pH prestabilit (≈8,3). Rezultatul se exprimă ca g acid lactic /100 g produs. $\text{Acid lactic} = \frac{V \times N \times M \times 100}{1000 \times m}, \text{ g/100g} \quad (2.19)$ unde: V- volum NaOH consumat (mL) N- normalitatea NaOH (eq/L), M- masa molară a acidului lactic (g/mol) = 90.08 g·mol ⁻¹ , m- masa probei (g).	AOAC Official Method, 2012

12	Determinarea conținutului de proteină totală	S-a utilizat metoda Kjeldahl, care se bazează pe determinarea azotului total conform formulei 2.20: $\text{Proteină, \%} = \frac{(a-b) \times 0,0014 \times 100 \times 100}{G \times V \times 6,25} \quad (2.20)$ unde: a- cantitatea de HCl N/10; b- cantitatea de NaOH N/10 folosită la titrare; 0,0014- echivalent g N pentru 1 mL de HCl N/10; 100- se raportează la 100 g produs; 100- diluția mineralizatului; G- produsul luat pentru analiză, g; V- volumul de mineralizat luat pentru distilare, mL; 6,25- echivalent în substanțe proteice a 1 g de azot.	ISO 5983:1997(E)
13	Determinarea vâscozității dinamice	Vâscozitatea dinamică s-a determinat datorită rezistenței cilindrului mobil în mediul cercetat, care transformă momentul tensiunilor tangențiale în semnale electrice.	BROOKFIELD Viscosimetru DV3T
14	Indice de sinereză	Sinereza a fost determinată prin centrifugare a unei probe cu masa de 10,0±0,01 g de probă de iaurt la 1600 rpm timp de 10 min. După centrifugare, supernatantul a fost scurs și cântărit la o balanță analitică de laborator	AOAC Official Method, 2012
15	Determinarea conținutului de cenușă	Încălzirea directă a probelor incinerate într-un cuptor cu muflă timp de 4 ore la 550 °C. Conținutul de cenușă s-a calculat conform formulei 2.21 $C, \% = \frac{M_1 - M_0}{M - M_0} \cdot 100 \quad (2.21)$ unde: C- conținutul de cenușă în probă, % M₀- masa creuzetului gol, g; M- masa creuzetului cu probă, g; M₁- masa creuzetului cu cenușă, g.	ISO 1171:2010(E)
16	Analiza profilului texturii	Proprietățile texturale ale probelor s-au determinat folosind 1,0±0,01 g într-un contor de textură TA-XTplus (Stable Micro System, Marea Britanie). Valorile fermității, elasticității, coeziunii, adezivității și gumenoității au fost calculate din profilele obținute folosind software-ul furnizat de Stable Microsystems (Marea Britanie).	Yilmaz-Ersan et al., 2022
17	Determinarea conținutului total de zahăr	Metoda Bertrand se bazează pe proprietatea zaharurilor de a reduce soluția Fehling la oxid cupros (Cu₂O). Aceasta se tratează cu soluție acidă de sulfat feric, iar sulfatul feros rezultat se titrează cu soluție de permanganat de potasiu 0,1N până la culoare roz pal. Conținutul total de zahăr s-a calculat conform formulei 2.22: $CTZ, \% = V_1 - V_2 \quad (2.22)$ unde: V₁- volumul soluției de permanganat de potasiu 0,1N folosit la titrarea probei martor V₂- volumul soluției de permanganat de potasiu 0,1 N folosit la titrarea probei analizate	Bertrand, 1906

18	Determinarea parametrilor cromatici prin CIELab	Analiza instrumentală a culorii probelor de iaurt a fost efectuată folosind un Chroma Meter CR400 (Konica Minolta, Japonia). Scala de culori CIELab a fost utilizată pentru a obține valorile de luminanță (L^*), componenta roșu/verde (a^*) și componenta galben/albastru (b^*). Diferențele totale de culoare (ΔE^*), între probe au fost calculate conform formulei 2.23 $\Delta E^* = \sqrt{(L_i^* - L_o^*)^2 + (a_i^* - a_o^*)^2 + (b_i^* - b_o^*)^2} \quad (2.23)$ unde: L_o^*, a_o^* și b_o^* - valorile probei-martor; L_i^*, a_i^* și b_i^* - valorile probelor cu adaos de piureu din fructe.	Yilmaz-Ersan et al., 2022
19	Viteza de creștere a bacteriilor lactice	Prin măsurarea densității optice a diluției la $\lambda=600$ nm	Stevenson et al., 2016
20	Determinarea numărului total de germeni facultativ anaerobe mezofile NTGFAnM	S-a utilizat metoda orizontală pentru enumerarea microorganismelor care formează colonii după placare și incubare la 30 °C timp de 4 - 72 h folosind agar nutritiv. NTGFAnM s-a calculat conform formulei 2.24: $N = \frac{\Sigma C}{(n_1 \div 0,1 \times n_2) \times d} \quad (2.24)$ unde: ΣC - suma coloniilor numărate în toate plăcile; n_1 - numărul de plăci reținute în prima diluție; n_2 - numărul de plăci reținute în a doua diluție; d - diluția probelor.	SM SR EN ISO 4833-1:2014
21	Determinarea numărului de drojdii și mușegai	S-a realizat prin metoda de diluare, iar rezultatul a fost exprimat ca unități formatoare de colonii per g (UFC/g).	AOAC Official Method, 2015
22	Determinarea prezenței/absenței <i>Listeria monocitogenes</i> , <i>Enterobacteriaceae</i> , <i>Escherichia coli</i>	Evaluată prin teste rapide (kituri)	SM EN ISO 21187:2021
23	Activitatea antimicrobiană	Prin metoda de difuzie a adânciturilor cu ajutorul șublerului Vernier	Lambert et al., 2000

Aplicarea acestor metode validate și recunoscute la nivel internațional conferă un grad ridicat de acuratețe și credibilitate a rezultatelor obținute, asigurându-le relevanța științifică. Utilizarea unor proceduri standardizate permite compararea directă a datelor experimentale cu cele raportate în literatura de specialitate, facilitând interpretarea corectă a rezultatelor. În plus, conformitatea metodologică cu cerințele și reglementările naționale și internaționale în domeniul siguranței și calității produselor lactate fermentate contribuie la validarea rezultatelor și la integrarea acestora în contextul actual al cercetărilor științifice. Astfel, aplicarea riguroasă a acestor metode nu doar susține reproducibilitatea experimentelor, ci și consolidează valoarea

științifică a cercetărilor, oferind o bază solidă pentru dezvoltarea unor produse lactate fermentate sigure, nutritive și competitive.

2.3 Reactivii folosiți pentru experiențe

Partea experimentală a cercetării a fost realizată cu ajutorul unui set bine definit de reactivi chimici și medii microbiologice specifice, care au fost atent selecționați în vederea asigurării unor condiții optime pentru desfășurarea experimentelor. Acești reactivi și medii au fost detaliați în Tabelul 2.6, în care s-a inclus, pe lângă denumirea fiecăruia, și destinația acestora. Pentru prepararea tuturor soluțiilor apoase utilizate în cadrul experimentelor, s-a folosit apă distilată sau bidistilată, proaspăt obținută, pentru a asigura o puritate maximă a mediului experimental.

Tabelul 2.6. Reactivii utilizați pentru efectuarea experiențelor

Nr.	Denumire/ Formula	Caracteristica/Producător	Destinația
1.	2,2-difenil-1-picrilhidrazilhidrat (DPPH)	≥95% ; Alpha Aesar (Haverhill, MA, USA)	Analiza spectrofotometrică
2.	Acid 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxilic (Trolox)	≥98% ; Alpha Aesar (Haverhill, MA, USA)	Analiza spectrofotometrică
3.	Sare de 2,2'-Azino-bis(3-etilbenzotiazolin-6-sulfonic acid) diamoniu (ABTS)	99%; Alfa Aesar, Germania	Analiza spectrofotometrică
4.	Metanol (CH ₃ OH)	99,8%; Sigma, Germania	Analiza spectrofotometrică
5.	Etanol (C ₂ H ₅ OH)	Chemapol, Republica Cehă	Analiza spectrofotometrică
6.	Acid galic	≥98%; Sigma, Germania	Analiza spectrofotometrică
7.	n-hexan (CH ₃ (CH ₂) ₄ CH ₃)	Chemapol, Czech Republic	Analiza spectrofotometrică
8.	Folin-Ciocalteu (H ₃ PW ₁₂ O ₄₀ + H ₃ PMo ₁₂ O ₄₀)	98%; Zedelgem, Belgia	Analiza spectrofotometrică
9.	Hidroxid de sodiu (NaOH)	98%; Sigma, Germania	Analize fizico-chimice
10.	Acid sulfuric (H ₂ SO ₄)	99,99%, Sigma, Germania	Analize fizico-chimice
11.	Alcool izoamilic (C ₅ H ₁₁ OH)	Chemapol, Czech Republic A	Analize fizico-chimice
12.	Formalină (HCHO)	98%; Sigma, Germania	Analize fizico-chimice
13.	Acid clorhidric (HCl)	37%; Sigma, Germania	Analize fizico-chimice
14.	2,6 diclorfenolindofenol	95%; Sigma, Germania	Analize fizico-chimice
15.	Fenoltaleină (C ₂₀ H ₁₄ O ₄)	95%; Sigma, Germania	Analize fizico-chimice
16.	Sarea Mohr (NH ₄) ₂ Fe(SO ₄) ₂ ·6H ₂ O	98%; Sigma, Germania	Analize fizico-chimice
17.	Permanganat de potasiu KMnO ₄	98%; Sigma, Germania	Analize fizico-chimice
18.	Acidul oxalic (HO ₂ CCO ₂ H)	98%; Sigma, Germania	Analize fizico-chimice
19.	Sulfatul de sodiu (Na ₂ SO ₄)	98%; Sigma, Germania	Analize fizico-chimice
20.	Acidul ascorbic (C ₆ H ₈ O ₆)	98%; Sigma, Germania	Analize fizico-chimice
21.	Carbonat de sodiu (Na ₂ CO ₃)	99%; Sigma, Germania	Analize fizico-chimice
22.	Bulion de carne cu agar (BCA)	ICN Nutritional Biochemicals	Analiza microbiologică
23.	Mediu Sabouraud	ICN Nutritional Biochemicals	Analiza microbiologică

Notă: Reactivii chimici utilizați în cercetare au corespuns gradului de puritate analitică.

Utilizarea apei bidistilate a fost esențială în special în prepararea soluțiilor sensibile, a căror compoziție chimică trebuie să fie strict controlată pentru a evita interferențele care ar putea afecta validitatea rezultatelor. Selecția reactivilor a fost realizată conform criteriilor de puritate chimică, stabilitate în condiții experimentale și compatibilitate cu metodele utilizate. Astfel, fiecare componentă a fost aleasă pentru a răspunde necesităților specifice ale analizelor efectuate, asigurând reproductibilitatea și acuratețea datelor obținute.

2.4 Modelul matematic a datelor experimentale

Metoda diferențială de evaluare constă în compararea indicatorilor de calitate unitară al produsului (articolului) evaluat cu indicatorii de calitate unitară corespunzători al eșantionului de bază. În același timp, s - au calculat indicatorii de calitate relativă pentru fiecare indicator în parte. În această metodă, nivelul de calitate s -a determinat prin raportul dintre indicatorul de calitate generalizat al produsului evaluat Q_{ev} și indicatorul de calitate generalizat al eșantionului de bază Q_{baz} . Metoda diferențială a evaluat cantitativ proprietățile individuale ale produsului, ceea ce va permite luarea deciziilor specifice privind managementul calității produselor finite. Valoarea absolută al indicatorului unitar de calitate P_i a variat într-un anumit interval dintre valorile sale maxime P_i^{max} și minime P_i^{min} . Evaluarea calității produsului s - a bazat pe compararea valorii indicatorului unitar de calitate P_i cu valoarea de bază corespunzătoare P_i^{baz} . Relația dintre valoarea curentă și valoarea de bază a indicatorului unitar de calitate este reprezentată de ecuația (Gerasimov, 2007; Sestopal, 2007):

$$K_i = f(P_i / P_i^{baz}) \quad (2.10)$$

unde: K_i este un indicator relativ nedimensional al calității produsului.

Metoda integrată de evaluare a calității a luat în considerare, de asemenea, coeficienții de ponderare respectivi M_i ai indicatorilor de calitate relevanți. Coeficientul de pondere a fost perceput ca o funcție a probabilității de realizare de fiecare indicator de calitate unitar a valorii de bază.

Metoda integrată este o metodă de evaluare a nivelului de calitate a produselor cu ajutorul unui indicator de calitate generalizat.

$$K_i = f(K_i, M_i) \quad (2.11)$$

Acești indicatori de calitate maxim, minim, de bază, precum și coeficienții de calitate și coeficienții de pondere au calculat indicele de calitate pe unitate după formula:

$$K_i = 1 - \left[C_i - C_i \frac{P_i}{P_i^{baz}} \right] \quad (2.12)$$

$$\text{unde: } C_i = \frac{P_i^{baz}}{P_i^{\max} - P_i^{\min}} \quad (2.13)$$

Pentru a obține un indicator de calitate generalizat, s-a calculat media aritmetică ponderată a întregului set de indicatori relativi:

$$K = \frac{\sum_i^n M_i}{\sum_i^n M_i / K_i} \quad (2.14)$$

Această valoare sintetizează performanța globală a produsului, reflectând contribuția fiecărui parametru individual la calitatea totală și permițând o evaluare comparativă obiectivă între probele analizate.

2.5 Analiza statistică

Datele experimentale obținute în cadrul prezentei cercetări au fost exprimate sub forma valorilor medii, însoțite de eroarea standard a mediei (ESM), calculată pe baza a trei determinări paralele independente, pentru fiecare set de probe analizate. Această abordare statistică a fost aleasă pentru a asigura o estimare riguroasă a variabilității rezultatelor, oferind o imagine realistă asupra reproductibilității și fiabilității datelor obținute. Prezentarea rezultatelor sub formă de medii și deviații standard contribuie la creșterea acurateții interpretărilor, permițând compararea obiectivă între diferitele probe și condiții experimentale.

Prelucrarea primară și analiza statistică a datelor experimentale au fost efectuate utilizând programul Microsoft Office Excel 2007 (Microsoft Corporation, Redmond, WA, SUA), un instrument consacrat pentru organizarea, procesarea și analiza datelor experimentale în domeniul științelor alimentare. Acest program a fost utilizat pentru calcularea parametrilor descriptivi, elaborarea graficelor comparative și verificarea coerenței valorilor obținute.

Pentru a evalua existența diferențelor semnificative între grupurile experimentale, a fost aplicată analiza unidirecțională a varianței (ANOVA), metodă statistică și frecvent utilizată în cercetarea experimentală. Aplicarea acestei metode permite determinarea semnificației diferențelor dintre mediile grupurilor, luând în considerare variabilitatea internă a datelor.

Nivelul de semnificație statistică a fost stabilit la $p \leq 0,05$, valoare considerată standard în studiile științifice moderne, indicând o probabilitate de maximum 5% ca diferențele observate să fie rezultatul hazardului. În situațiile în care s-au obținut valori de p inferioare acestui prag, diferențele au fost considerate statistic semnificative, confirmând existența unor efecte reale determinate de variabilele analizate.

Prin aplicarea acestei metodologii statistice riguroase, s - a asigurat o interpretare obiectivă și științific fundamentată a rezultatelor, contribuind la validarea concluziilor formulate și la consolidarea credibilității cercetării experimentale realizate.

Concluzii la capitolul 2

În cadrul capitolului 2 au fost analizate în detaliu materiile prime utilizate la obținerea iaurturilor obținute din amestec de lapte de capră și vacă, îmbogățite cu piureuri din fructe bacifere, punându- se accent pe caracteristicile tehnologice și nutriționale. Au fost descrise în mod riguros metodele de conservare aplicate, cu evidențierea proceselor de tratare termică prin sterilizare și ultrasonificare, precum și a parametrilor esențiali ai acestora, respectiv temperatura și durata de procesare.

De asemenea, s - a stabilit și prezentat metodologia de caracterizare complexă a piureurilor de fructe și a produselor finite, incluzând determinarea conținutului de compuși biologic activi, a activității antioxidante, a caracteristicilor senzoriale, indicatorilor microbiologici și fizico - chimice, precum și a parametrilor de textură și culoare. Prin aplicarea acestor metode, s-a asigurat o evaluare completă a influenței materiei prime și a condițiilor de procesare asupra calității produsului finit.

Totodată, au fost descrise procedurile statistice utilizate pentru prelucrarea și interpretarea rezultatelor experimentale, precum și elaborarea modelelor matematice care reflectă relațiile dintre parametrii tehnologici și indicatorii de calitate ai iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu adaos de piureuri din fructe bacifere. Astfel, capitolul 2 oferă fundamentul metodologic necesar pentru analiza aprofundată a proceselor de obținere și optimizare a calității produselor lactate fermentate studiate, constituind baza științifică pentru interpretarea rezultatelor experimentale prezentate în capitolele următoare.

3. OPTIMIZAREA PROCESELOR DE PRELUCRARE A FRUCTELOR BACIFERE PRIN TEHNICI INOVATIVE

Tratamentul termic cu ajutorul ultrasunetelor și - a găsit aplicare în conservarea piureurilor din fructe, oferind mai multe beneficii în ceea ce privește prelungirea termenului de valabilitate, menținerea valorii nutriționale și minimizarea conservanților chimici (Radziejewska-Kubzdela et al., 2020). Prin urmare, aplicarea sa în conservarea piureurilor trebuie optimizată fără a afecta negativ atributele senzoriale sau a provoca modificări nedorite (Kidoń et al., 2022).

Acest capitol a studiat aplicarea tratamentelor termice cu ajutorul ultrasunetelor (TTU) și combinarea tratamentului termic prin ultrasonificare (TTU) și sterilizare (TTS) în vederea prelungirii perioadei de valabilitate a piureurilor din fructe, care va asigura o stabilitate microbiologică înaltă, va păstra caracteristicile senzoriale, va îmbunătăți indicatorii fizico - chimici și va menține conținutul de compuși biologic activi.

3.1 Evaluarea efectelor tratamentului cu ultrasunete asupra activității antioxidante și indicatorilor microbiologici ai piureurilor din fructe bacifere

Pentru a investiga în profunzime relația dintre parametrii ultrasonificării aplicați în tratamentul TTU și conținutul de compuși antioxidanți din piureurile de fructe bacifere, au fost dezvoltate modele conceptuale care descriu prezența și comportamentul compușilor bioactivi în cadrul a două etape distincte. Prima fază se referă la etapa de pregătire a probei, în care ultrasonificarea intensifică extracția compușilor antocianici și antioxidanților prin ruperea pereților celulari și creșterea permeabilității membranei, facilitând astfel eliberarea rapidă a acestor substanțe în matricea lichidă. În contrast, a doua fază implică procesul de conservare, caracterizat printr-un transfer lent și controlat al substanțelor dizolvate din interiorul celulelor peretelui intern către mediul înconjurător, fenomen limitat de barierele fizico - chimice ale structurii tisulare și de proprietățile fizice ale matricei alimentare. Această etapă este esențială pentru stabilizarea compușilor antioxidanți în produsul finit și pentru menținerea activității lor biologice pe termen lung, fiind influențată de factori precum temperatura, durata tratamentului și intensitatea ultrasonică, care trebuie optimizați pentru a maximiza eficiența procesului și calitatea piureurilor (Gullón et al., 2021).

Pe lângă progresul tehnicii de conservare, s - a pus accent asupra modelului matematic care va permite înregistrarea valorilor la diferite temperaturi (60 și 70 °C) și durată de timp (5 și 15 min) asupra potențialului antioxidant prin conținutul total de antocieni, acid *L*- hidroascorbic, activitate antioxidantă (DPPH și ABTS) și ai indicatorilor microbiologici, prezentați în tabelul 3.1.

Tabelul 3.1. Influența ultrasonificării asupra potențialului antioxidant și indicatorilor microbiologici ai piureurilor din fructe bacifere

Puterea, W	Frecvența, kHz	t, °C	τ, min	Conținut de acid L- hidroascorbic mg/100 g	Conținut total de antocieni, mg/100 g	Activitate antioxidantă		NTGFAnM, log UFC/g	Drojdii, mușcăi, log UFC/g	
						DPPH, mg TE/100 g	ABTS mg TE/100 g			
510	37	Piureuri din căpșună								
		60	-	-	25,53±0,32	34,80±0,29	9,70±0,05	14,24±0,12	5,87	5,43
			5	72,37±0,37	56,00±0,31	5,01±0,02	10,60±0,17	4,54	4,21	
			15	31,06±0,28	27,72±0,35	4,90±0,04	7,35±0,15	3,43	3,28	
		70	5	33,17±0,35	23,76±0,30	3,93±0,08	4,74±0,14	3,12	3,00	
			15	30,37±0,33	21,21±0,33	2,58±0,05	3,97±0,16	3,00	3,00	
		Piureuri din zmeură								
		60	-	-	17,24±0,36	70,98±0,37	10,28±0,07	18,33±0,13	5,64	8,54
			5	15,46±0,30	71,11±0,35	7,06±0,02	16,41±0,12	4,42	7,32	
			15	18,16±0,29	66,69±0,30	6,26±0,05	9,34±0,14	3,87	5,45	
		70	5	11,98±0,33	71,62±0,34	5,89±0,09	8,50±0,16	3,21	4,61	
			15	11,45±0,31	63,62±0,38	4,29±0,07	6,73±0,18	3,05	3,38	
		Piureuri din aronia								
		60	-	-	7,38±0,38	150,51±0,28	10,33±0,03	24,34±0,12	5,95	5,85
			5	4,70±0,32	65,18±0,29	6,91±0,05	7,19±0,15	5,21	5,34	
			15	5,30±0,33	112,78±0,31	4,88±0,08	5,48±0,17	4,87	4,12	
		70	5	4,80±0,31	107,39±0,35	3,85±0,04	5,30±0,11	4,16	4,00	
			15	1,140±0,27	53,59±0,32	3,12±0,06	3,12±0,14	3,62	3,67	

*Notă: NTGFAnM- numărul total de germeni facultativ anaerobi mezofili
Valorile reprezintă media a trei determinări independente ± abaterea standard, $P \leq 0,05$

Pe baza acestor rezultate, se observă că creșterea timpului de ultrasonificare a redus CTA în toate probele de piureuri din fructe bacifere, deoarece a avut loc degradarea antocienilor indusă de formarea peroxidului de hidrogen în timpul oxidării acidului L- hidroascorbic. A scăzut treptat și conținutul de acid L- hidroascorbic deoarece este instabil și se descompune ușor la temperaturi ridicate. Pe de altă parte, această scădere treptată cu creșterea duratei de ultrasonificare a fost atribuită condițiilor fizice extreme generate de colapsul prin cavitație și de interacțiunea radicalilor liberi. Diminuarea potențialului antioxidant al probelor de piureuri din fructe bacifere a fost asociată diminuării conținutului de compuși bioactivi. Este posibil ca generarea de forțe de forfecare și unde de șoc au fost capabile să distrugă peretele celular în timpul tratamentului termic prin ultrasonificare și să defavorizeze blocarea compușilor bioactivi din celule.

Calitatea microbiologică a piureurilor din fructe bacifere este determinată atât de sterilitatea, cât și de igiena producției. Riscul de contaminare microbiologică este asociat cu posibilitatea dezvoltării numeroaselor grupuri de microorganisme, chiar și în condiții de depozitare frigorifică. Microflora care infectează cel mai adesea piureurile din fructe bacifere sunt bacteriile

rezistente la acidifierea mediului, sol sau aer, bacterii lactice, acetobacterii, ciuperci tolerante la acid, mucegaiuri, cât și drojdii. Totodată, drojdiile se numără printre microorganismele prezente în piureuri de fructe bacifere, datorită capacității lor de a crește la valori scăzute ale pH-ului. Drojdia de fermentație produce cantități semnificative de dioxid de carbon și etanol, ceea ce o face unul dintre principalii agenți de alterare. Rezultatele privind indicatorii microbiologici pentru tratamentul TTU, au arătat o diminuare a NTGFAnM, drojdiilor și mucegaiurilor care a depins de temperatură și durata tratamentului (60 - 70 °C, respectiv 5 - 15 min). Diminuarea drojdiilor a rezultat din combinația menționată mai sus de mecanisme fizice și chimice care au apărut în timpul TTU. Însă, efectele fizice ale TTU nu au fost suficient de eficiente pentru a inactiva celulele de drojdii care sunt greu de inactivat. În același timp, rezultatele înregistrate au confirmat că tratamentul termic prin ultrasonificare nu a redus complet încărcătura microbiologică a piureurilor din fructe bacifere și a demonstrat necesitatea combinării TTU cu TTS pentru a îmbunătăți calitatea și inofensivitatea piureurilor din fructe bacifere la scară industrială.

Planul experimentului de optimizare prin ascensiune pe gradient a fost Step Climb, SC. Ca bază, au fost luate ecuațiile de regresie, iar semnul valorilor ΔX_{SC} a fost inversat. Pentru a reprezenta empiric această situație a fost folosită expresia matematică a modelului cinetic exponențial descrisă în tabelul 3.2.

Tabelul 3.2. Parametri optimizați ai tratamentului termic prin ultrasonificare ai piureurilor din fructe bacifere

Parametru	ΔX , amplituda factorului de influență	β , coeficien- tul ecuației de regresie	$\Delta X \cdot \beta$, pasul teoretic, generat de ecuație de regresie	K, constant a intuitivă	ΔX_{SC} , pasul redus de ascensiune abruptă	Cen- tru	$N_{SC} = 5$, numărul exponenți al SC	$N_{SC} = 6$	$N_{SC} = 7$	$N_{SC} = 8$
Piureuri din căpșună										
t, °C	10	-600	-6000	2400	2,5	65	67,5	70	72,5	75
τ , min	10	-250	-2500		1	10	11	12	13	14
Piureuri din zmeură										
t, °C	10	-200	-2000	3500	1	65	66	67	68	69
τ , min	10	-700	-7000		2	10	12	14	16	18
Piureuri din aronia										
t, °C	10	-600	-6000	2800	2,5	65	67,5	70	72,5	75
τ , min	10	-500	-5000		1,5	10	11,5	13	14,5	16

Modelul matematic propus a fost dezvoltat presupunând că 2 parametri (temperatura și timpul) au controlat simultan viteza de transfer de căldură în timpul tratamentului termic. Pentru a evalua necesitatea acestor 2 parametri, modelul matematic a fost rezolvat și considerat eficient.

Temperatura de sterilizare necesară depinde de valoarea pH-ului produsului care urmează să fie sterilizat. Cu cât valoarea acidității active este mai mică, cu atât temperatura este mai scăzută și timpul de sterilizare mai scurt, deoarece microorganismele care pot cauza alterarea produsului sunt foarte sensibile la valoarea pH-ului. Piureurile din fructe cu un pH mai mic sau egal cu 4,2 pot fi alterate din cauza apariției mucegaiurilor, drojdiilor și a anumitor bacterii care nu formează spori (bacterii lactice). Toate aceste microorganisme nu sunt tolerante și mor atunci când sunt încălzite la 80...100 °C. La elaborarea regimurilor de sterilizare a piureurilor se va lua în considerare nu numai timpul necesar, ci și posibila deteriorare a calității piureului, modificări ale compoziției chimice, în special vitamine și caracteristici senzoriale.

În vederea optimizării proceselor de prelucrare a fructelor bacifere și creșterii eficienței tratamentelor de conservare, s-au proiectat regimuri experimentale care combină tratamentul TTU cu sterilizarea TTS. Parametrii utilizați pentru fiecare variantă de tratament sunt prezentați în tabelul 3.3 și includ temperaturile și duratele specifice.

Tabelul 3.3. Parametri experimentali pentru tratamentul termic combinat al piureurilor din fructe bacifere

Codificare	TTU		TTS		Tratament termic combinat			
					TTU + TTS			
	t, °C	τ, min.	t, °C	τ, s	t, °C	τ, min.	t, °C	τ, s
Piureuri din căpșună								
PCUS	70	12	-	-	-	-	-	-
PCST	-	-	105	290	-	-	-	-
PC-1	-	-	-	-	70	12	105	90
PC-2	-	-	-	-				135
PC-3	-	-	-	-				290
Piureuri din zmeură								
PZUS	68	16	-	-	-	-	-	-
PZST	-	-	105	290	-	-	-	-
PZ-1	-	-	-	-	68	16	105	90
PZ-2	-	-	-	-				135
PZ-3	-	-	-	-				290
Piureuri din aronia								
PAUS	70	13	-	-	-	-		
PAST	-	-	105	290	-	-		-
PA-1	-	-	-	-	70	13	105	90
PA-2	-	-	-	-				135
PA-3	-	-	-	-				290

*Notă: PCUS- piureu din căpșună ultrasonificat, PCST- piureu din căpșună sterilizat, PC-1, PC-2 și PC-3- piureu din căpșună sterilizat timp de 90, 135 și 290 s; PZUS- piureu din zmeură ultrasonificat, PZST- piureu din zmeură sterilizat, PZ-1, PZ-2 și PZ-3- piureu din zmeură sterilizat timp de 90, 135 și 290 s; PAUS- piureu din aronia ultrasonificat, PAST- piureu din aronia sterilizat, PA-1, PA-2 și PA-3- piureu din aronia sterilizat timp de 90, 135 și 290 s; TTU- tratament termic prin ultrasonificare; TTS- tratament termic prin sterilizare.
Valorile reprezintă media a trei determinări independente $\pm$ abaterea standard, $P \leq 0,05$

Pentru fiecare tip de fruct analizat (căpșună, zmeură și aronia), s-au stabilit 3 grupe de probe:

- probe tratate exclusiv prin ultrasonificare (TTU) la temperaturi moderate (68 - 70 °C) și durate cuprinse între 12 și 16 min;
- probe supuse exclusiv sterilizării termice (TTS) la temperaturi ridicate (105 °C) timp de 290 s;
- probe tratate printr-un regim combinat (TTU + TTS), în care TTU este urmat de TTS, cu variații ale duratei fazei de sterilizare (90, 135 și 290 s) pentru a investiga efectul cumulativ al tratamentului asupra stabilității microbiologice și conținutului de compuși bioactivi.

Codificarea probelor s-a realizat astfel încât să reflecte atât tipul de tratament, cât și materia primă utilizată. De exemplu, „PCUS” reprezintă piureul de căpșună tratat prin ultrasonificare, în timp ce „PZ-2” indică piureul de zmeură supus tratamentului combinat cu 135 s sterilizare finală. Designul experimental a fost conceput pentru a permite o evaluare comparativă a eficienței fiecărui tratament asupra păstrării calităților funcționale ale piureurilor din fructe bacifere (activitate antioxidantă, compuși antocienici), precum și asupra reducerii încărcăturii microbiologice. Alegerea parametrilor a fost fundamentată pe studii preliminare din literatura de specialitate și pe rezultate anterioare obținute în cadrul laboratorului, cu scopul de a reduce intensitatea tratamentului termic clasic și de a păstra caracterul funcțional al produsului finit.

3.2 Elaborarea și descrierea etapelor fluxului tehnologic de obținere a piureurilor din fructe bacifere

Conform HG 216/2022 „Gemuri, jeleurii, dulcețuri, piureuri și alte produse similare” piureul din fructe este un produs obținut prin etapa de pasare, închis ermetic și conservat prin metodă fizică sau chimică. Elaborarea fluxului tehnologic pentru obținerea piureurilor din fructe bacifere a presupus definirea și optimizarea etapelor specifice de prelucrare primară și secundară, cu accent pe păstrarea compușilor bioactivi și pe asigurarea siguranței microbiologice. Etapele au fost concepute astfel încât să minimizeze pierderile de nutrienți sensibili la tratamentele termice și să permită integrarea tehnologiilor emergente de procesare, cum ar fi tratamentul TTU.

Elaborarea și descrierea etapelor fluxului tehnologic reprezintă un element fundamental în proiectarea proceselor industriale pentru obținerea piureurilor din fructe bacifere, deoarece aceasta permite integrarea coerentă a operațiunilor unitare într-un sistem eficient, standardizat și reproductibil.

Prin urmare, proiectarea unui flux tehnologic optimizat are ca obiectiv maximizarea păstrării calităților nutriționale și funcționale, concomitent cu asigurarea siguranței microbiologice

și a stabilității fizico - chimice a produsului finit. Fiecare etapă a fluxului tehnologic trebuie să fie gândită în funcție de:

- proprietățile materiei prime (textură, pH, umiditate, conținut de zaharuri, sensibilitate la procesare termică);
- scopul procesării (conservare, extracție de compuși activi, reducerea încărcăturii microbiene);
- limitările tehnologice (timp de procesare, eficiență energetică, compatibilitate cu metodele moderne de procesare).

Pentru claritatea procesului și sistematizarea etapelor de lucru, a fost elaborată o schemă a fluxului tehnologic, care evidențiază succesiunea operațiunilor unitare necesare pentru obținerea piureurilor din fructe bacifere. Acest flux tehnologic de obținere a piureurilor din fructe bacifere (fig. 3.1) servește drept cadru de bază pentru stabilirea parametrilor operaționali și pentru evaluarea efectului fiecărei etape asupra calității produsului finit.

Descrierea etapelor tehnologice la obținerea piureurilor din fructe bacifere.

Recepția cantitativă și calitativă constă în controlul calitativ al fructelor de căpșună, zmeură și aronia. Fructele de zmeură trebuie să fie ferme, uscate la suprafață și ușor detașabile de pe receptacul; culoarea trebuie să fie roșu închis sau roșu deschis, în funcție de varietate; miros caracteristic, plăcut, fără mirosuri străine, fără frunze, tulpini sau alte resturi vegetale. Fructele de căpșună trebuie să fie uniforme, cu o formă bine definită și fără pete verzi (semn de imaturitate); culoarea- roșu strălucitor, uniformă pe întreaga suprafață. Mărimea trebuie să corespundă varietății, dar fără diferențe extreme între fructe, fără urme de mușgai, putreziciune sau insecte. Fructele de aronia trebuie să fie ferme, rotunde și uniforme; culoarea- negru- violaceu, fără pete verzi sau maronii. Mărimea trebuie să fie uniformă, în funcție de varietate, fără ramuri, frunze sau alte resturi.

Cerințele pentru indicatorii fizico - chimici se referă la conținutul de zahăr care trebuie să fie conform standardelor pentru fiecare tip de fruct (de ex: căpșuna are un conținut mai ridicat de zahăr față de aronia), valoarea acidității trebuie să fie optimă pentru a asigura gustul caracteristic (ex: aronia are o aciditate mai mare) și conținutul de umiditate unde fructele nu trebuie să fie prea umede sau prea uscate.

Conform cerințelor microbiologice în ceea ce privește lipsa microorganismelor patogene, fructele nu trebuie să prezinte contaminare cu bacterii, mușgaiuri sau alte microorganisme dăunătoare. Din punct de vedere al siguranței alimentare trebuie să se respecte normele de igienă și să fie lipsite de substanțe toxice peste limitele admise (HG 867/2023).

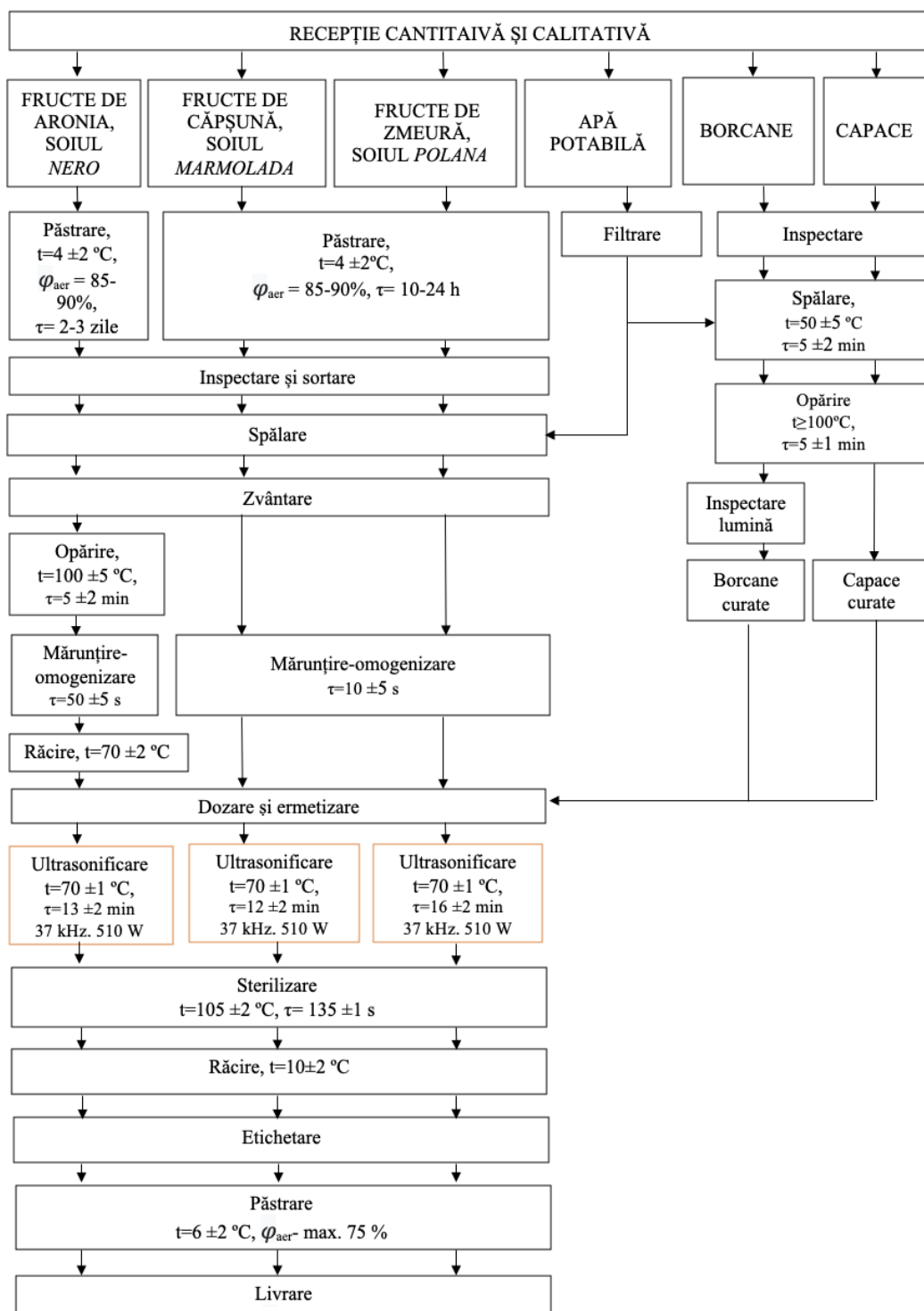


Fig. 3.1 Flux tehnologic de obținere a piureurilor din fructe bacifere

Cu referire la cerințele de ambalare și transport, unde fructele trebuie ambalate în recipiente care să prevină vătămrile mecanice (ex: lăzi de plastic, cutii de carton speciale). Fructele trebuie transportate la temperaturi mai scăzute (+2 - +4°C) pentru a menține proaspătatea. Ambalajele trebuie să fie curate și să protejeze fructele de praf, insecte și alte surse de contaminare.

Respectarea acestor cerințe asigură obținerea unui produs de calitate, care poate fi folosit în procesarea ulterioară (ex: piure, suc, gem).

La recepție, fiecare lot de materie primă a fost identificat cu etichetă în care s-a indicat: denumirea materiei prime, masa, data recepției, gospodăria agricolă și conformitatea produsului.

Păstrarea. Fructele de căpșună, zmeură și aronia prezintă un grad ridicat de perisabilitate, de aceea păstrarea lor temporară are loc în camere frigorifice pentru a preveni modificările de natură fizică, biochimică și microbiologică. Temperatura optimă de păstrare trebuie să fie între 0 și +4°C, umiditatea relativă a aerului de 90 - 95% pentru a preveni deshidratarea. Fructele trebuie să fie ambalate în recipiente ventilate sau cutii de plastic perforate pentru a permite circulația aerului. Ca durată de păstrare zmeura și căpșuna trebuie să se păstreze 10 - 24 h (sunt fructe delicate), iar aronia: 2 - 3 zile (este mai rezistentă).

Inspectare și sortare. S-a efectuat, specific, pentru fiecare fruct în parte, iar la sortarea calitativă s-au înlăturat fructele care nu corespund ca formă, culoare, stadiu de maturare, integritate fizică, stare de sănătate și prospețime, atacate de dăunători, afectate de mucegai, obiecte străine.

Spălarea fructelor de zmeură, căpșună și aronia este un proces esențial în prelucrarea lor, deoarece aceste fructe sunt foarte delicate și pot fi ușor deteriorate. Spălarea pentru fiecare tip de fruct a avut loc diferit. De exemplu zmeura, fiind foarte fragilă și care se zdrobește ușor, are o suprafață poroasă și este susceptibilă la absorbția apei, înainte de spălare s-au eliminat frunzele, tulpinile și fructele deteriorate. Fructele s-au spălat în baie de apă, dar nu au fost lăsate înmuiate prea mult timp (max. 1 - 2 min). Căpșunele sunt mai rezistente decât zmeura, dar tot necesită o manipulare atentă, fiindcă au o suprafață netedă, pot acumula impurități în cavități. Fructele de aronia sunt mai rezistente decât zmeura și căpșuna, sunt mici și s-au spălat mai ușor.

Zvântarea. După finalizarea procesului de spălare, fructele de aronia, zmeură și căpșună au fost supuse unei etape de zvântare, esențială pentru reducerea umidității superficiale. Această etapă s-a realizat prin suflare cu aer controlat pe o sită cu ochiuri fine, facilitând eliminarea excesului de apă de pe suprafața fructelor.

Opărirea este o etapă importantă în procesul de prelucrare, mai ales că fructele vor fi folosite pentru piureuri. Opărirea are mai multe scopuri: eliminarea microorganismelor, inactivarea enzimelor care pot provoca alterarea fructelor, menținerea culorii naturale a fructelor și pregătirea pentru procesele ulterioare. Astfel, fructele de zmeură și căpșună nu au fost supuse procesului de opărire, deoarece sunt mai fragile. Datorită rezistenței sporite a fructelor de aronia, tratamentul termic prin opărire a fost realizat la temperaturi de $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$, pe o durată de 5 ± 2 min.

Mărunțirea - omogenizarea fructelor de zmeură, căpșună și aronia s-a realizat cu ajutorul unui blender cu scopul de a obține o masă omogenă, uniform pasată de fructe sau pomușoare, fără

particule fibroase, codițe, semințe, sămburi și pieliță, cu consistență semifluidă pe o suprafață orizontală. Fructele de zmeură și căpșună au fost mărunțite timp de 10 ± 2 s (sunt mai fragile), iar fructele de aronia- 50 ± 5 s (sunt mai rezistente).

Răcirea s-a realizat doar pentru piureurile din aronia la temperatura de 70 ± 2 °C, deoarece doar ele au fost supuse procesului de opărire și a avut loc într-un bazin cu apă rece pentru a accelera procesul de răcire ce conduce la menținerea culorii naturale și a consistenței piureului.

Dozarea și ermetizarea. Procesul de dozare al piureurilor obținute din aronia, zmeură și căpșună a fost realizat în recipiente din sticlă cu capacitatea nominală de 180 g. Ermetizarea recipientelor s - a efectuat utilizând capace metalice cu filet de tip „twist-off”, care permit o închidere sigură, ermetică, asigurând astfel protecția împotriva recontaminării și oxidării. Alegerea acestui sistem de ambalare optimizează atât integritatea microbiologică a produsului, cât și eficiența etapelor ulterioare de etichetare și manipulare în procesul tehnologic.

Ultrasonificarea piureurilor din fructe de aronia, zmeură, căpșună a fost realizată conform parametrilor stabiliți la planificarea matricei și în dependență de tipul fructelor. Piureurile din fructe au fost plasate într-un reactor echipat cu sonde ultrasonice, unde s-au aplicat unde sonore de 37 kHz, $\tau = 16 \pm 2$ min, în funcție de tipul fructului. S-a monitorizat temperatura de 70 ± 1 °C pentru a evita degradarea nutrienților. S-au optimizat parametrii pentru fiecare tip de piureu: piureul de aronia s-a ultrasonificat la temperatura de 70 ± 1 °C, $\tau = 13 \pm 2$ min., piureul de căpșună la temperatura de 70 ± 1 °C, $\tau = 12 \pm 2$ min., iar piureul de zmeură la temperatura de 70 ± 1 °C, $\tau = 16 \pm 2$ min.

Sterilizarea. După aplicarea tratamentului prin ultrasonificare, recipientele conținând piureurile de fructe bacifere au fost supuse unui regim de sterilizare controlată, la o temperatură de 105 °C, cu un timp de menținere de la 90 și până la 290 secunde. Acest tratament termic a fost aplicat pentru asigurarea sterilității comerciale a produsului, contribuind la inactivarea florei microbiene reziduale și la prelungirea termenului de valabilitate fără afectarea semnificativă a proprietăților nutriționale și senzoriale.

Răcirea. După finalizarea procesului de sterilizare, recipientele cu piureuri de fructe bacifere au fost supuse unui proces controlat de răcire, realizat într-un bazin cu apă rece, menținută la o temperatură de 10 ± 2 °C. Scopul acestei etape a fost reducerea rapidă a temperaturii produsului până la valorile de siguranță microbiologică (< 40 °C), în vederea limitării timpului de expunere la temperaturi ridicate, prevenind astfel degradarea compușilor termo-sensibili, cum ar fi antioxidanții naturali și pigmentii fenolici.

Etichetare recipientelor conținând piureurile din aronia, zmeură și căpșună a fost realizată în conformitate cu cerințele legislative în vigoare. Informațiile înscrise pe etichete au fost clare, lizibile, complete și aplicate durabil pe ambalaj, asigurând trasabilitatea și transparența produsului.

Păstrare. Piureurile obținute din fructe bacifere au fost depozitate în spații special amenajate, conforme cu cerințele de igienă sanitar - veterinară și siguranță alimentară. Încăperile de păstrare au fost curate, fără urme de infestare cu dăunători, prevăzute cu sistem de ventilație naturală sau mecanică, ferite de acțiunea directă a radiațiilor solare și de riscul de îngheț. Parametrii microclimatici din spațiul de depozitare au fost controlați și menținuți în limite optime: temperatura ambientală de 8 ± 2 °C și umiditatea relativă a aerului sub 75%, pentru a asigura stabilitatea fizico - chimică a produsului, prevenirea condensului și a proliferării microbiene. Menținerea acestor condiții permite extinderea duratei de conservare a piureurilor fără alterarea valorii nutritive sau apariția modificărilor organoleptice nedorite.

Livrarea piureurilor din fructe bacifere a fost realizată în conformitate cu normele de igienă și siguranță alimentară, asigurând menținerea indicatorilor fizico - chimici și caracteristicilor senzoriale ale produsului finit până la destinație. Ambalajele utilizate au fost etanșe, rezistente la manipulare și adaptate pentru a preveni contactul produsului cu factorii de mediu, respectiv variații de temperatură, umiditate sau contaminare microbiană (Balan et.al., 2017).

Fiecare etapă a fost validată în cadrul studiilor experimentale pentru a garanta reproducibilitatea procesului și pentru a susține transferabilitatea fluxului tehnologic la scară industrială. Optimizarea parametrilor operaționali s-a realizat prin metode statistice și analize de corelație între factorii de proces și indicatorii de calitate al produsului finit.

3.3 Analiza indicatorilor de calitate ale piureurilor din fructe bacifere

3.3.1 Caracteristici senzoriale ale piureurilor din fructe bacifere

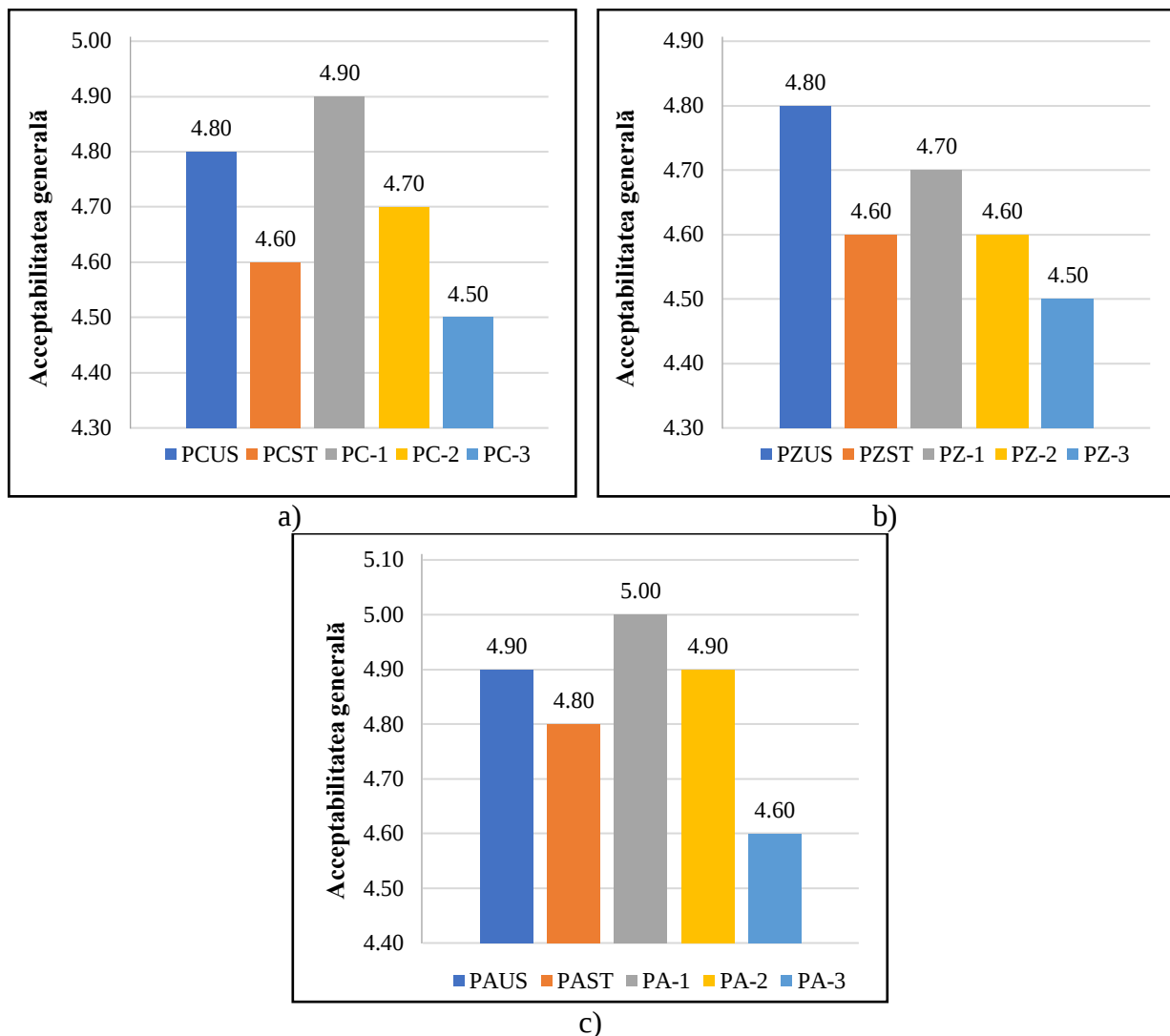
Pentru a analiza impactul tratamentului termic combinat - respectiv ultrasonificare ($t = 70 \pm 1$ °C, $\tau = 16 \pm 2$ min) urmată de sterilizare ($t = 105$ °C, $\tau = 90, 135$ și 290 s) - asupra calității senzoriale a piureurilor din fructe bacifere (căpșună, zmeură și aronia), au fost investigate caracteristicile senzoriale relevante: aspect exterior și consistență, gust și miros, precum și culoare. Rezultatele obținute, sintetizate în Tabelul 3.4, evidențiază faptul că piureurile din căpșună (PCUS, PCST, PC-1, PC-2, PC-3) și zmeură (PZUS, PZST, PZ-1, PZ-2, PZ-3) au prezentat o textură omogenă, uniform pasată, fără incluziuni fibroase, codițe sau pielite, însă cu prezență de semințe, specifică acestor tipuri de fructe. Consistența a fost clasificată ca semifluidă, corespunzătoare cerințelor tehnologice privind stabilitatea pe suprafață plană. Pentru piureurile din aronia (PAUS,

PAST, PA-1, PA-2, PA-3), masa rezultată a fost omogenă și fin pasată, fără resturi de semințe sau componente fibroase, menținând o consistență semifluidă uniformă, adecvată pentru consum direct sau utilizare, de exemplu, în produse lactate fermentate. Din punct de vedere gustativ și olfactiv, piureurile din căpșună și zmeură au fost evaluate ca având aromă naturală bine pronunțată, cu profil dulce-acrișor, specific fiecărui tip de fruct, fără prezența unor note străine sau alterate. Piureurile din aronia au fost caracterizate printr-un gust astringent natural și miros specific, de asemenea fără deviații senzoriale. În ceea ce privește culoarea, piureurile din căpșună au păstrat o nuanță roșie caracteristică, cele din zmeură au prezentat o culoare roșu - intens specifică, în timp ce piureurile din aronia au fost descrise printr-o culoare violetă închisă, stabilă, reprezentativă pentru conținutul ridicat de pigmenți polifenolici. Aceste rezultate confirmă că tratamentul termic combinat aplicat nu a compromis calitatea senzorială a piureurilor, păstrând caracteristicile organoleptice esențiale pentru acceptabilitatea consumatorului.

Tabelul 3.4. Caracteristici senzoriale ale piureurilor din fructe bacifere

Proba	Ultra-sonificare		Sterilizare		Aspect exterior și consistență	Gust și miros	Culoare
	t, °C	τ, min	t, °C	τ, s			
Piureuri din căpșună							
PCUS	70	12	-	-	Masă omogenă, uniform pasată de fructe de căpșune, cu semințe, dar fără particule fibroase, codițe și pielită, cu consistență semifluidă pe o suprafață orizontală.	Natural, bine pronunțat, dulce-acrișor, fără gust și miros străin	Roșu, caracteristic piureului de căpșună
PCST	-		105	290			
PC-1	70	12	105	90			
PC-2				135			
PC-3				290			
Piureuri din zmeură							
PZUS	70	12	-	-	Masă omogenă, uniform pasată de fructe de zmeură, cu semințe, dar fără particule fibroase, codițe și pielită, cu consistență semifluidă pe o suprafață orizontală.	Natural, bine pronunțat, dulce-acrișor, fără gust și miros străin	Roșu-intens, caracteristic piureului de zmeură
PZST	-		105	290			
PZ-1	70	12	105	90			
PZ-2				135			
PZ-3				290			
Piureuri din aronia							
PAUS	70	12	-	-	Masă omogenă, uniform pasată, fără particule fibroase, codițe, semințe și pielită, cu consistență semifluidă pe o suprafață orizontală.	Natural, bine pronunțat, astringent, caracteristic, fără gust și miros străin	Violetă, caracteristic piureului de aronia
PAST	-		105	290			
PA-1	70	12	105	90			
PA-2				135			
PA-3				290			

Evaluarea senzorială a piureurilor din fructe bacifere a evidențiat o superioritate a tratamentului termic combinat prin ultrasonificare și sterilizare, comparativ cu tratamentele aplicate individual (doar sterilizare sau doar ultrasonificare), conform datelor prezentate în figura 3.2 (a, b, c).



**Fig. 3.2 Acceptabilitatea generală a piureurilor din fructe bacifere
a) piureuri din căpșună, b) piureuri din zmeură, c) piureuri din aronia**

Astfel, pentru piureurile conservate prin ultrasonificare, punctajele medii ale acceptabilității generale au fost de 4,8 pentru piureurile de căpșuni (PCUS) și zmeură (PZUS), respectiv 4,9 pentru piureul de aronia (PAUS). În schimb, piureurile supuse tratamentului combinat termic, care a inclus ultrasonificare urmată de sterilizare timp de 135 s, au înregistrat punctaje senzoriale mai ridicate: 4,9 pentru proba PC-1 (căpșună), 4,7 pentru PZ-1 (zmeură) și 5,0 pentru PA-1 (aronia). Tratamentul termic conduce la o reducere semnificativă a oxigenului din piureurile de fructe bacifere, probabil acest fenomen este asociat cu inhibarea reacțiilor de oxidare care afectează negativ aroma și culoarea piureurilor (de exemplu, culoarea roșie a căpșunii sau zmeurii). Este cunoscut faptul că oxigenul este un factor principal în reacțiile de oxidare, care pot afecta compușii aromatici și pigmenții naturali din fructe. În plus, activitatea enzimatică previne degradarea compușilor sensibili și astfel mențin calitățile senzoriale ale piureurilor din fructe bacifere (Perera et al., 2021).

În schimb, piureurile supuse tratamentului combinat cu o durată mai lungă de sterilizare ($\tau = 290$ s) au prezentat punctaje senzoriale mai scăzute: 4,5 pentru probele PC-3 și PZ-3 și 4,6 pentru PA-3. Scăderea acceptabilității a fost corelată cu efectele negative ale sterilizării prelungite, care au determinat degradarea compușilor aromatici volatili, modificări de culoare prin brunificare neenzimatică și alterări ale gustului, toate acestea afectând negativ profilul senzorial al piureurilor din fructe bacifere. Fructele conțin enzime precum polifenoloxidaza, care pot cataliza reacții de brunificare enzimatică și degradarea compușilor aromatici dacă sunt active după procesare. Ultrasonificarea combinată cu sterilizarea reduce activitatea acestor enzime, astfel încât piureurile rămân mai stabile din punct de vedere senzorial și nutrițional (Casati et al., 2015). Însă, sterilizarea îndelungată (de exemplu, 290 s) poate avea efecte adverse, deoarece căldura prelungită degradează compușii volatili responsabili de aroma fructelor. Acest lucru duce la pierderea complexității aromatice și poate genera compuși cu gusturi neplăcute. De asemenea, căldura excesivă poate provoca reacții de brunificare neenzimatică (reacția Maillard sau caramelizarea), care modifică culoarea și gustul piureurilor, influențând negativ acceptabilitatea lor.

Rezultatele indică faptul că un timp moderat de sterilizare combinat cu ultrasonificarea (135 s) oferă un echilibru optim între inactivarea enzimelor, reducerea oxigenului și păstrarea compușilor aromatici și pigmentilor. În schimb, sterilizarea prelungită afectează negativ calitatea, demonstrând importanța ajustării parametrilor tehnologici pentru a obține produse cu acceptabilitate senzorială maximă.

Constatări similare ale caracteristicilor senzoriale au fost observate în studiul efectuat Oladunjoye și colaboratorii (2020), unde s-a demonstrat că tratamentul cu ultrasunete timp de 10 minute la o temperatură de 80 °C a piureului de prune (*Prunus domestica*) a diminuat punctajele de culoare (4,0 puncte), gust (3,9 puncte), miros (3,8 puncte) și acceptabilitate generală (3,9 puncte). Totodată, aceste rezultate sunt în contradictoriu cu un alt studiu, care a constatat că fructele sălbatice de khoon phal (*Haematocarpus validus*) ultrasonificate la temperatura de 62 °C a crescut punctajele de culoare (4,5 puncte), gust (4,4 puncte), miros (4,3 puncte) și acceptabilitate generală (4,5 puncte), (Sasikumar et al., 2019).

3.3.2 Valoarea biologică a piureurilor din fructe bacifere

Fructele de zmeură (*Rubus idaeus*), căpșună (*Fragaria xananassa*) și aronia (*Aronia melanocarpa*) se disting printr-un conținut remarcabil de compuși bioactivi, cunoscuți pentru puternica lor activitate antioxidantă (Yahia et al., 2019). Acești compuși includ polifenoli, flavonoide, antociani, tanini și vitamine hidrosolubile, dintre care acidul *L*-hidroascorbic se remarcă prin proprietățile sale antioxidante notabile. Datorită capacității sale de a dona electroni

și de a neutraliza radicalii liberi, acidul *L*- hidroascorbic joacă un rol esențial în mecanismele antioxidante atât endogene, cât și exogene, protejând structurile celulare împotriva peroxidării lipidelor, deteriorării proteinelor și modificărilor ADN- ului. Profilul compușilor bioactivi din fructele bacifere influențează nu doar valoarea nutrițională a produselor obținute, ci și proprietățile lor funcționale și senzoriale. În cazul piureurilor, menținerea integrității acestor compuși este critică, deoarece procesarea termică, expunerea la oxigen sau manipularea mecanică excesivă pot conduce la degradarea lor.

Pentru evaluarea compoziției biochimice a piureurilor din zmeură, căpșună și aronia, s-a utilizat analiza cromatografică de înaltă performanță (HPLC), care a permis identificarea și cuantificarea precisă a principalilor compuși activi. Analiza cromatografică s-a realizat pe probe de piureuri preparate în condiții controlate, iar timpii de retenție ai fiecărui compus au fost determinați prin compararea cu standarde externe calibrate. Cromatograma obținută pentru fiecare probă (fig. 3.3 a, b, c) a evidențiat separarea componentelor, permițând nu doar identificarea compușilor majori, ci și evaluarea variațiilor cantitative dintre specii și loturi de procesare.

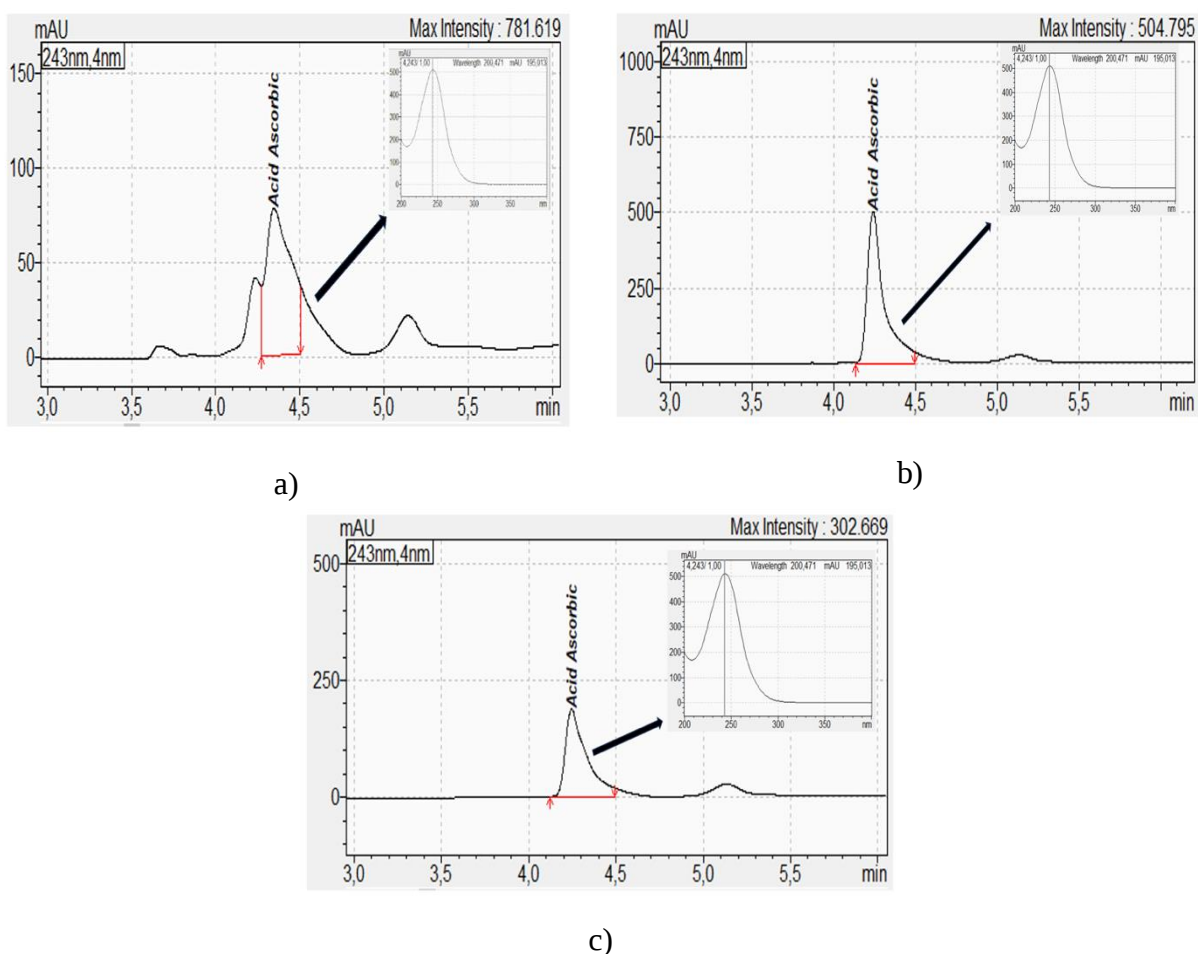


Fig. 3.3 Profilul cromatogramei picului acidului *L*- hidroascorbic din piureurile de fructe bacifere, $R_t= 4,3$ min.

a) piureuri din aronia b) piureuri din căpșună c) piureuri din zmeură

Rezultatele cromatografice au oferit informații detaliate privind profilul chimic al piureurilor și au constituit baza pentru corelarea conținutului de antioxidanți cu proprietățile senzoriale și funcționale ale produselor finale. Astfel, nivelul ridicat de antociani și acid *L*-hidroascorbic s-a dovedit a fi direct asociat cu intensitatea culorii, aciditatea caracteristică și capacitatea de neutralizare a radicalilor liberi, demonstrând relevanța menținerii acestor compuși în procesul de producție.

În paralel cu diminuarea concentrației de acid *L*-hidroascorbic, s-a observat o creștere relevantă a concentrației de antocieni în piureurile din fructe bacifere, conform datelor prezentate în fig. 3.4. Această corelație inversă indică un echilibru dinamic între compușii fenolici, influențat de condițiile procesării termice și interacțiunile biochimice din matricea fructelor.

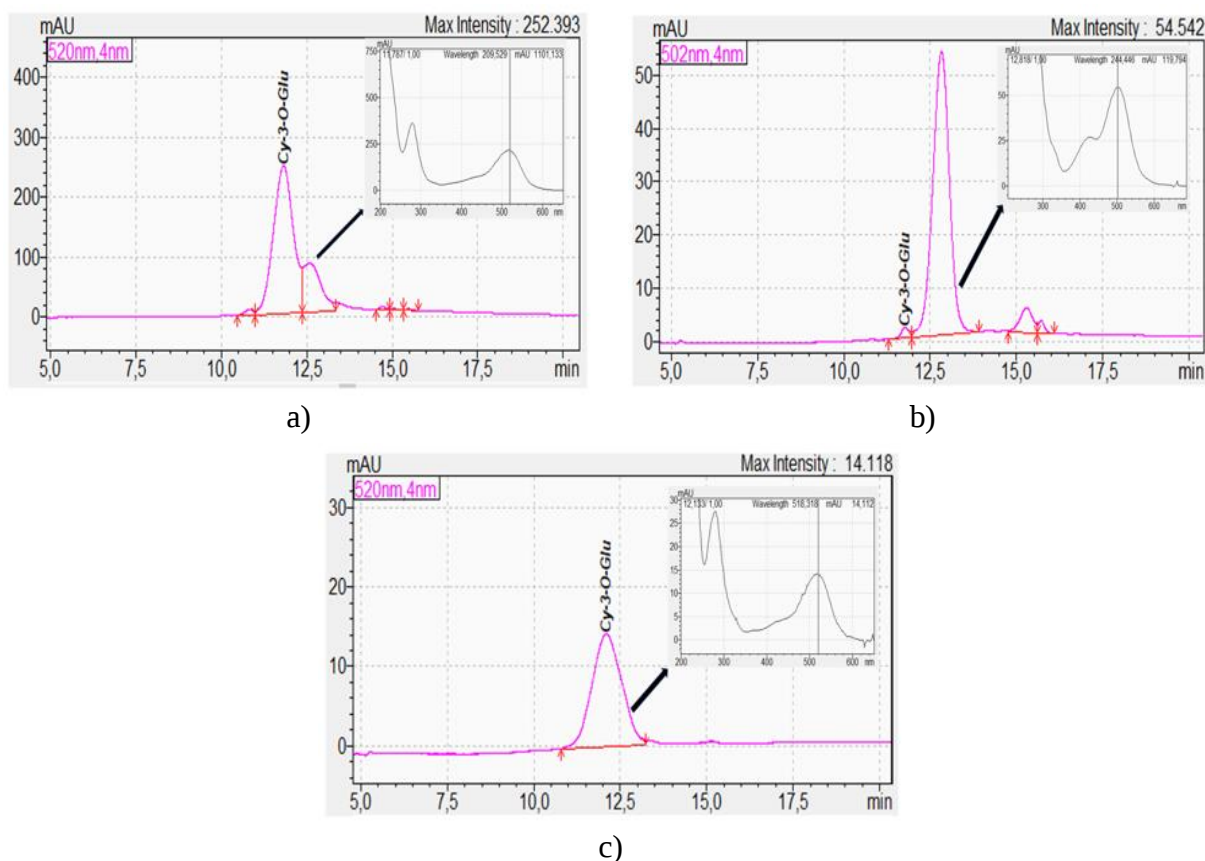


Fig. 3.4 Profilul cromatogramei picului din piureurile de fructe bacifere, R_t
a) piureuri din aronia b) piureuri din căpșună c) piureuri din zmeură

Din punct de vedere structural, degradarea acidului *L*-hidroascorbic în timpul tratamentului termic este bine documentată și implică procese oxidative care conduc la pierderea capacității antioxidante a acidului *L*-hidroascorbic. Pe de altă parte, antocienii, pigmenți flavonoizi solubili în apă, sunt relativ stabili în condiții moderate de procesare termică și pot chiar să fie eliberați în concentrații mai mari datorită degradării pereților celulari și a matricei

polizaharidice. Astfel, eliberarea antocienilor poate fi un efect direct al intensificării extracției în urma rupturii structurale a celulelor. De asemenea, din perspectiva biochimică, acidul *L*-hidroascorbic și antocienii pot interacționa într - un mod complementar în cadrul sistemului antioxidant al fructelor.

Acidul *L*- hidroascorbic poate acționa ca un fortifiant al antocienilor oxidați, reducându-i și contribuind astfel la menținerea intensității culorii și a capacității antioxidante totale. În condiții în care acidul *L*- hidroascorbic se degradează, antocienii pot prelua un rol predominant în neutralizarea radicalilor liberi, ceea ce poate explica creșterea aparentă a concentrațiilor măsurate. Totuși, este important de menționat că stabilitatea antocienilor este influențată de mai mulți factori, cum ar fi pH- ul, temperatura, prezența oxigenului și durata expunerii termice. Astfel, creșterea concentrației de antocieni observată poate fi specifică condițiilor de procesare aplicate în această cercetare, care au permis extragerea și stabilizarea acestor compuși, fără a induce degradări semnificative. Astfel, interdependența dintre acidul *L*- hidroascorbic și antocieni evidențiază necesitatea unei optimizări riguroase a parametrilor tehnologici pentru a conserva echilibrul compușilor bioactivi și pentru a asigura calitatea senzorială și funcțională superioară a piureurilor din fructe bacifere. Această abordare este esențială pentru dezvoltarea unor produse alimentare cu valoare nutrițională ridicată și proprietăți antioxidante eficiente.

Tabelul 3.5 sintetizează rezultatele studiului privind potențialul antioxidant al piureurilor obținute din fructe bacifere, evaluat prin determinarea conținutului de acid *L*- hidroascorbic în condiții variate de tratament termic. Analiza evidențiază impactul regimurilor termice asupra stabilității compușilor bioactivi și oferă informații esențiale pentru optimizarea fluxului tehnologic. Rezultatele obținute indică faptul că tratamentul termic combinat, ce constă în ultrasonificare la 70 ± 1 °C pentru 12 - 16 minute, urmat de sterilizare la 105 °C pentru 135 de secunde, asigură o păstrare superioară a acidului *L*- hidroascorbic în toate probele, comparativ cu regimul în care sterilizarea este extinsă la 290 de secunde. Astfel, concentrația maximă de acid *L*- hidroascorbic a fost înregistrată în probele PC-2 (39,53 mg/100 g) și PZ-2 (18,46 mg/100 g), în timp ce proba PA-2 a prezentat un conținut semnificativ mai redus (7,70 mg/100 g). Analiza comparativă a pierderilor de acid *L*- hidroascorbic evidențiază scăderi diferențiate în funcție de tipul fructului: 21,07 % în piureurile de căpșună, 31,77 % în cele de zmeură și 68,23 % în cele de aronia, ca urmare a prelungirii duratei sterilizării. Această diferență semnificativă subliniază influența matricei alimentare și a compoziției chimice specifice fiecărui tip de fruct asupra stabilității acidului *L*- hidroascorbic în timpul procesării termice.

Tabelul 3.5. Efectul sterilizării asupra potențialului antioxidant și indicatorilor microbiologici ale piureurilor din fructe bacifere obținute prin ultrasonificare

Proba	Ultrasonificare		Sterilizare		Conținut de acid <i>L</i> -hidroascorbic, mg/100 g	Conținut total de antocieni, mg/100 g	Activitate antioxidantă		NTGFAnM, log UFC/g	Drojdii, mucegai, log UFC/g
	t, °C	τ, min	t, °C	τ, s			DPPH, mg TE/100 g	ABTS, mg TE/100 g		
Piureuri din căpșună										
PCUS	70	12	-	-	35,37±0,56	32,03±0,60	6,25±0,13	14,56±0,24	3,60	1,84
PCST	-	-	105	290	33,17±0,52	30,76±0,62	6,17±0,14	14,12±0,25	3,48	1,78
PC-1	70	12	105	90	31,06±0,53	31,80±0,63	6,83±0,15	12,97±0,21	3,43	1,30
PC-2				135	39,53±0,51	37,72±0,60	6,97±0,10	15,21±0,36	3,00	<1
PC-3				290	30,37±0,51	28,21±0,63	5,35±0,05	10,61±0,26	2,48	<1
Piureuri din zmeură										
PZUS	70	12	-	-	15,16±0,52	68,34±0,62	5,68±0,02	10,02±0,14	3,48	1,90
PZST	-	-	105	290	13,24±0,51	66,39±0,63	5,42±0,06	8,69±0,15	3,45	1,84
PZ-1	70	12	105	90	12,98±0,52	67,11±0,66	5,75±0,05	7,52±0,18	3,00	1,30
PZ-2				135	18,46±0,54	71,98±0,65	6,32±0,15	12,32±0,27	2,48	<1
PZ-3				290	10,45±0,53	61,62±0,61	5,31±0,11	4,65±0,04	2,00	<1
Piureuri din aronia										
PAUS	70	12	-	-	5,30±0,52	132,78±0,62	16,89±0,34	32,87±0,67	3,48	1,69
PAST	-	-	105	290	4,80±0,54	125,18±0,63	16,19±0,34	32,19±0,51	3,00	1,60
PA-1	70	12	105	90	4,38±0,58	129,39±0,64	15,25±0,31	31,83±0,65	2,90	<1
PA-2				135	7,70±0,55	150,51±0,64	17,54±0,35	39,72±0,95	2,30	<1
PA-3				290	3,14±0,53	104,59±0,63	10,89±0,22	27,68±0,79	2,00	<1

*Notă: PCUS- piureu din căpșună ultrasonificat, PCST- piureu din căpșună sterilizat, PC-1, PC-2 și PC-3- piureu din căpșună sterilizat timp de 90, 135 și 290 s; PZUS- piureu din zmeură ultrasonificat, PZST- piureu din zmeură sterilizat, PZ-1, PZ-2 și PZ-3- piureu din zmeură sterilizat timp de 90, 135 și 290 s; PAUS- piureu din aronia ultrasonificat, PAST- piureu din aronia sterilizat, PA-1, PA-2 și PA-3- piureu din aronia sterilizat timp de 90, 135 și 290 s; TTU- tratament termic prin ultrasonificare; TTS- tratament termic prin sterilizare. Valorile reprezintă media a trei determinări independente ± abaterea standard, $P \leq 0,05$

Degradarea acidului *L*- hidroascorbic în timpul tratamentului termic poate fi explicată prin mecanisme termodegradative complexe, care includ atât oxidarea, cât și descompunerea termică. Expunerea prelungită la temperaturi ridicate determină ruperea legăturilor chimice din molecula acidului *L*- hidroascorbic, conducând la formarea unor compuși inactivi din punct de vedere antioxidant. În plus, interacțiunea cu oxigenul rezidual prezent în mediul de procesare poate accelera reacțiile oxidative, rezultând pierderi semnificative de potențial antioxidant.

Diferențele între tipurile de piureuri pot fi atribuite caracteristicilor matricei alimentare și interacțiunilor specifice dintre compușii bioactivi și alți constituenți ai fructelor. De exemplu, piureurile de aronia au înregistrat pierderi mult mai mari de acid *L*- hidroascorbic, ceea ce sugerează o susceptibilitate crescută la degradare termică, probabil datorită prezenței unor concentrații mai mari de polifenoli pro - oxidativi sau a unei structuri celulare mai sensibile la procesare. Aceste constatări subliniază importanța optimizării parametrilor de procesare termică pentru conservarea compușilor bioactivi sensibili, în scopul menținerii potențialului antioxidant și a calității nutriționale a produselor obținute din fructe bacifere. În mod particular, implementarea tratamentelor termice combinate, cu durate și temperaturi controlate, alături de tehnologii emergente cum este ultrasonificarea, permite obținerea de piureuri cu conținut ridicat de acid *L*- hidroascorbic, păstrând în același timp caracteristicile senzoriale și funcționale ale fructelor.

Un studiu relevant (Abid et al., 2014) a investigat efectul tratamentului cu ultrasunete asupra calității sucului de mere, concentrându-se inclusiv pe stabilitatea acidului *L*- hidroascorbic în timpul procesării. Rezultatele au arătat că degradarea acidului *L*- hidroascorbic a fost semnificativă la temperaturi ridicate, fiind accelerată de prezența oxigenului rezidual. Tratamentul cu ultrasunete la temperaturi moderate (40 - 60 °C) a contribuit la o micșorare a pierderilor de acid *L*- hidroascorbic, comparativ cu tratamentele termice convenționale, prin favorizarea deaerării mediului lichid și scăderii concentrației de oxigen dizolvat. Diferențele în degradarea acidului *L*- hidroascorbic au fost atribuite matricei sucului, ceea ce susține ideea că variabilitatea compozițională influențează rata reacțiilor de oxidare.

Valoarea maximă a conținutului total de antocieni (CTA), conform tabelului 3.5, a fost observată în proba PA-2, cu 150,51 mg/g SU, urmată de probele PZ-2 (71,98 mg/100 g) și PC-2 (37,72 mg/100 g). Cu toate acestea, prelungirea timpului de sterilizare a determinat o scădere semnificativă a conținutului de antocieni extractibili, valorile minime fiind înregistrate în probele PA-3 (104,59 mg/100 g), PZ-3 (61,62 mg/100 g) și PC-3 (28,21 mg/100 g). Reducerea CTA este atribuită atât mecanismelor termodegradative, cât și unor efecte tehnologice specifice procesului de sterilizare. Termic, antocienii sunt susceptibili la transformări chimice, inclusiv deshidratare și

conversie către forme calconice instabile, care conduc la pierderea culorii și a capacității antioxidante.

Din punct de vedere tehnologic, durata extinsă a sterilizării și temperaturile ridicate pot induce modificări structurale în matricea fructelor, cum ar fi gelificarea pectinelor și denaturarea proteinelor, care influențează accesibilitatea și stabilitatea antocienilor. De asemenea, eliberarea oxigenului în timpul procesului termic poate accelera reacțiile de oxidare enzimatică și neenzimatică, intensificând degradarea compușilor fenolici. Mai mult, procesul de sterilizare poate afecta și alte componente ale matricei alimentare, cum ar fi zaharurile și acizii organici, care pot interacționa cu antocienii prin reacții de Maillard sau brunificare neenzimatică, contribuind la scăderea stabilității și a conținutului acestora. Astfel, scăderea conținutului de antocieni în piureurile din fructe bacifere supuse sterilizării este rezultatul unei combinații între degradarea termică directă a pigmentilor și multiplele efecte tehnologice care alterează structura și compoziția matricei alimentare, influențând în final calitatea senzorială și valoarea nutrițională.

Rezultate asemănătoare s-au observat într-un studiu (Olawuyi et al., 2020), care a demonstrat că tratamentul cu ultrasunete a redus hidroliza antocienilor în piureul de prune (*Prunus domestica*). În contradicție cu tendințele generale de degradare a compușilor fenolici în timpul tratamentelor termice, studiul lui Patras și colaboratorii (2010) a raportat o creștere a conținutului total de antocieni în suc de struguri (*Vitis vinifera*) după aplicarea tratamentului termic. Această creștere a fost atribuită disocierii antocienilor legați de polizaharide sau proteine, ceea ce a facilitat eliberarea în formă liberă, extractibilă, crescând astfel concentrația detectabilă prin metode analitice standard.

Analiza datelor cromatografice, corelată cu valorile obținute ale activității antioxidante (AA_{DPPH} și AA_{ABTS}), susține observațiile privind degradarea compușilor bioactivi în funcție de tratamentul termic aplicat. Conținutul de acid *L*-hidroascorbic și de antocieni identificat prin cromatografie lichidă de înaltă performanță (HPLC) a evidențiat o corelație directă cu activitatea antioxidantă măsurată, confirmând faptul că acești compuși sunt principalii contributory la capacitatea de neutralizare a radicalilor liberi. Probele care au înregistrat cele mai ridicate valori pentru acidul *L*-hidroascorbic și antocieni (PC-2, PZ-2, PA-2) au coincis cu valorile maxime de AA_{DPPH} și AA_{ABTS} , în timp ce sterilizarea prelungită (PC-3, PZ-3, PA-3) a fost asociată cu scăderea semnificativă a acestor indicatori, atât la nivel cantitativ cât și funcțional. Aceste tendințe sugerează că modificările structurale ale antocienilor și degradarea oxidativă a acidului *L*-hidroascorbic sunt procese sinergice care contribuie la pierderea capacității antioxidante. Mai mult, analiza statistică a demonstrat o legătură puternic pozitivă între conținutul de acid *L*-hidroascorbic și AA_{DPPH} ($r > 0,85$, $p < 0,01$), respectiv între conținutul total de antocieni și AA_{ABTS}

($r > 0,90$, $p < 0,01$). Aceste rezultate confirmă ipoteza conform căreia antioxidanții naturali, prezenți în mod nativ în fructele bacifere, pot fi considerați markeri de eficiență pentru evaluarea calității funcționale a produsului finit.

Din perspectivă tehnologică, aceste constatări subliniază importanța controlului rigurozității regimului termic de procesare pentru a minimiza degradarea compușilor bioactivi. Utilizarea tratamentului combinat ultrasonificare-sterilizare, într-un regim optimizat, permite o mai bună conservare a proprietăților antioxidante, reprezentând o alternativă viabilă la metodele clasice de sterilizare aplicate izolat.

Studiul efectuat de cercetători a determinat activitatea antioxidantă variind de la 52,5 la 456,2 mg TE/100 g în extracția diferitelor soiuri de afine (*Vaccinium myrtillus* L.) proaspete folosind testul DPPH (Tsuda et al., 2013). Alt studiu a demonstrat că antocienii și acidul *L*-hidroascorbic nu au reacționat cu radicalul DPPH, dar în contrast cu radicalul ABTS, ceea ce a condus la diferențe semnificative (Alcade et al., 2019).

Rezultatele indicatorilor microbiologici prezentate în tabelul 3.5 evidențiază faptul că numărul total de germeni mezofili aerobi (NTGFAnM) în toate probele analizate de piureuri din fructe bacifere s-a situat sub limita maximă admisibilă pentru acest tip de produse alimentare, respectiv 5 log UFC/g, conform reglementărilor în vigoare. Eficiența tratamentelor termice aplicate a fost influențată atât de factori intrinseci (compoziția matricei alimentare, pH, activitatea apei), cât și de factori extrinseci (temperatura, durata tratamentului), dar și de tipul, și rezistența specifică a microorganismelor prezente. În acest context, s-a constatat că tratamentele termice combinate ce au integrat ultrasonificarea (70 ± 1 °C, timp de 12 min) și sterilizarea la 105 °C au fost cele mai eficiente în reducerea încărcăturii microbiene. Cele mai scăzute valori pentru NTGFAnM s-au înregistrat în cazul tratamentului termic combinat cu o durată de sterilizare extinsă la 290 s. Astfel, proba PC-3 a înregistrat un nivel de contaminare de 2,48 log UFC/g, în timp ce probele PZ-3 și PA-3 au prezentat o valoare minimă de 2,00 log UFC/g. În ceea ce privește prezența drojdiilor și mucegaiurilor, rezultatele nu au indicat depășiri ale pragului microbiologic admis, confirmând eficacitatea tratamentelor aplicate.

Este important de subliniat că tratamentele termice de tip ultrasonificare, sterilizare, precum și combinațiile acestora, au avut un impact diferențiat asupra supraviețuirii microbiene. Cu toate acestea, în mod general, tratamentul termic combinat, în special atunci când sterilizarea a fost aplicată pentru o durată mai lungă (290 s), a demonstrat cel mai ridicat potențial de inactivare microbiologică. Prin urmare, prelungirea duratei de sterilizare de la 135 s la 290 s a condus la o reducere semnificativă și, în unele cazuri, completă a încărcăturii microbiene, asigurând o siguranță microbiologică ridicată a produsului finit.

Astfel, cercetarea care a studiat pasteurizarea sucurilor de prune (*Prunus domestica*) la 90 °C timp de 60 s și ultrasonificarea termică timp de 5, 10, 20 și 30 de min la temperaturi de 40, 50 și 60 °C la o frecvență de ultrasunete de 40 kHz, a constatat o diminuare a microorganismelor evaluate la un nivel nedetectabil. Ultrasonificarea termică la 40 °C a scăzut numărul total de microorganisme de la 3,75 la 1,01 log UFC/mL, iar numărul de drojdii și mucegaiuri- de la 4,17 la 3,64 log UFC/mL. Creșterea temperaturii de tratament cu ultrasunete la 50 și 60 °C permite eliminarea numărului de bacterii la niveluri nedetectabile, în timp ce numărul de drojdii și mucegaiuri la 50 °C scade de la 3,36 la 1,93 log UFC/mL, fără o creștere detectabilă la 60 °C. Inactivarea incompletă a drojdiilor și mucegaiurilor la 40 °C și parțial la 50 °C se datorează formării sporilor rezistenți la aceste condiții de tratament (Oladunjoye et al., 2021).

În același timp, rezultate similare au fost prezentate într-un studiu realizat al sucului de guava (*Psidium guajava*) tratat cu ultrasunete, unde s-a observat că numărul de drojdii și mucegaiuri a constituit 3,5 log UFC/g și 4,7 log UFC/g și a fost mai mic în proba martor, deoarece a prezentat o rezistență mai mare datorită diferențelor în grosimea peretelui celular din fructele de guava (Kalsi et al., 2023). Pe când alt studiu a indicat faptul că, indiferent de metoda de tratare termică pentru piureul din fructe de noni (*Morinda citrifolia* L.), expunerea la ultrasonificare timp de 60 de minute asupra microorganismelor de alterare a fost în interval acceptabil și nu s-au detectat drojdii sau mucegaiuri, în timp ce numărul total de bacterii mezofile aerobe a rămas sub 1,0 log UFC/g, ceea ce a indicat faptul că piureul era de calitate înaltă (Choo et al., 2022).

3.3.3 Efectul tratamentelor termice asupra activității enzimei polifenoloxidaza în piureurile din fructe bacifere

Inactivarea enzimei polifenoloxidază (PFO) în piureurile din fructe bacifere este influențată semnificativ de parametrii tehnologici precum frecvența ultrasunetelor, temperatura (t, °C) și durata de tratament (τ , min), (Silva et al., 2019). Figura 3.5 prezintă comparativ eficiența diferitor regimuri de tratament termic asupra activității PFO în piureurile de aronia, zmeură și căpșună. Analiza datelor relevă că tratamentul termic combinat (ultrasonificare la 70 ± 1 °C și sterilizare la 105 °C timp de 290 s) a fost cel mai eficient în reducerea activității enzimatice, comparativ cu tratamentele aplicate individual (ultrasonificare sau sterilizare). Reducerea activității PFO a fost consistentă în toate probele analizate, indicând o eficiență progresivă odată cu creșterea duratei tratamentului termic. Pentru piureurile din aronia, activitatea PFO a scăzut de la 37,68 u.f. în proba martor PAUS la 25,52 u.f. (PA-1), 14 u.f. (PA-2) și 3,15 u.f. în proba PA-3.

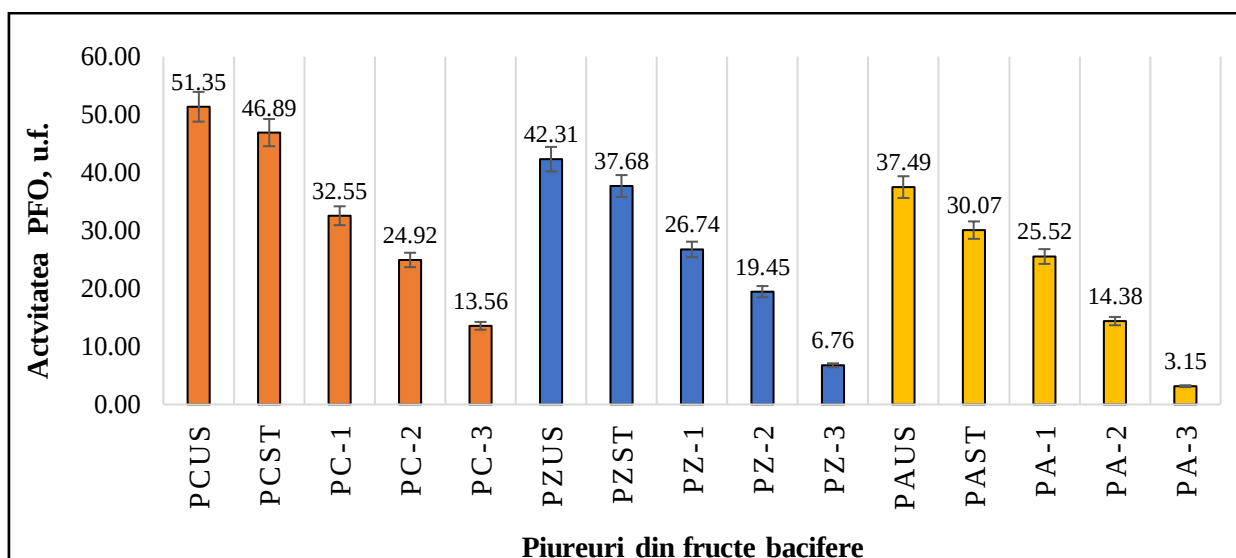


Fig. 3.5 Influența tratamentelor termice asupra activității enzimei PFO în piureurile de fructe bacifere

**Notă: Valorile reprezintă media a trei determinări independente $\pm$ abaterea standard, $P \leq 0,05$*

În mod similar, pentru piureurile de zmeură s-a observat o reducere de la 42, 31 u.f. (PZUS) la 26,74 u.f. (PZ-1), 19,45 u.f. (PZ-2) și 6,76 u.f. (PZ-3). Piureurile de căpșună au prezentat o scădere de la 51,35 u.f. (PCUS) la 32,55 u.f. (PC-1), 24,92 u.f. (PC-2) și 13,56 u.f. (PC-3).

Gradul de inactivare enzimatică a fost estimat la 91,36 % pentru piureurile de aronia, 85,72% pentru cele de zmeură și 79,15 % pentru cele de căpșună, ceea ce demonstrează sensibilitatea crescută a PFO la tratamentele termice combinate aplicate. Pe de altă parte, tratamentul exclusiv prin ultrasonificare la 70 ± 1 °C nu a asigurat un nivel suficient de inactivare, comparativ cu variantele combinate cu sterilizare. Acest fapt poate fi explicat prin mecanismele de denaturare mai eficiente a enzimelor implicate, datorate atât acțiunii directe a temperaturii ridicate, cât și efectelor de cavitație produse de ultrasunete. Aceste procese contribuie la destabilizarea structurilor secundare și terțiare ale PFO și la oxidarea acizilor organici prezenți (acid malic, citric etc.), fapt ce duce la inhibarea semnificativă a activității enzimatice.

Prin urmare, tratamentul termic combinat demonstrează o eficiență ridicată din punct de vedere tehnologic în reducerea activității PFO, fiind o strategie promițătoare pentru conservarea calității funcționale și antioxidante a piureurilor din fructe bacifere.

Cu toate acestea, studiile efectuate asupra activității PFO din trestia de zahăr (*Saccharum officinarum*), (Sreedevi et al., 2019) și fructe de căpșune (*Fragaria xananassa*), (Sulaiman et al., 2015) au aratat că la o temperatură mai scăzută de 68 °C, s-a realizat 80% din activitatea PFO. Acest fapt a demonstrat că fructele pot reacționa la temperatură și timp diferit pentru a obține o activitate înaltă a enzimelor. La fel, studiul realizat a demonstrat că tratamentul termic la 80 - 100

°C a pulpei de pawpaw (*Asimina triloba* L.) este suficient pentru a inactiva activitatea unor enzime, iar tratamentele termice ușoare (60 °C, 30 minute) obțin o activitate de 70 % (Zhang, et al., 2017). Pe de altă parte, în alt studiu s-a indicat că atunci când piureul de afine (*Vaccinium* spp.) a fost tratat termic la diferite temperaturi (40, 50, 60, 70, 80, 90 și 100 ° C) timp de 20 de minute, activitatea enzimei a scăzut odată cu creșterea temperaturii (Zhang et al., 2021).

3.3.4 Indicatori fizico - chimici ai piureurilor din fructe bacifere

Tabelul 3.6 sintetizează efectele tratamentelor termice asupra unor indicatori fizico-chimici esențiali ai piureurilor obținute din fructe bacifere, și anume aciditate titrabilă (AT, %), pH, conținut de substanță uscată (°Brix), conținut de cenușă (%), conținut de proteine (%), conținut de fibre (%) și conținut total de zahăr (g/100g). Rezultatele indică faptul că valorile AT și pH-ului nu au suferit modificări semnificative în urma aplicării tratamentelor termice, indiferent de durata ultrasonificării sau sterilizării ($p < 0,05$). Astfel, piureurile din căpșună au prezentat valori ale AT cuprinse între 0,81 și 0,84%, iar valorile pH au fost între 4,24 și 4,27. Similar, piureurile din zmeură au avut AT între 0,79 și 0,83% și pH între 4,16 și 4,21, în timp ce piureurile din aronia au înregistrat valori de AT între 0,80 și 0,85% și pH între 4,01 și 4,06. Aceste variații minore pot fi atribuite unor reacții chimice subtile care au avut loc în matricea piureurilor, dar și faptului că nivelurile de energie aplicate în timpul ultrasonificării nu au modificat structura macromoleculară la nivel microscopic, astfel menținând stabilitatea acestor parametri. Conținutul de substanță uscată nu a prezentat diferențe semnificative statistic între tratamentele termice ($p > 0,05$), însă s-au observat diferențe între piureurile de fructe din care au fost obținute piureurile. Valoarea maximă a substanței uscate, de 21,6 °Brix, a fost înregistrată în proba PA-2 (aronia), în timp ce celelalte probe au variat între 8,4 °Brix PC-2 (căpșună) și 8,9 °Brix PZ-2, (zmeură). Substanța uscată reflectă în principal concentrația zaharurilor solubile și a altor compuși solubili. Modificările ușoare observate după tratamentele termice pot fi corelate cu efectul ultrasonificării asupra integrității pereților celulari ai țesuturilor fructelor. Prin distrugerea parțială a acestora, permeabilitatea celulară a crescut, facilitând eliberarea apei și a substanțelor solubile în matricea piureului. Conținutul de cenușă, indicator al mineralelor totale din probe, a variat în funcție de condițiile de tratament termic aplicate. Creșterea duratei și temperaturii tratamentului a condus la o scădere a conținutului de apă în piureuri, fapt care a determinat o creștere relativă a procentului de cenușă. De asemenea, conținutul de cenușă a fost influențat de tipul fructului, piureurile din aronia tratate prin ultrasonificare și sterilizare prezentând cele mai ridicate valori, cu o valoare de 0,77% în proba PA-2. Acest aspect sugerează o concentrare mai mare a sărurilor minerale ca urmare a pierderii apei în timpul procesării.

Tabelul 3.6. Efectul ultrasonificării și sterilizării asupra indicatorilor fizico - chimici ai piureurilor din fructe bacifere

Proba	Ultrasonificare		Sterilizare		Aciditate titrabilă, %	pH	Conținut de substanță uscată, °Brix	Conținut de cenușă, %	Conținut de proteine, %	Conținut total de fibre, %	Conținut total de zahăr, g/100g
	t, °C	τ, min	t, °C	τ, s							
Piureuri din căpșună											
PCUS	70	12	-	-	0,81±0,06 * a.m.	4,24±0,01	8,3±0,1	0,64±0,01	0,67±0,02	1,98±0,04	9,71±0,05
PCST	-		105	290	0,80±0,06 * a.m.	4,23±0,02	8,1±0,2	0,63±0,01	0,65±0,02	1,96±0,02	9,67±0,04
PC-1	70	12	105	90	0,82±0,03 * a.m.	4,26±0,02	8,0±0,2	0,65±0,02	0,68±0,01	1,95±0,02	9,69±0,04
PC-2				135	0,84±0,04 * a.m.	4,27±0,01	8,4±0,1	0,68±0,01	0,70±0,02	2,03±0,04	9,74±0,03
PC-3				290	0,82±0,05 * a.m.	4,25±0,01	8,2±0,1	0,66±0,02	0,64±0,01	1,93±0,04	9,65±0,04
Piureuri din zmeură											
PZUS	70	12	-	-	0,80±0,05 ** a.a.	4,19±0,02	8,7±0,2	0,62±0,02	1,21±0,01	7,75±0,02	11,81±0,03
PZST	-		105	290	0,79±0,06 ** a.a.	4,17±0,02	8,6±0,2	0,60±0,01	1,18±0,01	7,71±0,02	11,77±0,04
PZ-1	70	12	105	90	0,82±0,02 ** a.a.	4,16±0,01	8,8±0,1	0,63±0,01	1,22±0,02	7,73±0,04	11,76±0,04
PZ-2				135	0,83±0,04 ** a.a.	4,21±0,02	8,9±0,1	0,66±0,02	1,25±0,02	7,78±0,04	11,90±0,04
PZ-3				290	0,81±0,07 ** a.a.	4,20±0,01	8,5±0,2	0,64±0,02	1,23±0,01	7,69±0,02	11,74±0,05
Piureuri din aronia											
PAUS	70	12	-	-	0,82±0,05 * a.m.	4,04±0,02	21,4±0,2	0,73±0,01	4,08±0,02	1,46±0,04	6,94±0,04
PAST	-		105	290	0,80±0,04 * a.m.	4,02±0,01	21,2±0,1	0,72±0,02	4,06±0,01	1,42±0,02	6,90±0,03
PA-1	70	12	105	90	0,82±0,05 * a.m.	4,01±0,01	21,1±0,2	0,74±0,01	4,05±0,01	1,40±0,02	6,93±0,04
PA-2				135	0,85±0,07 * a.m.	4,06±0,02	21,6±0,1	0,77±0,02	4,11±0,01	1,50±0,04	6,98±0,05
PA-3				290	0,83±0,03 * a.m.	4,03±0,01	21,0±0,1	0,75±0,01	4,04±0,02	1,39±0,02	6,75±0,04

*Notă: PCUS- piureu din căpșună ultrasonificat, PCST- piureu din căpșună sterilizat, PC-1, PC-2 și PC-3- piureu din căpșună sterilizat timp de 90, 135 și 290 s; PZUS- piureu din zmeură ultrasonificat, PZST- piureu din zmeură sterilizat, PZ-1, PZ-2 și PZ-3- piureu din zmeură sterilizat timp de 90, 135 și 290 s; PAUS- piureu din aronia ultrasonificat, PAST- piureu din aronia sterilizat, PA-1, PA-2 și PA-3- piureu din aronia sterilizat timp de 90, 135 și 290 s; TTU- tratament termic prin ultrasonificare; TTS- tratament termic prin sterilizare. * a.m.- acid malic, ** a.a.- acid ascorbic

Valorile reprezintă media a trei determinări independente ± abaterea standard, $P \leq 0,05$

Conținutul de proteine a prezentat diferențe semnificative între probe, cele mai ridicate valori fiind înregistrate în piureurile din aronia (4,11% în proba PA-2), urmate de zmeură (1,25% în proba PZ-2) și căpșună (0,70% în proba PC-2). Aceste diferențe reflectă compoziția intrinsecă a fiecărui fruct, precum și posibile modificări induse de procesarea termică care pot influența stabilitatea și solubilitatea proteinelor din piureuri.

Conținutul de fibre din piureurile din fructe bacifere a prezentat variații în funcție de specia fructului și tratamentul termic aplicat. Valorile maxime ale fibrelor au fost înregistrate în proba PZ-2 (zmeură) - 7,78 %, în timp ce probele din căpșună și aronia au înregistrat conținuturi mai reduse. Această diferență poate fi explicată prin structura specifică a țesutului fructelor, respectiv conținutul diferit de celuloză, hemiceluloză și pectină. Tratamentele termice aplicate, în special ultrasonificarea, au influențat subtil integritatea fibrelor, determinând o fragmentare parțială a componentelor structurale, ceea ce poate afecta atât valoarea nutritivă, cât și proprietățile tehnologice ale piureurilor. Totuși, modificările nu au fost semnificative statistic, indicând o bună stabilitate a fibrelor în condițiile procesării.

În ceea ce privește conținutul total de zahăr, acesta a fost influențat atât de tipul fructului, cât și de condițiile de tratament termic. Piureurile din zmeură (PZ-2 - 11,90 %) au prezentat valorile cele mai ridicate ale zaharurilor totale, urmate de cele din căpșună și aronia. Ultrasonificarea a facilitat eliberarea zaharurilor solubile prin distrugerea pereților celulari, ceea ce poate conduce la creșterea concentrației de zaharuri detectate în probe. Pe de altă parte, sterilizarea prelungită a indus degradarea parțială a unor compuși zaharoși, explicând scăderile observate în conținutul de zahăr total pentru tratamentele cu durate mai mari. Astfel, echilibrul dintre eliberarea zaharurilor și degradarea termică este un factor critic care influențează compoziția finală a piureurilor. Aceste rezultate indică faptul că, în detrimentul unor modificări minore induse de procesare, indicatorii fizico - chimici ai piureurilor din fructe bacifere rămân în mare parte stabili, ceea ce subliniază potențialul tehnologic și nutrițional al acestora pentru aplicații în industria alimentară.

Analiza datelor prezentate în tabelul 3.6 evidențiază faptul că nici tratamentele individuale de ultrasonificare, nici cele combinate cu sterilizarea nu au produs modificări semnificative din punct de vedere statistic asupra parametrilor fizico - chimici ai piureurilor obținute din fructe bacifere ($p > 0,05$). Această constatare indică faptul că procedurile aplicate au un impact minim asupra compoziției chimice și caracteristicilor fizice ale piureurilor din fructe bacifere analizate.

Rezultate similare, au fost obținute de Nistor și colaboratorii (2015) care au studiat piureul de mere (*Malus domestica*) conservat prin ultrasonificare, iar indicatorii fizico - chimici au prezentat următoarele valori: AT - 1,65 %, pH - 4,62, conținut de cenușă - 0,73 %, conținut de substanță uscată - 9,5 °Brix, conținut total de fibre - 2,1 %, conținut total de zahăr - 6,1%. La fel,

alt studiu a demonstrat că piureurile din mere (*Malus domestica*), pere (*Pyrus comunis*) și căpșune (*Fragaria xananassa*) conservate prin ultrasonificare au prezentat astfel de valori: AT - 1,31 %, pH - 4,35, conținut de cenușă - 0,79%, conținut de substanță uscată - 9,1 °Brix, conținut total de fibre - 1,7%, conținut total de zahăr - 6,4% (Sulaiman et al., 2015). Totodată, alt studiu a comparat indicatorii de calitate ai piureului de mango (*Mangifera indica* L.) ultrasonificat ($\tau= 15, 30$ și 60 de min, $t= 25$ °C) și pasteurizat (90 °C, $\tau=30$ și 60 s) și nu a prezentat modificări semnificative ale pH-ului, conținutului de substanță uscată sau acidității titrabile (Santhirasegaram et. al., 2013).

3.4 Influența duratei de păstrare asupra indicatorilor de calitate ai piureurilor din fructe bacifere

3.4.1 Caracteristici senzoriale ale piureurilor din fructe bacifere la păstrare

Tratamentul termic aplicat piureurilor din fructe bacifere influențează în mod semnificativ calitatea produsului finit, în special prin modificarea proprietăților senzoriale. Deși asigurarea siguranței microbiologice rămâne un obiectiv prioritar în procesare, menținerea caracteristicilor organoleptice - gust, miros, textură și aspect vizual - este esențială pentru acceptabilitatea produsului de către consumator. Evaluarea senzorială efectuată pe durata de păstrare, ilustrată în fig. 3.6 (a, b, c), evidențiază diferențele între piureurile din căpșună, zmeură și aronia. Piureurile de căpșună au înregistrat cele mai ridicate scoruri de acceptabilitate pe toată durata păstrării. Gustul dulce, plăcut, cu o aciditate redusă comparativ cu celelalte probe, a fost un factor cheie în menținerea preferinței consumatorilor. Textura cremoasă și mai puțin fibroasă, împreună cu un miros dulce și un aspect uniform, au contribuit la stabilitatea senzorială superioară a acestui tip de piure. Această stabilitate poate fi explicată prin compoziția specifică a căpșunii, care conține un echilibru optim între zaharuri solubile și acizi organici, precum și o structură tisulară mai ușor degradabilă, care răspunde bine tratamentului termic. Piureurile din zmeură au păstrat caracteristici senzoriale bune, dar cu o ușoară scădere a scorurilor în timp, variind între 4,8 și 4,3 puncte. Culoarea roșu - pal distinctă a acestor piureuri reflectă compoziția pigmentară diferită față de căpșună și aronia. Gustul dulce - acrișor și aroma specifică, combinate cu prezența semințelor, au influențat percepția generală, producând un postgust mai pronunțat și o textură ușor granuloasă.

Aceste caracteristici senzoriale pot fi asociate cu conținutul mai ridicat de acizi organici și fibre insolubile din zmeură, care influențează atât gustul, cât și senzația tactilă. Piureurile din aronia au fost cele mai puțin apreciate în termeni de gust, cu scoruri între 4,7 și 4,2 puncte, manifestând o astringență pronunțată datorată conținutului ridicat de taninuri. Gustul mai puțin dulce și postgustul sec sunt caracteristici tipice pentru aronia, ce pot afecta acceptabilitatea produsului.

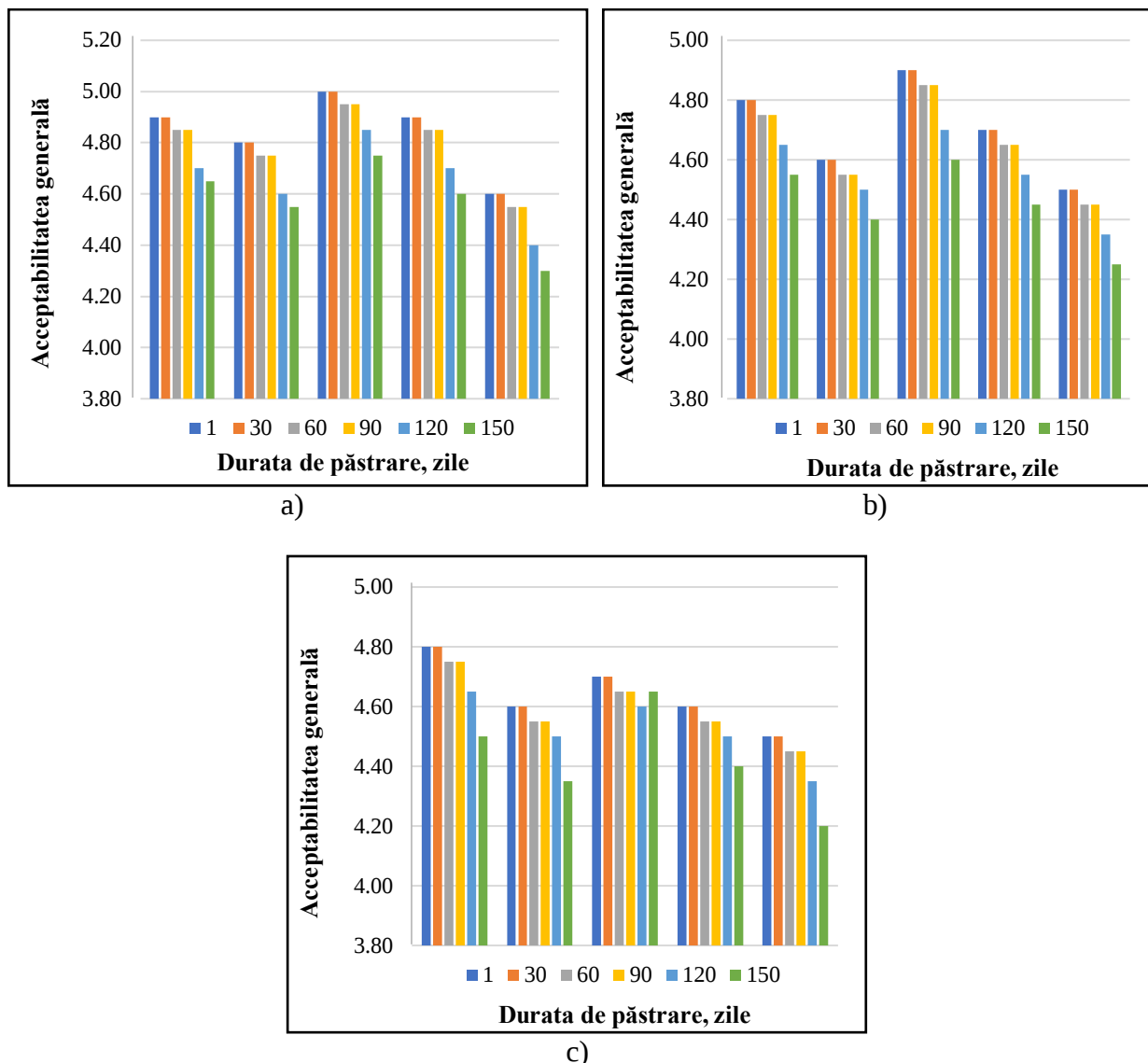
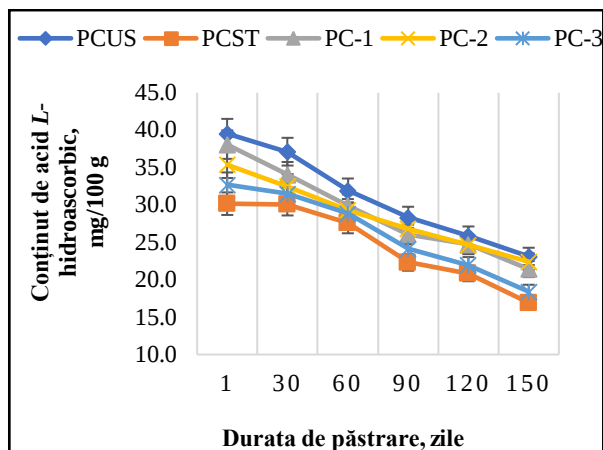


Fig. 3.6 Acceptabilitatea generală a piureurilor din fructe bacifere în timpul păstrării
a) piureuri din căpșună, b) piureuri din zmeură, c) piureuri din aronia

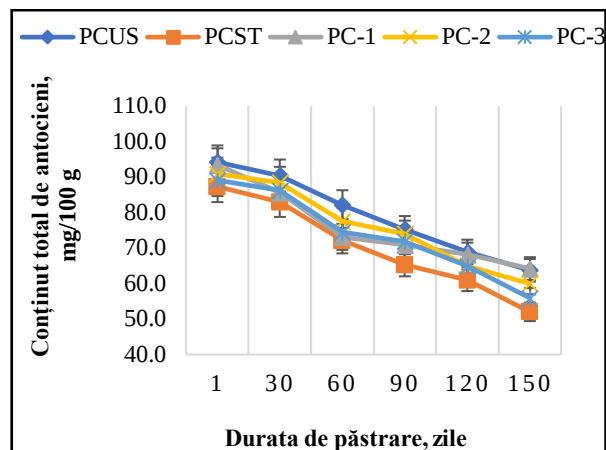
Totodată, culoarea violet intensă a piureului de aronia indică o concentrație mare de antocieni, compuși bioactivi care, deși benefici pentru sănătate, pot contribui la astringență. Acești factori explică evaluările senzoriale mai scăzute comparativ cu piureurile din căpșună și zmeură. Astfel, diferențele în evoluția caracteristicilor senzoriale pe durata păstrării sunt direct influențate de compoziția chimică specifică a fiecărui fruct, precum și de modul în care structura și compușii bioactivi răspund la tratamentele termice și la condițiile de depozitare.

3.4.2 Valoarea biologică a piureurilor din fructe bacifere la păstrare

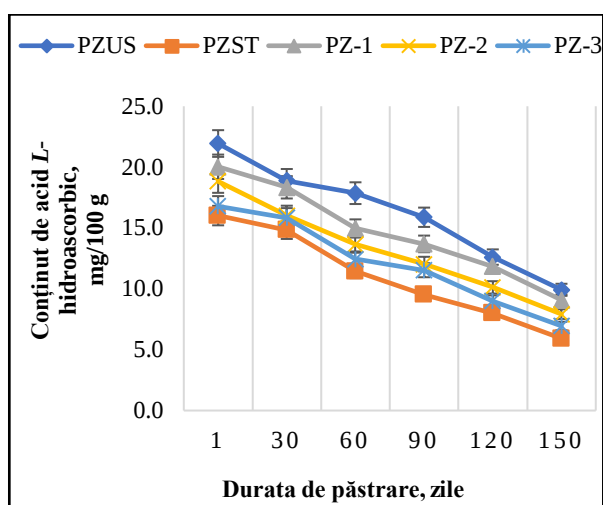
Conținutul de acid *L*- hidroascorbic, prezentat în fig. 3.7 (a, b, c), reflectă impactul tratamentelor termice asupra valorii biologice a piureurilor din fructe bacifere pe o perioadă de depozitare de 150 de zile.



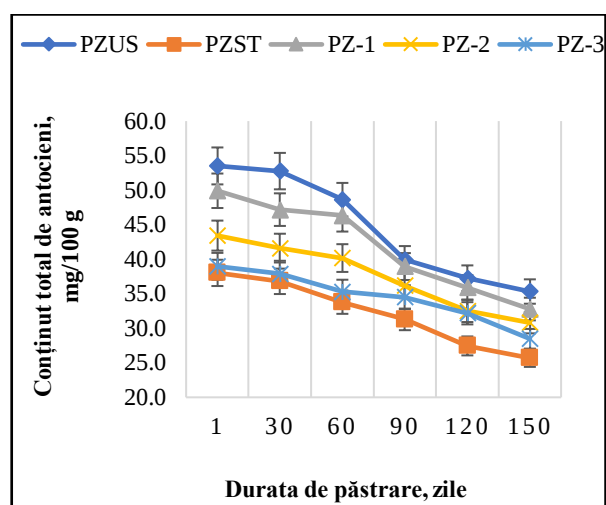
a)



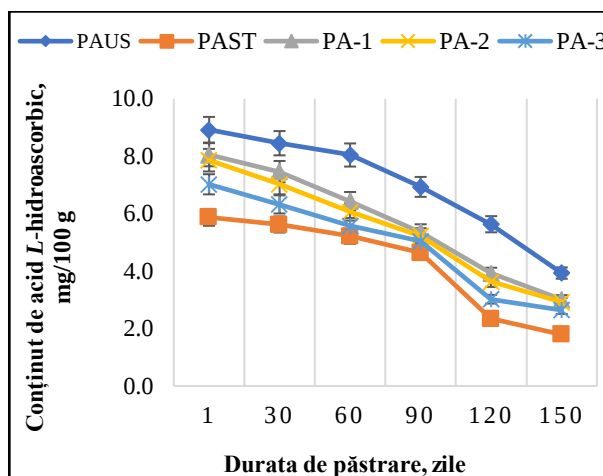
a)



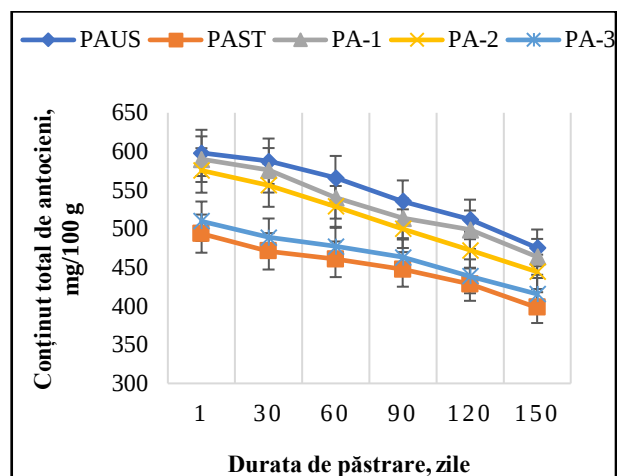
b)



b)



c)



c)

Fig. 3.7 Evoluția conținutului de acid L-hidroascorbic a piureurilor din fructe bacifere la păstrare

a) piureuri din căpșună b) piureuri din zmeură c) piureuri din aronia

Fig. 3.8 Evoluția conținutului total de antocieni a piureurilor din fructe bacifere la păstrare

a) piureuri din căpșună b) piureuri din zmeură c) piureuri din aronia

Datele indică o diminuare semnificativă a acidului *L*- hidroascorbic, cu variații între tipurile de piureuri și metodele de tratament aplicate. Piureurile din aronia au manifestat cea mai accentuată scădere a acidului *L*- hidroascorbic. De exemplu, sterilizarea termică a determinat o reducere de 69,50%, de la 5,87 mg/100 g la prima zi până la 1,39 mg/100 g după 150 zile (proba PAST). Ultrasonificarea a condus la o diminuare de 55,94%, iar tratamentele combinate au prezentat reduceri cuprinse între 62,60% și 64,41%, în funcție de durata tratamentului. Acest comportament poate fi atribuit sensibilității ridicate a acidului *L*-hidroascorbic la temperaturi înalte și la condițiile oxidative generate atât de sterilizare, cât și de ultrasonificare.

În cazul piureurilor din zmeură, s-a observat o tendință similară, cu scăderi considerabile ale acidului *L*- hidroascorbic. Sterilizarea termică a produs o diminuare de 63,04%, în timp ce ultrasonificarea a redus conținutul cu 55,94%. Tratamentele combinate au determinat o scădere între 55,66% și 57,14%, corelată cu durata procesului. Din punct de vedere chimic, această reducere este explicabilă prin degradarea termică și oxidativă a acidului *L*- hidroascorbic, amplificată de expunerea la radicali liberi generați în timpul ultrasonificării, care pot accelera reacțiile de oxidare.

Piureurile din căpșună au evidențiat o scădere a acidului *L*-hidroascorbic cu o rată mai redusă comparativ cu celelalte fructe. Sterilizarea a diminuat conținutul cu 43,88%, iar ultrasonificarea cu 41,51%. Tratamentele combinate au condus la reduceri de aproximativ 44,72% până la 46,71%, în funcție de durata aplicată. Această rezistență relativ mai mare poate fi atribuită compoziției chimice distincte a căpșunii, care conține cantități superioare de antioxidanți și compuși protectori ce pot limita degradarea acidului *L*- hidroascorbic.

Analiza CTA, reflectată în fig. 3.8 (a, b, c) relevă că piureurile din căpșună au înregistrat cele mai semnificative pierderi, cu o scădere de 40,42% în cazul sterilizării și 31,25% în cazul ultrasonificării. Tratamentul termic combinat a determinat diminuări de până la 37,25%. În contrast, piureurile din aronia au păstrat cea mai mare parte a CTA, cu pierderi minime (sub 23%), ceea ce poate fi explicat prin conținutul ridicat de compuși fenolici stabili, cum ar fi taninii și antocianii, care contribuie la rezistența antioxidantă în timpul depozitării. Aceste evoluții sunt determinate de factori chimici și fizici complexi: degradarea acidului *L*- hidroascorbic este accelerată de oxidare, care generează peroxid de hidrogen și alte specii reactive ce descompun antioxidanții (Sulaiman et al., 2015; Aguilar et al., 2017). De asemenea, timpul de expunere la tratamente termice exercită un impact mai pronunțat decât temperatura în sine, prin favorizarea proceselor oxidative și de polimerizare a compușilor fenolici, care conduc la scăderea activității antioxidante. Astfel, datele obținute susțin ipoteza conform căreia degradarea substanțelor bioactive din piureurile de fructe bacifere este un proces complex influențat atât de tipul fructului,

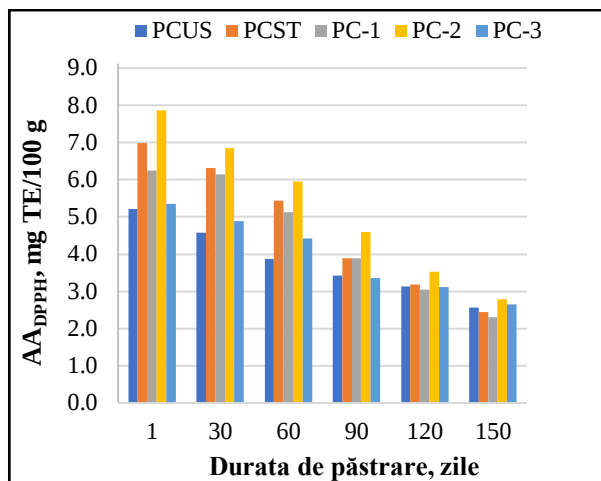
cât și de tehnologia de procesare și durata depozitării. Pentru menținerea potențialului antioxidant, este esențială optimizarea parametrilor de procesare termică, în special prin reducerea timpului de sterilizare și utilizarea tehnologiilor complementare, precum ultrasonificarea, care poate proteja parțial compușii sensibili.

Modificările compușilor biologic activi descrise mai sus sunt în concordanță cu efectele tratamentului cu ultrasunete asupra piureului de spanac (*Spinacia oleracea* L.), (Manzoor et al., 2021). De exemplu, conținutul total de antocieni a scăzut după tratamentul cu ultrasunete și în piureul de căpșuni (*Fragaria xananassa*), (Xu et al., 2023). Studiul realizat (Margean et al., 2020) a demonstrat efectul pasteurizării (80 °C, timp de 2 min) și al tratamentului cu ultrasunete asupra calității sucului de struguri roșii (*Vitis vinifera* L.), iar rezultatele au aratat că probele supuse pasteurizării și ultrasonificării timp de 10 min au același conținut total de antocieni, dar conținut mai mic de acid *L*- hidroascorbic în comparație cu sucul pasteurizat. Pe când studiul efectuat a descris tratamentele termice ale sucului de goji (*Lycium barbarum* L.) prin ultrasonificare și sterilizare, iar parametrii optimi de procesare au reprezentat timpul de omogenizare de 2 min, timpul de ultrasonificare de 3 min, temperatura de sterilizare de 102 °C și durata de sterilizare de 85 s (Meng et al., 2024).

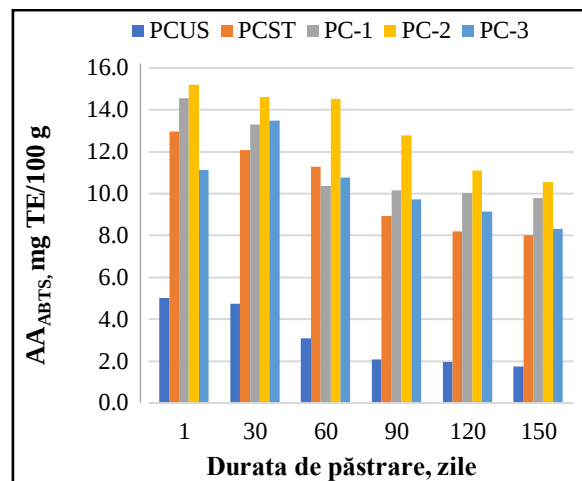
3.4.3 Activitatea antioxidantă a piureurilor din fructe bacifere la păstrare

Prezența antocienilor și a acidului *L*- hidroascorbic în concentrații ridicate este fundamentală pentru activitatea antioxidantă observată în piureurile din fructe bacifere. Acești compuși bioactivi sunt recunoscuți pentru capacitatea lor de a neutraliza radicalii liberi, contribuind astfel la protejarea celulelor împotriva stresului oxidativ. Rezultatele prezentate în fig. 3.9 (a, b, c, a', b', c') evidențiază faptul că piureurile supuse tratamentului de sterilizare au manifestat o activitate antioxidantă mai ridicată prin DPPH- 54,58%, comparativ cu cele obținute prin ultrasonificare (46,89%). Pe parcursul perioadei de păstrare de 150 de zile, s-a constatat o scădere semnificativă a activității antioxidante (AA_{DPPH}), tendință observată și la conținutul de acid *L*- hidroascorbic (fig. 3.7) și CTA (fig. 3.8). Această tendință indică faptul că pierderea substanțelor antioxidante active conduce inevitabil la diminuarea activității antioxidante a piureurilor din fructe bacifere.

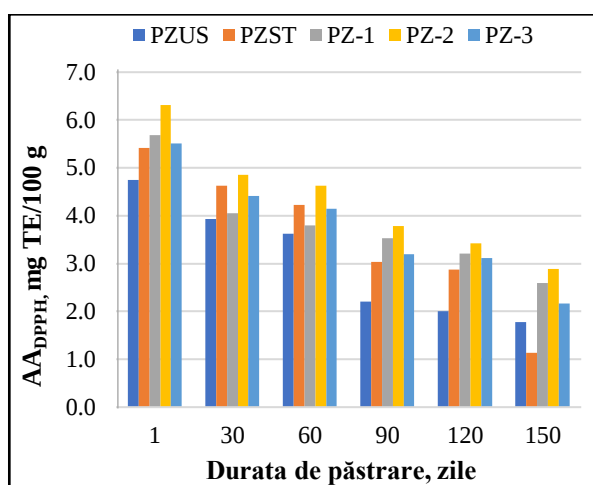
În mod particular, piureurile din aronia au demonstrat cea mai redusă rată de diminuare a AA_{DPPH} , fapt explicabil prin concentrațiile ridicate inițiale de antocieni și acid *L*- hidroascorbic care asigură o rezistență mai mare la degradare. De exemplu, în proba PAST, tratamentul termic prin sterilizare a condus la o scădere de doar 48,36% ai AA_{DPPH} , în timp ce ultrasonificarea a determinat o scădere de 43,34%.



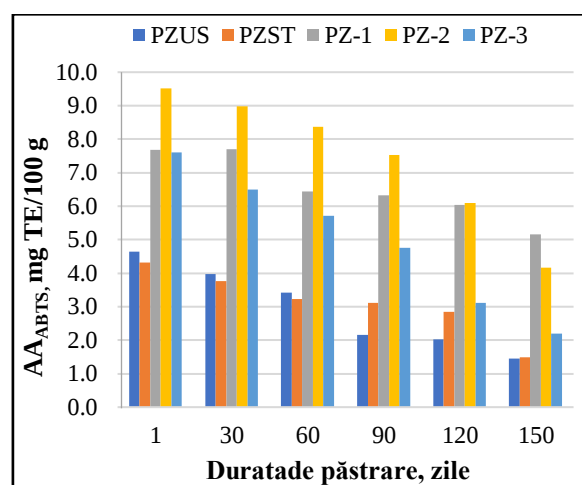
a)



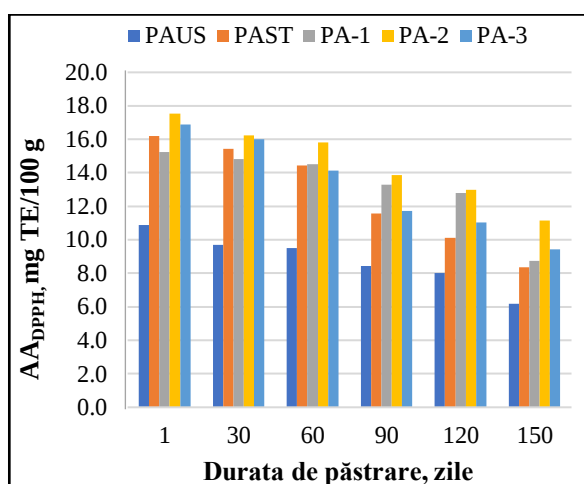
a')



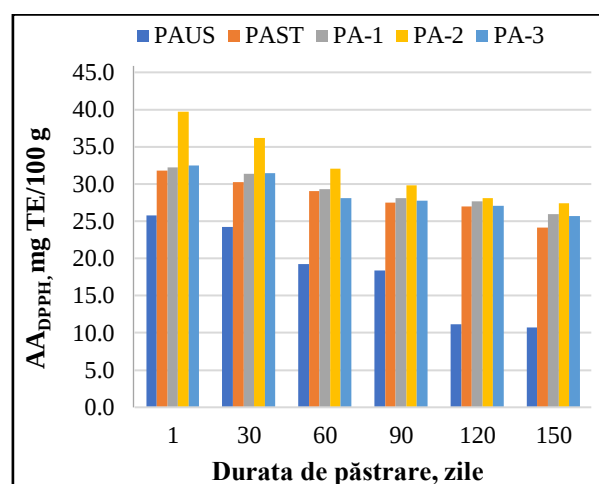
b)



b')



c)



c')

Fig. 3.9 Evoluția activității antioxidante DPPH (a, b, c) și ABTS (a', b', c') în piureurile din fructe bacifere în timpul păstrării
a) piureuri din căpșună b) piureuri din zmeură c) piureuri din aronia

Această rezistență mai mare poate fi atribuită stabilității relativ ridicate a antocienilor din aronia și a interacțiunilor sinergice dintre compușii bioactivi care încetinesc degradarea oxidativă.

Piureurile din zmeură au prezentat o tendință similară de diminuare, deși cu o rată de scădere ușor mai accentuată, în special după tratamentul termic prin sterilizare, ceea ce sugerează o sensibilitate mai mare a compușilor antioxidativi din zmeură la condițiile de procesare și depozitare. În mod comparativ, piureurile din căpșună au înregistrat cea mai mare rată de diminuare ai AA_{DPPH} , până la 64,89% după sterilizare, ceea ce reflectă o stabilitate mai redusă a compușilor antocienici și a acidului *L*-hidroascorbic în aceste piureuri din fructe bacifere. Aceste diferențe evidențiază importanța naturii și concentrației compușilor bioactivi specifici fiecărui tip de piureu.

De asemenea, analiza activității antioxidante prin metoda ABTS (AA_{ABTS}) a confirmat tendințele observate anterior prin testul DPPH, însă valorile obținute au fost în mod constant mai ridicate. Această diferență poate fi explicată prin sensibilitatea diferențiată a celor două metode față de diverși antioxidanți prezenți în piureurile de fructe bacifere. Metoda ABTS permite cuantificarea unui spectru mai larg de antioxidanți, inclusiv atât compuși hidrosolubili, precum acidul *L*-hidroascorbic și polifenolii solubili în apă, cât și antioxidanți liposolubili, cum ar fi carotenoidele, care nu sunt detectați eficient prin metoda DPPH. Astfel, activitatea antioxidantă măsurată prin ABTS a fost cu aproximativ 12,45 % mai mare decât cea determinată prin DPPH, evidențiind importanța alegerii metodei de evaluare în funcție de profilul biochimic al probei. Diminuarea progresivă a AA_{ABTS} în timpul păstrării piureurilor este direct corelată cu degradarea compușilor bioactivi, în special a acidului *L*-hidroascorbic și a polifenolilor, proces accelerat de durata și intensitatea tratamentului termic combinat. Această degradare implică atât procese oxidative, cât și descompuneri termice, ceea ce conduce la pierderea capacității antioxidante. Cu toate acestea, rezultatele obținute indică faptul că, în ciuda unor pierderi cantitative, piureurile din fructe bacifere păstrează o activitate antioxidantă semnificativă pe întreaga perioadă de păstrare.

Aceste constatări sunt în acord cu literatura de specialitate, iar studii similare (Rajurkar et al., 2011) au demonstrat diferențe între valorile activității antioxidante determinate prin ABTS și DPPH, evidențiind, de asemenea, superioritatea metodei ABTS în cuantificarea capacității antioxidante a produselor alimentare. Studiul efectuat (Mukhopadhyay et al., 2017) a investigat și evaluat efectele tratamentelor termice (300 - 400 - 500 MPa, 5 min) la temperaturi diferite (8 și 15 °C) asupra piureului de pepene galben (*Cucumis melo*) pe parcursul a 10 zile de păstrare, unde AA a prezentat valori de 5,6 mg TE/100 g și s-a constatat că nu au existat diferențe între probele conservate în diferite intervale de timp și temperatură. În același timp un alt studiu (Shen et al., 2021) a demonstrat că tratamentul termic prin ultrasonificare poate fi utilizat ca alternativă la

pasteurizarea piureul din jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.), iar odată cu creșterea temperaturii și timpului, activitatea antioxidantă scade în timpul păstrării de la 67,38 % până la 50,21 %.

3.4.4 Indicatori microbiologici ai piureurilor din fructe bacifere la păstrare

Fructele bacifere sunt recunoscute pentru conținutul lor ridicat în glucide simple, acizi organici, vitamine și compuși bioactivi. Aceste caracteristici nutriționale, deși benefice pentru consumul uman, oferă un substrat excelent pentru dezvoltarea microorganismelor. De asemenea, activitatea ridicată a apei ($a_w > 0,95$) favorizează creșterea rapidă a bacteriilor, drojdiilor și mucegaiurilor, chiar și în condiții de refrigerare. Din acest motiv, piureurile din astfel de fructe au o durată de valabilitate scurtă în lipsa unor tratamente de conservare eficiente.

Evaluarea impactului tratamentelor termice aplicate asupra indicatorilor microbiologici ai piureurilor de fructe bacifere, pe o perioadă de 150 de zile de păstrare, evidențiază rolul esențial al procesării în asigurarea stabilității microbiologice (tabelul 3.7). Tratamentul termic aplicat prin sterilizare pentru 90, 135 și 290 s a avut un efect comparabil în reducerea inițială a numărului total de germeni facultativ anaerobi mezofili (NTGFAnM), drojdiilor și mucegaiurilor, în 1-a zi de păstrare.

În contrast, piureurile din fructe bacifere conservate doar prin ultrasonificare (PCUS, PZUS, PAUS) au prezentat valori mai ridicate ale populațiilor microbiene, ceea ce indică o eficiență mai scăzută a acestei metode în controlul microbiotei de alterare.

De exemplu, combinarea ultrasonificării cu sterilizarea (proba PC-2) a dus la o reducere bacteriană de aproximativ 3 log UFC/g, în timp ce ultrasonificarea a asigurat o inactivare mai mare, în jur de 4 log UFC/g, în anumite probe (PZUS și PAUS). Această diferență poate fi explicată prin efectele sinergice dintre tratamentele combinate, care favorizează în mod eficient distrugerea microorganismelor prin mecanisme multiple, inclusiv denaturarea proteinelor, inactivarea enzimelor metabolice și deteriorarea structurii celulare, conform observațiilor lui Abid et al. (2014). Pe durata păstrării în condiții cu oxigen limitat (borcane cu capace twist-off), atât probele ultrasonificate, cât și cele supuse tratamentului combinat au prezentat o scădere a numărului de microorganisme, drojdii și mucegaiuri, menținându-se sub pragurile critice de contaminare microbiană. La finalul perioadei de păstrare (150 zile), tratamentele termice combinate au menținut un nivel redus al NTGFAnM, cu diminuări sub 2 log UFC/g față de valorile inițiale, în timp ce drojdiile și mucegaiurile au rămas sub limita de detectare, ceea ce indică o stabilitate microbiologică satisfăcătoare. Piureurile din fructe bacifere conservate doar prin ultrasonificare nu au prezentat modificări semnificative pe parcursul păstrării, ceea ce subliniază limitările acestei metode în asigurarea unei siguranțe microbiologice pe termen mai îndelungat.

Tabelul 3.7. Indicatori microbiologici ai piureurilor din fructe bacifere în timpul păstrării

Proba	Ultrasonificare		Sterilizare		NTGFAnM, log UFC/g						Drojii, mucegai, log UFC/g					
					Timpul de păstrare, zile											
	t, °C	τ, min	t, °C	τ, s	1	30	60	90	120	150	1	30	60	90	120	150
Piureuri din căpșună																
PCUS	70	12	-	-	3,60	3,95	3,95	4,00	4,00	4,30	1,84	1,90	1,90	1,95	2,90	2,95
PCST	-		105	290	3,48	3,30	3,00	3,00	2,78	2,48	1,78	1,60	1,48	1,30	1,30	1,30
PC-1	70	12	105	90	3,46	3,00	2,69	2,60	2,60	2,60	1,30	1,30	1,00	1,00	1,00	1,00
PC-2				135	3,00	2,48	1,69	1,60	1,30	1,30	<1	<1	<1	<1	<1	<1
PC-3				290	2,48	2,00	1,60	1,48	1,30	1,30	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Piureuri din zmeură																
PZUS	70	12	-	-	3,45	3,60	3,60	3,95	4,00	4,30	1,90	2,00	2,30	2,30	2,90	3,00
PZST	-		105	290	3,44	3,30	2,95	2,84	2,84	2,60	1,84	1,60	1,60	1,30	1,00	1,00
PZ-1	70	12	105	90	3,00	2,30	2,00	1,48	1,30	1,30	1,30	1,30	1,00	1,00	1,30	1,00
PZ-2				135	2,47	2,30	1,69	1,30	1,30	1,00	<1	<1	<1	<1	<1	<1
PZ-3				290	2,00	1,69	1,48	1,00	1,00	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Piureuri din aronia																
PAUS	70	12	-	-	3,48	3,47	3,60	3,95	3,95	4,00	1,69	1,84	2,00	2,00	2,48	3,00
PAST	-		105	290	3,30	2,90	2,78	2,30	2,30	2,00	1,60	1,30	1,30	1,00	1,00	1,00
PA-1	70	12	105	90	2,90	2,69	2,30	1,90	1,30	<1	<1	1,00	1,00	1,00	<1	<1
PA-2				135	2,30	1,90	1,30	1,00	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
PA-3				290	2,00	1,48	1,00	1,00	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1

*Notă: PCUS- piureu din căpșună ultrasonificat, PCST- piureu din căpșună sterilizat, PC-1, PC-2 și PC-3- piureu din căpșună sterilizat timp de 90, 135 și 290 s; PZUS- piureu din zmeură ultrasonificat, PZST- piureu din zmeură sterilizat, PZ-1, PZ-2 și PZ-3- piureu din zmeură sterilizat timp de 90, 135 și 290 s; PAUS- piureu din aronia ultrasonificat, PAST- piureu din aronia sterilizat, PA-1, PA-2 și PA-3- piureu din aronia sterilizat timp de 90, 135 și 290 s;

Valorile reprezintă media a trei determinări independente ± abaterea standard, $P \leq 0,05$

De asemenea, microbiota reziduală a fost menținută în limitele normelor sanitare, cu un număr de microorganisme sub 1 log UFC/g, considerat acceptabil pentru siguranța alimentară și stabilitatea piureurilor din fructe bacifere pe durata păstrării. Testele au confirmat absența creșterii microbiene în condiții anaerobe, ceea ce indică faptul că tratamentele termice combinate sunt recomandate pentru menținerea calității microbiologice. În plus, microbiota patogenă, inclusiv bacteriile non-sporulate periculoase precum *Escherichia coli*, *Salmonella* sau *Staphylococcus*, nu a fost detectate în piureurile din fructe bacifere.

Rezultate similare au fost observate într- un studiu despre modificările numărului de microorganisme de alterare care au demonstrat că sucurile de guava (*Psidium guajava*) la 40 și 50 °C inactivarea completă a microorganismelor, drojdiilor și mucegaiurilor a fost realizabilă odată cu creșterea regimurilor de tratament termic (Kalsi et al., 2023). Totodată, alt studiu a constatat o diminuare a microorganismelor în timpul păstrării la 4 °C în probele de suc de morcovi (*Daucus carota subsp. sativus*) conservate cu ajutorul ultrasunetelor la temperaturi de 50 °C, 54 °C și 58 °C timp de 10 min. și a mărit termenul de valabilitate cu 10, 12 și, respectiv, 14 zile, iar sucurile conservate la temperatura de 58 °C au prezentat valori de aproximativ 3 log UFC/g pentru mezofili, 4,5 log UFC/g pentru drojdii și mucegaiuri și 2 log UFC/g pentru enterobacterii (Martínez-Flores et al., 2015). Conform studiului s - a demonstrat că rata de inactivare a microorganismelor în suc de mure negre (*Rubus fruticosus* L.) la păstrare a fost influențat de temperatura înaltă aplicată la tratamentul termic (Dinçer et al., 2015).

Concluzii la capitolul 3

În cadrul prezentului studiu, s-a demonstrat că aplicarea tratamentului termic combinat, constând în ultrasonificare la temperatura de 70 ± 1 °C pentru 12 ± 2 minute, urmată de sterilizare la 105 °C timp de 135 s, reprezintă regimul optimizat pentru conservarea piureurilor din fructe bacifere, comparativ cu alte tratamente termice evaluate. Această strategie a permis păstrarea compușilor biologic activi și menținerea unui profil nutrițional și funcțional de calitate înaltă. În mod concret, s-a observat o retenție de 15,78 % a conținutului total de antocieni și de 21,07 % a acidului L- hidroascorbic, împreună cu o inhibare semnificativă a activității enzimatică (91,36 %) și o reducere a încărcăturii microbiene patogene și de alterare cu 94,23 %.

Rezultatele comparate cu regimurile alternative au evidențiat limitările tratamentului termic clasic prin sterilizare prelungită (290 s), care, deși eficace din punct de vedere microbiologic, a condus la pierderi semnificative de compuși bioactivi, în special antocieni și acid L- hidroascorbic (24,51 % și respectiv 31,77 %), diminuând astfel valoarea biologică a piureurilor din fructe bacifere. În contrast, tratamentele prea scurte (90 s) au favorizat persistența

microorganismelor, evidențiind necesitatea calibrării precise a duratei și intensității tratamentului combinat pentru a atinge simultan obiectivele de siguranță microbiologică și păstrare a valorii funcționale. Această abordare combinată oferă un avantaj semnificativ prin reducerea duratei totale de conservare cu 53,44 %, fără compromiterea compușilor bioactivi și a activității antioxidante, demonstrând eficiența ultrasonificării în sinergie cu sterilizarea în protejarea moleculelor termolabile.

Din perspectiva caracteristicilor chimice și nutriționale, piureurile au prezentat variații semnificative între specii: piureul de aronia s-a evidențiat prin cel mai ridicat conținut de substanță uscată (21,6 °Brix), cenușă (0,77 %) și proteine (4,11 %), piureul de zmeură a avut valori maxime pentru fibre alimentare (7,78 %) și zahăr (11,90 %), iar piureul de căpșună a prezentat valori intermediare, reflectând compoziția chimică specifică fiecărui fruct și influența acesteia asupra proprietăților finale ale produsului.

Monitorizarea pe durata a 150 de zile de păstrare la 4 °C a evidențiat o scădere progresivă a conținutului de compuși bioactivi și a activității antioxidante în toate probele. Cu toate acestea, piureurile din aronia s- au dovedit a fi cele mai stabile, păstrând 63,65 % din acidul *L*-hidroascorbic inițial, 78,43 % din antocieni și 53,66 % din activitatea antioxidantă, ceea ce indică o rezistență superioară la degradarea termică și oxidativă, probabil datorită compoziției bogate în polifenoli și structurilor celulare mai protectoare.

Astfel, tratamentul combinat de ultrasonificare urmat de sterilizare reprezintă o strategie inovatoare și eficientă de conservare a piureurilor din fructe bacifere. Această metodă asigură un echilibru optim între menținerea valorii biologice și a activității antioxidante, siguranța microbiologică și conservarea caracteristicilor senzoriale. Implementarea acestei tehnologii contribuie semnificativ la extinderea cunoștințelor teoretice și aplicative privind utilizarea tehnologiilor inovative în procesarea alimentelor vegetale, oferind oportunități pentru dezvoltarea unor produse funcționale cu valoare adăugată ridicată și potențial de beneficii pentru sănătatea umană. Mai mult, această strategie de conservare subliniază importanța unei abordări integrate în procesarea alimentelor, care să combine tehnologii termice și non-termice pentru a maximiza retenția compușilor bioactivi. Rezultatele obținute confirmă faptul că fiecare tip de fruct necesită ajustări specifice ale parametrilor de procesare, în funcție de matricea sa biologică și compoziția chimică. Această personalizare a fluxului tehnologic nu doar că a optimizat valoarea nutritivă, dar și a contribuit la stabilitatea pe termen lung. De asemenea, metodologia aplicată poate fi extinsă și pentru alte fructe și legume perisabile, demonstrând versatilitatea tratamentului combinat ultrasonificare - sterilizare.

4. STUDIUL INTERACȚIUNII DINTRE AMESTECUL DIN LAPTE DE CAPRĂ ȘI VACĂ CU PIUREURI DIN FRUCTE BACIFERE ÎN OBTINEREA IAURTULUI

Obiectivul principal al cercetărilor prezentate în acest capitol constă în stabilirea proporției optime dintre laptele de capră și vacă pentru obținerea iaurtului natural, precum și evaluarea indicatorilor de calitate ai iaurtului din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere în timpul păstrării.

Cercetările au fost direcționate asupra următoarelor aspecte specifice:

- analiza influenței compoziției laptelui de capră și vacă asupra dezvoltării bacteriilor lactice în timpul fermentării;
- evaluarea modificărilor indicatorilor fizico - chimici, microbiologici și caracteristicilor senzoriale ale iaurtului natural din amestec de lapte de capră și vacă sau cu piureuri din fructe bacifere;
- determinarea impactului duratei de păstrare (timp de 15 zile) asupra caracteristicilor senzoriale, indicatorilor fizico - chimici și microbiologici, valorii biologice și activității antioxidante, inclusiv și modelul matematic al calității iaurtului din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere- produs finit.

4.1 Optimizarea proporțiilor amestecului din lapte de capră și vacă destinat obținerii iaurturilor naturale

Probele experimentale de iaurturi naturale din amestec de lapte de capră și vacă incluse în cadrul studiului au fost elaborate în condiții industriale, în cadrul întreprinderii de procesare a laptelui „Ferma cu Origini” SRL, situată în orașul Codru. Pentru fabricarea lor s-au utilizat următoarele materii prime: lapte de capră, lapte de vacă și cultură starter *YoFlex® Express*.

Iaurturile naturale din amestec de lapte de capră și vacă au fost obținute din lapte de capră, lapte de vacă, precum și din amestecuri din lapte de capră și vacă în diverse proporții. Procesul tehnologic s-a realizat prin metoda termostat, cu respectarea riguroasă a etapelor tehnologice (standardizării, pasteurizării, omogenizării, răcirii, inoculării și fermentării), regimurilor prescrise și în concordanță cu normele de igienă alimentară. Compoziția amestecurilor de lapte utilizate în fabricarea probelor de iaurturi naturale din amestec de lapte de capră și vacă este detaliată în tabelul 4.1. Rețeta tehnologică pentru fabricarea iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă a fost recalculată și ajustată pentru o cantitate standardizată de 100 kg produs finit, în vederea asigurării unei baze clare și reproductibile pentru procesele de producție și analiza ulterioară.

Tabelul 4.1. Raportul de lapte al iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă

Nr.	Tipul de lapte	P1	P2	P3	P4	P5
1.	Lapte de capră	1	-	1	1	3
2.	Lapte de vacă	-	1	3	1	1

Datele privind compoziția cantitativă a materiilor prime utilizate, au fost sistematizate în tabelul 4.2.

Tabelul 4.2. Calculul materiei prime la obținerea iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă

Nr.	Ingrediente u.m	Cantitatea				
		P1	P2	P3	P4	P5
1.	Lapte crud de capră, L	99,5	-	24,87	49,75	74,63
2.	Lapte crud de vacă, L	-	99,5	74,63	49,75	24,87
3.	Cultură starter, g	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	Total	100	100	100	100	100

Procesul tehnologic de fabricare a iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă (fig. 4.1) a constituit următoarele etape:

Recepția laptelui crud de capră și vacă s-a efectuat cantitativ și calitativ. Cantitatea de lapte crud - materie primă s-a determinat prin metoda gravimetrică.

Depozitarea laptelui s-a realizat la o temperatură de 2 - 4 °C, timp maxim de 3 - 4 h înainte a fi tratat termic.

Încălzirea, separarea și normalizarea laptelui a prevăzut încălzirea laptelui până la o temperatură de 30 °C, urmat de normalizarea la conținutul de grăsime de 3,2 %.

Omogenizarea laptelui s-a realizat în omogenizator la o presiune 12,5 MPa. Această operațiune este foarte importantă deoarece îmbunătățește gustul și aspectul laptelui.

Pasteurizarea laptelui de capră a avut loc la temperatura de 77 - 80 °C cu o durată de 4 - 5 min., iar a laptelui de vacă la temperatura de 83 - 85 °C cu o durată de 9 - 10 min.

Răcirea laptelui a avut loc imediat după pasteurizare în instalații speciale de răcire. Pentru inoculare, laptele a fost răcit la 43 - 45 °C.

Omogenizarea a durat 1-2 min cu scopul de a nu forma conglomerări între ingrediente și pentru a obține o masă cât mai uniformă.

Fermentarea s-a realizat în ambalajul de desfacere timp de 6 h la temperatura de 39 – 42 °C, până la un pH cuprins între 4,7 - 4,3.

Răcirea iaurtului natural a avut loc la temperatura de 4 - 6 °C.

Depozitarea s-a efectuat în camere frigorifice la temperaturi 4-6 °C și ϕ_{aer} de 75 %.

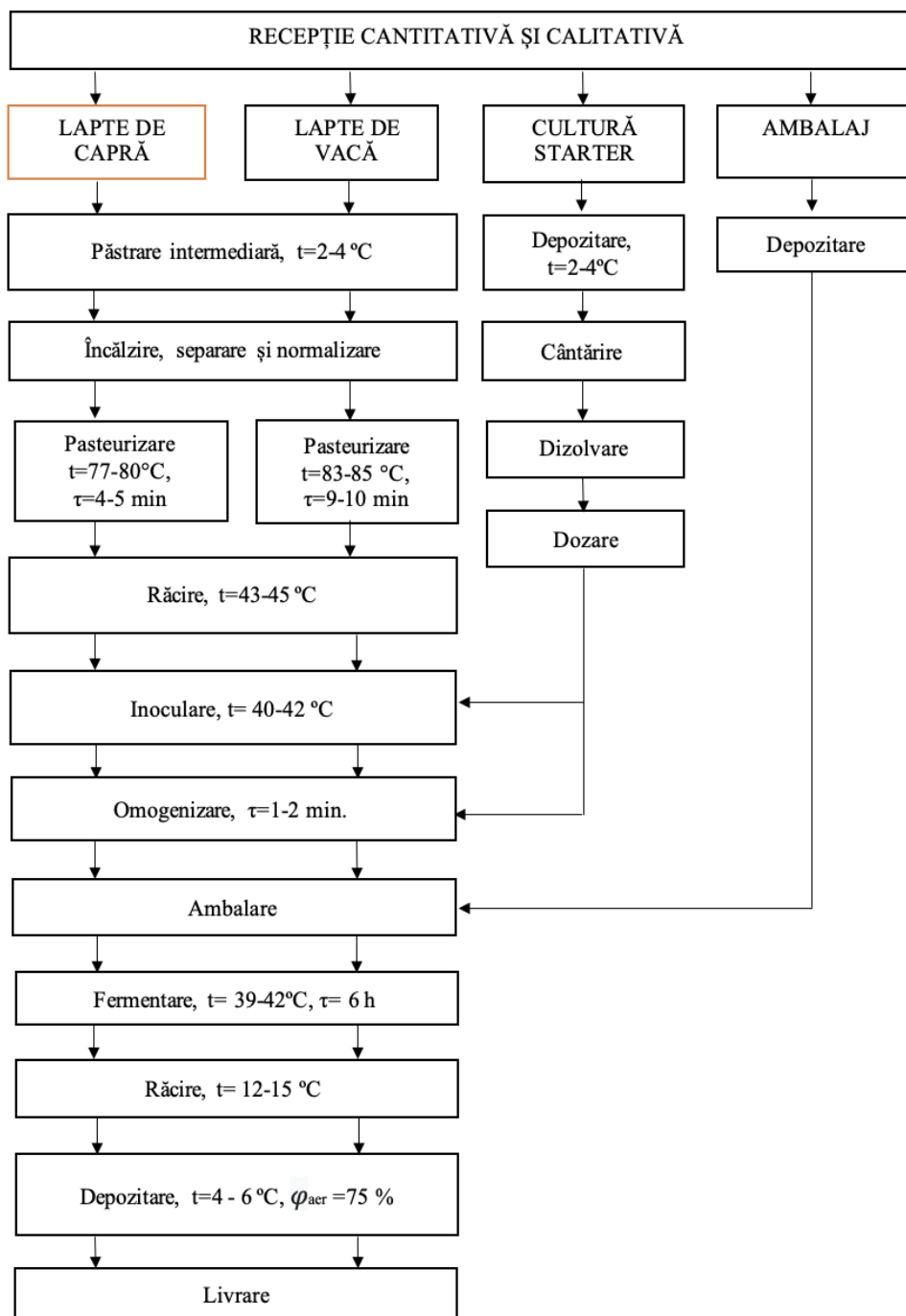


Fig. 4.1 Flux tehnologic de obținere a iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă, (Cușmenco et al., 2021)

Respectarea strictă a acestui flux tehnologic de obținere a iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă a permis dezvoltarea corespunzătoare a bacteriilor lactice, determinând textura caracteristică a iaurtului natural, stabilitatea microbiologică și îmbunătățirea proprietăților texturale.

4.1.1 Cercetarea procesului de fermentare în obținerea iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă

Pentru a evalua influența compoziției laptelui asupra procesului de fermentare, au fost analizate 5 probe de iaurturi naturale din amestec de lapte de capră și vacă. Compararea acestor formule a urmărit dinamica acidifierii, exprimată prin evoluția pH-ului, și acumularea acidului lactic, ca principal marker biochimic al fermentării (Mastanjević et al., 2017). Evoluția valorilor pH-ului a indicat o scădere progresivă în toate probele de iaurturi din amestec de lapte de capră și vacă, cu valori finale apropiate, dar cu diferențe semnificative în ritmul de acidifiere (fig. 4.2).

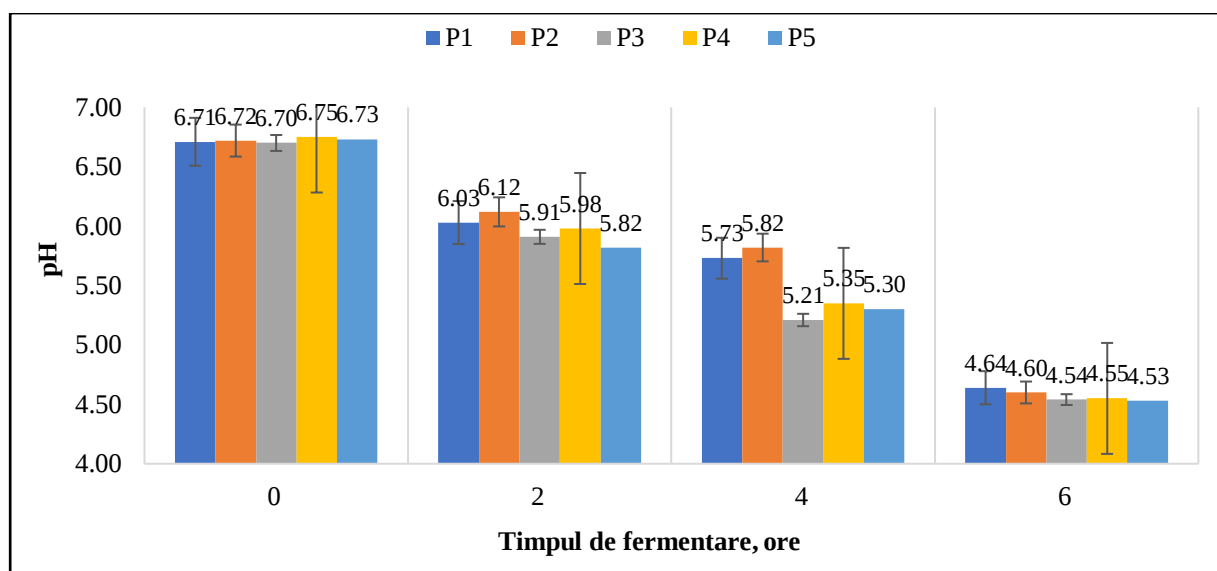


Fig. 4.2 Evoluția pH-ului în timpul fermentării iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă

**Notă: P1- iaurt din lapte de vacă*

P2- iaurt din lapte de capră

P3- iaurt din amestec de lapte de capră și lapte de vacă în raport de 3:1

P4- iaurt din amestec de lapte de capră și lapte de vacă în raport de 1:1

P5- iaurt din amestec de lapte de capră și lapte de vacă în raport de 1:3

Conținutul de acid lactic, analizat la aceleași intervale de timp, a urmat o evoluție similară cu scăderea pH-ului (tabelul 4.3). Cele mai înalte valori ale acidului lactic la sfârșitul fermentării (6 h) au fost identificate în proba P4 (0,63 g/100 g), urmată de P3 (0,57 g/100 g) și P5 (0,54 g/100 g), în timp ce probele P2 și P1 au avut valori apropiate (0,56 și respectiv 0,52 g/100 g). Această ierarhie sugerează că formulările mixte, în special cele echilibrate, stimulează mai eficient activitatea fermentativă a culturii starter, în comparație cu laptele provenit dintr-o singură specie. În primele 2 h, toate probele au înregistrat o acumulare lentă a acidului lactic, caracteristică fazei de adaptare a culturii lactice. După 4 h, a fost observată o accelerare semnificativă a acestui proces, semnalând inițierea fazei logaritmice de multiplicare bacteriană.

Tabelul 4.3. Cantitatea de acid lactic (g/100g) acumulat în timpul fermentării iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă

Nr.	Durata fermentării, h	P1	P2	P3	P4	P5
1.	0	0,02±0,03	0,02±0,04	0,03±0,04	0,04±0,02	0,03±0,04
2.	2	0,11±0,06	0,12±0,03	0,12±0,05	0,14±0,07	0,13±0,04
3.	4	0,31±0,04	0,32±0,04	0,32±0,01	0,34±0,05	0,30±0,02
4.	6	0,52±0,02	0,56±0,02	0,57±0,02	0,63±0,02	0,54±0,02

*Notă: P1- iaurt din lapte de vacă

P2- iaurt din lapte de capră

P3- iaurt din amestec de lapte de capră și lapte de vacă în raport de 3:1

P4- iaurt din amestec de lapte de capră și lapte de vacă în raport de 1:1

P5- iaurt din amestec de lapte de capră și lapte de vacă în raport de 1:3

Valorile reprezintă media a trei determinări independente ± abaterea standard, $P \leq 0,05$

Finalul fermentării, la 6 h, a demonstrat o acumulare maximă de acid lactic în toate probele, ceea ce indică atingerea fazei staționare și stabilizarea pH-ului în jurul valorii optime pentru iaurt (4,5 - 4,7). Pe parcursul fermentării, s-a observat o creștere semnificativă a numărului total de BL în toate probele analizate, iar valorile au variat în funcție de compoziția laptelui utilizat. Rezultatele obținute (fig. 4.3) evidențiază influența tipului de lapte asupra bacteriilor lactice, în special în primele 2 h de fermentare, când activitatea metabolică a culturii starter este în faza de adaptare. La începutul fermentării, proba P4 a prezentat cea mai ridicată concentrație inițială de BL, atingând $0,58 \cdot 10^9$ UFC/g, ceea ce sugerează un mediu optimizat pentru dezvoltarea BL. Această valoare a fost superioară față de cele înregistrate în celelalte probe: P3 - $0,45 \cdot 10^9$ UFC/g, P5 - $0,28 \cdot 10^9$ UFC/g, P2 - $0,42 \cdot 10^9$ UFC/g și P1 - $0,40 \cdot 10^9$ UFC/g. Aceste diferențe sunt atribuite compoziției chimice distincte ale laptelui de capră și vacă, care influențează disponibilitatea nutrienților esențiali pentru multiplicarea bacteriilor lactice, cum ar fi aminoacizii liberi, peptidele, lactoza și mineralele (calciu, fosfor).

În intervalul 4 - 6 h, corespunzător fazei logaritmice de creștere bacteriană, s-a înregistrat o intensificare pronunțată a multiplicării BL în toate probele de iaurturi naturale. Cele mai înalte valori au fost din nou observate în proba P4 ($2,47 \cdot 10^9$ UFC/g), urmată de proba P3 ($2,37 \cdot 10^9$ UFC/g), proba P5 ($2,25 \cdot 10^9$ UFC/g), proba P2 ($2,19 \cdot 10^9$ UFC/g) și proba P1 ($2,10 \cdot 10^9$ UFC/g). Această observație reconfirmă faptul că formulele mixte, în special cele echilibrate în proporție 1:1, creează condiții optime pentru simbioza dintre *Streptococcus thermophilus* și *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* - specii lactice implicate activ în fermentația iaurtului. Activitatea sinergică dintre cele două tulpini este esențială pentru accelerarea multiplicării bacteriene: *Lactobacillus bulgaricus*, prin activitatea sa proteolitică, eliberează peptide și aminoacizi care susțin dezvoltarea *Streptococcus thermophilus*, în timp ce *Streptococcus thermophilus* produce

metaboliți precum dioxid de carbon, acid formic, acid folic, acid piruvic și glutation, care stimulează la rândul lor creșterea *L. bulgaricus* (Rabha et al., 2011; Tarek et al., 2012).

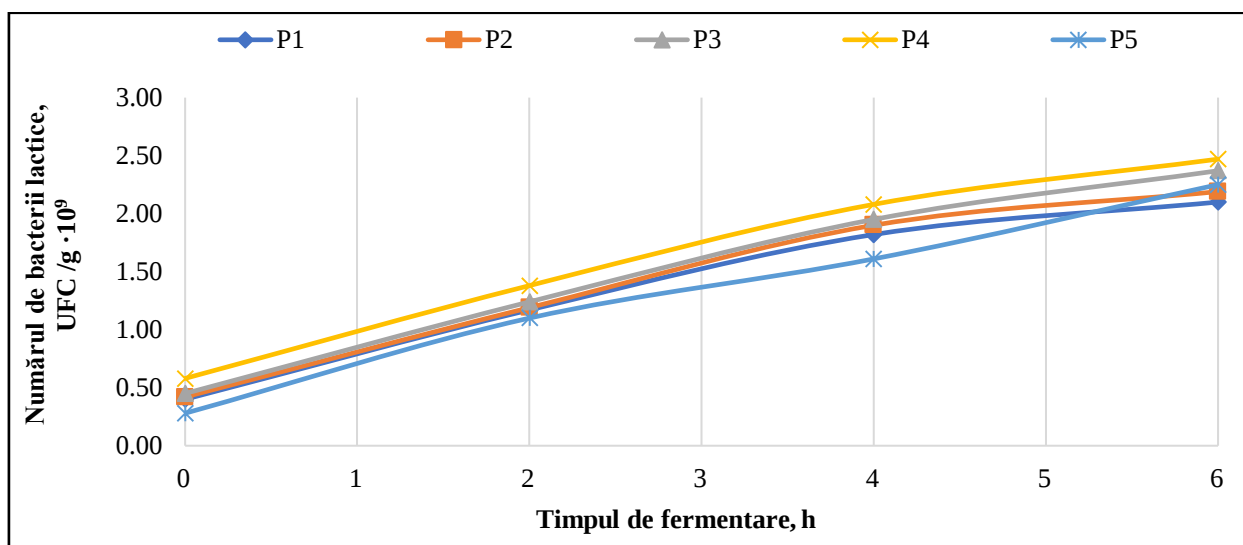


Fig. 4.3 Multiplicarea bacteriilor lactice în timpul fermentării iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă

*Notă: P1- iaurt din lapte de vacă

P2- iaurt din lapte de capră

P3- iaurt din amestec de lapte de capră și lapte de vacă în raport de 3:1

P4- iaurt din amestec de lapte de capră și lapte de vacă în raport de 1:1

P5- iaurt din amestec de lapte de capră și lapte de vacă în raport de 1:3

Valorile reprezintă media a trei determinări independente $\pm$ abaterea standard, $P \leq 0,05$

Această interdependență metabolică are un rol determinant în controlul duratei fermentării și în obținerea caracteristicilor microbiologice și senzoriale dorite ale iaurtului.

Rezultate similare au fost reflectate într- un studiu, unde s-au folosit amestecuri (70 % : 30 %; 50 % : 50 %) de lapte de capră și de vacă pentru iaurturile ce conțin culturi bacteriene probiotice vii, inclusiv *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus thermophilus* și *Bifidobacterium bifidum*. Astfel numărul total de BL a crescut semnificativ la fermentare cu o durată de 7 h a diferitor amestecuri de lapte, prezentând valori de la $0,52 \cdot 10^9$ UFC/g până la $2,45 \cdot 10^9$ UFC/g (Uysal et al., 2003). Totodată, s- au descris rezultate similare pentru enumerarea BL în iaurturi din amestec de lapte de vacă și de capră în proporții diferite, care au crescut semnificativ la fermentare timp de 6 h, prezentând valori de la $0,65 \cdot 10^9$ UFC/g până la $2,83 \cdot 10^9$ UFC/g (Vianna et al., 2017).

4.1.2 Analiza caracteristicilor senzoriale ale iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă

Caracteristica senzorială a iaurtului joacă un rol esențial în determinarea acceptabilității consumatorului și este influențată de mai mulți factori tehnologici. Printre caracteristicile critice

se numără aspectul, consistența, mirosul și gustul, care reflectă nu doar particularitățile materiei prime, ci și tipul culturii starter, regimul de fermentare, dar și compoziția biochimică a produsului finit (Bulgaru, 2016).

Rezultatele evaluării senzoriale prezentate în tabelul 4.4 indică variații semnificative între probele analizate, influențate în mod direct de proporția laptelui de capră și vacă utilizat. În special, sinereza - fenomenul de eliminare a zerului - s-a dovedit a fi un parametru critic pentru aprecierea aspectului și consistenței. Prezența sinerezei este percepută negativ de consumatori, fiind asociată cu o structură instabilă a coagulului și cu un produs de calitate inferioară (Rybak et al., 2014).

Tabelul 4.4. Caracteristici senzoriale ale iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă

Nr.	Caracteristici	P1	P2	P3	P4	P5
1.	Aspect și consistență	Coagul de consistență fermă, cu aspect de porțelan, fără eliminare de zer	Coagul de consistență fluidă, cu aspect de porțelan, cu eliminare de zer		Coagul de consistență semifluidă, cu aspect de porțelan, cu slabă eliminare de zer	Coagul de consistență semifluidă, cu aspect de porțelan, fără eliminare de zer
2.	Culoare	Alb-gălbuie, uniformă în toată masa				
3.	Miros și gust	Specific de iaurt, cu caractere specifice fermentației lactice, plăcut, acrișor. Fără gust și miros străin				

**Notă: P1- iaurt din lapte de vacă*

P2- iaurt din lapte de capră

P3- iaurt din amestec de lapte de capră și lapte de vacă în raport de 3:1

P4- iaurt din amestec de lapte de capră și lapte de vacă în raport de 1:1

P5- iaurt din amestec de lapte de capră și lapte de vacă în raport de 1:3

Astfel, proba P2 (iaurt din lapte de capră) a prezentat o consistență fluidă și o eliminare pronunțată de zer, ceea ce a condus la cea mai scăzută apreciere senzorială. Acest rezultat poate fi explicat prin compoziția specifică a laptelui de capră, caracterizat printr-un conținut mai redus de α 1cazeină și o structură proteică mai puțin stabilă, predispusă la sinereză. În contrast, proba P1 a prezentat o consistență fermă, cu coagul stabil și fără sinereză, aspect apreciat pozitiv de către degustatori.

Probele formulate din amestec diferit de lapte de capră și vacă (probele P3, P4, P5) au arătat un comportament intermediar, cu coagul de consistență semifluidă, aspect omogen și reducere variabilă a sinerezei. Dintre acestea, proba P4 s-a evidențiat printr-un echilibru senzorial optim: absența sinerezei, culoare uniformă alb - gălbuie și miros plăcut, specific fermentației lactice, ceea ce a condus la o apreciere senzorială superioară.

În ceea ce privește mirosul și gustul, toate probele au prezentat profiluri caracteristice

fermentării lactice, fără note străine, însă intensitatea mirosului și gradul de acrișor au fost decisive în preferințele degustatorilor. Probele cu un echilibru zahăr/acid optim (în special probele P4 și P3) au fost mai bine acceptate, în timp ce aciditatea excesivă sau textura necorespunzătoare (proba P2) a determinat punctaje mai reduse. În cadrul studiului, analiza senzorială a iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă a fost realizată utilizând o scală hedonică cu 5 puncte (fig. 4.4).

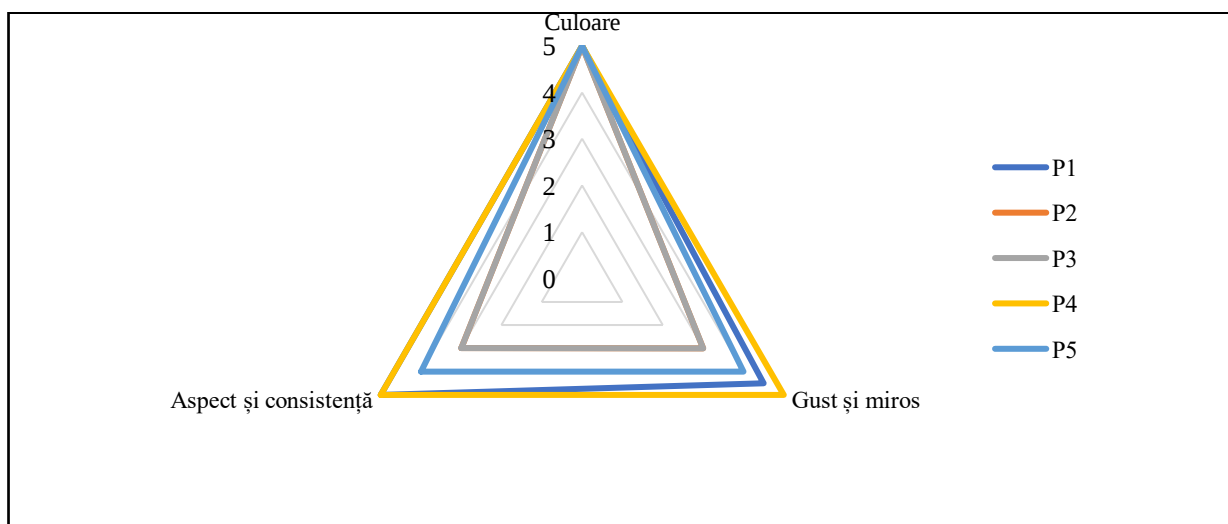


Fig. 4.4 Caracteristici senzoriale ale iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă

**Notă: P1- iaurt din lapte de vacă*

P2- iaurt din lapte de capră

P3- iaurt din amestec de lapte de capră și lapte de vacă în raport de 3:1

P4- iaurt din amestec de lapte de capră și lapte de vacă în raport de 1:1

P5- iaurt din amestec de lapte de capră și lapte de vacă în raport de 1:3

Toate probele de iaurturi din amestec de lapte de capră și vacă prezentau un gust specific caracteristic, descris ca fiind plăcut, acrișor și fără prezența unui miros sau gust străin, confirmând buna activitate fermentativă a culturii starter. Cu toate acestea, probele P2 și P3 au manifestat un postgust pronunțat de lapte de capră, ceea ce poate fi atribuit prezenței compușilor volatili specifici și profilului de acizi grași caracteristici acestui tip de lapte, fenomen bine documentat în literatura de specialitate (Bulgaru, 2016).

Nu s-au detectat gusturi neplăcute precum amar, sărat sau alte gusturi străine în niciuna dintre probe, ceea ce indică o fermentație corectă și un proces tehnologic bine controlat. Cu toate acestea, proba P2 a înregistrat cel mai redus scor pentru gust (3,5 puncte) și miros (3,0 puncte), fapt corelat cu percepția mirosului mai slab și prezența unor caracteristici nedorite precum sinereza ridicată, consistența fluidă și aspectul neuniform. Acești factori au redus acceptabilitatea generală, demonstrând că compoziția laptelui de capră influențează negativ stabilitatea și proprietățile

senzoriale ale iaurtului, aspect observat și în studiul lui Rybak și colaboratorii (2014).

În schimb, proba P4 s-a distins prin calități senzoriale superioare, obținând punctaj maxim (5,0 puncte) datorită coagulului fin, omogen și ferm, absenței bulelor de gaz și gustului echilibrat, plăcut acrișor, fără miros străin. Aceste rezultate indică o sinergie optimă în amestecul de lapte de capră și vacă în raport 1:1, care permite combinarea beneficiilor nutriționale ale ambelor tipuri de lapte, reducând concomitent caracteristicile senzoriale neplăcute asociate laptelui de capră. Astfel, analiza senzorială confirmă importanța optimizării raportului dintre laptele de capră și vacă în producția de iaurturi naturale, pentru a asigura un produs finit cu acceptabilitate senzorială superioară din punct de vedere al gustului, aspectului și consistenței, aspect esențial pentru succesul comercial și satisfacția consumatorilor.

În studiul efectuat (Küçükçetin et al., 2011) s-a demonstrat că amestecul laptelui de capră cu lapte de vacă are un impact puternic asupra caracteristicilor senzoriale ale iaurtului. Iaurturile naturale obținute cu proporție egală de lapte de capră și vacă au prezentat o structură mai bună, apreciată de degustatori.

4.1.3 Studiul indicatorilor microbiologici ai iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă

După ingestie, probioticele trebuie să reziste condițiilor extreme din tractul gastrointestinal, incluzând aciditatea gastrică intensă, acțiunea enzimelor hidrolitice, prezența oxigenului, sărurile biliare și stresul osmotic (Sionek et al., 2023). Aceste bariere fiziologice reprezintă un test esențial pentru supraviețuirea și colonizarea microorganismelor benefice, precum BL. Pe de altă parte, anumite microorganisme patogene, precum *Escherichia coli*, pot cauza afecțiuni severe, inclusiv infecții respiratorii, urinare sau meningite (Taleb et al., 2016). În contextul fermentării laptelui, drojdiile joacă un rol important prin capacitatea lor de a metaboliza componentele nutritive, cum ar fi lactoza, proteinele și grăsimile, contribuind la dezvoltarea caracteristicilor senzoriale. Totodată, BL au o importanță majoră datorită capacității lor de a produce acizi organici și compuși antimicrobieni, care inhibă dezvoltarea microorganismelor de alterare (Kurniawati et al., 2022).

Conform rezultatelor prezentate în tabelul 4.5, indicatorii microbiologici ai probelor de iaurturi naturale din amestec de lapte de capră și vacă s-au încadrat în limitele impuse de HG 158/2019, anexa 4, demonstrând conformitatea acestora cu standardele sanitare și de siguranță alimentară. Valorile pentru NTGFAnM au fost maxime în proba P4 ($2,47 \cdot 10^9$ UFC/g), urmată de probele P3, P2, P1 și P5, ceea ce indică o stimulare eficientă a proliferării culturii starter și, implicit, o inhibare a microorganismelor potențial alterante. Lipsa detectării drojdiilor, mucegaiurilor, *Listeria monocytogenes*, *Enterobacteriaceae* și *Escherichia coli* în probele

cercetate confirmă stabilitatea microbiologică înaltă a iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă.

Tabelul 4.5. Indicatori microbiologici ai iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă

Nr.	Indicator	P1	P2	P3	P4	P5
1.	NTGFAnM·10 ⁹ UFC/g	2,30±0,14	2,32±0,15	2,37±0,16	2,47±0,12	2,25±0,15
2.	Drojdi și mucegai, UFC/g	ND	ND	ND	ND	ND
3.	<i>Listeria monocitogenes</i>	ND	ND	ND	ND	ND
4.	<i>Enterobacteriaceae</i>	ND	ND	ND	ND	ND
5.	<i>Escherichia coli</i>	ND	ND	ND	ND	ND

*Notă: P1- iaurt din lapte de vacă

P2- iaurt din lapte de capră

P3- iaurt din amestec de lapte de capră și lapte de vacă în raport de 3:1

P4- iaurt din amestec de lapte de capră și lapte de vacă în raport de 1:1

P5- iaurt din amestec de lapte de capră și lapte de vacă în raport de 1:3

ND- nedetectat

Valorile reprezintă media a trei determinări independente ± abaterea standard, $P \leq 0,05$

Această inhibiție a agenților patogeni, în special a *Escherichia coli*, poate fi atribuită reducerii pH- ului datorată fermentării lactozei și creșterii concentrației acizilor organici, în special a acidului lactic, care exercită un efect antibacterian pronunțat (Fitratullah et al., 2019).

Rezultate similare au fost raportate de Ortiz-Rivera et al. (2017), care au demonstrat că producția de reuterină de către *Lactobacillus reuteri* într-un produs lactat fermentat exercită un efect inhibitor asupra microorganismelor patogene și de alterare, inclusiv asupra *Escherichia coli*. De asemenea, studiul lui Afzali et al. (2020) a susținut rolul antagonist al *Streptococcus thermophilus* și *Lactobacillus bulgaricus* împotriva drojdiilor și bacteriilor de alterare, evidențiind astfel potențialul probiotic și rolul important în menținerea calității microbiologice a iaurtului.

4.1.4 Evaluarea indicatorilor fizico - chimici ai iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă

Rezultatele obținute din analiza indicatorilor fizico - chimici ai iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă (tabelul 4.6) a evidențiat particularități semnificative legate de compoziția produselor, influențate în principal de tipul și proporția laptelui utilizat în formularea acestora. Globulele de grăsime din laptele de capră sunt mai mici și conțin o proporție mai mare de acizi grași cu lanț scurt și mediu, ceea ce influențează nu doar conținutul de grăsime, ci și digestibilitatea și aroma. Conținutul de grăsime influențează textura și cremozitatea, conferind o consistență mai densă și o senzație mai plăcută la consum. Conținutul de grăsime a fost cel mai ridicat în proba P1 (4,41%), obținută exclusiv din lapte de vacă. Acest aspect se explică prin diferențele intrinseci în compoziția laptelui de capră și vacă. Laptele de vacă conține, în medie, un

procent mai mare de grăsime (aproximativ 3,5 - 4,5%) comparativ cu laptele de capră, care prezintă un conținut lipidic mai mic (2,8 - 4,0%) și o structură diferită a globulelor de grăsime.

Tabelul 4.6. Indicatori fizico - chimici ai iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă

Nr.	Indicatori	P1	P2	P3	P4	P5
1.	Conținut de grăsime, %	4,41±0,04	3,10±0,07	3,5±0,05	3,4±0,05	3,6±0,04
2.	Conținut de proteină totală, %	5,34±0,03	5,36±0,04	5,25±0,05	5,31±0,04	5,28±0,06
3.	Activitatea apei, u.c.	0,883±0,002	0,884±0,001	0,880±0,002	0,881±0,002	0,882±0,001
4.	Conținut de cenușă, %	0,72±0,13	0,75±0,16	0,74±0,12	0,76±0,15	0,73±0,14
5.	Conținut de substanță uscată totală, %	18,13±0,23	17,94±0,25	17,38±0,28	17,80±0,30	17,28±0,31
6.	Conținut de substanță uscată degresată, %	14,34±0,26	14,24±0,25	13,98±0,22	14,30±0,23	14,11±0,21
7.	Controlul pasteurizării laptelui, fosfataza	lipsă	lipsă	lipsă	lipsă	lipsă

**Notă: P1- iaurt din lapte de vacă*

P2- iaurt din lapte de capră

P3- iaurt din amestec de lapte de capră și lapte de vacă în raport de 3:1

P4- iaurt din amestec de lapte de capră și lapte de vacă în raport de 1:1

P5- iaurt din amestec de lapte de capră și lapte de vacă în raport de 1:3

Valorile reprezintă media a trei determinări independente ± abaterea standard, $P \leq 0,05$

Proteinele din lapte sunt componente esențiale pentru structura unui iaurt, deoarece ele formează rețeaua proteică a coagulului, influențând fermitatea și capacitatea de retenție a apei. Laptele de capră este caracterizat printr-un profil proteic diferit, cu o cantitate mai mare de proteine solubile și o structură specifică a cazeinelor, ceea ce poate determina o textură mai fină, dar și o anumită fragilitate a coagulului. Conținutul de proteină totală a variat ușor între probele de iaurturi naturale din amestec de lapte de capră și vacă, cu valorile cele mai înalte în probele P2 (5,36 %) și P1 (5,34 %). Aceste diferențe proteice pot explica variațiile ușoare în conținutul total de proteine și indicatorii fizico - chimici ai iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă.

Într-un iaurt, activitatea apei este influențată de conținutul de substanțe uscate, inclusiv proteine și zaharuri, care leagă apa și o fac indisponibilă pentru activitatea microbiană. Activitatea apei este un parametru critic în determinarea stabilității microbiologice a produselor lactate. Valorile a_w în intervalul 0,880 - 0,884 u.c. indică o disponibilitate moderată a apei pentru microorganisme. Din punct de vedere microbiologic, o valoare mai mare a a_w poate favoriza proliferarea microorganismelor de alterare, în timp ce valori mai scăzute limitează dezvoltarea acestora, prelungind termenul de valabilitate.

Conținutul de cenușă, care reflectă totalitatea mineralelor, a fost ușor mai înalt în probele de iaurturi naturale care conțin lapte de capră (probele P2, P3, P4). Conținutul de cenușă în laptele

de capră este puțin mai mare decât cel din laptele de vacă, iar rezultatele obținute sunt următoarele: proba P1 - 0,72 %, proba P2 - 0,75 %, proba P3 - 0,74 %, proba P4 - 0,76 % și proba P5 - 0,73 %. Mineralele influențează, de asemenea, indicatorii fizico - chimici, inclusiv pH- ul și capacitatea de coagulare a proteinelor.

Substanța uscată totală și substanța uscată degresată reprezintă fracțiuni importante care determină textura și consistența. Substanța uscată totală include proteine, lipide, lactoză și minerale, iar conținutul mai mare în proba P1 este explicat prin aportul superior de grăsime și proteine din laptele de vacă. Substanța uscată degresată reflectă în principal componentele non-lipidice, a căror prezență este importantă pentru formarea rețelei proteice și stabilitatea produsului. Aceste fracțiuni influențează direct caracteristicile senzoriale, precum cremozitatea, densitatea și senzația în cavitatea bucală. Conținutul de substanță uscată totală a prezentat următoarele valori: proba P1 - 18,13 %, proba P2 - 17,94 %, proba P3 - 17,38 %, proba P4 - 17,80 %, proba P5 - 17,28%, iar conținutul de substanță uscată degresată a prezentat astfel de valori: proba P1 - 14,24 %, proba P2 - 14,24 %, proba P4 - 14,30 %, proba P3 - 13,98 % și proba P5 - 14,11 %.

În ceea ce privește controlul pasteurizării, determinarea activității enzimei fosfatază a fost negativă în toate probele, confirmând astfel faptul că laptele a fost pasteurizat corect. Aceasta este o metodă standard utilizată pentru verificarea eficacității procesului termic, deoarece fosfataza este o enzimă termolabilă ce se inactivează în timpul pasteurizării eficiente. Prin eliminarea acestei enzime se asigură distrugerea microorganismelor patogene și a majorității agenților de alterare, ceea ce certifică conformitatea produsului cu normele de siguranță alimentară și igienă.

Variațiile observate asupra indicatorilor fizico - chimici a iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă sunt corelate direct cu tipul și proporția de lapte utilizată, influențând calitatea senzorială, stabilitatea microbiologică și valoarea nutritivă.

4.1.5 Investigarea indicatorilor de calitate ai iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă în timpul păstrării

Monitorizarea parametrilor de calitate ai iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă pe parcursul perioadei de păstrare este esențială pentru aprecierea stabilității și a viabilității culturilor lactice. În acest context, indicatorii analizați au fost pH- ul și a AT, care constituie indicatori direcți ai activității metabolice ai BL și evoluției procesului de postacidifiere în timpul păstrării (fig. 4.5 și 4.6). Datele obținute arată că, în decursul celor 15 zile de păstrare, toate probele de iaurturi naturale din amestec de lapte de capră și vacă au prezentat o scădere ușoară, dar constantă, a valorilor pH- ului, fenomen corelat cu acumularea treptată a acizilor organici, în principal acid lactic. Acești acizi sunt produși în urma fermentării lactozei de către BL din genul

Lactobacillus și *Streptococcus* care rămân active chiar și la temperaturi de refrigerare ($4 \pm 1^\circ\text{C}$), într-un proces cunoscut sub denumirea de postacidifiere. Astfel, valorile pH-ului au evoluat după cum urmează: proba P4: 4,50 - 4,44; proba P1: 4,51 - 4,45; proba P2: 4,52 - 4,46; proba P5: 4,53 - 4,47; proba P3: 4,55 - 4,49.

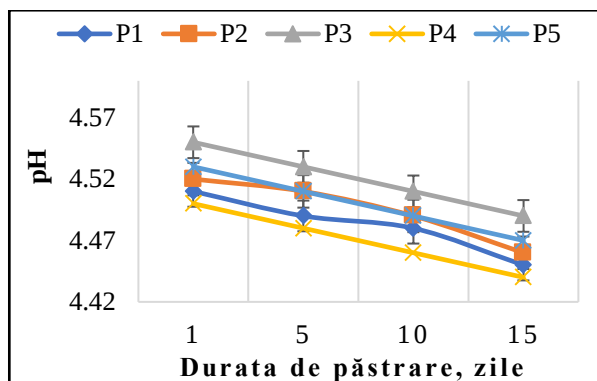


Fig. 4.5 Efectul duratei de păstrare asupra pH-ului iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă

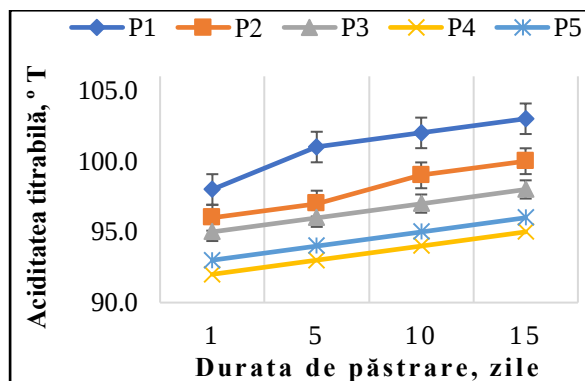


Fig. 4.6 Efectul duratei de păstrare asupra acidității titrabile ai iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă

*Notă: P1- iaurt din lapte de vacă

P2- iaurt din lapte de capră

P3- iaurt din amestec de lapte de capră și lapte de vacă în raport de 3:1

P4- iaurt din amestec de lapte de capră și lapte de vacă în raport de 1:1

P5- iaurt din amestec de lapte de capră și lapte de vacă în raport de 1:3

Se observă că proba P3 a înregistrat cele mai ridicate valori ale pH-ului pe întreaga perioadă a duratei de păstrare timp de 15 zile, ceea ce poate fi explicat prin influența laptelui de capră, cunoscut pentru o fermentare ușor mai lentă și o capacitate tampon superioară datorită conținutului proteic și mineral specific. În schimb, cea mai pronunțată acidifiere s-a remarcat în proba P1, obținută din lapte de vacă, ceea ce prezintă o activitate enzimatică și microbiană mai intensă. În paralel cu scăderea pH-ului, AT a crescut gradual în toate probele, indicând intensificarea sintezei acizilor organici- produși metabolici secundari ai BL. Valorile AT s-au încadrat în intervalul: 92 - 95 °T în proba P4; 93 - 96 °T în proba P5; 95 - 98 °T în proba P3; 96 - 100 °T în proba P2 și 98 - 103 °T în proba P1. Cea mai redusă creștere a AT a fost înregistrată în proba P4, ceea ce sugerează o stabilitate mai mare la păstrare în cazul amestecului echilibrat între laptele de capră și vacă (1:1). Acest echilibru pare să favorizeze o activitate metabolică moderată a BL, menținând totodată un profil senzorial stabil. Prin contrast, proba P1 a prezentat cea mai mare valoare finală ai AT (103 °T), ceea ce reflectă o acidifiere post - fermentativă mai accentuată, asociată cu o activitate enzimatică susținută de laptele de vacă. Această evoluție poate influența negativ acceptabilitatea senzorială, în special gustul (mai acru) și consistența (sinereză mai mare).

Aceste rezultate confirmă faptul că, pe durata păstrării, procesele biochimice continuă într-

o anumită măsură, determinând modificări semnificative ale echilibrului acido - bazic al iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă. Activitatea acidifiantă ai BL, influențată de compoziția substratului și de condițiile de mediu, este responsabilă pentru aceste variații și trebuie luată în considerare în stabilirea termenului de valabilitate și în formularea rețetelor optime. Datele obținute sunt în concordanță cu studiul care a prezentat valori ale acidității titrabile între 98 - 102 °T și valori ale pH- ului între 4,47 și 4,53 în iaurturi din amestecuri de lapte de capră și vacă în diferite proporții, păstrate în condiții similare (Ketut et al., 2014).

Astfel, comportamentul iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă, analizate în cadrul acestui studiu, este aliniat cu tendințele evidențiate în literatura de specialitate, confirmând influența decisivă a tipului de lapte asupra efectului duratei de păstrare asupra indicatorilor fizico - chimici.

Vâscozitatea reprezintă un parametru reologic esențial în evaluarea calității iaurtului, având un impact direct asupra texturii și, implicit, asupra acceptabilității senzoriale de către consumatori (Bulgaru et al., 2020). În cadrul prezentului studiu, s-a investigat comportamentul vâscozității dinamice (VD) al probelor de iaurturi naturale din amestec de lapte capră și vacă pe durata păstrării. Rezultatele obținute (fig. 4.7) indică o tendință clară de scădere progresivă a VD, fenomen specific proceselor de restructurare a rețelei de gel proteic post - fermentativ. Aceste modificări structurale sunt influențate de activitatea metabolică reziduală ai BL și de posibilele modificări ale legăturilor intermoleculare din rețeaua proteică (fragmentarea interacțiunilor cazeinice și slăbirea coagulului).

Valorile înregistrate pentru VD au fost următoarele: proba P1: 2,5 Pa·s - 1,5 Pa·s; proba P4: 2,3 Pa·s - 1,5 Pa·s; proba P3: 1,9 Pa·s - 0,9 Pa·s; proba P5: 1,6 Pa·s - 0,5 Pa·s și proba P2: 1,3 Pa·s - 0,3 Pa·s. Diferențele în valorile inițiale și dinamica reducerii VD sunt asociate cu compoziția laptelui utilizat ca materie primă, în special cu concentrația și tipul de proteine (în special cazeina), distribuția dimensiunilor globulelor de grăsime și capacitatea sistemului coloidal de a forma și menține o rețea tridimensională stabilă. Proba P1, obținută doar din lapte de vacă, a înregistrat cele mai mari valori inițiale ale VD, ca urmare a conținutului mai ridicat de cazeină α_1 , favorabilă formării unui gel dens, stabil și bine organizat.

Scăderea VD în această probă a fost moderată, păstrându-se caracteristici reologice satisfăcătoare și o textură cremoasă până la sfârșitul perioadei de păstrare. Similar, proba P4, a demonstrat o bună capacitate de păstrare a VD, fiind considerată optimă din punct de vedere al proprietăților texturale și al acceptabilității senzoriale. La polul opus, proba P2, obținută exclusiv din lapte de capră, a prezentat cele mai reduse valori. Aceasta poate fi atribuită compoziției proteice distinctive a laptelui de capră, care conține o proporție mai mică de cazeină α_1 și o

distribuție diferită a micelilor de cazeină, ducând la o capacitate mai scăzută de gelifiere și o structură proteică mai slabă. De asemenea, globulele de grăsime mai mici și mai dispersate din laptele de capră contribuie la un efect redus de întărire a gelului, rezultând o consistență percepută ca fiind mai lichidă.

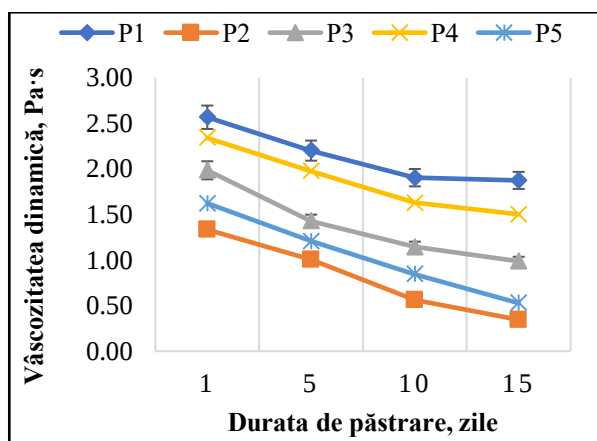


Fig. 4.7 Efectul duratei de păstrare asupra vâscozității dinamice a iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă

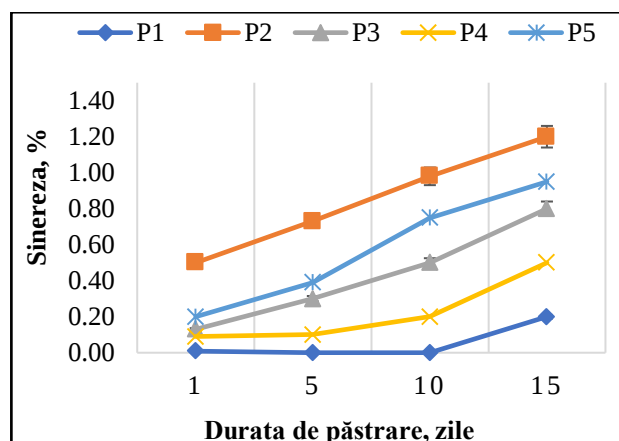


Fig. 4.8 Efectul duratei de păstrare asupra sinerezei iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă

**Notă: P1- iaurt din lapte de vacă*

P2- iaurt din lapte de capră

P3- iaurt din amestec de lapte de capră și lapte de vacă în raport de 3:1

P4- iaurt din amestec de lapte de capră și lapte de vacă în raport de 1:1

P5- iaurt din amestec de lapte de capră și lapte de vacă în raport de 1:3

Aceste observații sunt susținute de rezultatele raportate într- un studiu, care au evidențiat o scădere semnificativă a VD a iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă în timpul păstrării: de la 5,96 Pa·s în ziua 1 până la 2,5 Pa·s în ziua 28, demonstrând astfel că durata păstrării este un factor determinant al stabilității proprietăților reologice a iaurtului (Yang et al., 2022).

Sinereza reprezintă fenomenul fizic prin care faza lichidă (zerul) este separată din matricea gelificată a iaurtului, afectând atât stabilitatea fizică, cât și aspectul vizual. Această separare are loc în urma reorganizării structurii interne a gelului proteic și este influențată de factori precum acidifierea excesivă, scăderea pH- ului, forțele electrostatice din sistem și compoziția inițială a laptelui (Ban et al., 2020). Datele obținute în cadrul acestui studiu (fig. 4.8) arată că sinereza a fost mai pronunțată în iaurturile obținute cu lapte de capră sau cu proporție ridicată de lapte de capră, după cum urmează: proba P2- 1,20 % (cea mai ridicată sinereză), proba P5- 0,95 %, proba P3- 0,80 %, proba P4- 0,50 %, și proba P1- 0,20 % (cea mai redusă sinereză). Această distribuție poate fi explicată prin variațiile în conținutul de fosfați de calciu coloidal, gradul de disociere a grupărilor carboxil ale cazeinei și forțele de respingere electrostatică dintre micelii. Pe măsură ce pH- ul scade

în timpul păstrării, se intensifică ionizarea grupărilor fosfat de serină și carboxil, determinând o creștere a sarcinii negative la suprafața micelilor de cazeină. În absența unui echilibru ionic adecvat, aceste forțe de respingere pot destabiliza rețeaua proteică, conducând la agregarea micelilor și expulzarea zerului. Totuși, prezența fosfatului de calciu coloidal, în special în laptele de vacă, contribuie la stabilizarea electrostatică a sistemului prin reducerea repulsiei intermicelare și facilitarea coeziunii rețelei proteice. Astfel, în proba P1 sau proba P4, sinereza a fost semnificativ redusă, iar structura iaurtului a rămas stabilă. Rezultatele obținute confirmă faptul că VD și sinereza sunt influențate semnificativ de tipul și proporția de lapte utilizat, precum și de durata de păstrare. Proba P4 a demonstrat cea mai bună stabilitate, prezentând o textură cremoasă, consistență și aspect exterior caracteristic. Prin urmare, formularea echilibrată a materiilor prime poate constitui o strategie eficientă pentru optimizarea calității iaurturilor naturale din amestec din lapte de capră și vacă. Rezultate analogice a demonstrat studiul unde sinereza iaurtului din diferite tipuri de lapte (capră, vacă și amestecul lor) a crescut la păstrare, prezentând valori de 2,95 % la 1- a zi de păstrare până la 3,42 % la a 24- a zi de păstrare (Joon et al., 2017).

4.2 Dezvoltarea iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

În cadrul prezentului studiu, iaurturile din amestec de lapte de capră și vacă cu adaos de piureuri din fructe bacifere au fost obținute prin aplicarea metodei termostactice de fermentare, într-un mediu controlat industrial, la unitatea de procesare a laptelui „Ferma cu origini” SRL. Proba de iaurt natural din amestec de lapte integral de capră și vacă în proporție de 1:1, cercetată și analizată anterior, a fost îmbogățită cu piureuri de fructe bacifere (aronia, zmeură, căpșună). Tehnologia de procesare se diferențiază de cea utilizată pentru iaurtul natural din amestec de lapte de capră și vacă prin etapa suplimentară de adăugare a piureurilor de fructe bacifere, care s-a realizat după inocularea laptelui cu cultura starter, dar anterior procesului de fermentare.

Pentru o identificare clară a probelor de iaurturi din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere, s-a realizat o codificare, așa cum este prezentată în tabelul 4.7. Această codificare v-a permite evaluarea influenței piureurilor din fructe bacifere asupra indicatorilor fizico - chimici, caracteristicilor senzoriale și proprietăților funcționale ale iaurtului din amestec de lapte de capră și vacă. Pe baza analizei rezultatelor obținute în urma evaluării indicatorilor fizico - chimici și caracteristicilor senzoriale ai probelor de iaurt natural din amestec de lapte de capră și vacă (conform datelor prezentate în tabelul 4.1 și tabelul 4.2), a fost fundamentată o rețetă optimizată pentru obținerea iaurtului din amestec de lapte de capră și vacă cu adaos de piureuri din fructe bacifere.

Tabelul 4.7. Codificarea iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

Nr.	Cod	Iaurt din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere	Raportul laptelui de capră și vacă	Adaos
1.	PM	Proba martor de iaurt fără piureu din fructe	Lapte de capră și lapte de vacă 1:1	-
2.	IA	Iaurt din amestec de lapte de capră și vacă cu piureu de aronia		piureu de aronia
3.	IZ	Iaurt din amestec de lapte de capră și vacă cu piureu de zmeură		piureu de zmeură
4.	IC	Iaurt din amestec de lapte de capră și vacă cu piureu de căpșună		piureu de căpșună

Compoziția acestei rețete, raportată la 100 kg de produs finit, este expusă în tabelul 4.8. Utilizarea piureurilor din fructe bacifere în amestecul de lapte de capră și vacă inoculat nu a prezentat modificări semnificative ale schemei tehnologice de obținere a iaurtului, menținând astfel caracterul practic și fezabil al procesului industrial.

Tabelul 4.8. Calculul materiei prime la obținerea iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

Nr.	Ingrediente	PM		IA		IZ		IC	
		Cantitatea	u.m	Cantitatea	u.m	Cantitatea	u.m	Cantitatea	u.m
1.	Lapte de capră	49,75	L	42,25	L	42,25	L	42,25	L
2.	Lapte de vacă	49,75	L	42,25	L	42,25	L	42,25	L
3.	Zahăr	-		5	kg	5	kg	5	kg
4.	Cultură starter	50	g	50	g	50	g	50	g
5.	Piureu de aronia	-	-	10	kg	-	-	-	-
6.	Piureu de zmeură	-	-	-	-	10	kg	-	-
7.	Piureu de căpșună	-	-	-	-	-	-	10	kg
	Total, kg	100		100		100		100	

Tehnologia propusă a contribuit la formularea unui iaurt cu un conținut crescut de compuși biologic activi, precum acidul *L*- hidroascorbic, polifenoli, antocieni și alți compuși cu activitate antioxidantă înaltă, care conferă iaurtului caracteristici funcționale ridicate. Din punct de vedere microbiologic, compușii bioactivi prezenți în fructele bacifere au exercitat un efect stimulator asupra dezvoltării bacteriilor lactice, favorizând astfel creșterea viabilității culturilor starter.

Totodată, piureurile din fructe bacifere au condus la diminuarea de zahăr adăugat și la scurtarea timpului de fermentare. Aceste beneficii au fost susținute de datele publicate în brevetul de invenție al Cușmenco și colaboratorii (Brevet nr. 1606, din 09.02.2021, „Procedeu de obținere a iaurtului din lapte de capră și de vacă”).

4.2.1 Analiza procesului de fermentare a iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

Procesul de fermentare al iaurtului cu piureuri din fructe presupune formarea unei structuri tridimensionale de tip gel, rezultat al denaturării termice și acidifiere - induse a proteinelor din lapte, în special κ - caseina și proteinele din zer, în condiții de pH scăzut (Bulgaru et al., 2021). Evoluția pH-ului în timpul fermentării iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere este prezentată în fig. 4.9 și reflectă influența acestor parametri asupra dinamicii acidifierii.

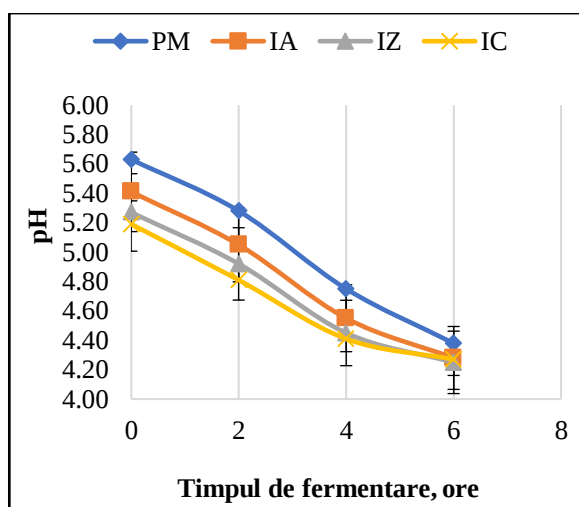


Fig. 4.9 Evoluția pH-ului în timpul fermentării iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

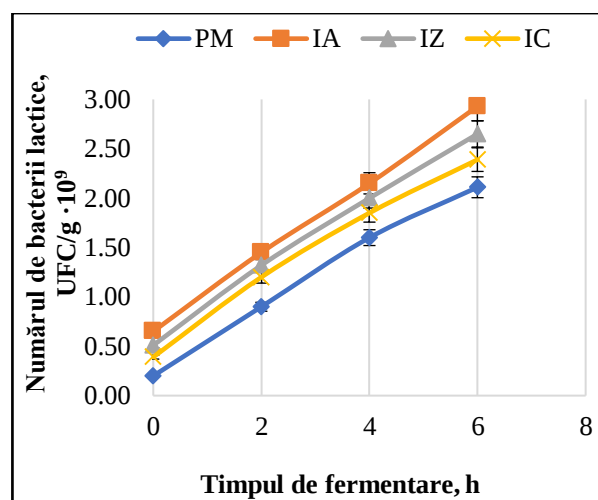


Fig. 4.10 Multiplicarea bacteriilor lactice în timpul fermentării iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

**Notă: PM-proba martor; IA- iaurt cu aronia; IZ- iaurt cu zmeură; IC- iaurt cu căpșună*

Adăugarea piureurilor din fructe a determinat o scădere a pH-ului inițial al amestecului de lapte de capră și vacă inoculat. Această scădere a fost influențată de compoziția acidă a piureurilor: cel de aronia a generat un pH inițial de 5,63, cel de zmeură - 5,27, iar cel de căpșună - 5,19. Valoarea mai mică a pH-ului inițial se explică prin prezența acizilor organici naturali precum acidul ascorbic, acidul citric și acidul malic, caracteristici pentru piureurile din fructe bacifere.

Tendința de scădere a pH-ului pe parcursul fermentării a fost observată în toate probele de iaurturi din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere. Evoluția acidifierii a fost proporțională cu tipul de piure adăugat. Valorile finale ale pH-ului, după 6 h de fermentare, au variat între 4,25 și 4,38, indicând o fermentare completă, cu variații nesemnificative din punct de vedere tehnologic. Acest comportament este în concordanță cu observațiile raportate de un

studiu care au evidențiat o accelerare a procesului de coagulare și o creștere a ratei de acidifiere în prezența compușilor din piureurile de fructe (Barat et al., 2018).

În paralel, a fost monitorizată dinamica multiplicării BL benefice, în special *Streptococcus thermophilus* și *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, care joacă un rol esențial în dezvoltarea aromei și texturii a iaurtului. Așa cum se observă în fig. 4.10, numărul UFC a crescut semnificativ în toate probele de iaurturi din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere, atingând un maxim după 6 h de fermentare. Comparativ cu proba PM, care a înregistrat o evoluție de la $0,20 \cdot 10^9$ până la $2,11 \cdot 10^9$ UFC/g, proba IA a prezentat valori mai ridicate, de la $0,65 \cdot 10^9$ până la $2,99 \cdot 10^9$ UFC/g. Probele IZ și IC au atins valori de $2,65 \cdot 10^9$ UFC/g, respectiv $2,93 \cdot 10^9$ UFC/g. Aceste diferențe pot fi explicate prin aportul nutrițional al piureurilor din fructe bacifere, care furnizează glucide fermentescibile și compuși bioactivi, stimulând metabolismul BL. În plus, simbioza dintre *Lactobacillus bulgaricus*, capabil să producă peroxid de hidrogen și *Streptococcus thermophilus*, care contribuie la acidifiere, a favorizat un echilibru microbiologic optim în timpul fermentării (Cușmenco et al., 2022). Prin urmare, se poate observa că adăugarea piureurilor de fructe bacifere nu doar că a favorizat acidifierea rapidă a iaurtului din amestec de lapte de capră și vacă, ci a contribuit și la susținerea dezvoltării microbiotei lactice benefice, conferind produsului finit proprietăți funcționale superioare.

Rezultatele obținute sunt în conformitate cu datele din literatura de specialitate. De exemplu, un studiu a demonstrat că adaosul de extract de *Siraitia grosvenorii* (monkfruit) a accelerat fermentarea și a redus pH- ul iaurtului de la 5,68 până la 4,61, datorită efectului acidifiant al compușilor organici din extract și a stimulării creșterii BL (Ban et al., 2020). Într- un studiu similar s-a observat o scădere a pH- ului de la 5,83 până la 4,67 în iaurturile suplimentate cu extract de argel (*Solenostemma argel Hayne*), (Mohamed-Ahmed et al., 2020).

4.2.2 Acumularea acidului lactic în timpul fermentării iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

Procesul de fermentare a iaurtului implică conversia lactozei și a altor zaharuri fermentescibile în acid lactic, sub acțiunea enzimatică a BL, în principal *Streptococcus thermophilus* și *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*. Acidul lactic format joacă un rol esențial în scăderea pH- ului și în stabilizarea gelului proteic, influențând direct textura, siguranța microbiologică și caracteristicile senzoriale. Datele prezentate în tabelul 4.9 evidențiază dinamica acumulării acidului lactic în timpul fermentării, la intervale regulate (0, 2, 4 și 6 h) a iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere.

Tabelul 4.9. Acumularea acidului lactic în iaurturile din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere la fermentare

Nr.	Proba	Cantitatea de acid lactic, g/100 g			
		Durata fermentării, h			
		0	2	4	6
1.	PM	0,03±0,01	0,14±0,02	0,34±0,01	0,68±0,02
2.	IA	0,07±0,04	0,17±0,04	0,37±0,05	0,81±0,05
3.	IZ	0,05±0,02	0,16±0,03	0,36±0,03	0,80±0,02
4.	IC	0,04±0,02	0,15±0,03	0,35±0,02	0,79±0,03

**Notă: PM- proba martor; IA- iaurt cu aronia; IZ- iaurt cu zmeură; IC- iaurt cu căpșună
Valorile reprezintă media a trei determinări independente ± abaterea standard, $P \leq 0,05$*

Se constată că adăugarea piureurilor de aronia (IA), zmeură (IZ) și căpșună (IC) a condus la o creștere semnificativă a concentrației de acid lactic în toate etapele procesului, în comparație cu proba PM. După 6 h de fermentare, valorile maxime ale conținutului de acid lactic au fost de: 0,81 g/100 g pentru proba IA, de 0,80 g/100 g pentru proba IZ, și de 0,79 g/100 g pentru proba IC, comparativ cu 0,68 g/100 g în proba PM. Această creștere este asociată cu aportul suplimentar de zaharuri simple și compuși bioactivi proveniți din piureurile de fructe bacifere, care acționează ca substraturi fermentescibile suplimentare pentru BL. În special, conținutul ridicat de glucoză, fructoză și zaharuri reducătoare din piureurile de fructe bacifere a favorizat intensificarea metabolismului bacterian și, implicit, acumularea de acid lactic. În termeni procentuali, creșterea ponderii acidului lactic în iaurturile din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere față de proba PM- 47,35% este evidentă: proba IA - 55,43%, proba IZ - 52,11%, proba IC - 51,38%. Această diferență subliniază efectul pozitiv al piureurilor din fructe bacifere asupra activității fermentative, susținând o fermentare mai intensă și mai rapidă. Astfel, se poate observa că piureurile din fructe bacifere favorizează un mediu fermentativ mai activ, generând o cantitate crescută de acid lactic într-un timp mai scurt. Acest efect are implicații directe asupra proprietăților funcționale și indicatorilor microbiologici ai iaurtului din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere.

Rezultatele obținute sunt asemănătoare cu cele raportate într- un studiu, care a investigat efectul cojii de mango (*Mangifera indica* L.) asupra procesului de fermentare a iaurtului. Autorii au observat o creștere substanțială a concentrației de acid lactic, cu valori de la 0,03 g/100 g până la 0,73 g/100 g în cazul iaurtului de mango, comparativ cu iaurtul natural. În plus, autorii au menționat că acidifierea crescută este rezultatul sinergic al producției de acid lactic și a altor metaboliți, cum ar fi acidul formic, acetaldehida și acidul acetic (Vicenssuto et al., 2020).

4.2.3 Corelația dintre vâscozitatea dinamică și pH în timpul fermentării iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

Evoluția VD în iaurturile cu piureuri din fructe bacifere (IA, IZ și IC) comparativ cu proba PM, a fost monitorizată pe parcursul fermentării timp de 6 h (fig. 4.11). Creșterea VD în toate probele a fost semnificativă în această perioadă, fiind atribuită modificărilor structurale ale rețelei proteice de gel, reținerii apei și interacțiunilor dintre cazeine și componentele hidrofobe ale proteinelor lactice (Bulgaru et al. 2020). În primele 2 h de fermentare, modificările VD au fost minime. Creșterea substanțială a fost observată în intervalul de 2 - 4 h, atingând valori maxime la finalul fermentării (6 h).

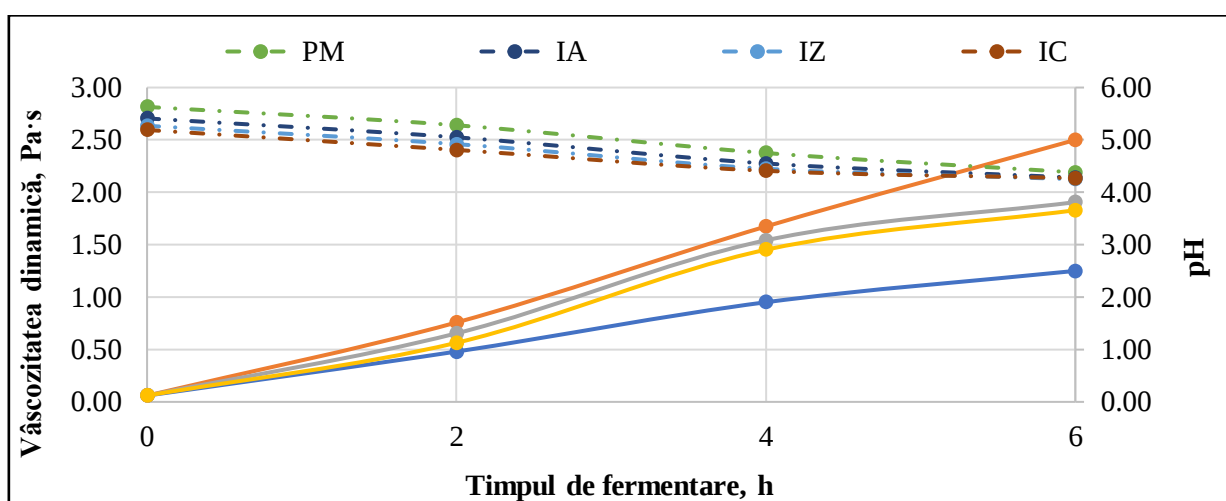


Fig. 4.11 Evoluția vâscozității dinamice și pH-ului la fermentarea iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

**Notă: PM- proba martor; IA- iaurt cu aronia; IZ- iaurt cu zmeură; IC- iaurt cu căpșună*

Astfel, probele de iaurturi din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere au prezentat următoarele intervale ai VD: proba IA: 0,06 - 2,50 Pa·s; proba IZ: 0,06 - 1,54 Pa·s și proba IC: 0,06 - 1,45 Pa·s, față de proba PM: 0,06 - 1,25 Pa·s. Valoarea cea mai ridicată a fost înregistrată pentru proba IA, ceea ce poate fi explicat prin conținutul mai mare de fibre solubile și pectină prezent în piureul de aronia, care a favorizat dezvoltarea unei rețele gelificate mai dense și mai stabile.

Creșterea VD a fost strâns corelată cu scăderea pH-ului în timpul fermentării. Reducerea pH-ului, determinată de activitatea BL, a favorizat formarea unei structuri tridimensionale semisolidă a gelului de iaurt, prin agregarea micelilor de cazeină și prin întărirea legăturilor intermoleculare în matricea gelului. Aceste modificări sunt însoțite de o retenție crescută a apei și

de o diminuare a sinerezei, ceea ce contribuie la îmbunătățirea vâscozității și consistenței produsului finit (Costa et al., 2014).

În plus, aportul de fibre dietetice și polizaharide (în special pectină) provenite din piureurile de fructe bacifere a influențat favorabil structura gelului, așa cum au demonstrat și alte studii. De exemplu, un studiu a evidențiat că pectina din piureuri de fructe are capacitatea de a interacționa cu proteinele din lapte, stabilizând rețeaua proteică și reducând pierderile de zer (Joon et al., 2017). Alt studiu a arătat că suplimentarea iaurtului cu extract de frunze de argel (*Solenostemma argel*) a condus la creșterea vâscozității dinamice de la 0,15 până la 1,98 Pa·s (Mohamed-Ahmed et al., 2020). De asemenea, studiul privind îmbogățirea iaurtului cu pudră de roșcove (*Ceratonia siliqua*) a evidențiat o vâscozitate dinamică crescută, cu valori de la 0,21 și până la 2,32 Pa·s, față de proba martor (Shalaby et al., 2018).

4.2.4 Studiul evoluției activității apei la fermentarea iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

Evoluția a_w în probele de iaurturi din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere cercetate pe parcursul fermentării este prezentată în fig. 4.12. Rezultatele observate nu au raportat diferențe semnificative între probe ($p > 0,05$), iar valorile au variat de la 0,961 u.c. până la 0,858 u.c. între probele de iaurturi din amestec de lapte de capră și vacă cu fructe (probele IA, IZ, IC) în raport cu proba PM.

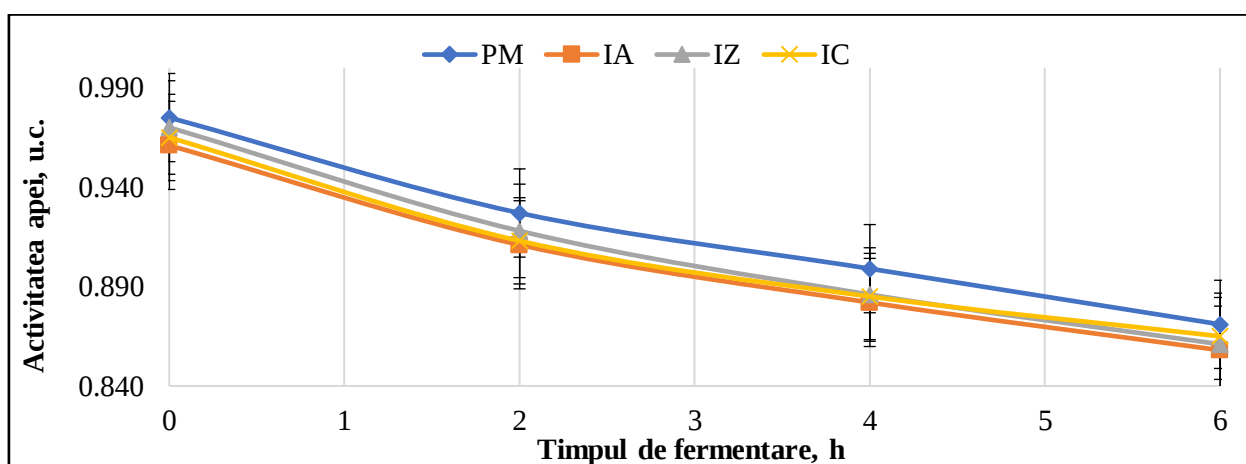


Fig. 4.12 Evoluția activității apei la fermentarea iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

*Notă: PM- proba martor; IA- iaurt cu aronia; IZ- iaurt cu zmeură; IC- iaurt cu căpșună

Astfel proba IA a prezentat valori de 0,961 u.c. la 0 h de fermentare și 0,858 u.c. la 6 h de fermentare, urmată de proba IC care a prezentat valori de 0,965 u.c. la 0 h și 0,865 u.c. la 6 h și de proba IZ a prezentat valori de 0,970 u.c. la 0 h și 0,861 u.c. la 6 h. Proba PM a prezentat valori de

0,975 u.c. la 0 h și 0,871 u.c. la 6 h. În cazul iaurturilor, unul dintre mijloacele eficiente de a_w constă în reglarea pH-ului, care afectează nu doar activitatea microbiologică, ci și disponibilitatea apei libere.

Această relație a fost evidențiată și în studiul, care a investigat dinamica a_w în iaurtul îmbogățit cu mousse de cătină albă (*Hippophaë rhamnoides* L.), unde autorii au raportat o scădere semnificativă pe parcursul fermentării: de la 0,911 u.c. (0 h) până la 0,832 u.c. (8 h), sugerând o corelație directă între progresul fermentativ, reducerea pH-ului și limitarea apei disponibile pentru activitatea metabolică (Brodziak et al., 2021).

4.3 Analiza caracteristicilor senzoriale ale iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

Evaluarea caracteristicilor senzoriale reprezintă o etapă esențială în analiza calității produselor alimentare, contribuind la determinarea acceptabilității consumatorilor prin examinarea unor atribute precum: aspectul și consistența, culoarea, mirosul și gustul. În acest context, caracteristicile senzoriale ale iaurturilor cu piureuri din fructe bacifere (probele IA, IZ, IC) au fost comparate cu proba PM, iar rezultatele sunt sintetizate în tabelul 4.10.

Tabelul 4.10. Caracteristici senzoriale ale iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

Nr.	Caracteristici	PM	IA	IZ	IC
1.	Aspect și consistență	Coagul de consistență semi-lichidă, cu aspect de porțelan la rupere	Coagul de consistență fermă, cu aspect de porțelan la rupere		
2.	Culoare	Alb - gălbuie, uniformă în toată masa	Violet - pal, caracteristic piureului din aronia, uniformă în toată masa	Roșu - pal, caracteristic piureului din zmeură, uniformă în toată masa	Roz - pal, caracteristic piureului din căpșună, uniformă în toată masa
3.	Miros și gust	Specific de iaurt, cu particularități specifice fermentației lactice, plăcut, acrișor. Fără gust și miros străin	Plăcut, acrișor, cu nuanță de piureu de aronia, potrivit de dulce. Fără miros sau gust străin	Plăcut, acrișor, cu nuanță de piureu de zmeură, potrivit de dulce. Fără miros sau gust străin	Plăcut, acrișor, cu nuanță de piureu de căpșună, potrivit de dulce. Fără miros sau gust străin

*Notă: PM- proba martor; IA- iaurt cu aronia; IZ- iaurt cu zmeură; IC- iaurt cu căpșună

Proba PM s-a evidențiat printr- un coagul de consistență semilichidă, aspect neted și uniform, cu ruptură de tip porțelan, culoare alb - gălbuie omogen distribuită, miros specific de fermentație lactică și gust plăcut, ușor acrișor, fără prezența unor mirosuri sau gusturi străine. În contrast, toate probele de iaurturi din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe

bacifere (IA, IZ, IC) au prezentat o consistență fermă, coagul dens și aspect de porțelan, textură mai cremoasă. Culoarea iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere a reflectat specificul piureurilor utilizate: proba IA: violet - pal, uniform distribuit, proba IZ: roșu - pal, omogen; proba IC: roz - pal, echilibrat în toată masa.

Intensitatea culorii a fost apreciată pozitiv de către evaluatori. Se remarcă faptul că aceste nuanțe contribuie la atractivitatea vizuală a produsului finit, iar literatura de specialitate susține că un astfel de impact vizual pozitiv este corelat cu o creștere a percepției acceptabilității senzoriale (Nguyen et al., 2016). În ceea ce privește mirosul și gustul, toate probele de iaurturi din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere au fost descrise ca fiind plăcute, cu o aciditate echilibrată, specifice fermentației lactice, îmbogățite cu arome naturale provenite din piureurile de fructe bacifere corespunzător piureului din fructe adăugat - aronia în proba IA, zmeură în proba IZ și căpșună în proba IC - fără a se percepe mirosuri străine sau defecte senzoriale, dulceață naturală a piureurilor din fructe bacifere, care a contribuit la îmbunătățirea profilului gustativ, generând un echilibru senzorial apreciat de degustatori.

Conform punctajelor obținute (fig. 4.13), toate iaurturile din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere au înregistrat aprecieri înalte ale caracteristicilor senzoriale, obținând punctaje între 3,5 și 5,0 puncte pentru fiecare caracteristică evaluată. Atributele cele mai bine punctate au fost gustul și mirosul, urmate de aspect și consistență.

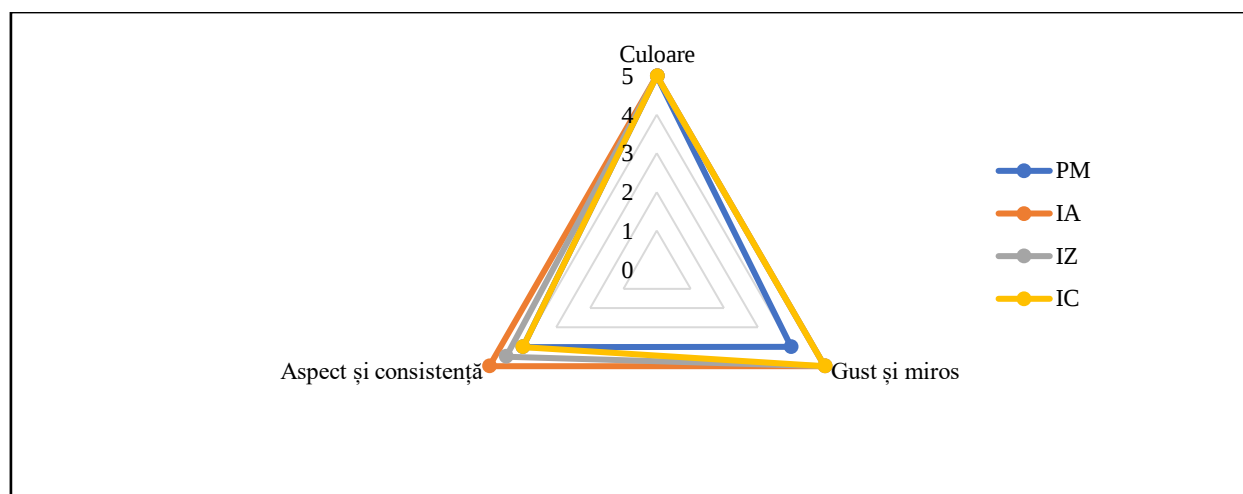


Fig. 4.13 Caracteristici senzoriale ale iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

**Notă: PM- proba martor; IA- iaurt cu aronia; IZ- iaurt cu zmeură; IC- iaurt cu căpșună*

În mod particular, proba IA a înregistrat cele mai bune scoruri de acceptabilitate generală, fiind percepută ca având o textură fină și cremoasă, gust dulce - acrișor echilibrat, o culoare atractivă (violet - pal) și miros plăcut și natural.

Aprecierea senzorială înaltă a consistenței tuturor probelor de iaurturi din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere poate fi corelată cu prezența unor compuși funcționali conținuți în piureurile de fructe bacifere - în special fibre alimentare, glucide și metaboliți bacterieni (acizi organici, exopolizaharide), care au contribuit la întărirea gelului și îmbunătățirea rețelei tridimensionale a matricei proteice.

Rezultatele obținute indică faptul că piureurile din fructe bacifere nu doar că au îmbunătățit profilul senzorial al iaurtului, dar au contribuit și la creșterea acceptabilității generale, fără apariția unor defecte perceptibile de către degustatori. Astfel, aceste piureuri din fructe bacifere pot fi considerate ingrediente funcționale viabile în formularea iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere.

Aceste observații sunt în acord cu cele raportate de studiul unde adaosul de cătină (*Hippophaë rhamnoides* L.) s-a dovedit a fi destul de acceptabil pentru membrii degustatori. Evaluarea generală a fost mult mai mare decât cea a probei martor, iar acest fapt a indicat o acceptare ridicată a iaurtului fortificat (Terpou et al., 2019b). Contrar, un alt studiu, a demonstrat că adăugarea pulpei de dovleac (*Cucurbita maxima*) a scăzut cu 15% atractivitatea culorii iaurtului (Barakat et al., 2017), în timp ce adăugarea aroniei (*Aronia melanocarpa*) a avut efectul opus și a crescut acceptabilitatea senzorială (Nguyen et al., 2016).

4.4 Studiul indicatorilor microbiologici ai iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

Siguranța microbiologică a alimentelor, în special a produselor lactate fermentate, reprezintă un criteriu esențial în evaluarea calității și acceptabilității acestora. Indicatorii microbiologici sunt utilizați pentru a verifica eficiența proceselor tehnologice și conformitatea cu normele de igienă alimentară, având un rol fundamental în prevenirea riscurilor de contaminare. În mod particular, iaurturile sunt susceptibile contaminării cu microorganisme de alterare, precum drojdii, mucegaiuri și bacterii din familia *Enterobacteriaceae*, care pot afecta negativ proprietățile senzoriale și stabilitatea produsului. Conform literaturii de specialitate, drojdiile au capacitatea de a metaboliza componentele majore ale laptelui (lactoza, proteine și lipide), utilizând lactoza ca sursă principală de carbon, ceea ce poate conduce la fermentații nedorite și defecte senzoriale (Juturu et al., 2016). De asemenea, mucegaiurile pot produce pigmenți, mirosuri neplăcute sau chiar micotoxine, punând în pericol siguranța alimentară.

În cadrul acestui studiu, s-a acordat o atenție deosebită eliminării riscurilor microbiologice prin aplicarea riguroasă a tratamentului termic (pasteurizare) asupra laptelui și a piureurilor din fructe, urmată de fermentarea controlată cu culturi starter selecționate. Determinările au fost

efectuate în 1-a zi după producere, pentru a înregistra eventuale contaminări inițiale. Rezultatele obținute, prezentate în tabelul 4.11, indică absența totală a microorganismelor alterante investigate (drojdiile, mucegaiuri, *Listeria monocytogenes*, *Enterobacterii* și *Escherichia coli*), atât în proba PM, cât și în cele cu piureuri din fructe bacifere (probele IA, IZ, IC).

Tabelul 4.11. Indicatori microbiologici ai iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

Nr.	Indicator	PM	IA	IZ	IN
1.	Drojdiile și mucegaiuri, UFC/g	ND	ND	ND	ND
2.	<i>Listeria monocytogenes</i>	ND	ND	ND	ND
3.	<i>Enterobacteriaceae</i>	ND	ND	ND	ND
4.	<i>Echerichia coli</i>	ND	ND	ND	ND

*Notă: PM- proba martor; IA- iaurt cu aronia; IZ- iaurt cu zmeură; IC- iaurt cu căpșună, ND- nedetectat
Valorile reprezintă media a trei determinări independente $\pm$ abaterea standard, $P \leq 0,05$

Toate valorile se încadrează în limitele de conformitate stabilite prin legislația națională în vigoare (HG 158/2019, Anexa 4), ceea ce atestă calitatea microbiologică ridicată a iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere. Pe lângă conformitatea sanitară, este important de subliniat și rolul bioactiv al componentelor fenolice din piureurile de fructe bacifere, care pot contribui la stabilitatea microbiologică. Antocienii, flavonoizii și alți compuși bioactivi prezenți în piureurile din fructele bacifere (aronia, zmeură, căpșună) posedă proprietăți antimicrobiene, având capacitatea de a inhiba dezvoltarea unor bacterii patogene și microorganisme de alterare.

Astfel, conform unui studiu realizat, antocienii extrași din specii precum aronia (*Aronia melanocarpa* L.), fragaria (*Fragaria xananasa*), rubus (*Rubus idaeus* L.), vaccinium (*Vaccinium myrtillus* L.), rubus (*Rubus fruticosus* L.) a manifestat eficacitate antimicrobiană comparabilă cu antibioticele convenționale (tetraciclină, ampicilină), având efect inhibitor asupra unor tulpini Gram-pozitive (ex. *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Enterococcus faecalis*) și Gram-negative (ex. *Citrobacter freundii*, *Escherichia coli*, *Salmonella enterica*), (Junqueira-Gonçalves et al., 2015). Efectele antifungice ale antocienilor sunt confirmate și în studiul în care extractele din afine (*Vaccinium myrtillus*) și aronia (*Aronia melanocarpa* L.) au demonstrat acțiune antimicrobiană eficientă împotriva tulpinilor de *Escherichia coli* și *Staphylococcus aureus*, precum și activitate antifungică împotriva unor specii de drojdiile și mucegaiuri (Salamon et al., 2021). Acești compuși au interferat cu integritatea membranei celulare microbiene, au afectat respirația celulară și au indus modificări oxidative, ceea ce explică parțial lipsa dezvoltării microorganismelor alterante în iaurturile investigate.

Rezultatele indicatorilor microbiologici obținuți confirmă că iaurturile din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere sunt sigure din punct de vedere microbiologic și respectă cerințele reglementărilor sanitare. Absența microorganismelor patogene și de alterare în toate probele de iaurturi din amestec de lapte de capră și vacă atestă eficiența utilizării piureurilor din fructe bacifere care posedă activitate antimicrobiană înaltă.

4.5 Investigarea valorii biologice și activității antioxidante ai iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

Compuși antioxidanți reprezintă o categorie importantă de biomolecule cu impact semnificativ asupra calității nutriționale și funcționale a alimentelor, motiv pentru care prezintă un interes deosebit în industria alimentară. Piureurile din fructe, în special cele bacifere, sunt frecvent utilizate în produsele lactate fermentate, datorită conținutului ridicat de antioxidanți naturali, cum ar fi polifenolii, antocienii, vitaminele și acizii organici (Gunenc et al., 2015; Najgebauer-Lejko et al., 2015; Qureshi et al., 2017).

În cadrul studiului de față, s-a evaluat valoarea biologică (conținutul de acid *L*-hidroascorbic, conținutul total de antocieni, conținutul total de polifenoli) și activitatea antioxidantă ai iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere, conform datelor prezentate în tabelul 4.12. Rezultatele au indicat un conținut semnificativ mai ridicat de acid *L*-hidroascorbic în probele de iaurturi din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere. Cele mai mari valori au fost determinate în proba IC - 47,7 mg/ 100 g, urmată de proba IZ - 38,4 mg/100 g și proba IA - 35,8 mg/100 g. Aceste date evidențiază îmbogățirea iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu compuși biologic activi.

Tabelul 4.12. Valoarea biologică și activitatea antioxidantă a iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

Nr.	Indicator	PM	IA	IZ	IC
1.	Conținut de acid <i>L</i> -hidroascorbic, mg/100 g	-	35,8±0,04	38,4±0,01	47,7±0,03
2.	Conținut total de antocieni, mg/100 g	-	66,3±0,14	37,8±0,14	33,1±0,13
3.	Conținut total de polifenoli, mg GAE/100 g	-	268±0,12	159±0,13	174±0,13
4.	Activitate antioxidantă, mg TE/100 g	-	20,2±0,13	14,1±0,14	13,5±0,13

**Notă: PM- proba martor; IA- iaurt cu aronia; IZ- iaurt cu zmeură; IC- iaurt cu căpșună
Valorile reprezintă media a trei determinări independente ± abaterea standard, P≤0,05*

Este important de menționat că acidul *L*-hidroascorbic este un compus termolabil, sensibil la temperaturile aplicate în procesul de pasteurizare, precum și la peroxidul de hidrogen produs în timpul fermentării cu culturi lactice, ceea ce poate duce la o degradare parțială a acestuia. Totuși, fermentarea iaurturilor din lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere a contribuit la

menținerea unui conținut crescut de acid *L*- hidroascorbic, probabil datorită interacțiunilor complexe între compușii bioactivi din piureurile de fructe și matricea proteică a iaurtului din lapte de capră și vacă. În ceea ce privește conținutul total de antocieni, cele mai ridicate valori s-au înregistrat în iaurturile cu adaos de piureuri din fructe bacifere, cu diferențe semnificative între tipurile de fructe utilizate. Concentrația maximă a fost determinată în proba IA - 66,3 mg/100 g, urmată de proba IZ - 37,8 mg/100 g și de proba IC - 33,1 mg/100 g. Concentrațiile ridicate de antocieni reflectă aportul compușilor fenolici bioactivi prezenți în aceste fructe, care contribuie la intensificarea potențialului antioxidant al produsului prin capacitatea de neutralizare a radicalilor liberi.

Conținutul total de polifenoli a prezentat valori semnificativ crescute în iaurturile din amestec de lapte de capră și vacă cu adaos de piureuri din fructe bacifere. Cele mai ridicate niveluri au fost determinate în proba IA - 268 mg GAE/100 g, urmată de proba IC - 174 mg GAE/100 g și proba IZ - 159 mg GAE/100 g. Aceste valori evidențiază contribuția semnificativă a fructelor bacifere la îmbogățirea produsului finit în compuși fenolici bioactivi, cu rol esențial în sporirea capacității antioxidante și a potențialului funcțional al iaurturilor. Literatura de specialitate subliniază că activitatea antioxidantă totală depinde de conținutul și tipul polifenolilor prezenți, inclusiv acizii fenolici, flavonoidele și antocienii (Luís et al., 2018; Siracusa et al., 2019).

Activitatea antioxidantă, evaluată prin metoda captării radicalilor liberi DPPH, a fost semnificativ mai ridicată în iaurturile din lapte de capră și vacă îmbogățite cu piureuri din fructe bacifere, evidențiind capacitatea crescută a acestor produse de a neutraliza speciile reactive de oxigen. Cele mai înalte valori au fost înregistrate în proba IA - 20,2 mg TE/100 g, urmat de probele IZ - 14,1 mg TE/100 g și IC - 13,5 mg TE/100 g, care au prezentat niveluri comparabile. Aceste rezultate confirmă contribuția piureurilor de fructe bacifere la intensificarea capacității antioxidante a produsului final, efect obținut prin sinergia dintre compușii bioactivi ai fructelor și metaboliții fermentației lactice. Adaosul de piureuri bacifere determină astfel o creștere semnificativă a valorii biologice a iaurtului și un potențial sporit de protecție împotriva stresului oxidativ, aspect ce susține dezvoltarea unui iaurt funcțional cu beneficii reale pentru sănătate.

Aceste constatări se aliniază cu datele din literatura de specialitate, unde, de exemplu, s-a demonstrat că iaurturile îmbogățite cu aronia (*Aronia melanocarpa*) au prezentat o creștere semnificativă a potențialului antioxidant, cu o valoare a activității antioxidante de până la 29,74 mg TE/100 g (Nguyen et al., 2016).

4.6 Evaluarea proprietăților antimicrobiene ale iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

Alterarea microbiană reprezintă o problemă majoră pentru industria alimentară, nu doar din perspectiva pierderilor economice semnificative, ci și din perspectiva siguranței alimentare. Iaurtul, datorită compoziției sale nutritive bogate în proteine, glucide, lipide, vitamine și minerale, constituie un mediu ideal pentru proliferarea unor microorganisme alterante, în special a speciilor producătoare de enzime lipolitice, cum sunt bacteriile din genurile *Pseudomonas*, *Bacillus*, precum și anumite drojdii și mucegaiuri (*Candida*, *Geotrichum*, *Aspergillus*, *Rhizopus*) (Cavicchioli et al., 2015; Terpou et al., 2019a; Thompson et al., 2019). Aceste microorganisme pot conduce la afectarea gustului, mirosului și texturii, limitând astfel durata de valabilitate. În contextul creșterii preocupărilor privind sănătatea consumatorilor și evitarea aditivilor chimici, utilizarea compușilor antimicrobieni naturali reprezintă o strategie emergentă și promițătoare pentru extinderea duratei de valabilitate a alimentelor. În acest sens, piureurile din fructe bacifere, bogate în compuși bioactivi precum antioxidanți, polifenoli, antocieni și acizi organici, pot conferi iaurturilor o activitate antimicrobiană înaltă, contribuind la inhibarea dezvoltării microorganismelor patogene.

Activitatea antimicrobiană a iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere - aronia (IA), zmeură (IZ) și căpșună (IC) a fost determinată prin măsurarea diametrului zonei de inhibiție a creșterii bacteriene (Ehling-Schulz et al., 2019). Mărimea zonei de inhibiție reflectă capacitatea substanțelor active din probele de iaurturi din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere de a împiedica dezvoltarea bacteriilor țintă, reprezentând un criteriu relevant pentru evaluarea potențialului conservant natural al piureurilor din fructe bacifere. Rezultatele experimentale (fig. 4.14) au evidențiat variații semnificative ale diametrului zonei de inhibiție, în funcție de tipul piureului utilizat. Proba IZ a înregistrat cea mai mare zonă de inhibiție, de 18,5 mm, urmată de proba IA cu 16,2 mm și de proba IC cu 15,2 mm.

Aceste diferențe pot fi explicate prin compoziția chimică distinctă a piureurilor din fructe bacifere, în special prin conținutul înalt de compuși fenolici și antioxidanți, recunoscuți pentru proprietățile lor antimicrobiene. Fructele de aronia, cunoscute pentru conținutul ridicat de antocieni și alți compuși fenolici, exercită o puternică activitate antioxidantă și antimicrobiană prin mai multe mecanisme: deteriorarea integrității membranei celulare a bacteriilor, inhibarea enzimelor implicate în metabolismul microbian și suprimarea sintezei factorilor de virulență, inclusiv a toxinelor și a biofilmului bacterian (Ghendov-Moșanu et al., 2018; Sandulachi et al., 2021; Cușmenco et al., 2023).

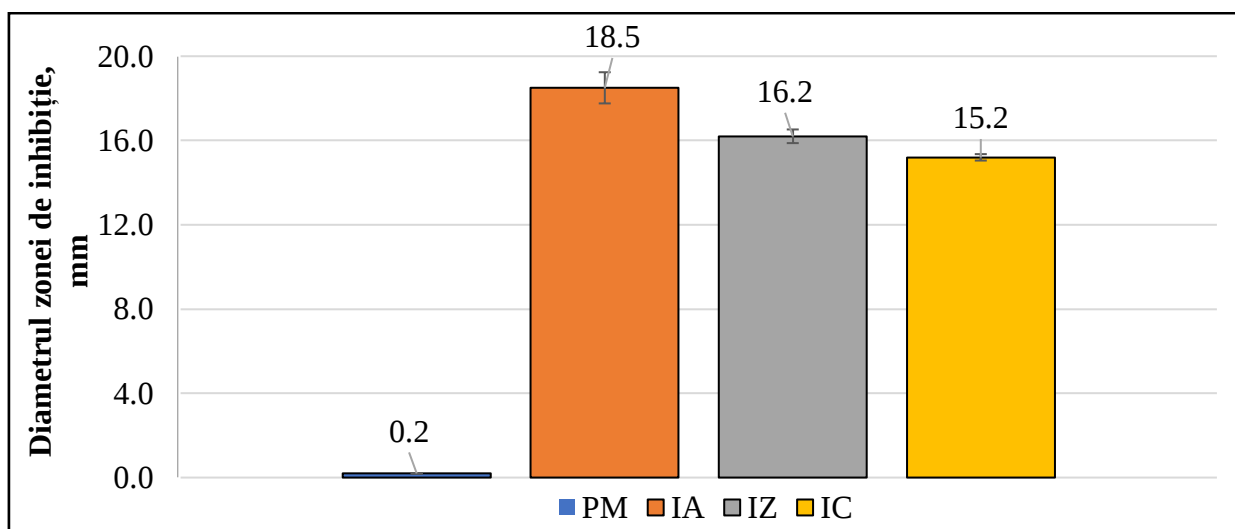


Fig. 4.14 Activitatea antimicrobiană a iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

**Notă: PM- proba martor; IA- iaurt cu aronia; IZ- iaurt cu zmeură; IC- iaurt cu căpșună*

Studiile anterioare au confirmat că fructele bogate în antocieni, precum afinele (*Vaccinium myrtillus*) și zmeura (*Rubus idaeus*), manifestă una dintre cele mai puternice activități antibacteriene naturale. Conform unui studiu realizat, efectele antimicrobiene ale acestor fructe sunt atribuite unui complex de compuși bioactivi, inclusiv acizi organici, tanini și acizi fenolici, care acționează sinergic pentru a inhiba creșterea microbiană (Nohynek et al., 2006).

Rezultatele prezentate în acest studiu, care evidențiază o activitate antimicrobiană superioară pentru iaurturile din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere comparativ cu proba martor, confirmă utilitatea acestor ingrediente naturale în formularea produselor lactate fermentate. Ele oferă o alternativă sigură și eficientă pentru controlul microbian, cu potențial de reducere a dependenței de conservanți chimici și de prevenire a contaminărilor microbiologice. Prin urmare, această cercetare contribuie la fundamentarea științifică a utilizării piureurilor din fructe bacifere ca aditivi naturali în industria lactatelor, oferind date importante și caracteristici funcționale îmbunătățite. Aceste constatări susțin utilizarea piureurilor din fructe bacifere ca ingrediente funcționale în produsele lactate fermentate, nu doar pentru valoarea nutritivă și senzorială, ci și pentru potențialul antimicrobian.

Figura 4.15 evidențiază relația strânsă dintre activitatea antioxidantă și activitatea antimicrobiană determinate în iaurturile obținute din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere. Rezultatele statistice indică o corelație pozitivă foarte puternică între cele două tipuri de activitate (antioxidantă și antimicrobiană), ($R^2 = 0,9558$), sugerând că intensificarea potențialului antioxidant al acestor iaurturi este asociată direct cu amplificarea efectului antimicrobian.

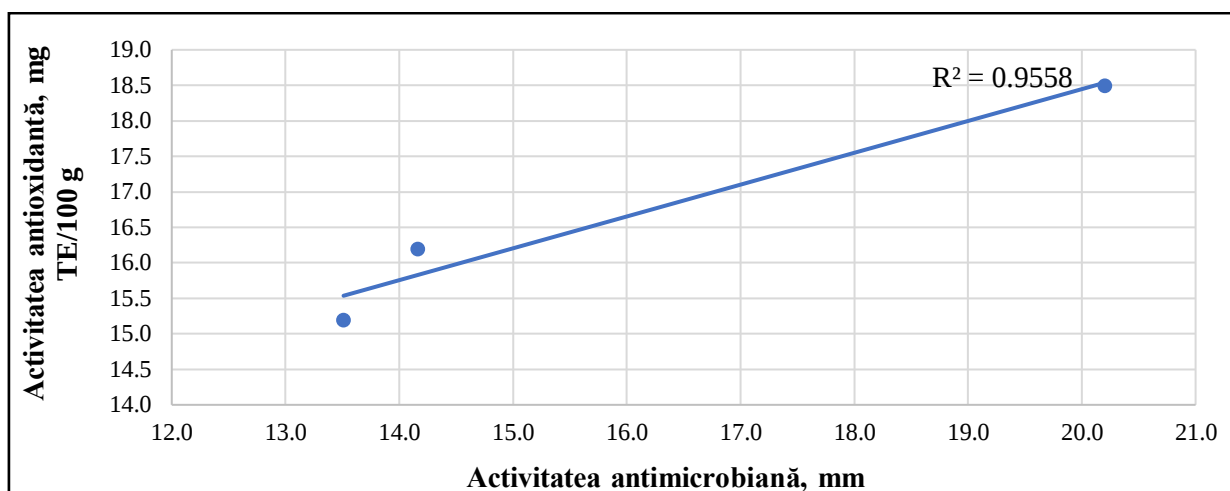


Fig. 4.15 Corelația dintre activitatea antioxidantă și activitatea antimicrobiană ai iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

**Valorile reprezintă media a trei determinări independente $\pm$ abaterea standard, $P \leq 0,05$*

Această asocieră reflectă, cel mai probabil, contribuția compușilor fenolici și a altor metaboliți bioactivi specifici piureurilor din fructe bacifere, care manifestă atât proprietăți antioxidante, cât și capacitatea de a inhiba dezvoltarea microorganismelor. Astfel, rezultatele susțin ipoteza conform căreia adaosul de piureuri din fructe bacifere nu doar îmbogățește iaurturile cu compuși bioactivi, ci și favorizează dezvoltarea unui produs complex, cu efect sinergic de protecție antioxidantă și antimicrobiană, ceea ce amplifică valoarea funcțională și relevanța nutrițională a acestor produse.

4.7 Analiza indicatorilor fizico - chimici ai iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

În cadrul acestui studiu, iaurturile din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere au fost caracterizate printr-o serie de indicatori fizico - chimici relevanți pentru evaluarea calității produsului finit: aciditate titrabilă, ($^{\circ}\text{T}$), conținut de grăsime (%), substanță uscată totală (SUT, %), conținut de cenușă (%), glucide (%), proteină totală (%) și sinereză (%). Datele obținute, sintetizate în tabelul 4.13, au evidențiat modificări semnificative, dar în limite acceptabile, între probele IA, IZ, IC față de proba PM. AT reprezintă un indicator esențial al fermentării lactice, reflectând concentrația acizilor organici formați, și influențează gustul, stabilitatea și conservabilitatea iaurtului. Valorile măsurate au variat între 85 $^{\circ}\text{T}$ în proba IA și 95 $^{\circ}\text{T}$ în proba PM, confirmând o ușoară reducere ai AT în probele de iaurturi din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere. Această scădere poate fi atribuită compușilor bioactivi din piureurile de fructe bacifere care pot influența metabolismul bacterian sau capacitatea tampon a matricei lactice.

Tabelul 4.13. Indicatori fizico - chimici ai iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

Nr.	Indicatori	PM	IA	IZ	IC
1.	Aciditate titrabilă, °T	95,23±0,11	85,74±0,12	93,35±0,12	91,27±0,11
2.	Conținut de grăsime, %	3,11±0,03	2,83±0,05	2,72±0,02	2,65±0,04
3.	Conținut de substanță uscată totală, %	17,57±0,22	18,45±0,31	18,28±0,26	18,11±0,28
4.	Conținut de cenușă, %	0,65±0,01	0,89±0,02	0,79±0,02	0,69±0,01
5.	Conținut de glucide, g/100 g	2,95±0,05	3,05±0,03	4,85±0,04	3,68±0,03
6.	Conținut de proteină totală, %	3,95±0,03	5,87±0,05	5,45±0,02	5,23±0,04
7.	Sinereza, %	2,11±0,01	1,23±0,02	1,82±0,05	1,51±0,04

**Notă: PM- proba martor; IA- iaurt cu aronia; IZ- iaurt cu zmeură; IC- iaurt cu căpșună
Valorile reprezintă media a trei determinări independente ± abaterea standard, P≤0,05*

Substanța uscată totală a prezentat o creștere notabilă în probele de iaurturi din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere (18,11 - 18,45 %) față de proba PM (17,57 %). Această creștere a fost determinată de aportul suplimentar de fibre și hidrocoloizi din piureurile de fructe bacifere, care au contribuit la stabilizarea texturii și la creșterea consistenței iaurtului.

Conținutul de grăsime a variat ușor între probe, cu valori mai scăzute în probele de iaurturi din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere (2,6 - 2,8 %) comparativ cu proba PM (3,1 %). Reducerea grăsimii este, probabil, cauzată de diluarea conținutului lipidic al iaurtului prin adaosul de piureuri de fructe bacifere, care conțin în principal apă și fibre.

Conținutul de cenușă a fost mai ridicat în probele de iaurturi din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere, atingând maxim 0,89 % în proba IA, urmat de 0,79 % în proba IZ și 0,69 % în proba IC, comparativ cu 0,65 % în proba PM. Această creștere indică aportul mineralelor din piureurile de fructe bacifere adăugate, cum ar fi potasiu, calciu și magneziu, care pot influența pozitiv valoarea nutrițională a iaurtului.

Conținutul de glucide a fost influențat direct de profilul zaharurilor din piureurile de fructe bacifere. Proba IA a înregistrat cea mai mică valoare (3,05 g/100 g), reflectând conținutul redus de glucide din piureul de aronia (6,90 g/100 g), urmată de proba IC (3,68 g/100 g) și de proba IZ (4,85 g/100 g), corespunzător conținuturilor naturale de glucide din piureul de căpșună și de zmeură. Toate valorile s-au încadrat sub limita maximă admisă de 5 g/100 g pentru conținutul de glucide în produsele lactate conform EFSA (2012).

Conținutul de proteină totală, esențial atât din punct de vedere nutrițional, cât și tehnologic, a fost semnificativ mai mare în probele de iaurturi din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere (5,23 - 5,87 %) față de proba PM (3,95 %). Creșterea proteică poate fi explicată prin interacțiunea polifenolilor și proteinelor din lapte, care conduce la formarea unor complexe proteice mai stabile, precum și prin contribuția proteinelor din piureurile de fructe bacifere.

Sinereza este un indicator critic al stabilității structurale a iaurtului și influențează acceptabilitatea senzorială. Proba PM a prezentat o sinereză de 2,1 %, cea mai ridicată, în timp ce probele de iaurturi din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere au înregistrat valori reduse între 1,3 și 1,8 %. Aceasta se datorează conținutului crescut de substanță uscată și, în special, a pectinei și altor hidrocoloizi din piureurile de fructe bacifere, care au îmbunătățit capacitatea rețelei proteice din iaurt.

Pe baza acestor rezultate, se confirmă că adaosul piureurilor din fructe bacifere a influențat pozitiv indicatorii fizico - chimici ai iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă, îmbunătățind proprietățile tehnologice și valoarea nutrițională, fără a afecta negativ stabilitatea iaurtului. Aceste constatări sunt în concordanță cu studiul, care a raportat caracteristici similare la iaurturile îmbogățite cu piure de papaya (*Carica papaya*), subliniind potențialul utilizării fructelor în dezvoltarea produselor lactate funcționale (Othman et al., 2019).

4.8 Analiza proprietăților texturale ale iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

Textura reprezintă un atribut esențial ce influențează calitatea senzorială și acceptabilitatea iaurtului. Aceasta este determinată de structura tridimensională a rețelei proteice, care captează apa și formează o matrice gelificată stabilă. Proprietățile texturale ale iaurtului sunt influențate de factori multipli, precum compoziția chimică (conținut total de substanță uscată, proteine, lipide), condițiile de producere (metoda de procesare, temperatura de fermentare și răcire), tipul și concentrația ingredientelor adăugate, precum și condițiile de păstrare (Felipe et al., 2019; Bulgaru et al., 2020). În procesul de fermentație, rolul culturii starter este esențial: *Streptococcus thermophilus* contribuie în principal la formarea compușilor aromatici, iar *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* este responsabil pentru acidifiere, determinând precipitarea și coagularea cazeinei. Aceasta duce la consolidarea rețelei proteice și îmbunătățirea texturii finale.

În acest context, proprietățile texturale ale iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere (aronia, zmeură și căpșună) au fost evaluate prin determinarea parametrilor de fermitate, gumozitate, adezivitate și lipiciozitate (tabelul 4.14). Rezultatele evidențiază o ameliorare semnificativă a tuturor acestor indicatori în probele cu piureuri din fructe bacifere față proba PM. În detaliu, proba IA a prezentat cele mai ridicate valori pentru toți parametrii măsurați: fermitate 35 %, adezivitate 174,7 %, coezivitate 18,1 g și gumozitate 42,1 g. Aceste îmbunătățiri se datorează în principal capacității ridicate a piureului de aronia de a reține apa, datorită conținutului crescut de fibre solubile și polizaharide naturale (precum pectinele), care contribuie la formarea unei structuri gelice mai dense și mai coezive.

Tabelul 4.14. Evaluarea texturii iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

Nr.	Probă	Gumozitate, g	Fermitate, %	Adezivitate, %	Coezivitate, g
1.	PM	27,4±0,1	28,2±0,1	94,2±0,2	14,5±0,1
2.	IA	42,1±0,3	35,1±0,3	174,7±0,2	18,1±0,2
3.	IZ	34,9±0,2	30,3±0,2	104,1±0,3	14,6±0,1
4.	IC	40,4±0,3	32,3±0,2	162,3±0,4	17,1±0,1

**Notă: PM- proba martor; IA- iaurt cu aronia; IZ- iaurt cu zmeură; IC- iaurt cu căpșună
Valorile reprezintă media a trei determinări independente ± abaterea standard, $P \leq 0,05$*

În schimb, proba IC a înregistrat valori mai scăzute pentru aceiași parametri, dar totuși superioare față de proba PM: fermitate 30 %, adezivitate 104,1 %, coezivitate 14,6 g și gumozitate 34,9 g.

Comparativ, toate probele de iaurturi din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere au prezentat o tendință clară de îmbunătățire a proprietăților texturale în raport cu proba PM, unde fermitatea a fost de 28 %, adezivitatea 94,2%, coezivitatea 14,5 g și gumozitatea 27,4 g. Această modificare se corelează cu creșterea substanței uscate și conținutul de hidrocoloizi în matricea iaurtului, aspecte ce conferă stabilitate și o senzație tactilă plăcută la consum. Astfel, piureurile din fructe bacifere adăugate se dovedește a fi o strategie eficientă pentru îmbunătățirea texturii iaurtului, contribuind la crearea unui iaurt cu caracteristici tehnice și senzoriale superioare, cu potențial crescut de acceptabilitate senzorială.

Aceste rezultate sunt susținute și de literatura de specialitate, de exemplu, un studiu realizat a demonstrat că adaosul de gumă de guar în iaurt a crescut semnificativ fermitatea, respectiv până la 38 %, adezivitatea până la 198,6 %, coezivitatea până la 20,3 g și gumozitatea până la 43,7 g. Aceasta indică faptul că ingredientele cu capacitate de gelifiere și reținere a apei au influențat considerabil proprietățile texturale ale iaurtului (Mudgil et al., 2017).

4.9 Studiul proprietăților reologice ai iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

Structura rețelei proteice formată în timpul fermentării laptelui este factorul determinant pentru proprietățile reologice ale iaurtului, care pot fi influențate semnificativ și de natura adaosurilor utilizate. În acest context, proprietățile reologice esențiale evaluate sunt elasticitatea (modulul de stocare, G') și vâscozitatea (modulul de pierdere, G''), parametri critici pentru caracterizarea comportamentului vâscoelastic al iaurtului (Mudgil et al., 2017). Măsurătorile efectuate pe un interval larg de frecvențe au evidențiat predominanța componentei elastice ($G' > G''$) față de cea vâscoasă în toate probele de iaurturi din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere, aspect ilustrat în fig. 4.16 și 4.17.

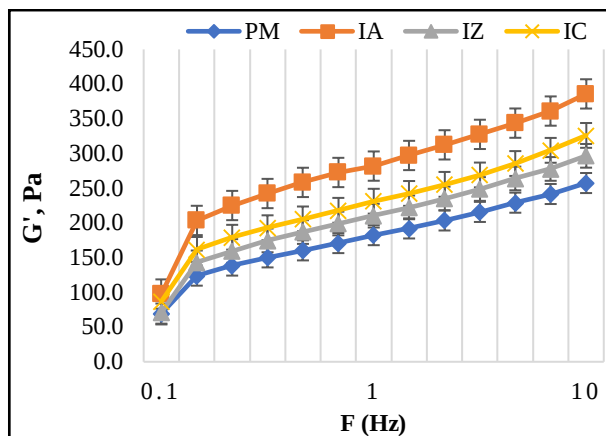


Fig. 4.16 Evoluția elasticității (G') iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

**Notă: PM- proba martor; IA- iaurt cu aronia; IZ- iaurt cu zmeură; IC- iaurt cu căpșună*

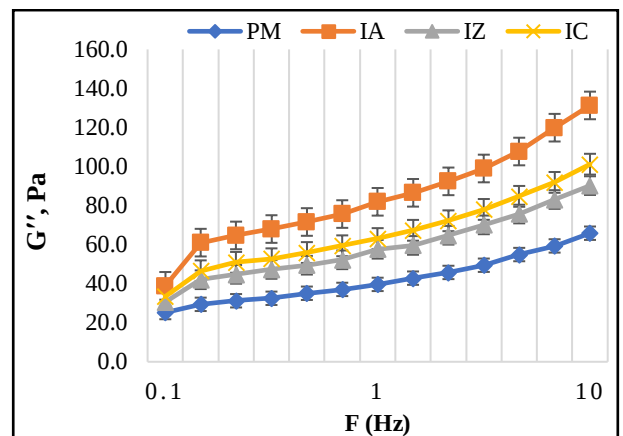


Fig. 4.17 Evoluția vâscozității (G'') iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

Acest comportament indică o structură tip gel, dominată de o rețea proteică densă, capabilă să rețină o cantitate mare de apă și să mențină integritatea structurală a produsului. În mod particular, proba IA a manifestat cele mai pronunțate proprietăți reologice solide, caracterizate prin valori superioare ale modulului elastic (G'), ceea ce sugerează un gel ferm și stabil. Această caracteristică a fost atribuită interacțiunilor electrostatice între proteinele cazeinice și pectinele din piureul de aronia, la pH scăzut, conducând la o reticulare mai densă a rețelei proteice cu hidrocoloizi, astfel optimizând structura gelului (Bulgaru et al., 2020).

În contrast, proba PM, a demonstrat o comportare reologică mai slabă, în special la frecvențe înalte, indicând o rețea gelificată mai puțin stabilă și o vâscozitate redusă, ceea ce poate compromite percepția senzorială și acceptabilitatea iaurtului. Probele IZ și IC au prezentat valori apropiate ale lui G' și G'' , reflectând un echilibru între componentele elastice și vâscoase, ceea ce indică un gel moderat ferm, format prin interacțiuni complexe între proteine și polizaharide.

Valoarea crescută a parametrilor reologici în iaurturile din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere reflectă formarea unei structuri de gel mai ferme și mai stabile, ceea ce contribuie la îmbunătățirea texturii și proprietăților funcționale. Aceste modificări sunt esențiale din punct de vedere tehnologic, oferind o alternativă viabilă pentru optimizarea caracteristicilor iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere prin utilizarea ingredientelor naturale bogate în fibre și compuși biologic activi.

Rezultate similare au fost raportate de studiul, care au demonstrat că adăugarea semințelor de dovleac (*Cucurbita maxima*) în iaurt a condus la creșterea semnificativă a valorilor modulului elastic (G') și vâscos (G''), confirmând astfel influența pozitivă asupra proprietăților reologice ale iaurtului (Kumar et al., 2020).

4.10 Evaluarea parametrilor cromatici ai iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

Culoarea reprezintă un atribut senzorial fundamental al iaurtului, influențând decisiv percepția consumatorului și acceptabilitatea produsului. Din perspectiva procesului de fabricație și a compoziției, culoarea iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere este determinată de mai mulți factori: tipul și concentrația pigmentilor naturali (în special antocieni), pH- ul și reacțiile chimice care pot modifica structura acestor pigmenți, precum oxidarea sau reacțiile Maillard. În acest context, măsurarea obiectivă a culorii prin sistemul CIELab a permis cuantificarea precisă a modificărilor cromatice induse de adaosurile de piureuri din fructe bacifere. Rezultatele analizei parametrilor de culoare pentru iaurturile din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere (IA, IZ, IC) evidențiază diferențe semnificative față de proba PM (tabelul 4.15). Luminozitatea (L^*) a fost semnificativ mai redusă în toate iaurturile din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere, aspect corelat cu pigmentarea intensă, în mod particular, piureul de aronia, cu cel mai ridicat conținut de antocieni, a determinat cea mai scăzută luminozitate și cea mai pronunțată componentă roșu-verde (a^*), semn al culorii roșu - violacee. Aceste modificări cromatice nu doar că reflectă prezența compușilor bioactivi cu proprietăți antioxidante, dar și influențează acceptabilitatea iaurtului. Studiile arată că percepția vizuală a culorii este strâns corelată cu așteptările senzoriale și apetitul consumatorilor (Scibisz et al., 2019).

Tabelul 4.15. Parametri de culoare ai iaurturilor din lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

Nr.	Proba	Parametrii cromatici CIELab			
		Luminozitate, L^*	Componenta roșu-verde, a^*	Componenta galben-albastru, b^*	Diferența globală de culoare, ΔE^*
1.	PM	90,23± 0,18	-3,58± 0,22	7,55± 0,27	-
2.	IA	54,85± 0,21	19,74± 0,26	-1,51± 0,34	27,32± 0,14
3.	IZ	61,42± 0,19	14,85± 0,29	-1,30± 0,25	18,93± 0,15
4.	IC	62,45± 0,23	13,41± 0,31	-1,12± 0,36	14,52± 0,14

**Notă PM- proba martor; IA- iaurt cu aronia; IZ- iaurt cu zmeură; IC- iaurt cu căpșună*

Valorile reprezintă media a trei determinări independente ± abaterea standard, $P \leq 0,05$

Astfel, iaurturile cu o colorare intensă, naturală, derivată din fructe cu pigmenți puternici, pot spori atractivitatea și preferința consumatorilor, în special în segmentele de piață interesate de produse naturale și funcționale. Pe de altă parte, luminozitatea iaurtului este influențată și de factori structurali interni, cum ar fi dimensiunea particulelor proteice și a globulelor de grăsime, care determină capacitatea de a reflecta și dispersa lumina. Modificările acestor parametri pot afecta percepția vizuală generală și astfel pot influența percepția calității iaurtului.

În plus, diferența globală de culoare (ΔE^*) în probele de iaurturi din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere a indicat modificări vizibile cu ochiul liber față de proba PM, cu valori maxime pentru proba IA (27,32), ceea ce confirmă efectul adăugării piureului de aronia. Acest lucru susține ideea că utilizarea anumitor piureuri din fructe bogate în antocieni poate fi o strategie eficientă de diferențiere vizuală a iaurturilor funcționale. Astfel, integrarea piureurilor din fructe bacifere în compoziția iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă influențează semnificativ parametrii de culoare, oferind produse cu o colorare naturală și intensă, apreciată de degustatori. Acest aspect este esențial pentru succesul comercial al iaurturilor îmbogățite cu ingrediente funcționale și poate reprezenta un avantaj competitiv în dezvoltarea unor noi game de produse.

Astfel, rezultatele obținute sunt în concordanță cu studiul care a demonstrat că piureul de dovleac (*Curcubita maxima*) a scăzut atractivitatea culorii iaurtului (Barakat et al., 2017), în timp ce piureul de aronia (*Aronia melanocarpa*) a prezentat efect opus, care a crescut parametrii de culoare în comparație cu iaurtul natural (Nguyen et al., 2016).

4.11 Efectul duratei de păstrare asupra indicatorilor de calitate ai iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

Calitatea iaurtului este un aspect esențial care determină termenul de valabilitate și siguranța alimentară. Pentru produsele lactate cu grad crescut de perisabilitate, este imperativ ca producătorul să stabilească un termen de valabilitate clar, conform reglementărilor legale (Legea Nr. 306 din 30-11-2018). Acesta reprezintă intervalul de timp în care iaurtul își menține caracteristicile senzoriale, indicatorii fizico - chimici și microbiologici, fără a prezenta risc pentru consumator.

4.11.1 Caracteristici senzoriale ale iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

Evaluarea senzorială a iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere a fost realizată utilizând scala hedonică de 5 puncte, analizând parametrii esențiali de culoare, aspect și consistență, gust și miros. Datele obținute, prezentate în fig. 4.18, indică faptul că toate iaurturile din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere au fost apreciate cu punctaje ridicate, iar modificările observate pe parcursul a 15 zile de păstrare au fost ne semnificative statistic ($p > 0,05$). Aceasta evidențiază stabilitatea caracteristicilor senzoriale în perioada de valabilitate.

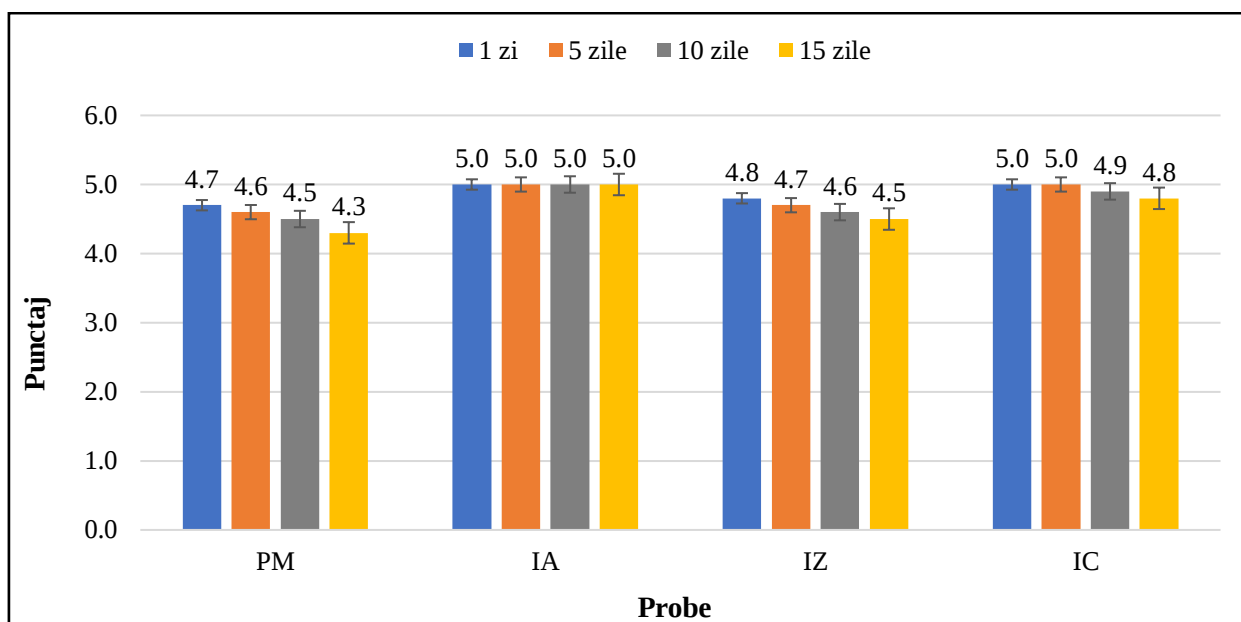


Fig. 4.18 Evoluția caracteristicilor senzoriale ale iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere la păstrare

**Notă: PM- proba martor; IA- iaurt cu aronia; IZ- iaurt cu zmeură; IC- iaurt cu căpșună*

Proba IA a înregistrat punctaje constante de 5,0 pe toată durata păstrării, prezentând un profil senzorial optim: structură coagulată fermă, aspect uniform și porțelanat, culoare intensă specifică, miros și gust caracteristic fermentației lactice, plăcut și echilibrat între dulce și acrișor. Această stabilitate senzorială este atribuită conținutului ridicat de antocieni și fibrelor din aronia, care contribuie la menținerea integrității structurale și a caracteristicilor senzoriale. Proba IC și proba IZ au prezentat o ușoară scădere a scorurilor la ziua 15, dar acestea au rămas la punctaje ridicate (4,8 și respectiv 4,5 puncte), indicând o păstrare bună a caracteristicilor senzoriale.

În contrast, proba PM a înregistrat cele mai mici valori, cu o reducere a punctajului de la 4,7 la 4,3 puncte, asociată cu apariția sinerezei, fenomen cauzat de proteoliza proteinelor lactice care afectează negativ textura și stabilitatea iaurtului. Aceste rezultate confirmă faptul că piureurile din fructe bacifere au contribuit semnificativ la menținerea caracteristicilor senzoriale ale iaurtului pe durata păstrării, susținând, astfel, recomandarea pentru consum în condiții optime pe toată perioada de valabilitate.

Rezultatele obținute în studiul nostru sunt asemănătoare cu cele din studiul care a afirmat că adaosul de caise (*Prunus armeniaca*) a afectat pozitiv preferința degustatorilor la păstrare timp de 18 zile din cauza creșterii vâscozității (Karaca et al., 2019). Totodată, alt studiu a demonstrat că adăugarea cătinii albe (*Hippophaë rhamnoides* L.) a păstrat caracteristicile senzoriale timp de 21 zile, iar acest lucru a indicat o apreciere înaltă (Terpou et al., 2019b).

4.11.2 Indicatori microbiologici ai iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

Iaurturile prezintă o sensibilitate crescută pe durata păstrării, datorită modificărilor microbiologice și biochimice ce pot influența calitatea finală. Monitorizarea numărului de BL este un indicator esențial în procesul de fabricare și stocare a iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere, întrucât acestea contribuie direct la caracteristicile senzoriale, textură, stabilitate și potențialele beneficii pentru sănătate. Durata de păstrare a exercitat un impact semnificativ asupra numărului de BL în toate iaurturile din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere, o creștere progresivă a acestora fiind observată în mod obișnuit pe parcursul păstrării. Datele prezentate în figura 4.19 indică faptul că adăugarea piureurilor din aronia (IA), zmeură (IZ) și căpșună (IC) a favorizat menținerea și chiar sporirea populației de BL comparativ cu proba PM. Astfel, la ziua 15 de păstrare, probele IA, IZ și IC au înregistrat valori ale viabilității bacteriene de $3,65 \cdot 10^9$ UFC/g; $3,48 \cdot 10^9$ UFC/g; respectiv $3,36 \cdot 10^9$ UFC/g, depășind conținutul din proba PM ($2,71 \cdot 10^9$ UFC/g). Această creștere a numărului de BL a fost atribuită unor factori multipli, cum ar fi temperatura scăzută de păstrare, care au asigurat condiții optime pentru supraviețuirea BL, precum și compoziția biochimică a piureurilor din fructe bacifere utilizate, care sunt bogate în nutrienți esențiali, oligozaharide cu efect prebiotic, compuși polifenolici, antocieni și acid *L*-hidroascorbic, toate contribuind la creșterea potențialului antioxidant.

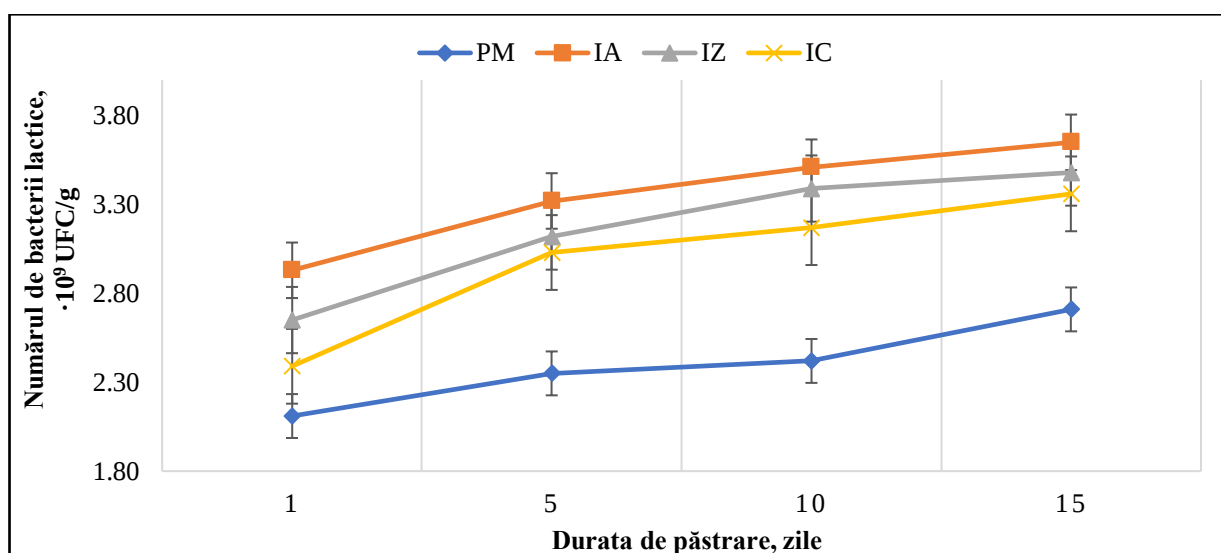


Fig. 4.19 Variația bacteriilor lactice din iaurturile cu piureuri din fructe bacifere la păstrare

**Notă: PM- proba martor; IA- iaurt cu aronia; IZ- iaurt cu zmeură; IC- iaurt cu căpșună*

Astfel, aceste condiții favorizează creșterea și viabilitatea BL, întărind stabilitatea microbiologică și funcțională a iaurtului. Astfel, utilizarea piureurilor din fructe bacifere în formularea iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă a constituit o strategie eficientă pentru îmbunătățirea și prelungirea stabilității microbiologice, susținând atât calitatea, cât și siguranța alimentară pe durata păstrării. Rezultatele analizate mai sus sunt în concordanță cu alte studii care sugerează că adaosurile de fructe pot îmbunătăți viabilitatea BL în produsele lactate fermentate.

Astfel, viabilitatea BL în timpul păstrării a prezentat aceeași tendință, fiind confirmată și de studiul care a demonstrat că adăugarea extractelor din semințe de struguri (*Vitis vinifera*) în iaurt a provocat schimbări în populațiile de BL ($3,87 \cdot 10^9$ UFC/g) în comparație cu proba martor. Cu toate acestea, numărul total de BL a scăzut în timpul păstrării, iar acest efect a fost vizibil în timpul păstrării mai mari de 14 zile (Chouchuli et al., 2013). Totodată, un alt studiu a raportat efectele diferitor tipuri de pulpe din fructe de graviola (*Annona squamosa*) și a demonstrat că adăugarea în iaurt a îmbunătățit creșterea și viabilitatea BL, neafectând microflora iaurtului, cu valori de la $4,43 \cdot 10^9$ UFC/g până la a 21- a zi de păstrare (Senadeera et al., 2018).

4.11.3 Activitatea antioxidantă și valoarea biologică a iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

Activitatea antioxidantă a iaurturilor analizate din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere a scăzut gradual în timpul păstrării (fig. 4.20). Proba IC a înregistrat cea mai mare reducere, de 17,78 % (de la 13,5 până la 11,1 mg TE/100 g), urmată de proba IA cu o scădere de 16,34 % (de la 20,2 până la 16,9 mg TE/100 g), iar proba IZ a avut cea mai mică diminuare, de 14,79 % (de la 14,2 până la 12,1 mg TE/100 g).

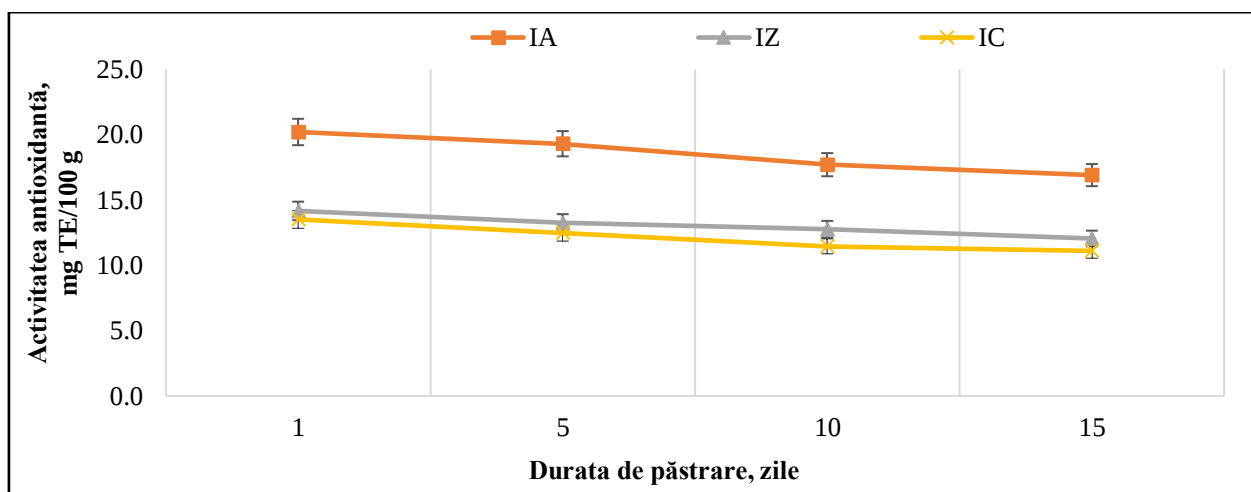


Fig. 4.20 Evoluția activității antioxidante a iaurturilor din amestec de lapte de vacă și capră cu piureuri din fructe bacifere la păstrare

Notă: IA- iaurt cu aronia; IZ- iaurt cu zmeură; IC- iaurt cu căpșună

Diminuarea activității antioxidante este atribuită interacțiunii dintre proteinele din lapte și polifenoli, care afectează capacitatea de neutralizare a radicalilor liberi. Astfel, un studiu a evaluat fortificarea iaurtului cu semințe de jasmin (*Jacaranda mimosifolia*) și a demonstrat, la fel, că activitatea antioxidantă, a scăzut la păstrare, prezentând valori în 1-a zi de 19,71 mg TE/100 g, iar la 24- a zi de 15,37 mg TE/100 g (Van Nieuwenhove et al., 2019). Totodată, alt studiu a evaluat iaurturile îmbogățite cu fructe de pădure (*Rubus Fruticosus*) și extracte de tescovină de coacăze negre (*Ribes nigrum*) și a constatat că activitatea antioxidantă, în timpul păstrării, a prezentat valori în 1- a zi de 15,29 mg TE/100 g, iar la 21- a zi de 12,46 mg TE/100 g (Raikos et al., 2018).

Contrar prezentului studiu o stabilitate puternică în iaurt ai activității antioxidante cuantificate prin DPPH a fost demonstrată de studiul, care arată o stabilitate a activității de captare a radicalilor liberi în iaurt prin adăugarea extractului din moringa (*Moringa oleifera*) cu valori în 1-a zi de păstrare de 16,61 mg TE/100 g, iar la 15-a zi de 16,83 mg TE/100 g (Zhang et al., 2019).

Concentrația acidului *L*- hidroascorbic în iaurturile cu piureuri din fructe bacifere a fost influențată semnificativ de timpul de păstrare, înregistrând o scădere progresivă (fig. 4.21). Dintre toate probele analizate, proba IC a manifestat cea mai ridicată concentrație inițială, de 47,87 mg/100 g în 1- a zi de păstrare, care a scăzut până la 25,18 mg/100 g în ziua a 15-a, reprezentând o reducere de 47,42 %.

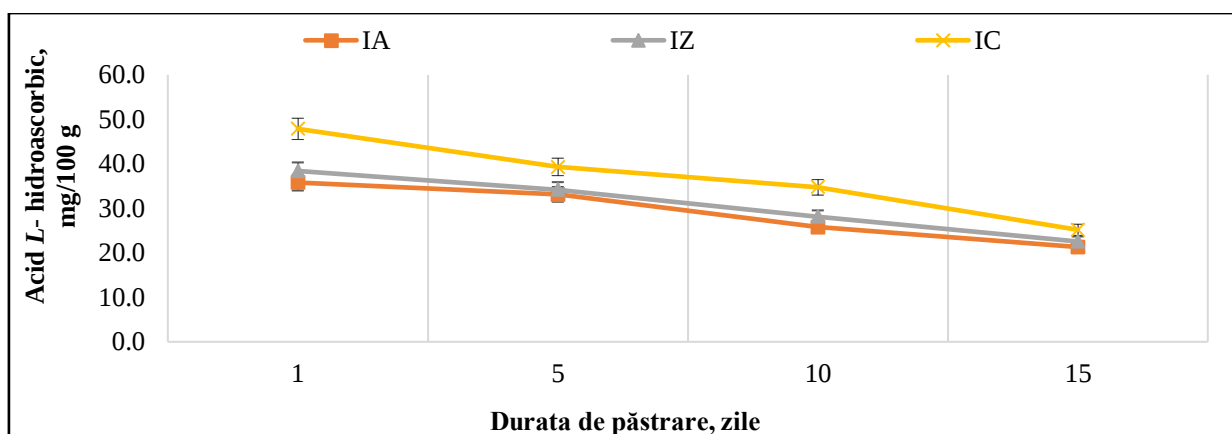


Fig. 4.21 Evoluția conținutului de acid *L*- hidroascorbic a iaurturilor din amestec de lapte de vacă și capră cu piureuri din fructe bacifere la păstrare

Notă: IA- iaurt cu aronia; IZ- iaurt cu zmeură; IC- iaurt cu căpșună

Similar, în cazul probelor IZ și IA, s-au înregistrat scăderi de 41,15% (de la 38,4 până la 22,6 mg/100 g), respectiv 40,00 % (de la 35,5 până la 21,3 mg/100 g), evidențiind o degradare semnificativă a acidului *L*- hidroascorbic pe durata păstrării. Această diminuare importantă este atribuită instabilității acidului *L*- hidroascorbic la condiții de mediu specifice procesului de

păstrare, cum ar fi pH- ul alcalin al iaurtului, expunerea la oxigen, lumină și temperaturi moderate, care induc reacții oxidative ce compromit stabilitatea acestui compus bioactiv.

Rezultatele descrise în fig. 4.21 sunt în concordanță cu cele descrise în studiul care demonstrează că timpul de păstrare de 21 de zile a iaurtului cu acerola (*Malpighia emarginata* DC) și măceșe (*Rosa canina*) a condus la o scădere continuă a conținutului de acid *L*-hidroascorbic, de la 35,61 mg/100 g până la 12,67 mg/100 g la a 21-a zi, cu o rată de diminuare în timpul păstrării de 49,61 % (Znamirowska et al., 2021).

Conținutul total de antocieni a fost, de asemenea, monitorizat în timpul păstrării, relevând o tendință descrescătoare semnificativă ($p < 0,05$) (fig. 4.22). Astfel, în proba IA, concentrația de antocieni a scăzut cu 27,44 % (de la 66,3 până la 48,1 mg/100 g), în proba IZ cu 43,12 % (de la 37,8 până la 21,5 mg/100 g), iar în proba IC cu 50,60 % (de la 33,2 până la 16,4 mg/100 g). Reducerea CTA reflectă degradarea compușilor antocienici, care, pe lângă diminuarea valorii biologice a iaurturilor, determină modificări vizibile ale culorii. Conform literaturii de specialitate, compușii antocienici din aronia (Gao et. al., 2023), zmeură (Gunenc et al., 2015) și căpșună (Giampieri et al., 2015) formează activitatea antioxidantă totală. Hidroliza antocienilor de către BL din iaurt a fost descrisă de studiul care a analizat iaurturile îmbogățite cu făină de coajă de banană (*Musa Sapientum*) și care a demonstrat o diminuare a antocienilor în timpul păstrării, unde în 1-a zi a scăzut de la 35,72 mg/100 g până la 16,83 mg/100 g la a 15-a zi, rata de scădere fiind de 48,32 % (Kabir et al., 2020).

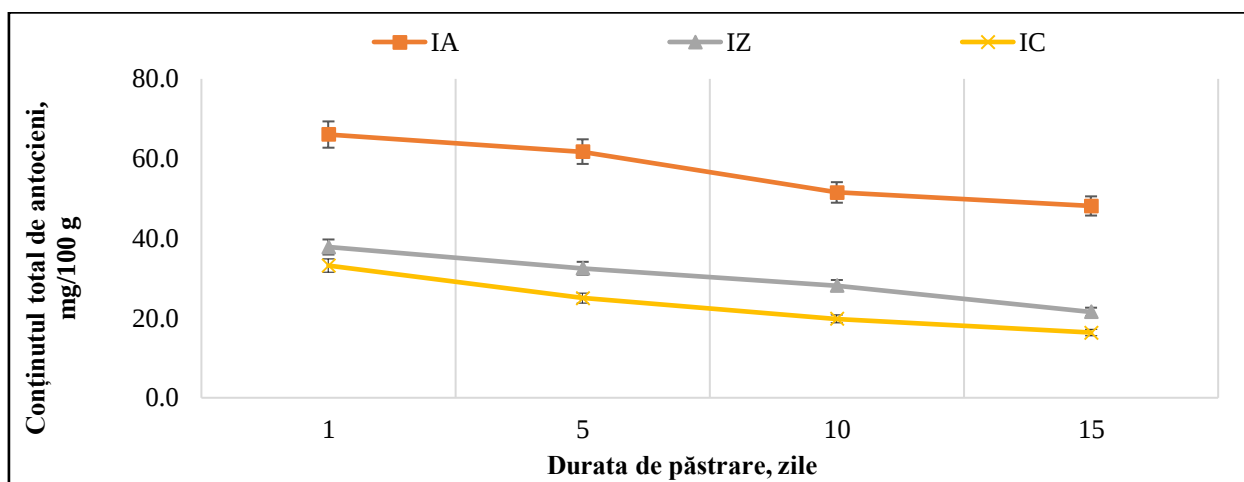


Fig. 4.22 Evoluția conținutului total de antocieni a iaurturilor din amestec de lapte de vacă și capră cu piureuri din fructe bacifere la păstrare

Notă: IA- iaurt cu aronia; IZ- iaurt cu zmeură; IC- iaurt cu căpșună

Figura 4.23 descrie evoluția CTP la păstrare și se observă o tendință de descreștere. Astfel, proba IA a prezentat o scădere de la 268 mg GAE/100 g în 1- a zi de păstrare până la 156 mg

GAE/100 g la ziua a 15-a, rata de descreștere fiind de 41,79 %, urmată de proba IC cu o scădere de la 159 până la 95 mg GAE/100 g (40,25 %) și proba IZ de la 174 până la 122 mg GAE/100 g (29,89 %). Această tendință de descreștere a CTP în timpul păstrării în condiții de refrigerare poate fi atribuită formării complexelor între compușii fenolici și proteinele din lapte, care au reacționat cu reactivul Folin-Ciocalteu (Ozidal et al., 2013). Constatări similare, în timpul păstrării, au fost demonstrate în studiul privind iaurturile care conțin semințe de struguri (*Vitis vinifera*), unde conținutul de polifenoli, la fel, a scăzut în timpul păstrării de la 312,16 mg GAE/100 g la 1-a zi de păstrare până la 258,15 mg GAE/100 g la a18-a zi, rata de scădere fiind de 35,17 % (Chouchouli et al., 2013).

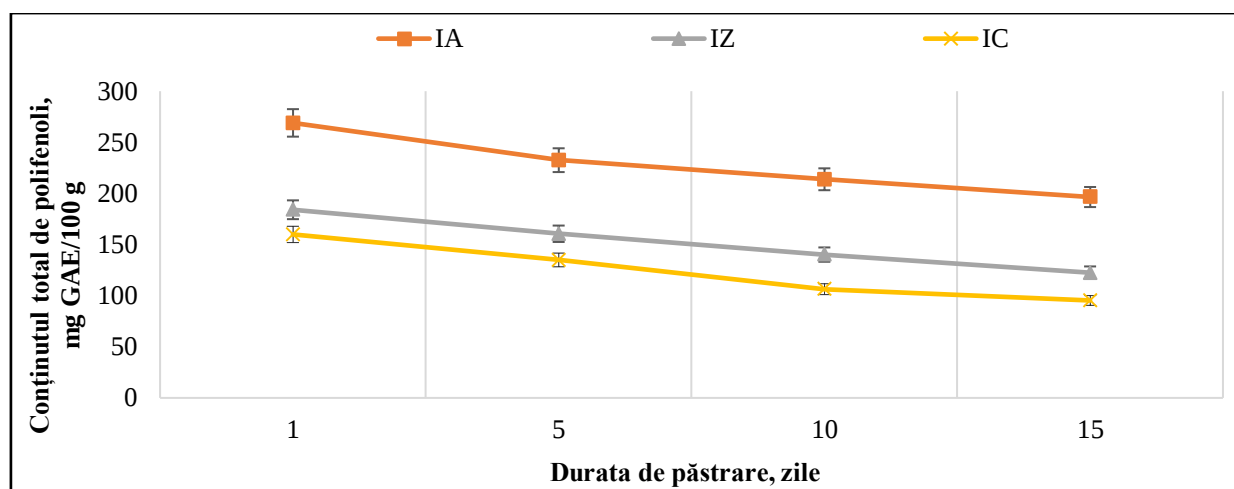
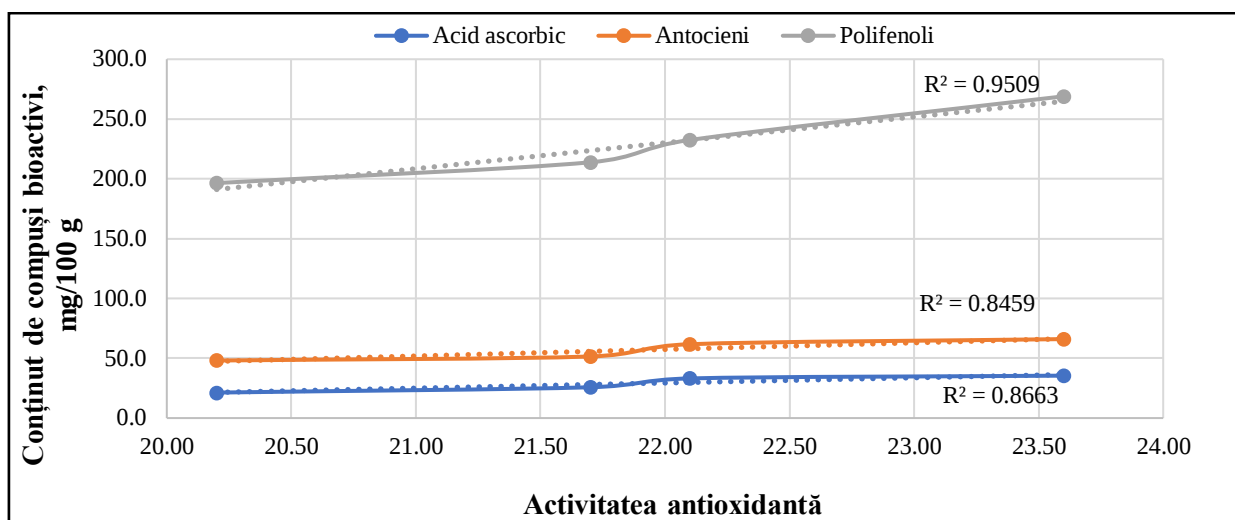


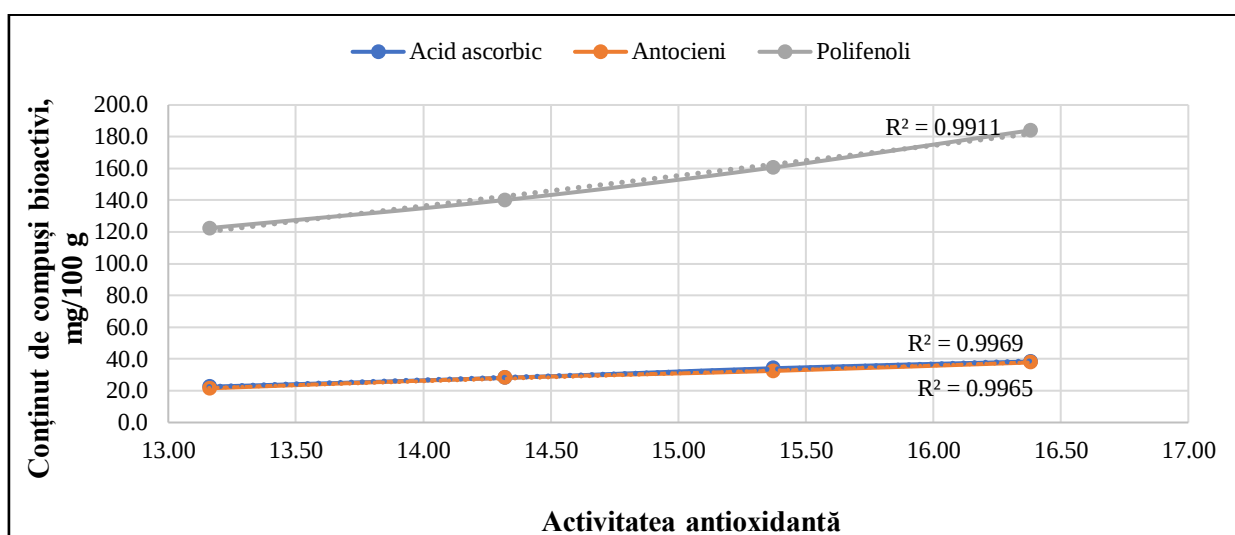
Fig. 4.23 Evoluția conținutului total de polifenoli a iaurturilor din amestec de lapte de vacă și capră cu piureuri din fructe bacifere la păstrare

Notă: IA- iaurt cu aronia; IZ- iaurt cu zmeură; IC- iaurt cu căpșună

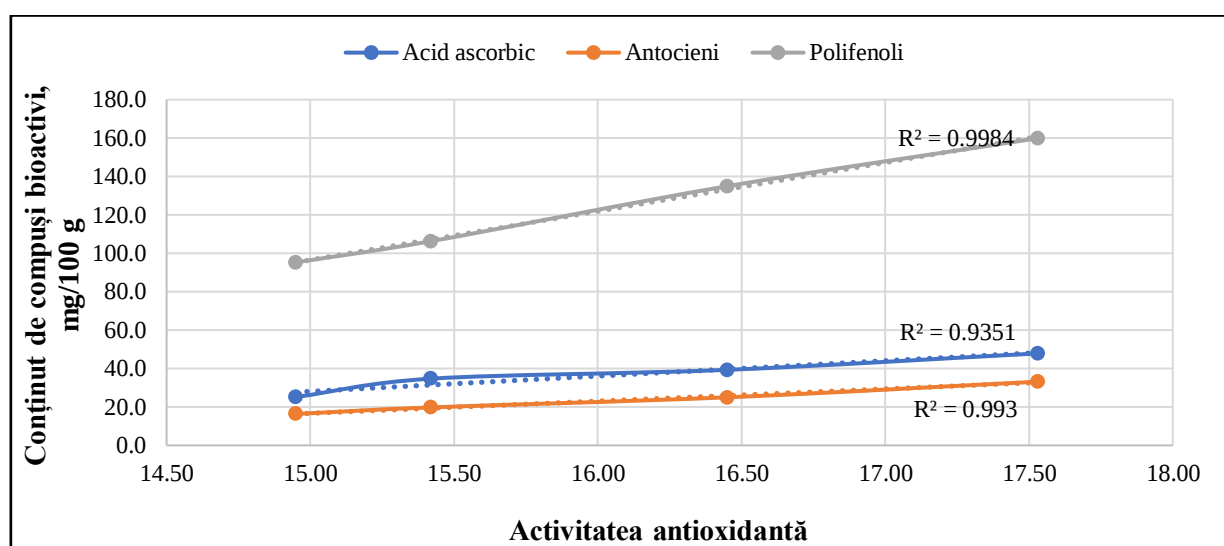
Corelația dintre activitatea antioxidantă și conținutul de acid *L*- hidroascorbic, conținutul total de antocieni și polifenoli a fost evaluată pe durata păstrării iaurturilor, prin calcularea coeficientului de determinare R^2 (fig. 4.24). Rezultatele au evidențiat diferențe în iaurturile din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere analizate. În proba IA, corelația cea mai puternică s-a stabilit între activitatea antioxidantă și conținutul total de polifenoli ($R^2 = 0,9509$), dar și antocieni ($R^2 = 0,8459$), în timp ce acidul *L*- hidroascorbic a prezentat un coeficient de determinare mai moderat ($R^2 = 0,8663$). În proba IZ, atât conținutul total de antocieni ($R^2 = 0,9965$) cât și acidul *L*- hidroascorbic ($R^2 = 0,9969$) au demonstrat valori identice între ele și au prezentat cea mai strânsă corelație cu activitatea antioxidantă, în timp ce conținutul total de polifenoli a prezentat un coeficient de determinare mai moderat ($R^2 = 0,9911$). Pentru proba IC, conținutul total de polifenoli a rămas principalul determinant al activității antioxidante ($R^2 = 0,9984$), însă acidul *L*- hidroascorbic ($R^2 = 0,9930$) a manifestat o corelație mai puternică decât conținutul total de antocieni ($R^2 = 0,9351$).



a) IA



b) IZ



c) IC

Fig. 4.24 Corelația dintre activitatea antioxidantă și valoarea biologică a iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere la păstrare

**Notă: IA- iaurt cu aronia; IZ- iaurt cu zmeură; IC- iaurt cu căpșună*

Valoarea foarte ridicată a coeficienților de determinare ($R^2 = 0,9509 - 0,9984$) demonstrează că antioxidanții naturali din piureurile de fructe bacifere (polifenoli, antocieni și acid *L*-hidroascorbic) contribuie semnificativ la activitatea antioxidantă totală și variază în funcție de matricea alimentară și de compoziția specifică a probelor analizate.

Corelațiile mai puternice observate în cazul conținutului total de polifenoli și antocieni pot fi explicate prin stabilitatea relativ crescută a acestor compuși în matricea lactată, dar și prin interacțiunile sinergice cu proteinele din lapte, care protejează structurile polifenolice împotriva degradării oxidative.

De asemenea, laptele de capră, prin profilul său particular de proteine și grăsimi, a favorizat o mai bună solubilizare și dispersie a acestor compuși bioactivi, ceea ce intensifică impactul lor asupra activității antioxidante totale.

În cazul acidului *L*-hidroascorbic, valorile ridicate ale coeficienților de determinare ($R^2 = 0,8663 - 0,9969$) sugerează un rol important, dar mai variabil, dat fiind caracterul său sensibil la factori de procesare și păstrare (temperatură, lumină). Totuși, prezența sa în concentrații semnificative și capacitatea de regenerare a altor antioxidanți (cum ar fi polifenolii oxidați) explică contribuția sa relevantă în menținerea stabilității antioxidante.

Astfel, rezultatele obținute reflectă nu doar concentrația ridicată a compușilor bioactivi proveniți din piureurile de fructe bacifere, ci și efectul protector și stabilizator al matricei lactate, ceea ce conferă iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă un potențial nutrițional deosebit.

Prin urmare, analiza de regresie și valorile ridicate ale coeficientului R^2 confirmă că interacțiunea dintre polifenoli, antocieni și acidul *L*-hidroascorbic reprezintă factorul determinant al activității antioxidante pe parcursul păstrării.

4.11.4 Indicatori fizico - chimici ai iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere la păstrare

Indicatorii fizico - chimici precum pH- ul și AT sunt factori esențiali în procesul de fabricație al iaurtului, influențând atât stabilitatea compușilor bioactivi, precum antocienii, cât și viabilitatea BL. În cadrul studiului realizat, s-a constatat că durata de păstrare timp de 15 zile nu a determinat modificări semnificative ale pH- ului în probele de iaurt din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere. În ceea ce privește AT, s-a constatat o tendință ascendentă pe durata păstrării (fig. 4.25), cu valori ce au variat de la 75 la 82 °T în proba PM, respectiv de la 85 la 92 °T în proba IA, 98 la 105 °T în proba IZ și 91 la 100 °T în proba IC. Aceste creșteri indică un progres al fermentației, însă diferențele nu au fost semnificative în raport cu influența piureurilor de fructe bacifere asupra procesului fermentativ.

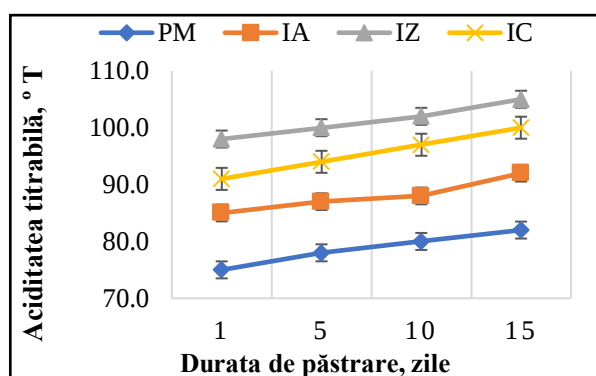


Fig. 4.25 Evoluția acidității titrabile ai iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere la păstrare

**Notă: PM- proba martor; IA- iaurt cu aronia; IZ- iaurt cu zmeură; IC- iaurt cu căpșună*

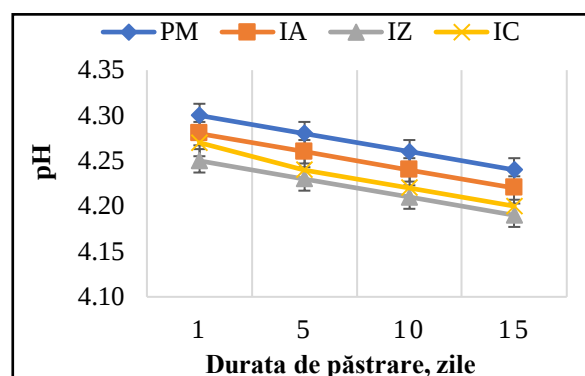


Fig. 4.26 Evoluția pH- ului iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere la păstrare

Rezultatele obținute sugerează că piureurile din fructe bacifere nu au perturbat procesul de fermentare și nici capacitatea iaurtului din amestec de lapte de capră și vacă de a-și menține proprietățile pe parcursul duratei recomandate de păstrare. Din punct de vedere microbiologic și biochimic, parametrii AT și pH sunt influențați de tipul culturii starter utilizate, dar și de condițiile de păstrare.

Valoarea inițială a pH- ului în proba PM și în probele IA, IZ și IC a fost foarte apropiată, situându-se în intervalul 4,25 - 4,30 (fig. 4.26). Pe parcursul perioadei de păstrare, s-a observat o scădere treptată a pH- ului, ajungând la valori minime de 4,19 (proba IZ), 4,20 (proba IC), 4,22 (proba IA), respectiv 4,30 în proba PM în ziua a 15-a. Diferențele semnificative statistic au fost remarcate doar între valorile inițiale (1-a zi) și cele finale (15- zi), ceea ce indică o stabilitate relativă a pH- ului pe durata păstrării. La temperaturi superioare valorii optime de refrigerare (peste 4 °C), populația BL poate crește, fapt ce determină creșterea AT și scăderea pH- ului. După fermentare, activitatea metabolică a BL scade semnificativ din cauza răcirii, însă procesele enzimatice continuă pe durata păstrării, ceea ce poate modifica ușor acești parametri. Orice deviație semnificativă a valorilor AT și pH poate conduce la o diminuare a duratei de valabilitate a iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere, prin diminuarea caracteristicilor senzoriale și alterarea microbiologică (Bulgaru et al., 2021).

Tendențe similare, în ceea ce privește modificările AT în timpul păstrării în condiții de refrigerare, au fost evidențiate și de alți cercetători, care au folosit pulbere de tescovină de struguri de vin (*Vitis vinifera*) și pulbere de coajă de papaya (*Carica papaya*) în iaurt, unde AT la păstrare

în iaurtul cu tescovină de struguri a prezentat valori de la 94 °T până la 102 °T, iar iaurtul cu pulbere din coajă de papaya - valori cuprinse între 90 °T și 98°T (Manzoor et al., 2019; Tseng et al., 2013).

Evoluția conținutului de acid lactic în iaurturile din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere prezintă o tendință similară cu cea observată pentru pH și aciditatea titrabilă (fig. 4.27). În procesul de fermentare a lactozei, tulpinile bacteriene utilizate la fabricarea acestor iaurturi au generat cantități variabile de acid lactic, cu valori cuprinse între 0,81 și 0,88 g/100 g în proba IA, 0,80 - 0,87 g/100 g în proba IZ și 0,79 - 0,86 g/100 g în proba IC.

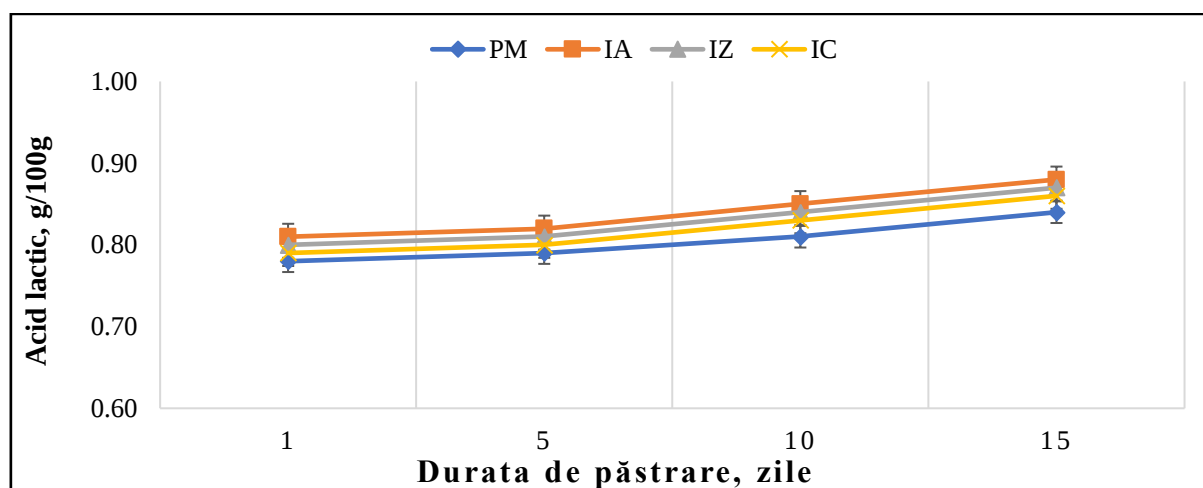


Fig. 4.27 Evoluția conținutului de acid lactic a iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere la păstrare

**Notă: PM- proba martor; IA- iaurt cu aronia; IZ- iaurt cu zmeură; IC- iaurt cu căpșună*

Valorile cele mai scăzute de acid lactic au fost înregistrate în 1- a zi, acestea crescând treptat până în ziua a 15- a: de la 0,81 până la 0,82 g/100 g în proba IA, de la 0,80 până la 0,81 g/100 g în proba IZ și de la 0,79 până la 0,80 g/100 g în proba IC. Această creștere moderată a conținutului de acid lactic pe durata păstrării reflectă continuarea procesului fermentativ, chiar și în condiții de refrigerare, datorită activității enzimaticе și metabolice a microorganismelor prezente în iaurt. Creșterea acidului lactic se corelează cu scăderea pH- ului observată în aceleași probe, fiind determinată de activitatea BL care continuă descompunerea lactozei în acid lactic, însă într-un ritm mult mai redus comparativ cu cel specific temperaturii optime de fermentare (aproximativ 42 - 45°C). Astfel, procesul de fermentare nu este complet întrerupt în timpul păstrării refrigerate, ceea ce influențează echilibrul chimic și indicatorilor fizico - chimici ale iaurtului.

Diversi autori au raportat o creștere a conținutului de acid lactic în iaurturi pe durata păstrării. Rezultatele obținute în studiul nostru sunt asemănătoare cu cele a lui Najgebauer-Lejko și colaboratorii (2011) care a constatat că conținutul de acid lactic al iaurtului cu ceai (*Camellia*

sinensis) a fost influențată atât de timpul de păstrare, cât și de adaos, prezentând valori de la 0,73 g/100g acid lactic în 1- a zi de păstrare până la 0,79 g/100g acid lactic la a 21- a zi.

Evoluția SUT în iaurturile din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere este ilustrată în fig. 4.28. Valorile înregistrate au fost relativ constante pe parcursul perioadei de păstrare de 15 zile.

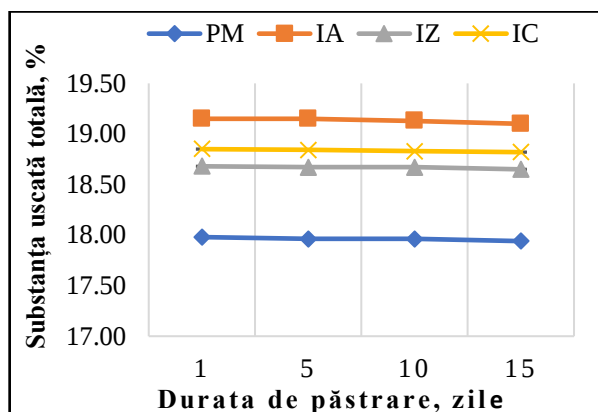


Fig. 4.28 Evoluția substanței uscate totale a iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere la păstrare

*Notă: PM- proba martor; IA- iaurt cu aronia; IZ- iaurt cu zmeură; IC- iaurt cu căpșună

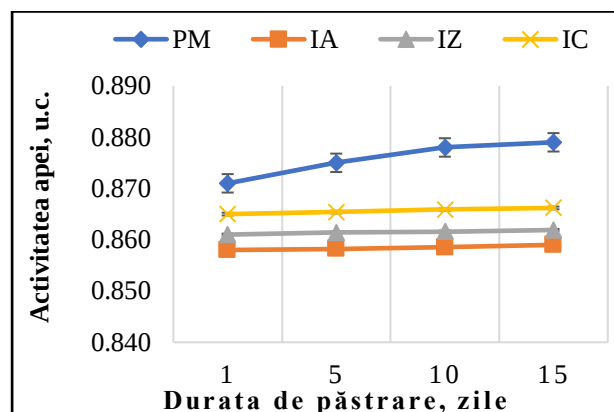


Fig. 4.29 Evoluția activității apei a iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere la păstrare

Astfel, proba IA a prezentat o ușoară scădere de la 19,15 % în 1- a zi, până la 19,10 % în ziua a 15- a. Proba IC a înregistrat valori similare, cu o ușoară diminuare de la 18,85 % până la 18,82 %, iar proba IZ a avut valori de la 18,68 % până la 18,65 % în aceeași perioadă. Comparativ, proba PM, fără piureuri din fructe bacifere, a avut un conținut mai redus de SUT, variind de la 17,98 % până la 17,93 % pe durata păstrării. Aceste rezultate indică faptul că piureurile din fructe bacifere contribuie la creșterea SUT în iaurturile din amestec de lapte de capră și vacă, ceea ce are efecte pozitive asupra indicatorilor fizico - chimici. Mai exact, un conținut crescut de SUT este asociat cu îmbunătățirea VD și a texturii, precum și cu reducerea fenomenului de sinereză (separarea zerului), aspecte ce sporesc calitatea senzorială și acceptabilitatea produsului finit.

Pe de altă parte, activitatea apei reprezintă un parametru esențial în controlul stabilității microbiologice. Reglarea acesteia, în combinație cu ajustarea pH- ului, este o strategie eficientă pentru limitarea dezvoltării microorganismelor patogene și alterante, fără a afecta viabilitatea culturilor bacteriene benefice. Figura 4.29 prezintă variațiile a_w în probele de iaurturi din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere analizate pe perioada de păstrare. Rezultatele indică faptul că piureurile din fructe bacifere utilizate nu a influențat un efect semnificativ asupra modificărilor a_w .

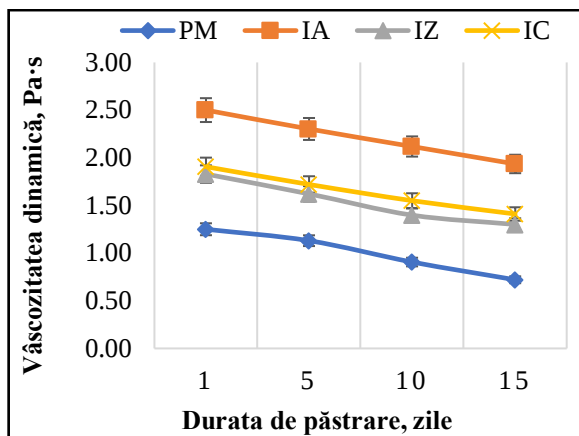


Fig. 4.30 Evoluția vâscozității dinamice a iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere la păstrare

**Notă: PM- proba martor; IA- iaurt cu aronia; IZ- iaurt cu zmeură; IC- iaurt cu căpșună*

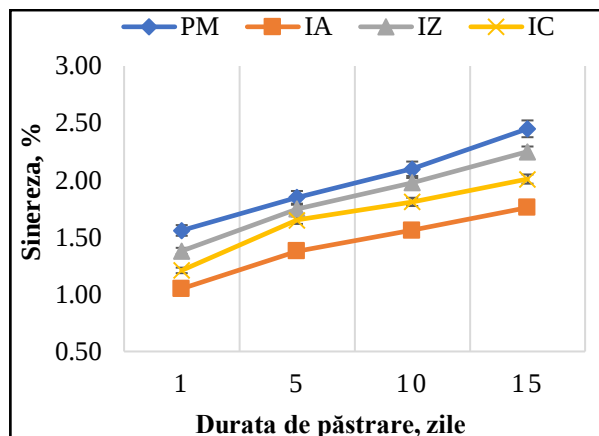


Fig. 4.31 Evoluția sinerezei iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere la păstrare

Totuși, în majoritatea cazurilor, a_w a înregistrat o creștere ușoară pe parcursul celor 15 zile. Astfel, proba IA a prezentat valori de la 0,858 u.c. în ziua 1- a, cu o creștere până la 0,859 u.c. în ziua 15- a; proba IC a înregistrat valori de la 0,865 u.c. până la 0,866 u.c., iar proba IZ a variat de la 0,861 u.c. la 0,861 u.c. Aceste variații minime ale a_w sugerează un control riguros al parametrilor la păstrare, evitând astfel condițiile favorabile dezvoltării microbiologice nedorite. În plus, stabilitatea a_w asigură menținerea indicatorilor fizico - chimici și microbiologici a iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere pe întreaga durată a perioadei de păstrare.

Vâscozitatea dinamică reprezintă un indicator important al rezistenței structurale a rețelei proteice din iaurt, aceasta influențând direct textura și stabilitatea produsului. Creșterea rezistenței structurale a rețelei proteice determină o creștere a VD, ceea ce indică o textură mai fermă și o consistență superioară. Figura 4.30 descrie evoluția VD a iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere (probele IA, IZ, IC) comparativ cu proba PM pe durata a 15 zile de păstrare. În 1- a zi, toate probele de iaurturi din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere au prezentat valori semnificativ mai mari decât proba PM, evidențiind efectul pozitiv al piureurilor din fructe bacifere asupra structurii iaurtului din amestec de lapte de capră și vacă. Pe parcursul perioadei de păstrare, proba IA a manifestat o scădere vizibilă a VD în ziua a 10- a, dar a menținut valori superioare față de celelalte probe până la finalul perioadei. Mai exact, VD a probei IA a scăzut de la 2,50 Pa·s în ziua 1- a până la 1,94 Pa·s în ziua 15- a. Proba IC a înregistrat o valoare inițială de 1,91 Pa·s, cu o scădere până la 1,41 Pa·s la ziua 15- a, iar proba IZ a scăzut de la 1,83 Pa·s la 1,30 Pa·s în aceeași perioadă. În cazul probei PM, variațiile VD nu au

fost semnificative statistic ($p > 0,05$), indicând o stabilitate relativă a structurii în absența piureurilor din fructe bacifere.

Asocierea dintre SUT și indicele de sinereză, precum și VD, a fost evidentă, confirmând rolul SUT în menținerea texturii iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere. Substanța uscată mai mare determină o structură proteică mai densă și o capacitate sporită de reținere a apei, ceea ce reduce sinereza și crește VD. De asemenea, activitatea culturii starter a avut un impact direct asupra producției de acizi organici, care au modificat pH-ul și au influențat rețeaua proteică, contribuind astfel la modificările observate.

Aceste constatări sunt în concordanță cu rezultatele raportate de studiul, care a observat o diminuare a VD la iaurturile cu fructe pe parcursul păstrării, de la 1,34 Pa·s în ziua 1- a până la 1,23 Pa·s în ziua 21-a. Astfel, stabilitatea VD în timpul păstrării a rămas un factor critic pentru asigurarea calității senzoriale și acceptabilității iaurtului (Moschopoulou et al., 2018).

În cadrul prezentului studiu, sinereza a fost analizată ca un indicator esențial în evaluarea stabilității iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere pe durata păstrării, având în vedere că acest fenomen este ușor observabil și afectează în mod negativ percepția consumatorilor, putând astfel limita durata de valabilitate. Rezultatele obținute în acest studiu (fig. 4.31) a aratat că sinereza a fost semnificativ redusă în probele de iaurturi din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere (probele IA, IZ, IC), comparativ cu proba PM. Mai exact, sinereza în proba IA a crescut moderat de la 1,05 % în 1- a zi de păstrare până la 1,76 % în ziua a 15- a, în proba IC de la 1,21 % până la 2,01 %, iar în proba IZ de la 1,38% până la 2,25 % în aceeași perioadă. Aceste valori indică faptul că prezența piureurilor din fructe bacifere a contribuit la menținerea integrității structurale a gelului proteic, limitând pierderea apei și, implicit, sinereza.

Creșterea vâscozității dinamice, observată concomitent cu reducerea sinerezei, susține ipoteza că piureurile din fructe bacifere sporește stabilitatea rețelei proteice prin aportul de substanță uscată, fibre și compuși bioactivi care pot interacționa cu matricea proteică, favorizând astfel capacitatea gelului de a reține apa. Aceste rezultate sunt susținute și de datele din literatura de specialitate. De exemplu, un studiu al iaurtului îmbogățit cu extract de moringa (*Moringa oleifera*) a prezentat o evoluție similară a sinerezei, cu valori de 1,43% în 1- a zi de păstrare, crescând moderat până la 1,98% după 21 de zile, evidențiind astfel efectul benefic al adaosurilor naturale asupra stabilității texturale a iaurturilor (Saeed et al., 2020).

4.11.5 Proprietăți texturale ale iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere la păstrare

Conform datelor prezentate în tabelul 4.16, care sintetizează analiza proprietăților texturale ale iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere, s-a evidențiat un impact benefic al adăugării piureurilor din fructe bacifere asupra parametrilor texturali.

Tabelul 4.16. Proprietăți texturale ale iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere la păstrare

Durata de păstrare, zile	PM	IA	IZ	IC
<i>Fermitate, %</i>				
1	26,1±0,2	35,4±0,1	28,6±0,1	33,1±0,2
5	30,5±0,1	41,2±0,2	37,4±0,2	39,3±0,1
10	34,4±0,1	47,3±0,1	40,3±0,1	46,2±0,2
15	32,2±0,2	45,5±0,2	38,1±0,1	42,3±0,1
<i>Gumozitate, g</i>				
1	21,4±0,2	42,1±0,1	27,9±0,2	38,4±0,2
5	32,3±0,1	47,5±0,2	41,1±0,1	44,2±0,1
10	36,2±0,2	53,8±0,1	48,5±0,1	50,5±0,1
15	33,1±0,1	52,3±0,2	46,1±0,2	48,1±0,1
<i>Adezivitate, %</i>				
1	84,2±0,2	132,3±0,2	94,1±0,2	104,7±0,2
5	91,5±0,2	168,8±0,1	104,2±0,1	135,6±0,2
10	100,8±0,3	178,3±0,2	108,6±0,2	151,6±0,3
15	98,3±0,2	180,3±0,2	110,2±0,3	161,2±0,3
<i>Coezivitate, g</i>				
1	14,5±0,1	18,2±0,2	14,6±0,2	16,1±0,1
5	18,6±0,2	25,5±0,1	19,3±0,1	23,1±0,2
10	25,2±0,2	32,8±0,2	26,5±0,1	29,5±0,2
15	25,1±0,1	28,6±0,2	25,1±0,1	24,3±0,1

**Notă: PM- proba martor; IA- iaurt cu aronia; IZ- iaurt cu zmeură; IC- iaurt cu căpșună
Valorile reprezintă media a trei determinări independente ± abaterea standard, P≤0,05*

Mai exact, toți indicatorii de textură ai probelor de iaurturi din amestec de lapte de capră și vacă cu piureu din aronia (IA), zmeură (IZ) și căpșună (IC) au înregistrat o creștere progresivă pe durata celor 15 zile de păstrare. Fermitatea, ca principală caracteristică ce reflectă rezistența structurii gelului proteic, a crescut semnificativ odată cu desfășurarea perioadei de păstrare. Astfel, cea mai ridicată fermitate a fost observată în proba IA, cu valori de 35,4% în 1- a zi și 45,5% la ziua a 15- a. Probele IC și IZ au prezentat valori mai reduse, dar similare ca tendință, respectiv 33,1% și 42,3% pentru IC și 28,6% și 38,1% pentru IZ în 1- a și a 15- a zi.

Valorile pentru gumozitate, adezivitate și coezivitate urmează același tipar ascendent, indicând o consolidare a structurii texturale în iaurturile din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere. Gumozitatea a înregistrat cea mai mare valoare în proba IA, cu 42,1 g

în 1-a zi și 52,3 g în ziua 15-a, urmată de proba IC (38,4 g la 1- a zi și 48,1 g la 15- a zi) și proba IZ (27,9 g la 1- a zi și 46,1 g la 15- a zi). Acest parametru este relevant pentru senzația de consistență și coeziune la mestecare. Adezivitatea a atins valori maxime în proba IA (94,1% la 1- a zi și 180,3% la 15- a zi), urmată de probele IC și IZ, indicând o îmbunătățire a interacțiunilor între componentele iaurtului din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere. Coezivitatea a crescut, de asemenea, în toate iaurturile din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere, cu valori mai mari în proba IA, sugerând o modificare favorabilă a proprietăților senzoriale ce a influențat acceptabilitatea iaurtului.

Comparativ cu proba PM, toate aceste valori au fost superioare și au demonstrat că durata de păstrare nu a avut un efect negativ asupra proprietăților texturale ale iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere. Creșterea acestor parametri a fost atribuită în principal conținutului ridicat de fibre, care au capacitatea de a absorbi umiditatea și de a interacționa cu matricea proteică, influențând densitatea și stabilitatea rețelei proteice.

Rezultate similare asupra texturii iaurtului analizate în studiul nostru au fost asemănătoare cu cele descrise în studiul, care a demonstrat că adăugarea pulberii din tescovină de mere (*Malus domestica*) în iaurt a crescut fermitatea, gumozitatea, adezivitatea și coezivitatea, iaurtul cu tescovină de mere a fost mai ferm decât proba martor, prezentând o creștere de la 31,52 % până la 38,12 % în timpul păstrării de 28 de zile și indicând o întărire a structurii gelurilor de cazeină. Un astfel de efect a fost atribuit capacității de gelifiere a pectinelor și a altor fibre solubile eliberate din tescovina de mere în lapte, precum și întăririi structurii gelului de către particulele insolubile din tescovina de mere (Wang et al., 2019). Totodată, alt studiu a indicat că suplimentarea iaurtului cu pulbere de fructe de curmale (*Ziziphus jujuba* Mill.) a îmbunătățit proprietățile texturale în comparație cu proba martor, prezentând, o creștere a fermității, adezivității și coezivității de la 43,75% până la 49,86 % în timpul păstrării în condiții de refrigerare (Rashwan et al., 2020).

4.12 Modificări ale vâscozității dinamice ai iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere în funcție de temperatura de păstrare

Iaurtul este un produs lactat cu o durată relativ scurtă de valabilitate, în general de aproximativ 3 săptămâni sau mai puțin, perioada sa de conservare fiind puternic influențată de condițiile de păstrare, în special de temperatura de depozitare (Kapcsándi et al., 2020). Controlul temperaturii este esențial pentru menținerea calității și siguranței acestui produs, deoarece variațiile termice pot accelera procesele de degradare microbiologică și chimică, afectând astfel termenul de valabilitate (Jakubowska et al., 2019). În practică, temperatura recomandată pentru păstrarea iaurtului este cuprinsă între 2 și 6 °C, iar menținerea unei temperaturi mai scăzute se

asociază cu o prelungire a duratei de valabilitate. Totodată, temperatura la care iaurtul este consumat (de obicei între 10 și 12 °C) poate influența, de asemenea, calitatea, ceea ce subliniază importanța respectării strictă a condițiilor optime de depozitare (Tetra Pak, 2024).

În cadrul studiului de față, s-a investigat efectul temperaturii de păstrare asupra vâscozității dinamice a iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere. Valorile VD au fost determinate pentru probele IA, IC și IZ la 3 temperaturi de păstrare diferite: 4 °C, 9 °C și 15 °C, evoluția acestora fiind ilustrată în fig. 4.32.

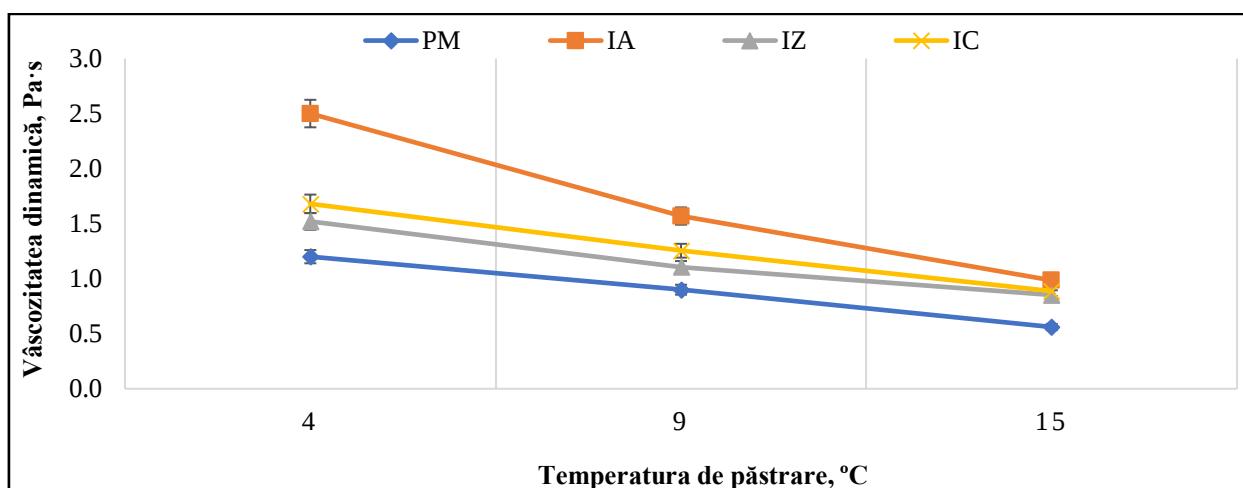


Fig. 4.32 Evoluția vâscozității dinamice la temperatura de păstrare a iaurtului din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

**Notă: PM- proba martor; IA- iaurt cu aronia; IZ- iaurt cu zmeură; IC- iaurt cu căpșună*

Rezultatele demonstrează clar o tendință invers proporțională între temperatura de păstrare și VD: cu cât temperatura de păstrare este mai scăzută, cu atât VD a iaurtului din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere este mai mare. De exemplu, proba IA a prezentat o VD de 2,5 Pa·s la 4 °C, care a scăzut până la 1,5 Pa·s la 9 °C și până la 0,9 Pa·s la 15 °C. Proba IC a înregistrat valori similare, cu 1,6 Pa·s la 4 °C; 1,2 Pa·s la 9 °C și 0,8 Pa·s la 15 °C, iar proba IZ a avut 1,5 Pa·s la 4 °C; 1,1 Pa·s la 9 °C și 0,8 Pa·s la 15 °C. Această variație se explică prin faptul că la temperaturi mai scăzute legăturile hidrofobe dintre moleculele de cazeină, care formează matricea gelului din iaurt, sunt mai stabile, iar fibrele provenite din piureurile de fructe contribuie suplimentar la întărirea structurii, crescând astfel rezistența la deformare și VD.

În schimb, la temperaturi ridicate, legăturile proteice sunt destabilizate, iar rețeaua gelului se slăbește, determinând o scădere a VD și obținerea unui coagul mai fluid sau semilichid, ceea ce compromite textura și acceptabilitatea generală a iaurtului. Astfel, temperatura optimă de păstrare a iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere, conform rezultatelor acestui studiu, este 4 °C, deoarece această condiție asigură stabilitatea structurală

superioară și menținerea proprietăților texturale pe durata păstrării, în comparație cu temperaturile mai ridicate de 9 °C și 15 °C, care conduc la degradarea gelului și diminuarea VD.

4.13 Modelul matematic ai iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere - produs finit

Modelul matematic a parametrilor de calitate ai iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere reprezintă o etapă esențială în înțelegerea și optimizarea procesului tehnologic, prin care se urmărește descrierea și predicția comportamentului variabilelor critice în funcție de caracteristicile senzoriale, indicatori fizico - chimici și microbiologici. Acest fapt implică aplicarea unor metode și instrumente matematice specifice, menite să integreze și să cuantifice influențele multiple asupra calității produsului finit (Gerasimov, 2007; Sestopal, 2007).

Indicatorii fizico - chimici luați în considerare includ aciditatea titrabilă, vâscozitatea dinamică, conținutul de acid lactic și substanța uscată totală, care reflectă aspectele biochimice cât și cele tehnologice ale iaurtului din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere. Caracteristicile senzoriale, precum aspectul și consistența, mirosul și gustul, culoarea, oferă o perspectivă asupra acceptabilității din punct de vedere al consumatorului final. În paralel, indicatorii microbiologici, cum ar fi numărul total de bacterii lactice (NBL), constituie un criteriu fundamental al siguranței și funcționalității produsului finit, conform standardelor actuale.

Pentru evaluarea globală a calității iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere, s-a utilizat un indice unic de calitate, notat P_i , al cărui domeniu de variație este cuprins între o valoare minimă $P_{i_{min}}$ și una maximă $P_{i_{max}}$. Acest indice sintetizează informații multiple din diferiți parametri și permite o apreciere integrată a calității produsului finit. Compararea valorii calculate a indicelui P_i cu o valoare de referință, denumită $P_{i_{baz}}$, a constituit criteriul principal pentru determinarea gradului de conformitate și evaluarea calitativă (Tabelul 4.17).

Tabelul 4.17. Calitatea iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

Nr.	Indicator	$P_{i_{min}}$	$P_{i_{max}}$	$P_{i_{baz}}$	P_i	M_i	C_i
1.	Aciditate titrabilă, °T	82	105	92	92	0,15	4,00
2.	Acid lactic, g/100 g	68,182	85	81,562	81,562	0,05	4,85
3.	Vâscozitate dinamică, Pa·s	1,2	3	2,5	2,5	0,15	1,39
4.	Conținut de substanță uscată totală, %	16	20	18,94	18,94	0,1	4,74
5.	Număr de bacterii lactice, UFC/g·10 ⁹	0,1	10	2,93	2,93	0,05	0,30
6.	Conținut de acid L- hidroascorbic, mg/100 g	2,12	75	35,87	35,87	0,075	0,49
7.	Conținut total de antocieni, mg/100 g	0,891	110	66,03	66,03	0,075	0,61
8.	Conținut total de polifenoli, mg GAE/100 g	0,985	280	268,97	268,97	0,075	0,96
9.	Activitate antioxidantă, mg TE/100 g	0,58	30	20,20	20,2	0,2	0,69
Indicator de calitate						1	

În cadrul modelului matematic ai parametrilor de calitate ai iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere, datele experimentale au fost clasificate în două categorii fundamentale: date de intrare (X) și date de ieșire (Y).

Tabelul 4.18. Date experimentale de intrare (X) și ieșire (Y)

Nr.	Indicator	Probe			
		PM	IA	IZ	IC
		Parametrii de intrare X			
1.	pH	5,63	5,41	5,27	5,19
2.	Acid lactic, g/100g	2,532	3,365	2,792	2,492
3.	Aciditate titrabilă, °T	75	85	98	91
4.	Densitate optică, λ	0,15	0,19	0,18	0,17
5.	Vâscozitate dinamică, Pa·s	1,2	2,5	1,9	1,8
6.	Număr de bacterii lactice, UFC/g·10 ⁹	0,20	0,65	0,51	0,39
7.	Substanță uscată totală, %	15,31	16,36	16,24	16,08
8.	Conținut total de proteină, %	5,98	6,62	6,51	6,31
9.	Acid L- hidroascorbic, mg/100 g	-	22,15	17,45	36,58
10.	Conținut total de antocieni, mg/100 g	-	168,25	29,87	32,87
11.	Conținut total de polifenoli, mg GAE/100 g	-	705,07	239,15	281,48
12.	Activitate antioxidantă, mg TE/100 g	-	705,07	239,15	281,48
Nr.	Indicator	Parametrii de ieșire Y			
		PM	IA	IZ	IC
1.	AT, °T	82	92	105	100
2.	Acid lactic, g/100g	68,182	81,562	80,936	79,638
3.	Vâscozitate dinamică, Pa·s	1,2	2,5	1,9	1,8
4.	Substanța uscată totală, %	17,23	18,94	18,32	18,85
5.	Număr de bacterii lactice, UFC/g·10 ⁹	2,11	2,93	2,65	2,39
6.	Conținut total de proteină, %	0,008	0,182	0,257	0,292
7.	Acid L- hidroascorbic, mg/ 100 g	-	35,87	38,41	47,87
8.	Conținut total de antocieni, mg/g 100 g	-	66,03	33,16	37,82
9.	Conținut total de polifenoli, mg GAE/100 g	-	268,97	159,89	174,01
10.	Activitate antioxidantă, mg TE/100 g	-	20,2	13,16	13,95

**Notă: PM- proba martor; IA- iaurt cu aronia; IZ- iaurt cu zmeură; IC- iaurt cu căpșună
Valorile reprezintă media a trei determinări independente ± abaterea standard, P≤0,05*

Această separare este esențială pentru construirea unui model predictiv robust și valid, capabil să descrie relațiile cauzale dintre variabilele analizate. Datele Y sunt rezultatul direct al influenței variabilelor X asupra iaurtului din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere- produs finit și sunt utilizate pentru validarea modelului matematic. Prin corelarea acestor seturi de date, modelul a permis nu doar descrierea fenomenelor observate, ci și predicția comportamentului produsului în condiții variate. Astfel, structurarea clară a datelor experimentale în variabile de intrare (X) și ieșire (Y) a fost un pas crucial în dezvoltarea unei metodologii matematice riguroase, care susține fundamentat deciziile tehnologice și asigură obținerea iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere conforme standardelor de calitate.

În conformitate cu datele prezentate în tabelul 4.17 și tabelul 4.18, s-a realizat calculul mediei aritmetice ponderate pentru întregul set de indicatori de calitate. Acest model matematic a fost fundamentat pe valorile individuale ale parametrilor de calitate, corelate cu coeficienții de pondere atribuiți fiecărui indicator, astfel încât să se reflecte importanța relativă a fiecăruia în determinarea calității globale a produsului finit. Aplicarea metodei mediei aritmetice ponderate permite integrarea coerentă a multiplelor variabile calitative și cantitative într-un singur indicator, facilitând o evaluare unitară și comprehensivă a performanței produsului finit. Această abordare este indispensabilă pentru modelarea matematică riguroasă, deoarece permite cuantificarea și compararea eficienței diferitelor tratamente tehnologice asupra calității iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere. Rezultatele acestui calcul sunt sintetizate în tabelul 4.19, care reflectă expresia cantitativă a calității iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere în baza analizei integrate a tuturor indicatorilor relevanți.

Tabelul 4.19. Modelul matematic al datelor statistice

Nr.	Indicator	Probe			
		PM	IA	IZ	IC
1.	K ₁	0,565231	1	0,434774	0,652158
2.	K ₂	0,204424	1	0,962778	0,885599
3.	K ₃	0,277778	1	0,666667	0,611111
4.	K ₄	0,572584	1	0,845852	0,977583
5.	K ₅	0,917172	1	0,971717	0,945455
6.	K ₆	0,536916	1	0,965148	0,835346
7.	K ₇	0,912651	1	0,962349	0,944779
8.	K ₈	0,402992	1	0,698742	0,741451
9.	K ₉	0,039532	1	0,609053	0,659662
10.	K ₁₀	0,333107	1	0,760707	0,787559
11.	K	0,238963	1	0,694076	0,754681

**Notă: PM- proba martor; IA- iaurt cu aronia; IZ- iaurt cu zmeură; IC- iaurt cu căpșună
Valorile reprezintă media a trei determinări independente $\pm$ abaterea standard, $P \leq 0,05$*

Modelul matematic obținut constituie un instrument valoros pentru interpretarea datelor experimentale, optimizarea procesului tehnologic și luarea deciziilor în scopul îmbunătățirii constante a calității iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere. Modelul matematic bazat pe datele statistice colectate în timpul experimentării pasive reprezintă o relație funcțională între variabilele independente (datele de intrare) și variabilele dependente (parametrii de calitate), cuantificând intensitatea și natura legăturii dintre acestea. Analiza de corelație a fost aplicată pentru a identifica și evalua puterea asociativă dintre indicatorii fizico - chimici și microbiologici, caracteristicile senzoriale ai iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere, evidențiind variabilele cu influență semnificativă asupra calității.

Ulterior, analiza de regresie a permis construirea unor ecuații predictive care descriu modul în care modificările parametrilor de intrare influențează direct indicatorii de calitate. Prin ajustarea coeficienților de regresie, modelul matematic a optimizat capacitatea de predicție, reducând eroarea și sporind fidelitatea față de datele experimentale reale. Această abordare facilitează simularea scenariilor tehnologice variate și identificarea condițiilor optime pentru obținerea unui produs cu caracteristici superioare.

Modelul matematic bazat pe datele statistice colectate în timpul experimentării pasive, utilizând metodele analizei de corelație și regresie, a fost formulat după cum urmează:

$$K = 1.001 \cdot (-9,0783pH^2 + 97,29pH - 259,73) \cdot (-16,188AL^3 + 141,81AL^2 - 411,01AL + 395,24) \cdot (-0,0001AT + 0,0052) \cdot (-13,249CP^2 + 4,1634CG + 0,6593) \cdot (0,1284V^3 - 0,7108V^2 + 1,2584V + 0,2911) \cdot (0,0004BL + 1) \cdot (-2 \cdot 10^{-5}SUT + 1.0003) \cdot (5 \cdot 10^{-7}AA + 1) \cdot (-3 \cdot 10^{-6}CC + 1) \cdot (4 \cdot 10^{-8}aw + 1) \cdot (-5 \cdot 10^{-12}P^3 + 5 \cdot 10^{-9}P - 10^{-6}P + 1) \cdot (4 \cdot 10^{-7}AA + 1) \cdot (10^{-5}P + 0,999)$$

**Notă: AL- acid lactic, AT- aciditate titrabilă, CP- conținut de proteină, CG- Conținut de grăsime, BL- bacterii lactice, V- vâscozitate, SUT- substanța uscată totală, AA- activitatea antioxidantă, CC- conținut de cenușă, a_w- activitatea apei*

Modelul matematic al calității iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere prezintă o corelație puternică, de aproximativ 98,25%, cu rezultatele obținute în urma analizelor caracteristicilor senzoriale, indicatorilor microbiologici și fizico - chimici, valorii biologice și activității antioxidante. Acest nivel înalt de concordanță reflectă capacitatea modelului de a descrie fidel comportamentul complex al produsului finit în raport cu parametrii cheie ai procesului tehnologic. Figura 4.33 ilustrează similitudinea dintre valorile prevăzute de model și cele experimentale pentru iaurturile din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere studiate: probele IA, IZ, IC față de proba PM. Această reprezentare grafică confirmă validitatea modelului și aplicabilitatea sa pentru diverse tipuri de iaurturi din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere.

Pe baza rezultatelor prezentate în fig. 4.33, se constată că modelul matematic utilizat permite o apreciere precisă a calității iaurtului din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere, prin corelarea cu parametrii de intrare esențiali: pH, concentrația acidului lactic, aciditate titrabilă, vâscozitate dinamică, numărul bacteriilor lactice, conținut de substanță uscată totală, precum și conținutul de acid L- hidroascorbic, antocieni, polifenoli și activitatea antioxidantă.

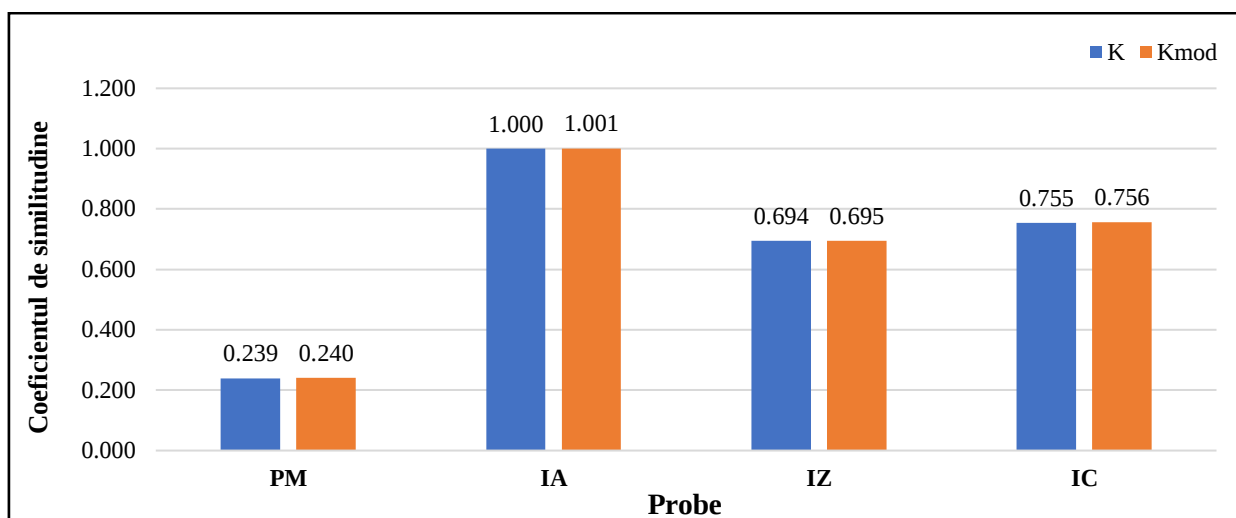


Fig. 4.33 Similitudinea modelului matematic al calității iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere

Notă: PM- proba martor; IA- iaurt cu aronia; IZ- iaurt cu zmeură; IC- iaurt cu căpșună

Gradul ridicat de încredere al modelului este susținut și de criteriul statistic al lui Fisher, pentru care valoarea calculată a depășit pragul minim necesar de 1,00. Aceasta indică faptul că modelul este semnificativ statistic și că variațiile parametrilor de intrare explică o proporție substanțială din variabilitatea parametrilor de ieșire.

Prin urmare, modelul matematic propus a constituit un instrument adaptabil și fiabil pentru evaluarea și optimizarea calității iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere, oferind o bază solidă pentru controlul procesului tehnologic și pentru adaptarea parametrilor de fabricație în scopul îmbunătățirii calității.

Concluzii la capitolul 4

Studiul realizat asupra iaurturilor naturale din amestec de lapte de capră și vacă, în proporție de 1 : 1, a evidențiat că această formulare a condus la cele mai bune rezultate în eficiența procesului de fermentare. Iaurtul natural- produs finit a fost caracterizat prin proprietăți senzoriale superioare, prezentând consistență cremoasă, miros plăcut, ușor dulceag, specific fermentării lactice, gust echilibrat și culoare uniformă, cu nuanțe alb - gălbui. În plus, mediul creat în această variantă a fost nefavorabil dezvoltării microorganismelor de alterare și patogene. Indicatorii fizico - chimici ai iaurtului din amestec de lapte de capră și vacă au respectat limitele impuse prin HG 158/2019, anexa 4, evidențiind valori corespunzătoare pentru pH între 4,53 și 4,60, conținut de acid lactic între 0,54 și 0,63 g/100 g, număr total de bacterii lactice între 2,25 și $2,47 \cdot 10^9$ UFC/g, conținut de grăsime între 3,1 și 3,5 %, proteine totale între 5,25 și 5,36 g/100 g, activitatea apei

între 0,881 și 0,884 u.c., conținut de cenușă între 0,73 și 0,76 %, substanța uscată totală între 17,28 și 17,94 g/100 g, substanța uscată degresată între 13,98 și 14,30 g/100 g.

În ceea ce privește iaurturile obținute din amestec de lapte de capră și vacă (1 : 1) cu adaos de piureuri din fructe bacifere (aronia, zmeură și căpșună), indicatorii fizico - chimici au înregistrat valori situate în intervale reprezentative: aciditatea titrabilă între 85,74 și 93,35 °T, pH- ul între 4,25 și 4,38, activitatea apei între 0,858 și 0,871 u.c., iar conținutul de substanță uscată totală între 18,11 și 18,45 %. Conținutul de proteine totale a variat între 5,23 și 5,87 %, cel de grăsime între 2,65 și 2,83 %, iar conținutul de cenușă între 0,69 și 0,89 %. Din punct de vedere microbiologic, numărul de bacterii lactice s-a situat între 2,65 și $2,99 \cdot 10^9$ UFC/g, confirmând eficiența procesului de fermentare, iar activitatea antimicrobiană a fost notabilă, cu diametre ale zonelor de inhibiție între 15,2 și 18,5 mm. Indicatorii texturali au prezentat valori corespunzătoare: sinereza între 1,23 și 1,82 %, fermitatea între 30,3 și 35,1 %, gumozitatea între 34,9 și 42,1 g, adezivitatea între 104,1 și 174,7 % și coezivitatea între 14,6 și 18,1 g, aspectele senzoriale fiind caracterizate prin consistență cremoasă, gust echilibrat și culoare intensă, cu valori ale componentelor de culoare a* cuprinse între 13,41 și 19,74. În ceea ce privește valoarea biologică, iaurturile din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere au prezentat conținuturi totale de polifenoli cuprinse între 159 și 268 mg GAE/100 g, antocieni între 33,1 și 66,3 mg/100 g, acid *L*- hidroascorbic între 35,8 și 47,7 mg/100 g, iar activitatea antioxidantă a variat între 13,5 și 20,2 mg TE/100 g.

Pe parcursul perioadei de păstrare, modificările asupra indicatorilor de calitate s-au încadrat în limite acceptabile: reducerea pH- ului între 1,50 și 1,63 %, scăderea substanței uscate totale între 0,95 și 1,03 %, diminuarea vâscozității dinamice între 20,5 și 22,4 %, concomitent cu creșteri ale acidității titrabile între 7,90 și 8,23 %, acidului lactic între 8,20 și 8,82 %, precum și îmbunătățiri ale proprietăților texturale (fermitate, gumozitate, adezivitate și coezivitate) între 20 și 24 %.

Modelul de regresie liniară multiplă a permis cuantificarea relației dintre variabile, activitatea antioxidantă fiind considerată variabilă dependentă, iar conținutul de acid *L*- hidroascorbic, conținutul total de antocieni și polifenoli variabile independente. Analiza corelațiilor a evidențiat că activitatea antioxidantă este strâns legată de conținutul total de polifenoli, cu cele mai înalte valori ale coeficienților de determinare $R^2 = 0,9509 - 0,9984$, ceea ce confirmă rolul lor dominant și stabil în matricea lactată. Conținutul total de antocieni, la fel a prezentat o corelație foarte bună în intervalul $R^2 = 0,8459 - 0,9969$, evidențiind o influență pozitivă. Acidul *L*- hidroascorbic a manifestat o variabilitate ridicată, cu valori ale R^2 cuprinse între 0,8663 și 0,9969, ceea ce reflectă sensibilitatea sporită la procesare și condițiile de păstrare, precum și implicarea în mecanismele de regenerare a altor antioxidanți.

Cercetările efectuate au demonstrat că amestecul de lapte de capră și vacă, cu sau fără adaos de piureuri din fructe bacifere, permite obținerea unor iaurturi cu caracteristici superioare, caracterizate prin stabilitate fizico - chimică, proprietăți senzoriale remarcabile și valoare biologică crescută. Analiza relațiilor dintre compușii bioactivi și activitatea antioxidantă a evidențiat rolul esențial și interdependent al conținutului total de polifenoli, antocieni și acidului *L*- hidroascorbic, oferind dovezi clare privind mecanismele de protecție și stabilizare în matricea lactată. Aceste rezultate constituie un aport semnificativ la ingineria produselor lactate funcționale, punând bazele dezvoltării de tehnologii inovative.

CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI

Studiul și analiza rezultatelor obținute în cadrul tezei de doctor în științe ingineresti „AMELIORAREA VALORII BIOLOGICE A PRODUSELOR LACTATE FERMENTATE CU INGREDIENTE BIOACTIVE DIN FRUCTE” au condus la formularea următoarelor concluzii:

1. Aplicarea tratamentului termic prin ultrasonificare (60 - 70 °C, timp de 5 - 15 min) contribuie la obținerea piureurilor din fructe bacifere de calitate superioară, însă, efectul de stabilitate microbiologică rămâne limitat (5,95 log UFC/g), datorită prezenței drojdiilor termorezistente. Prin contrast, sterilizarea termică convențională (105 °C timp de 90 - 290 s) asigură inactivarea completă a microflorei vegetative și sporilor, garantând inofensivitate microbiologică a piureurilor din fructe bacifere. Astfel, combinarea procesului de conservare prin ultrasonificare și sterilizarea termică se dovedește a fi o soluție tehnologică optimă, care permite obținerea piureurilor din fructe bacifere sigure, din punct de vedere microbiologic (3,00 log UFC/g) și funcționale, din punct de vedere al valorii biologice (acid *L*- hidroascorbic- 72,37 mg/100 g, conținut total de antocieni- 150,51 mg/100 g, activitate antioxidantă- 10,28 mg TE/100 g) (subcapitolul 3.1).

2. Tratamentul termic combinat prin ultrasonificare la 70 ± 1 °C timp de 12 ± 2 minute, urmat de sterilizare la 105 °C timp de 135 s, reprezintă regimul optimizat pentru conservarea piureurilor din fructe bacifere. Această strategie asigură păstrarea compușilor bioactivi, inclusiv conținutul total de antocieni (până la 78,43 % din conținutul inițial) și acidul *L*- hidroascorbic (până la 63,65 %), precum și menținerea activității antioxidante (53,66 %), în timp ce reduce semnificativ microorganismele patogene și de alterare (94,23 %). Durata prea scurtă favorizează persistența contaminării microbiene, iar cele excesive conduc la degradarea accentuată a compușilor bioactivi, subliniind importanța calibrării precise a tratamentului combinat, (Cușmenco et al., 2024; subcapitolul 3.3).

3. Elaborarea iaurtului din amestec de lapte de capră și vacă, în proporție de 1 : 1, a demonstrat că această formulare a optimizat procesul de fermentare și a condus la obținerea unui iaurt cu caracteristici senzoriale superioare, prezentând consistență cremoasă, gust echilibrat, culoare uniformă, alb - gălbuie. Mediul creat a fost nefavorabil dezvoltării microorganismelor de alterare și patogene. Indicatorii fizico - chimici s-au situat în intervalele: pH 4,53 - 4,60, acid lactic 0,54 - 0,63 g/100 g, număr total de bacterii lactice $2,25 - 2,47 \cdot 10^9$ UFC/g, conținut de grăsime 3,1 - 3,5 %, conținut de proteine totale 5,25 - 5,36 g/100 g, activitatea apei 0,881 - 0,884 u.c., conținut de cenușă 0,73 - 0,76 % și substanță uscată totală 17,28 - 17,94 % (Bulgaru et al., 2020; Cușmenco et al., 2022; subcapitolul 4.1).

4. Iaurturile din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere au demonstrat valori îmbunătățite ale indicatorilor fizico - chimici și microbiologici, situându-se în următoarele intervale: aciditate titrabilă între 85,74 – 91,35 °T, pH între 4,25 - 4,38, activitatea apei între 0,858 - 0,871 u.c., substanță uscată totală între 18,11 - 18,45 %, conținut de cenușă între 0,69 - 0,89 %, proteine între 5,23 - 5,87 %, acid lactic între 0,69 - 0,89 g/100 g, iar vâscozitatea dinamică a variat între 1,45 - 2,50 Pa·s. În ceea ce privește valoarea biologică, s-au înregistrat valori cuprinse între 35,8 - 47,7 mg/100 g pentru acidul *L*- hidroascorbic, între 33,1 - 66,3 mg/100 g pentru conținutul total de antocieni și între 159 - 268 mg GAE/100 g pentru conținutul total de polifenoli. Activitatea antioxidantă s-a încadrat în limitele de la 13,5 până la 20,2 mg TE/100 g, (Cușmenco et al., 2021; subcapitolul 4.2)

5. Analiza statistică și modelarea matematică a datelor experimentale au evidențiat corelații puternice între compușii bioactivi și activitatea antioxidantă a iaurturilor din amestec de lapte de capră și vacă cu piureuri din fructe bacifere. Modelul de regresie liniară multiplă a demonstrat că polifenolii și antocienii au contribuit cel mai semnificativ la menținerea activității antioxidante, cu coeficienți de determinare $R^2 = 0,9984$ și $R^2 = 0,9969$ ($p < 0,01$), în timp ce acidul *L*- hidroascorbic a exercitat o influență moderată, dar semnificativă ($R^2 = 0,8663$, $p < 0,05$). Modelul matematic elaborat a prezentat o corelație de 98,25 % cu rezultatele experimentale și a respectat criteriile statistice ale lui Fisher (0,695 - 1,01), confirmând atât fiabilitatea, cât și validitatea în descrierea și predicția proceselor tehnologice (subcapitolul 4.11 și 4.13).

RECOMANDĂRI PRACTICE

❖ Se propune aplicarea tratamentului termic combinat, care utilizează ultrasonificarea și sterilizarea termică, ca metodă optimă de conservare a piureurilor din fructe de aronia, zmeură și căpșună. Parametrii optimizați pentru ultrasonificare sunt: temperatura de $70 \pm 1^\circ\text{C}$, timpul de expunere de 12 ± 2 min, frecvența de 37 kHz și puterea de 510 W, iar pentru sterilizare- 105°C timp de 135 s. Acest protocol combinat asigură conservarea eficientă a compușilor biologic activi și menținerea activității antioxidante, concomitent cu o reducere semnificativă a duratei procesului de conservare cu aproximativ 53,44%.

❖ În baza rezultatelor obținute, se recomandă utilizarea unui amestec optim din lapte de capră și vacă în proporție de 1:1 (v/v) cu piureuri din fructe bacifere. Acest raport s-a dovedit a fi favorabil pentru dezvoltarea unui iaurt cu proprietăți reologice îmbunătățite. Formula propusă contribuie la valorificarea sinergiei compoziționale dintre cele două tipuri de lapte, asigurând totodată o stabilitate structurală optimă și o acceptabilitate senzorială crescută.

❖ Tehnologia de fabricare a iaurtului din lapte de capră și de vacă - conform brevetului de invenție.

BIBLIOGRAFIE

- ABDEL-MONEIM, E.S., RANIA, M.A., ZAKARIA, A.S. Effects of storage on quality of yoghurt prepared from cow's and goat's milk and pure strains of lactic acid bacteria. In: *Journal of Science Technology*, 12(1), 2011: pp. 136-143. <https://www.researchgate.net/publication/261862281>
- ABID, M., JABBAR, S., HU, B., HASHIM, M.M., WU, T., LEI, S., KHAN, M.A., ZENG, X. Thermosonication as a potential quality enhancement technique of apple juice. In: *Ultrasonics Sonochemistry*, 21(3), 2014: pp. 984-990. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2013.12.003>
- ACIA (CFIA)- Canadian Food Inspection Agency. Health claims on food labels: Nutrient function claims, 2019. [online] [accesat 09.05.2024]. Disponibil: <https://inspection.canada.ca/food-labels/labelling/industry/health-claims-on-food-labels/eng/1392834838383/1392834887794?chap=9>
- AFZALI, S., DOVOM, M.R.E., NAJAF, M.B.H., TEHRANI, M.M. Determination of the anti-yeast activity of *Lactobacillus spp.* isolated from traditional Iranian cheeses in vitro and in yogurt drink. In: *Scientific Reports*, 10, 2020: pp. 6291. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63142-0>
- AGUILAR, K., GARVÍN, A., IBARZ, A., AUGUSTO, P.E. Ascorbic acid stability in fruit juices during thermosonication. In: *Ultrasonication, Sonochemistry*, 37, 2017: pp. 375-381. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2017.01.029>
- AGRIOPOULOU, S., STAMATELOPOULOU, E., SKIADA, V., VARZAKAS, T. Nanobiotechnology in food preservation and molecular perspective. In: *Book Nanotechnology-Enhanced Food Packaging*, 1st ed.; Parameswaranpillai, J., Krishnankutty, R.E., Jayakumar, A., Rangappa, S.M., Siengchin, S., Eds.; Wiley-Vch GmbH: Weinheim, Germany, 2022: pp. 327-359. <https://doi.org/10.1002/9783527827718.ch14>
- ALAPPAT, B., ALAPPAT, J. Anthocyanin pigments: beyond aesthetics. In: *Molecules*, 25(23), 2020: pp.1-17. <https://doi.org/10.3390/molecules25235500>
- ALBENZIO, M., SANTILLO, A., CAROPRESE, M., DELLA MALVA, A., MARINO, R. Bioactive peptides in animal food products. In: *Foods*, 6, 2017: pp. 35-49. <https://doi.org/10.3390/foods6050035>
- ALCALDE, B., GRANADOS, M., SAURINA, J. Exploring the antioxidant features of polyphenols by spectroscopic and electrochemical methods. In: *Antioxidants*, 8, 2019, pp: 523.
- AMIN, O.I., FLORENCE, J.M., AFODIA, L.K., GERVASE, I.A., ELIZABETH, C.C., MAMUDU, H.B. Evaluation and acceptability of yoghurt drink processed from goat milk and a combination of goat and cow milks. In: *International Journal of Biotechnology and Food Science*, 3(4), 2015: pp. 41-48. ISSN: 2384-7344
- AMIRDIVANI, S., BABA, A.S.H. Green tea yogurt: Major phenolic compounds and microbial growth. In: *Journal of Food Science and Technology*, 52(7), 2015: pp. 4652-4660. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1670-6>
- ANPLPL „Lapte” Raport: Studiul potențialului de dezvoltare de produse lactate din moldova, 2020. [online] [accesat 25.05.2023]. https://invest.gov.md/attached_files/2021/03/29/Studiul%20poten%C8%9Bialului%20de%20dezvoltare%20a%20pietei.pdf
- AOAC, *Official Methods of Analysis*, 19th ed.; Association of Official Analytical Chemists: Washington, DC, USA, 2012.
- AOAC, Official Method. Enumeration of Yeast and Mold in Food. 2015 AOAC INTERNATIONAL.
- ARTÉS-HERNÁNDEZ, F., CASTILLEJO, N., MARTÍNEZ-ZAMORA, L., MARTÍNEZ-

- HERNÁNDEZ, G.B. Phytochemical fortification in fruit and vegetable beverages with green technologies. In: *Foods*, 10 (11), 2021: 2534. <https://doi.org/10.3390/foods10112534>
- ARYANA, K. J., OLSON, D. W. A 100-year review: Yogurt and other cultured dairy products. In: *Journal of Dairy Science*, 100, 2017: pp. 9987-10013. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12981>
- ASGARI, S., POURJAVADI, A., LICHT, T.R., BOISEN, A., AJALLOUEIAN, F. Polymeric carriers for enhanced delivery of probiotics. In: *Advanced Drug Delivery Reviews*, 161-162, 2020: pp. 1-21. <https://doi.org/10.1016/j.addr.2020.07.014>
- BALAN, V., SAVA, P., CALALB, T., CIORCHINĂ, N., CUMPANICI, A., DODICA, D., ROȘCA, I., TODIRĂȘ, V., ZBANCĂ, A. Cultura arbuștilor fructiferi și căpșunului, 2017: pp. 323-325, HEKS EPER Moldova.
- BAN, Q., LIU, Z., YU, C., SUN, X., JIANG, Y., CHENG, J., GUO, M. Physiochemical, rheological, microstructural, and antioxidant properties of yogurt using monk fruit extract as a sweetener. In: *Journal of Dairy Science*, 103 (11), 2020: pp. 10006-10014. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18703>
- BARAKAT, H., HASSAN, M. F. Y., EL-DESSOUKY, T. A. Effect of pumpkin (*Cucurbita maxima*) puree on the physicochemical, rheological, and sensory properties of stirred yogurt. In: *Food Science and Biotechnology*, 26(5), 2017: pp. 1161-1170. <https://doi.org/10.1007/s10068-017-0151-9>
- BARAT, A., OZCAN, T. Growth of probiotic bacteria and characteristics of fermented milk containing fruit matrices. In: *International Journal of Dairy Technology*, 71, 2018: pp. 120-129. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12391>
- BASNAYAKE, C. Treatment of irritable bowel syndrome. In: *Australian prescriber*, 41(5), 2018: pp. 145-149. <https://doi.org/10.18773/austprescr.2018.044>
- BEHERA, S.S., PANDA, S. K. Ethnic and industrial probiotic foods and beverages: efficacy and acceptance. In: *Current Opinion In Food Science*, 32, 2020: pp. 29-36. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.01.006>
- BEETSMA, J. The CIELAB L*a*b* System- the Method to Quantify Colors of Coatings, 2020.
- BERTRAND, G. Le dosage des sucres reducteurs. *Bull. Soc. Chim.* 35, 1906, pp:1285-1299.
- BIADAŁA, A., KONIECZNY, P. Goat's milk-derived bioactive components-a review. In: *Mljekarstvo*, 68(4), 2018: pp. 239-253. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2018.0401>
- BINTSIS, T. Lactic acid bacteria as starter cultures: An update in their metabolism and genetics. In: *Microbiology*, 4, 2018: pp. 665. <https://doi.org/10.3934/microbiol.2018.4.665>
- BISWAS, S., CHOWDHURY, A.R. Development of ready to serve beverage with the inclusion of herbal components. In: *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology*, 8, 2019: pp.147-154. <http://dx.doi.org/10.21172/1.84.23>
- BNS, Biroul Național de Statistică al R. Moldova. Statistica pe domenii-Produse lactate- Producția de lapte. [online] [accesat 30.05.2023]. https://statistica.gov.md/index.php/ro/ziua-mondiala-a-laptelui-9517_59849.html
- BOGDAN, N., RUDIC, V., COEV, G. Actualitatea studiului laptelui de capră ca sursă de izolare a tulpinilor de bacterii lactice. In: *Buletinul AȘM. Științele vieții*, 3(330), 2016: pp. 150-156. CZU:579.64:637.146:636.39
- BRODZIAK, A., KRÓL, J., MATWIJCZUK, A., CZERNECKI, T., GLIBOWSKI, P., WLAZŁO, Ł., LITWIŃCZUK, A. Effect of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) mousse on properties of probiotic yoghurt. In: *Applied Science*, 11(2), 2021: pp. 1-19. <https://doi.org/10.3390/app11020545>
- BROOKFIELD DV3T Viscometer Operating Instructions Manual, No. M13-2100-A0415
- BULGARU, V. Quality of local goat milk depending on the season. In: *Meridian Ingineresc*, 4, 2016: pp. 58-61. <http://repository.utm.md/handle/5014/608>

- BULGARU, V., CUȘMENCO, T., MACARI, A., BOTEZAT, O. Rheological and textural properties of goat's milk and mixture of goat's and cow's milk fruit yogurt. In: *Journal of Engineering Sciences*, 27(4), 2020: pp. 172 - 182. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4288315>
- BULGARU, V., CUȘMENCO, T., SANDULACHI, E., MACARI, A., STURZA, R. Evolution of physico-chemical indices and functional properties of fruit yogurt during storage. In: *Acta Scientific Nutritional Health*, 5(9), 2021: pp.78-89. ISSN:2582-1423
- BULGARU, V., CUȘMENCO, T., POPESCU, L., CEȘKO, T., SAVCENCO, A., BAERLE, A., ȚĂRNA, R., MACARI, A., STURZA, R., GHENDOV-MOȘANU, A., SANDULACHI, E., GUREV, A., TATAROV, P. CAPITOLUL VI. Tehnologii de fabricare a produselor lactate fermentate cu adaosuri vegetale. In: *Ameliorarea calității și siguranței alimentelor prin biotehnologie și inginerie alimentară*. Tehnica-UTM, Chișinău, 2023, pp. 136-165. ISBN 978-9975-45-988-4.
- BULGARU, V., SANDULACHI, E., CUȘMENCO, T. Microbiological aspects of goat's milk yogurt with the addition of scald fruits. In: *The 10th International Symposium EURO-ALIMENT. Food connects people and shares science in a resilient world*, Galați, România, 2021: p.74. ISSN 1843-5114
- CALEJA, C., BARROS, L., ANTONIO, A.L., CAROCHO, M., OLIVIERA, M.B.P.P., FERREIRA, I.C.F.R. Fortification of yogurts with different antioxidant preservatives: A comparative study between natural and synthetic additives. In: *Food Chemistry*, 210, 2016: pp. 262-268. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.114>
- CANO-LAMADRID, M., ARTÉS-HERNÁNDEZ, F. Thermal and non-thermal treatments to preserve and encourage bioactive compounds in fruit- and vegetable-based products. In: *Foods*, 11(21), 2022: pp. 3400. <https://doi.org/10.3390/foods11213400>
- CARTĂȘEV, A., RUDIC, V. New *Streptococcus thermophilus* strain as potential agent for increasing bio-safety of dairy products. In: *International Scientific Conference on Microbial Biotechnology*, 3, 2016: pp. 96. IBN: 2022-07-08 20:43
- CASATI, C.B., BAEZA, R., SANCHEZ, V., CATALANO, A., LÓPEZ, P., ZAMORA, M.C. Thermal degradation kinetics of monomeric anthocyanins, colour changes and storage effect in elderberry juices. In: *Journal of Berry Research*, 5(1), 2015: pp. 29-39. <https://doi.org/10.3233/JBR-150088>
- CAVICCHIOLI, V.Q., SCATAMBURLO, T.M., YAMAZI, A.K., PIERI, F.A., NERO, L.A. Occurrence of *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, and enterotoxigenic *Staphylococcus* in goat milk from small and medium-sized farms located in Minas gerais State, Brazil. In: *Journal of Dairy Science*, 98 (12), 2015: pp. 8386-8390. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9733>
- CHOO, Y. X., TEH, L. K., TAN, C. X. Effects of sonication and thermal pasteurization on the nutritional, antioxidant, and microbial properties of noni juice. In: *Molecules*, 28, 2022: pp. 313. <https://doi.org/10.3390/molecules28010313>
- CHOUCHOULI, V., KALOGEROPOULOS, N., KONTELES, S., KARVELA, E., MAKRIS, D.P., KARATHANOS, V.T. Fortification of yogurts with grapes (*Vitisvinifera*) seed extracts. In: *Journal of Food Science and Technology*, 53, 2013: pp. 98-103. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.03.008>
- CHR. HANSEN- Chr. Hansen raportează o creștere puternică în segmentul Sănătate și Nutriție pe fondul volatilității pieței, 2022. [online] [accesat 15.05.2023]. Disponibil: <https://www.foodingredientsfirst.com/news/chr-hansen-reports-strong-growth-in-health-nutrition-segment-amid-market-volatility.html>
- CLARK, S., MORA-GARCÍA, M.B. A 100-year review: Advances in goat milk research. In: *Journal of Dairy Science*, 100(12), 2017: pp. 10026-10044. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13287>

- CLAEYS, W.L., VERRAES, C., CARDOEN, S., DE BLOCK, J., HUYGHEBAERT, A., RAES, K.; DEWETTINCK, K.; HERMAN, L. Consumption of raw or heated milk from different species: An evaluation of the nutritional and potential health benefits. In: *Food Control*, 42, 2014: pp. 188-201. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.01.045>
- COSTA, M.P., BALTHAZAR, C.F., FRANCO, R.M., MÁRSICO, A.G., CRUZ, C.A., CONTE-JUNIOR, C.A. Changes on expected taste perception of probiotic and conventional yogurts made from goat milk after rapidly repeated exposure. In: *Journal of Dairy Science*, 97(5), 2014: pp. 2610-2618. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7617>
- CRIVOI, A., BACALOV, I., CHIRIȚA, E., PARA, I., COJOCARI, L., POZDNEACOVA, I., DRUȚA, A., ILIEȘ, A., COJOCARI, A., CIOCÎRLAN, V. Substanțele biologice active ca factori sanogeni ai organismelor vii. In: *Studia Universitatis Moldaviae*, 1(111), 2018: pp. 3-13. ISSN 1814-3237
- CUȘMENCO, T. Analysis of the physical properties of fruit yogurt. In: *Proceedings of the international conference Modern Technologies in the Food Industry*, 2022: pp. 71. ISBN 978-9975-45-851
- CUȘMENCO, T. Application possibilities for ultrasonification treatment of fruit purees, In: *International conference for students „STUDENT IN BUCOVINA”*, december, 13th, 2024, Suceava, România, pp.42 ISSN 2068 - 7648. Disponibil: https://fiajournal.usv.ro/sib2024/doc/2024/Carte%20de%20abstracte%202024_.pdf
- CUȘMENCO, T. Evaluarea intensității culorii iaurtului cu fructe. In: *Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor*, UTM, 2020, pp. 408-410. ISBN: 978-9975-45-632-6. Disponibil: <http://repository.utm.md/handle/5014/8567>
- CUȘMENCO, T. Influența fructelor asupra proprietăților organoleptice ale iaurtului din lapte de capră și vacă. In: *Știința agricolă*, 2022, 1, pp. 108-115. pISSN 1857-0003/eISSN 2587-3202. Disponibil: <https://doi.org/10.55505/sa.2022.1.16>.
- CUȘMENCO, T. Modificările caracteristicilor fizico-chimice a iaurtului cu pomușoare la depozitare. In: *Conferința Tehnico-Științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor*, UTM, 2023, pp. 227-230. ISBN: 978-9975-45-957-7. Disponibil: <https://cercetari.utm.md/cts-smd-2023/>
- CUȘMENCO, T. Valorificarea laptelui de capră în iaurt. In: *Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor*, UTM, 2019, pp. 448-491. IBN:2025-01-14 17:36. Disponibil: <http://repository.utm.md/handle/5014/2879>
- CUȘMENCO, T., DIANU, I. Studiul valorii biologice a piureurilor din fructe. In: *Conferința "Yesterday's cultural heritage – contribution to the development of tomorrow's sustainable society" International Scientific Conference Organized in the context of the International Day of Women and Girls in Science*, 8-9 februarie 2024, p, 146. ISSN: 2558 – 894X.
- CUȘMENCO, T., BULGARU, V. Quality characteristics and antioxidant activity of goat milk yogurt with fruits. In: *Ukrainian Food Journal*, 9(1), 2020: pp. 86-98. <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2020-9-1-8>.
- CUȘMENCO, T., BULGARU, V., MACARI, A. Vegetable material used for manufacture of high biological value yogurt. In: *The 9th International Symposium EURO-ALIMENT. Innovative Minds for Future Food*, September 5-6, Galați, România, 2019. ISSN 1843-5114.
- CUSMENCO, T., BULGARU, V., MACARI, A., NETREBA, N., SANDU, I., DIANU, I. Antimicrobial activity of yoghurt made using a mixture of cows and goats milk with berries puree. In: *The 11th International Symposium Euro-Aliment. Insights of Future Foods – From Concepts and Challenges to Technological Innovation*, 2023. ISSN 1843-5114. Disponibil: https://www.euroaliment.ugal.ro/images/2023/Book_of_Abstracts_final_EuroAliment.pdf.

- CUȘMENCO, T., BULGARU, V., SANDULACHI, E., MACARI, A.** Caracteristicile calității iaurtului din amestec de lapte de capră și de vacă. In: *Akadosmos*, 2 (65), 2022: pp. 45-53. <https://doi.org/10.52673/18570461.22.2-65.02>
- CUȘMENCO, T., MACARI, A., SUBOTIN, I.** Authentification of some local raw materials with high biological value. In: *Modern Technologies in the Food Industry*, UTM, 2018, pp. 77-82, ISBN 978-9975-87-428-1. Disponibil: <https://repository.utm.md/handle/5014/2808>
- CUȘMENCO, T., SANDULACHI, E., BULGARU, V., MACARI, A.** The role of berries in quality and safety ensuring of goat's and cow's milk yogurt. In: *Journal of Engineering Science*, 28(3), 2021: pp. 158-174. [https://doi.org/10.52326/jes.utm.2021.28\(3\).13](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2021.28(3).13)
- CUȘMENCO, T., SANDULACHI, E., BULGARU, V., MACARI, A., NETREBA, N., SANDU, I., DIANU, I.** Reducing the risk of spoilage caused by *Bacillus cereus* activity in cow's and goat's milk yogurt with berries puree. In: *Journal of Engineering Science*, 30 (1), 2023: pp. 140-153. [https://doi.org/10.52326/jes.utm.2023.30\(1\).12](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2023.30(1).12)
- CUȘMENCO, T., MACARI, A., BULGARU, V., NETREBA, N., DIANU, I., SANDU, I.** The impact of berries on the evolution of yogurt acidity. In: The Conference „Smart Life Sciences and Technology for Sustainable Development”, 2023, Technical University of Moldova.
- CUȘMENCO, T., MACARI, A., NETREBA, N., SANDU, I., DIANU, I.** Enhancing microbiological safety of fruit purées through synergistic heat treatment and ultrasonication. The 20th International Conference of Constructive Design and Technological Optimization in Machine Building OPROTEH-2025, May, 21st-23rd, 2025.
- CUSMENCO, T., DIANU, I., SANDU, I., MACARI, A., NETREBA, N.** Influence of heat treatment on inactivation of polyphenol oxidase enzyme. In: *International Conference Modern Technologies in the Food Industry*, 17-18 October 2024, pp. 24, Chisinau, Republic of Moldova. <https://repository.utm.md/bitstream/handle/5014/30911/Conf-MTFI-2024-p24.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CUȘMENCO T., MACARI, A., BULGARU, V., SANDULACHI, E.** Brevet de invenție nr. 1606, din 2021.02.09 „Procedeu de obținere a iaurtului din lapte de capră și de vacă”.
- DANG, B., HUYNH, T., LE, V.** Simultaneous treatment of acerola mash by ultrasound and pectinase preparation in acerola juice processing: optimization of the pectinase concentration and pectolytic time by response surface methodology. In: *International Food Research Journal*, 19(2), 2012: pp. 509–513.
- DANONE, A** brief history of yogurt, 2013. [online] [accesat 15.05.2023]. Disponibil: https://www.danone.com/content/dam/corp/global/danonecom/investors/en-all-publications/2013/integratedreports/Danone-RA2013-EN_01.pdf
- DIMITRELLOU, D., KANDYLIS, P., LEVIĆ, S., PETROVIĆ, T., IVANOVIĆ, S., NEDOVIĆ, V., KOURKOUTAS, Y.** Encapsulation of *Lactobacillus casei* ATCC 393 in alginate capsules for probiotic fermented milk production. In: *LWT- Food Science and Technology*, 116, 2019: pp. 108501. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108501>
- DINÇER, C., TOPUZ, A.** Inactivation of *Escherichia coli* and quality changes in black mulberry juice under pulsed sonication and continuous thermosonication treatments. In: *Journal of Food Processing and Preservation*, 39 (6), 2015: pp. 1744–1753. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12406>
- DOMÍNGUEZ-DÍAZ, L., FERNÁNDEZ-RUIZ, V., CÁMARA, M.** An international regulatory review of food health-related claims in functional food products labeling. In: *Journal of Functional Foods*, 68, 2020: pp. 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.103896>
- EHLING-SCHULZ, M., LERECLUS, D., KOEHLER, T.M.** The *Bacillus cereus* group: *Bacillus* species with pathogenic potential. In: *Journal of Microbiology Spectroscopy*, 7(3), 2019:

- pp. 1-35. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.GPP3-0032-2018>
- EUFI European Food Information Council, Annual Report, 2012: pp. 7-10.
- FAOSTAT, World food and agriculture-statistical yearbook, 2023: pp. 31. [online] [accessed 16.05.2024]. Available: <https://www.fao.org/3/cb4477en/cb4477en.pdf>
- FAZILAH, N.F., ARIFF, A.B., KHAYAT, M.E., RIOS-SOLIS, L., HALIM, M. Influence of probiotics, prebiotics, synbiotics and bioactive phytochemicals on the formulation of functional yogurt. In: *Journal of Functional Foods*, 48, 2018: pp. 387-399. <https://www.research.ed.ac.uk/en/publications/influence-of-probiotics-prebiotics-synbiotics-and-bioactive-phyto>
- FELIPE, S.V., CRUZ DA SILVA, C.A.C.V., COSTA-LIMA, B., SALIM, A.P., BALTHAZAR, C.F., PEREIRA, C.M., PANZENHAGEN, P., RACHID, R., ROBSON, M.F., CONTE-JUNIOR, C.A., OLIVEIRA, S.A.C. Milk from different species on physicochemical and microstructural yoghurt properties. In: *Ciência Rural*, 49(6), 2019: pp.1-15. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180522>
- FITRATULLAH, A.M.N., MARUDDIN, F., YULIATI, F.N., PRAHESTI, K.I., TAUFIK, M. Addition of red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) on yogurt: Effect on lactic acid content, pH, and the inhibition of *Escherichia coli* growth. In Proceedings of the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, The 1st International Conference of Interdisciplinary Research on Green Environmental Approach for Sustainable Development (ICROEST), Kota Bau-Bau, Indonesia, 343, 2019: pp. 012034. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/343/1/012034>
- GAO, N., SI, X., HAN, W., GONG, E., SHU, C., TIAN, J., WANG, Y., ZHANG, J., LI, B., LI, B. The contribution of different polyphenol compositions from chokeberry produced in China to cellular antioxidant and antiproliferative activities. In: *Food Science and Human Wellness*, 12, 2023: pp. 1590-1600. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2023.02.018>
- GERASIMOV, B.I. Upravleniye kachestvom- M.: Knorus, 2007, pp. 272
- GHENDOV-MOŞANU, A., COJOCARI, D., BALAN, G., STURZA, R. Antimicrobial activity of rose hip and hawthorn powders on pathogenic bacteria. In: *Journal of Engineering Science*, 25(4), 2018: pp. 100-107, ISSN 2587-3482
- GIAMPIERI, F., FORBES-HERNANDEZ, T.Y., GASPARRINI, M., ALVAREZ-SUAREZ, J.M., AFRIN, S., BOMPADRE, S., QUILES, J.L., MEZZETTI, B., BATTINO, M. Strawberry as a health promoter: an evidence based review. In: *Food and Function*, 6(5), 2015: pp. 1386-1398. <https://doi.org/10.1039/c5fo00147a>
- GIUFRIDA, D., TORRE, G., DUGO, P., DUGO, G. Determination of the carotenoid profile in peach fruits, juice and jam. In: *Fruits*, 68(1), 2013: pp. 39-44. <https://doi.org/10.1051/fruits/2012049>
- GJORGIEVSKI, N., TOMOVSKA, J., DIMITROVSKA, G., MAKARIJOSKI, B., SHARIATI, M.A. Determination of the antioxidant activity in yogurt. In: *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 8, 2014: pp. 88-92. UDC 637.146.3:615.272
- GOMEZ-GALLEGO, C., GUEIMONDEM, R., SALLMINEN, S. The role of yogurt in food based dietary guidelines. In: *Nutrition Reviews*, 76, 2018: pp. 29-39. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuy059>
- GOUDA, A. S., ADBELRUHMAN, F. G., ALENEZI, H. S., MÉGARBANE, B. Theoretical benefits of yogurt-derived bioactive peptides and probiotics in COVID19 patients- A narrative review and hypotheses. In: *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(10), 2021: pp. 5897-5905. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.06.046>
- GRAND VIEW RESEARCH, Fruit puree market size, share and trends analysis report by product (tropical & exotic, citrus, berries), by application (beverages, bakery & snacks, baby food), by region, and segment forecasts, 2020-2027, 2019. Available online:

- <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/fruit-puree-market> (accesat 10 martie 2023).
- GUANDALINI, S. Probiotics for prevention and treatment of diarrhea. In: *Journal of Clinical Gastroenterology*, 45, 2011: pp. S149-S153. <https://doi.org/10.1097/MCG.0b013e3182257e98>
- GUETOUCHE, M, GUESSAS, B., MEDJEKAL, S. Composition and nutritional value of raw milk. In: *Issues in Biological Sciences and Pharmaceutical Research*, 2(10), 2014: pp. 115-122. <http://dx.doi.org/10.15739/ibspr.005>
- GULER, A. Effects of different maceration techniques on the colour, polyphenols and antioxidant capacity of grape juice. In: *Food Chemistry*, 404, 2023: pp. 134603. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134603>
- GULLÓN, P., GULLÓN, B., ASTRAY, G., COSTA, P., LORENZO, J.M. Modeling approaches to optimize the recovery of polyphenols using ultrasound-assisted extraction. In: *Design and Optimization of Innovative Food Processing Techniques Assisted by Ultrasound*; Elsevier BV: Amsterdam, The Netherlands, 2021: pp. 15-38. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818275-8.00004-0>
- GUNENC, A., FANG, S., HOSSEINIAN, F. Raspberry and strawberry addition improves probiotic viability in yogurt and possess antioxidant activity. In: *Journal of Food Research*, 4(4), 2015: pp. 47-58. <https://doi.org/10.5539/jfr.v4n4p47>
- GUZ, E.A, NOVITSKAYA, E.G., KALENIK, T.K., LEVOCHKINA, L.V., PIEKOSZEWSKI, W. The influence of vegetable puree containing carotenoids on the nutrient composition and structure of milk yoghurt. In: *International Journal of Dairy Technology*, 71(1), 2017: pp. 89-95. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12392>
- HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, H.M., MORENO-VILET, L., VILLANUEVA-RODRÍGUEZ, S.J. Current status of emerging food processing technologies in Latin America: Novel non-thermal processing. In: *Innovative Food Science Emerging Technologies*, 58, 2019: pp. 102233. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102233>
- HODGKINSON, A.J., WALLACE, O.A.M., BOGGS, I., BROADHURST, M., PROSSER, C.G. Gastric digestion of cow and goat milk: Impact of infant and young child in vitro digestion conditions. In: *Food Chemistry*, 245, 2018: pp. 275-281. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.028>
- HOTĂRÂREA GUVERNULUI Nr. 158 din 07-03-2019 cu privire la aprobarea Cerințelor de calitate pentru lapte și produsele lactate. Monitorul Oficial Nr. 111-118 art. 218, Anexa 4.
- HOTĂRÂREA GUVERNULUI Nr. 221 din 16.03.2009 cu privire la aprobarea Regulilor privind criteriile microbiologice pentru produsele alimentare. Monitorul Oficial Nr. 59-61 art. 272.
- HOTĂRÂREA GUVERNULUI Nr. 216 din 30-03-2022 „Gemuri, jeleuri, dulcetură, piureuri și alte produse similare”. Monitorul Oficial Nr. 155-159 art. 589.
- HOTĂRÂREA GUVERNULUI Nr. 229 din 29.03.2013 pentru aprobarea Regulamentului sanitar privind aditivii alimentari, Monitorul Oficial al Republicii Moldova, 05.04.2013, 69 - 74.
- HOTĂRÂREA GUVERNULUI Nr. 867 din 08.11.2023 pentru aprobarea Regulamentului sanitar privind limitele maxime de reziduuri de pesticide din sau de pe produse alimentare și hrană de origine vegetală și animală pentru animale, Monitorul Oficial al Republicii Moldova, 23.11.2023, Nr. 442-444 art. 1051.
- HOTĂRÂREA GUVERNULUI Nr. 929 din 31.12.2009 cu privire la aprobarea „Cerințelor de calitate și comercializare pentru fructe și legume proaspete”, Monitorul Oficial al Republicii Moldova, 19.01.2010, Nr. 5-7 art. 26
- HOTĂRÂREA GUVERNULUI Nr. 774 din 03.07.2007 cu privire la aprobarea Reglementării tehnice „Zahăr. Producerea și comercializarea”, Monitorul Oficial al Republicii Moldova, 20.07.2007, Nr. 103-106 art. 821

- INGLINGSTAD, R.A., DEVOLD, T.G., ERIKSEN, E.K., HOLM, H., JACOBSEN, M., LILAND, K.H., RUKKE, E.O., VEGARUD, G.E. Comparison of the digestion of caseins and whey proteins in equine, bovine, caprine and human milks by human gastrointestinal enzymes. In: *Dairy Science and Technology*, 90, 2010: pp. 549-563. <https://doi.org/10.1051/dst/2010018>
- ISO/TS 11869 and IDF/RM 150. Fermented milks-determination of titratable acidity-potentiometric method.
- ISO 5983:1997 (E) Animal feeding stuffs- Determination of nitrogen content and calculation of crude protein content- Kjeldahl method.
- ISO 1171:2010 (E) Solid mineral fuels- Determination of ash.
- ISO 6658:2017. Analiza senzorială. Metodologie. Îndrumări generale; Organizația Internațională pentru Standardizare: Geneva, Elveția, 2017.
- ISO 750:1998 Fruit and vegetable products - Determination of titratable acidity, International Standard confirmed 90.93.
- ISO 2173:2003 - Produse din fructe și legume - Determinarea substanței uscate - Metodă refractometrică.
- ISO 1842:1991 Fruit and vegetable products - Determination of pH.
- ISO 6731:2010 Milk, cream and evaporated milk- Determination of total solids content (Reference method)
- JABBAR, S., ABID, M., HU, B., WU, T., HASHIM, M. M., LEI, S., ZHU, X., ZENG, X. Study on combined effects of blanching and sonication on different quality parameters of carrot juice. In: *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 65(1), 2014b: pp. 28-33. <https://doi.org/10.3109/09637486.2013.836735>
- JACOBO-VELÁZQUEZ, D.A., BENAVIDES, J. Non-thermal technologies as tools to increase the content of health-promoting compounds in whole fruits and vegetables while retaining quality attributes. In: *Foods*, 10(12), 2021: pp. 2904. <https://doi.org/10.3390/foods10122904>
- JAKUBOWSKA, M., KARAMUCKI, T. The effect of storage time and temperature on the quality of natural yoghurt. In: *Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica*, 18(4), 2019: pp. 29-38. <https://doi.org/10.21005/asp.2019.18.4.04>
- JESCH, E.D., CARR, T.P. Food ingredients that inhibit cholesterol absorption. In: *Preventive Nutrition and Food Science*, 22(2), 2017: pp. 67-80. <https://doi.org/10.3746/pnf.2017.22.2.67>
- JOON, R., MISHRA, S.K., BRAR, G.S., SINGH, P.K., PANWAR, H. Instrumental texture and syneresis analysis of yoghurt prepared from goat and cow milk. In: *The Pharma Innovation Journal*, 6(7), 2017: pp. 971-974. ISSN (E): 2277-7695
- JUNQUEIRA-GONÇALVES, M., YÁÑEZ, L., MORALES, C., NAVARRO, M., CONTRERAS, R.A., ZÚÑIGA, G. Isolation and characterization of phenolic compounds and anthocyanins from murta (*ugni molinae* turcz.) fruits. Assessment of antioxidant and antibacterial activity. In: *Molecules*, 20, 2015: pp. 5698-5713. <https://doi.org/10.3390/molecules20045698>
- JUTURU, V., WU, J.C. Microbial production of lactic acid: The latest development. In: *Critical Reviews in Biotechnology*, 36(6), 2016: pp. 967-977. <https://doi.org/10.3109/07388551.2015.1066305>
- KABIR, M.R., HASAN, M.M., ISLAM, M.R., HAQUE, A.R., HASAN, S.K. Formulation of yogurt with banana peel extracts to enhance storability and bioactive properties. In: *Journal of Food Processing and Preservation*, 45, 2020, e15191. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15191>
- KALSI, B.S., SINGH, S., ALAM, M.S., BHATIA, S. Application of thermosonication for guava juice processing: Impacts on bioactive, microbial, enzymatic and quality attributes. In:

- Ultrasonics Sonochemistry*, 99, 2023: pp. 106595.
<https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2023.106595>
- KAPCSÁNDI, V., HANCZNÉ-LAKATOS, E. Investigation of the shelf life of fruit yogurts as a function of the treatment of flavoring substances. In: *Journal of Food Investigation*, 67(1), 2020: pp.3304-3314. <https://doi.org/10.52091/JFI-2021/1-3-ENG>
- KARACA, O., GÜZELER, N., TANGÜLER, H., YAŞAR, K., AKIN, M. Effects of apricot fibre on the physicochemical characteristics, the sensory properties and bacterial viability of nonfat probiotic yoghurts. In: *Foods*, 8(1), 2019: pp. 33. <https://doi.org/10.3390/foods8010033>
- KENNAS, A., AMELLAL-CHIBANE, H. Sensory acceptance, quality characteristics and antioxidant activity of yoghurt fortified with honey and pomegranate peel. In: *Annals. Food Science and Technology*, 20(2), 2019: pp. 240-250. ISSN 2065-2828
- KETUT, S., MARTINI, H., NYOMAN, S., LINDAWATI, S.A., OKARINI, I.A. Microbiological, chemical and sensory characteristics of yoghurt prepared from blended cow and goat milk. In: *Food Science and Quality Management*, 34(X), 2014: pp. 93-102. ISSN (Online) 2225-0557
- KHAN, I.T., NADEEM, M., IMRAN, M., ULLAH, R., AJMAL, M., JASPAL, M.H. Antioxidant properties of milk and dairy products: a comprehensive review of the current knowledge. In: *Lipids in Health and Disease*, 18(41), 2019: pp.1-13. <https://doi.org/10.1186/s12944-019-0969-8>
- KHOO, H.E., AZLAN, A., TANG, S.T., LIM, S.M. Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. In: *Food Nutritional Research*, 61, 2017: pp. 1361779. <https://doi.org/10.1080/16546628.2017.1361779>
- KIDON, M., NARASIMHAN, G. Effect of ultrasound and enzymatic mash treatment on bioactive compounds and antioxidant capacity of black, red and white currant juices. In: *Molecules*, 27, 2022: pp. 318. <https://doi.org/10.3390/molecules27010318>
- KRSTIC, T., SUVAJDZIC, L., STOJANOVIC, S., VELHNER, M., MILANOV, D., BOJIC, G., ILIĆ, N. Different antimicrobial effects of raspberry depending on the method of active components isolation. In: *Food and Feed Research*, 41(2), 2014: pp. 125-130. <https://doi.org/10.5937/FFR1402125K>
- KUCHI, V.S., SHARAVANI, C.S.R. Fruit physiology and postharvest management of strawberry. In: *Strawberry*, 2019: pp. 1-20. <https://doi.org/10.5772/intechopen.84205>
- KÜÇÜKÇETİN, A., DEMİR, M., AŞCI, A., ÇOMAK, E. Graininess and roughness of stirred yoghurt made with goat's, cow's or a mixture of goat's and cow's milk. In: *Small Ruminants Research*, 96, 2011, pp. 173–177. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2010.12.003>
- KUMAR, A., SASMAL, S. Rheological and physico-chemical properties of milk gel using isolate of pumpkin (*Cucurbita moschata*) seeds: a new source of milk clotting peptidase. In: *Food Hydrocolloids*, 106, 2020: pp. 105866. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105866>
- KUMAR, K., SRIVASTAV, S., SHARANAGAT, V.S. Ultrasound assisted extraction (UAE) of bioactive compounds from fruit and vegetable processing by-products: a review. In: *Ultrasonics Sonochemistry*, 70, 2021: pp. 105325. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105325>
- KURNIAWATI, M., NURLIYANI, N., BUDHIJANTO, W., WIDODO, W. Isolation and identification of lactose-degrading yeasts and characterisation of their fermentation-related ability to produce ethanol. In: *Fermentation*, 8(4), 2022: pp. 183. <https://doi.org/10.3390/fermentation8040183>
- LAFARGA, T., RUIZ-AGUIRRE, I., ABADIAS, M., VIÑAS, I., BOBO, G., AGUILÓ-AGUAYO, I. Effect of thermosonication on the bioaccessibility of antioxidant compounds

- and the microbiological, physicochemical, and nutritional quality of an anthocyanin-enriched tomato juice. In: *Food Bioprocessing and Technology*, 12, 2019: pp.147-157. <https://doi.org/10.1007/s11947-018-2191-5>
- LAMBERT, R.J., PEARSON, J. Susceptibility testing: accurate and reproducible minimum inhibitory concentration (MIC) and noninhibitory concentration (NIC) values. In: *Journal of Applied Microbiology*, 88(5), 2000: pp. 784-790. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2000.01017.x>
- LE DONNE, C., MISTURA, L., GOSCINNY, S., JANVIER, S., CUYPERS, K., D'ADDEZIO, L., SETTE, S., CATASTA, G., FERRARI, M., PICCINELLI, R., VAN LOCO, J., TURRINI, A. Assessment of dietary intake of 10 intense sweeteners by the Italian population. In: *Food and Chemical Toxicology*, 102, 2017: pp. 186-197. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.02.014>
- LEGE Nr. 306 din 30-11-2018, privind siguranța alimentelor. Publicat: 22-02-2019 în Monitorul Oficial Nr. 59-65 art.120 Capitolul 1. Articolul 2. Disponibil: https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=112711
- LEONG, A., LIU, Z., ALMSHAWIT, H., ZISU, B., PILLIDGE, C., ROCHFORD S., GILL, H. Oligosaccharides in goat's milk-based infant formula and their prebiotic and anti-infection properties. In: *British Journal of Nutrition*, 122(4), 2019: pp. 441-449. <https://doi.org/10.1017/S000711451900134X>
- LIU, D., LV, X.X. Effect of blueberry flower pulp on sensory, physicochemical properties, lactic acid bacteria, and antioxidant activity of set-type yogurt during refrigeration. In: *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(1), 2019: pp. 13856. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13856>
- LÓPEZ-GÁMEZ, G., ELEZ-MARTÍNEZ, P., MARTÍN-BELLOSO, O., SOLIVA-FORTUNY, R. Recent Advances toward the application of non-thermal technologies in food processing: An insight on the bioaccessibility of health-related constituents in plant-based products. In: *Foods*, 10, 2021: pp.1538. <https://doi.org/10.3390/foods10071538>
- LOURENÇO-LOPES, C., CARREIRA-CASAS, A., FRAGA-CORRAL, M., GARCIA-OLIVEIRA, P., SORIA, A., JARBOUI, A., BARRAL, M., OTERO, P., SIMAL-GANDARA, J., PRIETO, M.A. Carotenoids as natural colorful additives for the food industry. In: *Natural Food Additives*, 2021: pp. 1-24. <https://doi.org/10.5772/intechopen.101208>
- LOVEDAY, S.M., SARKAR, A., SINGH, H. Innovative yoghurts: Novel processing technologies for improving acid milk gel texture. In: *Trends in Food Science and Technology*, 33(1), 2013: pp. 5-20. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.06.007>
- LUÍS, Â., DUARTE, A.P., PEREIRA, L., DOMINGUES, F. Interactions between the major bioactive polyphenols of berries: Effects on antioxidant properties. In: *European Food Research and Technology*, 244(1), 2018: pp. 175-185. <https://doi.org/10.1007/s00217-017-2948-5>
- MAATHUIS, A., HAVENAAR, R., HE, T., BELLMANN, S. Protein digestion and quality of goat and cow milk infant formula and human milk under simulated infant conditions. In: *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 65, 2017: pp. 661-666. <https://doi.org/10.1097/MPG.0000000000001740>
- MACHIDON, M., POJOGA, V., PARTAS, E. Catalogul soiurilor de plante, Chișinău, 2024, Ministerul Agriculturii și Industriei Alimentare, Comisia de Stat pentru testarea soiurilor de plante, pp. 70-83.
- MANN, B., SYAMALA, A., SHARMA, R., BAJAJ, R. Bioactive peptides in yogurt. In: *Bioactive Peptides from Whey Proteins*, 2017: pp. 519-547. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805134-4.00024-9>
- MANZOOR, M., NASEER, S., JABEEN, R., MANZOOR, M., KHAN, S.B. Antibacterial activity

- of fruits against *Escherichia coli*. In: *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*, 8(3), 2013: pp. 258-263. <https://www.researchgate.net/publication/320809054>
- MANZOOR, S., YUSOF, Y.A., CHIN, N.L., TAWAKKAL, I.S.M.A., FIKRY, M., CHANG, L.S. Quality characteristics and sensory profile of stirred yogurt enriched with papaya peel powder. In: *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 42(2), 2019: pp. 519-533. ISSN1511-3701
- MANZOOR, M.F., XU, B., KHAN, S., SHUKAT, R., AHMAD, N., IMRAN, M., REHMAN, A., KARRAR, E., AADIL, R.M., KORMA, S.A. Impact of high-intensity thermosonication treatment on spinach juice: Bioactive compounds, rheological, microbial, and enzymatic activities. In: *Ultrasonication Sonochemistry*, 78, 2021: pp. 105740. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105740>
- MARGEAN, A., LUPU, M.I., ALEXA, E., PADUREANU, V., CANJA, C.M., COCAN, I., NEGREA, M., CALEFARIU, G., POIANA, M.-A. An overview of effects induced by pasteurization and high-power ultrasound treatment on the quality of red grape juice. In: *Molecules*, 25, 2020: pp. 1669. <https://doi.org/10.3390/molecules25071669>
- MARTÍNEZ-FLORES, H.E., GARNICA-ROMO, M.G., BERMÚDEZ-AGUIRRE, D., POKHREL, P.R., BARBOSA-CÁNOVAS, G.V. Physico-chemical parameters, bioactive compounds and microbial quality of thermo-sonicated carrot juice during storage. In: *Food Chemistry*, 172, 2015: pp. 650-656. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.072>
- MASTANJEVIĆ, K., KOVACEVIĆ, D., FRECE J., MARKOV, K., PLEADIN, J. The effect of autochthonous starter culture, sugars, and temperature on the fermentation of Slavonian Kulen. In: *Food Technology and Biotechnology*, 55(1), 2017: pp. 67-76. <https://doi.org/10.17113/ftb.55.01.17.4688>
- MAQSOOD, S., ADIAMO, O., AHMAD, M., MUDGIL, P. Bioactive compounds from date fruit and seed as potential nutraceutical and functional food ingredients. In: *Food Chemistry*, 308(5), 2020: pp. 125522. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125522>
- MEHTA, B.M. Chemical composition of milk and milk products. In: *Handbook of Food Chemistry*, 2015: pp. 511-553. https://doi.org/10.1007/978-3-642-36605-5_31
- MENG, X., YE, D., PAN, Y., ZHANG, T., LIANG, L., LIU, Y., MA, Y. Optimisation of not-from-concentrate goji juice processing using fuzzy mathematics and response surface methodology and its quality assessment. In: *Applied sciences*, 14, 2024: pp. 8393. <https://doi.org/10.3390/app14188393>
- MEYBODI, N.M., MORTAZAVIAN, A.M., ARAB, M., NEMATOLLAHI, A. Probiotic viability in yoghurt: a review of influential factors. In: *International Dairy Journal*, 109, 2020: pp. 104793. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104793>
- MOHAMED-AHMED, I.A., ALQAH, H., SALEH, A., AL-JUHAIMI, F.Y., BABIKER, E.E., GHAFOR, K., BABIKER-HASSAN, A., OSMAN, M., FICKAK, A. Physicochemical quality attributes and antioxidant properties of set-type yogurt fortified with argel (*Solenostemma argel Hayne*) leaf extract. In: *LWT Food Science and Technology*, 137, 2020: pp. 110389. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110389>
- MOON, K.M., KWON, E.-B., LEE, B., KIM, C.Y. Recent trends in controlling the enzymatic browning of fruit and vegetable products. In: *Molecules*, 25, 2020: pp. 2754. <https://doi.org/10.3390/molecules25122754>
- MOSCHOPOULOU, E., SAKKAS, L., ZOIDOU, E., THEODOROU, G., SGOURIDOU, E., KHALATAKI, C., LIARAKOU, A., CHATZIGEORGIOU, A., POLITIS, I., MOATSOU, G. Effect of milk kind and storage on the biochemical, textural and biofunctional characteristics of set-type yoghurt. In: *International Dairy Journal*, 77, 2018: pp. 47-55. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2017.09.008>
- MUDGIL, D., BARAK, S., KHATKAR, B.S. Texture profile analysis of yogurt as influenced by partially hydrolyzed guar gum and process variables. In: *Journal of Food Science and*

- Technology*, 54(12), 2017: pp. 3810-3817. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2779-1>
- MUKHOPADHYAY, S., SOKORAI, K., UKUKU, D., FAN, X., JUNEJA, V. Effect of high hydrostatic pressure processing on the background microbial loads and quality of cantaloupe purée. In: *Food Research International*, 91, 2017: pp. 55-62. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.11.029>
- MUNIANDY, P., SHORI, A.B., BABA, A.S. Influence of green, white and black tea addition on the antioxidant activity of probiotic yogurt during refrigerated storage. In: *Food Packaging and Shelf Life*, 8, 2016: pp 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2016.02.002>
- NAJGEBAUER-LEJKO, D., SADY, M. Estimation of the antioxidant activity of the commercially available fermented milks. In: *Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria*, 14(4), 2015: pp. 387-396. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2015.4.38>
- NAJGEBAUER-LEJKO, D., SADY, M., GREGA, T., WALCZYCKA, M. The impact of tea supplementation on microflora, pH and antioxidant capacity of yoghurt. In: *International Dairy Journal*, 21(8), 2011: pp. 568-574. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2011.03.003>
- NAYIK, G.A., JAGDALE, Y.D., GAIKWAD, S.A., DEVKATTE, A.N., DAR, A.H., ANSARI M.J. Nutritional profile, processing and potential products: a comparative review of goat milk. In: *Dairy*, 3, 2022: pp. 622-647. <https://doi.org/10.3390/dairy3030044>
- NGUYEN, L., HWANG, E.S. Quality characteristics and antioxidant activity of yogurt supplemented with aronia (*Aronia melanocarpa*) juice. In: *Preventive Nutrition and Food Science*, 21(4), 2016: pp. 330-337. <https://doi.org/10.3746/pnf.2016.21.4.330>
- NISTOR, O.V., STÂNCIUC, N., ANDRONOIU, D.G., MOCANU, G.D., BOTEZ, E. Ohmic treatment of apple puree (Golden delicious variety) in relation to product quality. In: *Food Science and Biotechnology*, 24(1), 2015, pp. 51-59. <https://doi.org/10.1007/s10068-015-0009-z>
- NOGALES-DELGADO, S. Polyphenoloxidase (PPO): Effect, current determination and inhibition treatments in fresh-cut produce. In: *Applied Science*, 11, 2021: pp. 7813. <https://doi.org/10.3390/app11177813>
- NOHYNEK, L.J., ALAKOMI, H.L., KÄHKÖNEN, M.P., HEINONEN, M., HELANDER, I.M., OKSMAN-CALDENTEY, K.M., PUUPPONEN-PIMIÄ, R.H. Berry phenolics: antimicrobial properties and mechanisms of action against severe human pathogens. In: *Nutrition and Cancer*, 54, 2006: pp. 18-32. https://doi.org/10.1207/s15327914nc5401_4
- NYANZI, R., JOOSTE, P.J., BUYS, E.M. Probiotic yogurt quality criteria, regulatory framework, clinical evidence, and analytical aspects. In: *Journal of Dairy Science*, 104(1), 2021: pp.1-19. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19116>
- OCHMIAN, I.D., GRAJCOWSKI, J., SMOLIK, M. Comparison of some morphological features, quality and chemical content of four cultivars of chokeberry fruits (*Aronia melanocarpa*). In: *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 40(1), 2012: pp. 253-260. <https://doi.org/10.15835/nbha4017181>
- OLADUNJOYE, A.O., ADEBOYEJO, F.O., OKEKUNBI, T.A., ADERIBIGBE, O.R. Effect of thermosonication on quality attributes of hog plum (*Spondias mombin* L.) juice. In: *Ultrasonics Sonochemistry*, 70, 2021: pp. 105316. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105316>
- OLAWUYI, I., PARK, J.J., LEE, W. Effect of extraction conditions on ultrasonic-assisted extraction of polyphenolic compounds from okra (*Abelmoschus esculentus* L.) leaves. In: *Korean Journal of Food Preservation*, 27, 2020: pp. 476-486. <https://doi.org/10.11002/kjfp.2020.27.4.476>
- ORTIZ-RIVERA, Y., SÁNCHEZ-VEGA, R., GUTIÉRREZ-MÉNDEZ, N., LEÓN-FÉLIX, J., ACOSTA-MUÑIZ, C., SEPULVEDA, D.R. Production of reuterin in a fermented milk product by *Lactobacillus reuteri*: Inhibition of pathogens, spoilage microorganisms, and lactic acid bacteria. In: *Journal of Dairy Science*, 100, 2017: pp. 4258-4268.

- <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11534>
- OTHMAN, N., HAMID, H.A. SULEIMAN, N. Physicochemical properties and sensory evaluation of yogurt nutritionally enriched with papaya. In: *Food Research*, 3(6), 2019: pp. 791-797. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.3\(6\).199](https://doi.org/10.26656/fr.2017.3(6).199)
- OZDAL, T., CAPANOGLU, E., ALTAY, F. A review on protein-phenolic interactions and associated changes. In: *Food Research International*, 51, 2013, pp. 954-970. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.02.009>
- PAPPALARDO, G., LUSK, J. The role of beliefs in purchasing process of functional foods. In: *Food Quality and Preference*, 53, 2016: pp. 151-158. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.06.009>
- PATRAS, A., BRUNTON, N.P., O'DONNELL, C., TIWARI, B.K. Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. In: *Trends Food Science and Technology*, 21, 2010: pp. 3-11. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.07.004>
- PAULPRIYA, K., PACKIA LINCY, M., TRESINA SORIS, P., VEERABAHU RAMASAMY, M. In vitro antioxidant activity, total phenolic and total flavonoid contents of aerial part extracts of *Daphniphyllum neilgherrense* (wt.) Rosenth. *Ethnopharm. In: Journal of Biological Innovation*, 4(6), 2015: pp. 257-268. ISSN 2277-8330 (Electronic)
- PEÑA-CARRERA, J.M. Regulation of the phosphorylation state of the response regulator prcR from *Lactobacillus Casei* by intracellular acetyl-phosphate concentration. Doctoral Dissertation, Universitat Politècnica de València, Valencia, Spain, 2019.
- PERERA, C.O., ALZHRANI, M.A.J. Ultrasound as a pre-treatment for extraction of bioactive compounds and food safety: A review. In: *LWT- Food Science and Technology*, 142, 2021: pp. 111114. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111114>
- PHELAN, M., KERINS, D. The potential role of milk-derived peptides in cardiovascular disease. In: *Food and Function*, 2(3-4), 2011: pp. 153-167. <https://doi.org/10.1039/c1fo10017c>
- PICOT-ALLAIN, C., MAHOMOODALLY, M.F., AK, G., ZENGİN, G. Conventional versus green extraction techniques-A comparative perspective. In: *Current Opinion in Food Science*, 40, 2021, pp. 144-156. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.02.009>
- PINTEA, A., ANDREI, S., BELE, C., RUGINA, D. Chemistry and biochemistry-practical work. Academic Press: Cluj-Napoca, Romania, 2015; pp. 138-140. (In Română)
- PRIOR, R.L., WU, X., SCHAICH, K. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. In: *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 53, 2005, pp: 4290-4302. <https://doi.org/10.1021/jf0502698>
- QURESHI, T.M., NADEEM, M., AHMAD, M.M., HUSSAIN, S., REHMAN, S., SHAUKAT, A. Antioxidant potential of natural fruit flavored yogurt-a review. In: *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 55(1), 2017: pp. 85-99. ISSN: Online: 2076-7897
- RABHA, B., LADERO, V., ALVAREZ, M.A., MARIA, F., BENSOLTANE, A. Effect of fermentation conditions (culture media and incubation temperature) on exopolysaccharide production by *Streptococcus thermophilus* BN1. In: *International Conference on Biology, Environment and Chemistry*, 24, 2011: pp. 433-437. <http://hdl.handle.net/10261/50278>
- RADZIEJEWSKA-KUBZDELA, E., SZWENGIEL, A., RATAJKIEWICZ, H., NOWAK, K. Effect of ultrasound, heating and enzymatic pre-treatment on bioactive compounds in juice from *berberis amurensis* rupr. In: *Ultrasonic Sonochemistry*, 63, 2020: pp. 104971. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.104971>
- RAIKOS, V., NI, H., HAYES, H., RANAWANA, V. Antioxidant properties of a yogurt beverage enriched with salal (*Gaultheria shallon*) berries and blackcurrant (*Ribes nigrum*) pomace during cold storage. In: *Beverages*, 5(2), 2018: pp. 1-11. <https://doi.org/10.3390/beverages5010002>

- RAJURKAR, N.S., HANDE, S.M. Estimation of phytochemical content and antioxidant activity of some selected traditional indian medicinal plants. In: *Indian Journal Pharmaceutical Science*, 73, 2011: pp. 146-151. <https://doi.org/10.4103/0250-474x.91574>
- RAMZIJA, C., HALID, J., ARNELA, S-B., AMELA, K., TIJANA, B. Determination of crude fiber content and total sugars in correlation with the production process and storage time. In: *International Journal for Research in Applied Sciences and Biotechnology*, 9(3), 2022, pp:1-6. <https://doi.org/10.31033/ijrasb.9.3.1>
- RASHWAN, A.K., KARIM, N., SHISHIR, M.R.I., LU, Y., BAO, T. Jujube fruit: a potential nutritious fruit for the development of functional food products. In: *Journal of Functional Foods*, 75, 2020: pp. 104205. ISSN:1756-4646
- REZAC, S., KOK, C.R., HEERMANN, M., HUTKINS, R. Fermented foods as a dietary source of live organisms. In: *Frontiers in Microbiology*, 9, 2018: pp. 1-29. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01785>
- ROȘCA, I., DONEA, V., DONEA, E., DADU, C., SAVA, P. Aronia melanocarpa (michx.) elliot.- cultură de perspectivă pentru Republica Moldova. In: *Pomicultura, Viticultura și Vinificația*, 3(4), 2019: pp. 50-57.
- RYBAK, O. The role of milk proteins in the structure formation of dairy products. In: *Ukrainian Food Journal*, 3(3), 2014: pp. 350-360. ISSN 2304-974X
- SAEED, M. Physicochemical analysis of yogurt fortified with *Moringa Oleifera* leaf powder. In: *Authorea*, 2020: pp.1-20.
- SALAZAR-ORBEA, G.L., GARCÍA-VILLALBA, R., BERNAL, M.J., HERNÁNDEZ, A., TOMÁS-BARBERÁN, F.A., SÁNCHEZ-SILES, L.M. Stability of phenolic compounds in apple and strawberry: effect of different processing techniques in industrial set up. In: *Food Chemistry*, 401, 2023: pp. 134099. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134099>
- SALAMON, I., ȘIMȘEK SEZER, E.N., KRYVTSOVA, M., LABUN, P. Antiproliferative and antimicrobial activity of anthocyanins from berry fruits after their isolation and freeze-drying. In: *Applied Science*, 11, 2021: pp. 2096. <https://doi.org/10.3390/app11052096>
- SANCHEZ, B.A.O., CELESTINO, S.M.C., DE ABREU GLORIA, M.B., CELESTINO, I.C., LOZADA, M.I.O., JÚNIOR, S.D.A., DE ALENCAR, E.R., DE OLIVEIRA, L.D.L. Pasteurization of passion fruit *Passiflora setacea* pulp to optimize bioactive compounds retention. In: *Food Chemistry*, 6, 2020: pp. 100084. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.100084>
- SANDULACHI, E. Activitatea apei în produsele alimentare. Monografie, Chișinău, Editura Tehnica-UTM, 2020: pp. 141-142. ISBN 978-9975-45-622-7
- SANDULACHI, E. Окислительно-восстановительные свойства клубники и малины. [Proprietățile redox ale căpșunii și zmeurii], LAMBERT Academic Publishing, SIA Omni Scriptum Publishing, Latvia, 2018: p.109-111. ISBN 978-3-330-00074-2
- SANDULACHI, E., BULGARU, V., GHENDOV-MOȘANU, A., STURZA, R. Controlling the risk of *Bacillus* in food using berries. In: *Food and Nutrition Sciences*, 12, 2021: pp. 557-577. <https://doi.org/10.4236/fns.2021.126042>
- SANTHIRASEGARAM, V., RAZALI, Z., SOMASUNDRAM, C. Effects of thermal treatment and sonication on quality attributes of chokanan mango (*Mangifera indica* L.) puree. In: *Ultrasounds and Sonochemistry*, 20, 2013: pp. 1276-1282. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2013.02.005>
- SASIKUMAR, R., PRADHAN, D., DEKA, S.C. Effects of thermosonication process on inactivation of *Escherichia coli* and *Saccharomyces cerevisiae* and its survival kinetics modeling in khoonphal (*Haematocarpus validus*) juice to extend its shelf life. In: *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(11), 2019: pp. e13701. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14220>
- SAVA, P. Studiu referitor la calitățile culturilor bacifere înrudite: agriș, coacăz negru și Josta. În:

- Revista Pomicultura, viticultura și vinificația*, 4 (52), 2014: pp. 7-9.
- SAVAIANO, D.A., HUTKINS, R.V. Yogurt, cultured fermented milk, and health: a systematic review. In: *Nutrition Reviews*, 79 (5), 2021: pp. 599-614, <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuaa013>
- SCIBISZ, I., ZIARNO, M., MITEK, M. Color stability of fruit yogurt during storage. In: *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 56(4), 2019: pp. 1-13. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03668-y>
- SENADEERA, S.S., PRASANNA, P.H.P., JAYAWARDANA, N.W.I.A., GUNASEKARA, D.C.S., SENADEERA, P., CHANDRASEKARA, A. Antioxidant, physicochemical, microbiological, and sensory properties of probiotic yoghurt incorporated with various *Annona* species pulp. In: *Heliyon*, 4(11), 2018: pp. e00955. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00955>
- SESTOPAL, B., I. Upravleniye kachestvom. M Knorus, 2007, pp. 272.
- SHALABY, S., AMIN, H.H. Red cabbage and turmeric extracts as potential natural colors and antioxidants additives in stirred yogurt. In: *Journal of Probiotic Health*, 6(2), 2018: pp. 1-9. <https://doi.org/10.4172/2329-8901.1000206>
- SILVA, F.V.M., SULAIMAN, A. Polyphenoloxidase in fruit and vegetables: inactivation by thermal and non-thermal processes. In: *Encyclopedia of Food Chemistry*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2019.
- SINGH, R., NIKITHA, M., SHWETNISHA, MANGALLEIMA, N. The Product and the manufacturing of yoghurt. In: *International Journal for Modern Trends in Science and Technology*, 7(10), 2021: pp. 48-51. <https://doi.org/10.46501/IJMTST0710007>
- SIONEK, B., SZYDŁOWSKA, A., KÜÇÜKGÖZ, K., KOŁOŻYN-KRAJEWSKA, D. Traditional and new microorganisms in lactic acid fermentation of food. In: *Fermentation*, 9, 2023: pp.1-21. <https://doi.org/10.3390/fermentation9121019>
- SIRACUSA, L., RUBERTO, G. Not only what is food is good-polyphenols from edible and nonedible vegetable waste. In: *Polyphenols in Plants*, 2019: pp. 3-21. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813768-0.00001-3>
- SM 317:2015, Lapte crud de capră și de oaie. Specificații.
- SM SR EN ISO 4833-1:2014 Microbiologia lanțului alimentar – Metodă orizontală pentru enumerarea microorganismelor – Partea 1: Numărarea coloniilor la 30°C prin tehnica plăcii de turnare.
- SM SR ISO 21527-2:2014 Microbiologia produselor alimentare și furajelor. Metodă orizontală pentru enumerarea drojdiilor și mucegaiurilor. Partea 2: Tehnica de numărare a coloniilor din produse cu activitatea apei mai mică sau egală cu 0,95.
- SM EN ISO 21187:2021 Laptele - Determinare cantitativă a calității microbiologice - Ghid pentru stabilirea și verificarea unei relații de conversie între rezultatele obținute printr-o metodă alternativă și rezultatele metodei de referință.
- SREEDEVI, P., JAYACHANDRAN, L.E., RAO, P.S. Kinetic modeling of high pressure induced inactivation of polyphenol oxidase in sugarcane juice (*Saccharum officinarum*). In: *Journal of Science and Food Agriculture*, 99, 2019: pp. 2365-2374. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9443>
- STEVENSON, K., MCVEY, A.F., CLARK, I.B.N., SWAIN, P.S., PILIZOTA, T. General calibration of microbial growth in microplate readers. In: *Scientific Reports*, 6, 2016: pp. 38828. <https://doi.org/10.1038/srep38828>
- SULAIMAN, A., SOO, M.J., FARID, M., SILVA, F.V.M. Thermosonication for polyphenoloxidase inactivation in fruits: modeling the ultrasound and thermal kinetics in pear, apple and strawberry purees at different temperatures. In: *Journal of Food Engineering*, 165, 2015: pp. 133-140. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.06.020>
- SUN, J., SONG, J., YANG, J., CHEN, L., WANG, Z., DUAN, M., YANG, S., HU, C., BI, Q.

- Higher yogurt consumption is associated with lower risk of colorectal cancer: a systematic review and meta-analysis of observational studies. In: *Frontiers in Nutrition*, 8, 2022: pp. 1-13. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.789006>
- SURIASIH, K., HARTAWAN, M., SUCIPTA, N., LINDAWATI, S.A., OKARINI, I.A. Microbiological, chemical and sensory characteristics of yoghurt prepared from blended cow and goat milk. In: *Food Science and Quality Management*, 34, 2014: pp. 1-12. ISSN 2222-0577 (Online)
- TALEB, H., MADDOCKS, S.E., MORRIS, R.K., KANEKANIAN, A.D. The antibacterial activity of date syrup polyphenols against *S. aureus* and *E. coli*. In: *Frontiers in Microbiology*, 7, 2016: pp. 198. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00198>
- TAMANG, J.P., COTTER, P.D., ENDO, A., HAN, N.S., KORT, R., LIU, S.Q., MAYO, B., WESTERIK, N., HUTKINS, R. Fermented foods in a global age: East meets West. In: *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(1), 2020: pp. 184-217. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12520>
- TAREK, A.I., BASHITI, E.L. Production of yogurt by locally isolated starter: *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus*. In: *Al Azhar University-Gaza*, 12, 2012: pp. 56-58. ISSN 1810-6366
- TERPOU, A., BEKATOROU, A., KANELLAKE, M., KOUTINAS, A.A., NEE-NIGAM, P.S. Enhanced probiotic viability and aromatic profile of yogurts produced using wheat bran (*Triticum aestivum*) as cell immobilization carrier. In: *Process Biochemistry*, 55, 2017: pp. 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2017.01.013>
- TERPOU, A., PAPADAKI, A., LAPPA, I.K., KACHRIMANIDOU, V., BOSNEA, L.A., KOPSAHELIS, N. Probiotics in food systems: significance and emerging strategies towards improved viability and delivery of enhanced beneficial value. In: *Nutrients*, 11(7), 2019a: pp. 1591. <https://doi.org/10.3390/nu11071591>
- TERPOU, A., PAPADAKI, A., BOSNEA, L., KANELLAKE, M., KOPSAHELIS, N. Novel frozen yogurt production fortified with sea buckthorn berries and probiotics. In: *LWT-Food Science and Technology*, 105, 2019b: pp. 242-249. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.02.024>
- TETRA PAK, Tot ce trebuie să știi despre iaurt, 2024. [online] [accesat 11.06.2023]. <https://www.tetrapak.com/campaigns/yoghurt-products/supplier-yoghurt-processing-packaging>
- THOMPSON, L.A., DARWISH, W.S. Environmental chemical contaminants in food: review of a global problem. In: *Journal of Toxicology*, 6, 2019: pp.1-14. <https://doi.org/10.1155/2019/2345283>
- TILAHUN, Z., NEJASH, A., TADELE, K., GIRMA, K. Review on medicinal and nutritional values of goat milk. In: *Academic Journal of Nutrition*, 3(3), 2014: pp. 30-39. <https://doi.org/10.5829/idosi.ajn.2014.3.3.93210>
- TIWARI, B.K., O'DONNELL, C.P., PATRAS, A., CULLEN, P.J. Anthocyanin and ascorbic acid degradation in sonicated strawberry juice. In: *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 56, 2008, pp. 10071-10077. <https://doi.org/10.1021/jf801824v>
- TOLIĆ, M.T., JURČEVIĆ, I.L., KRBAVČIĆ, I.P., MARKOVIĆ, K., VAHČIĆ, N. Phenolic content, antioxidant capacity and quality of Chokeberry (*Aronia melanocarpa*). In: *Food Technology and Biotechnology*, 53(2), 2015: pp. 171-179. <https://doi.org/10.17113/ftb.53.02.15.3833>
- TREMBLAY, A., PANAH, S. Yogurt consumption as a signature of a healthy diet and lifestyle. In: *The Journal of Nutrition*, 147(7), 2017: pp. 1476S-1480S. <https://doi.org/10.3945/jn.116.245522>

- TSENG, A., ZHAO, Y. Wine grape pomace antioxidant dietary fibre for enhancing nutritional value and improving storability of yogurt and salad dressing. In: *Food Chemistry*, 138(1), 2013: pp. 356-365. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.148>
- TSUDA, H., KUNITAKE, H., KAWASAKI-TAKAKI, R., NISHIYAMA, K., YAMASAKI, M., KOMATSU, H., YUKIZAKI, C. Antioxidant activities and anti-cancer cell proliferation properties of natsuhaze (*Vaccinium oldhamii* Miq.), shashanbo (*V. bracteatum* Thunb.) and blueberry cultivars. In: *Plants*, 2, 2013, pp: 57-71. <https://doi.org/10.3390/plants2010057>
- TURKMEN, N. Chapter 35-The nutritional value and health benefits of goat milk components. In: *Nutrients in Dairy and Their Implications on Health and Disease*, 2017; pp. 441-449. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809762-5.00035-8>
- UYVAL, H., KILIÇ, S., KAVAS, G., AKBULUT, N., KESENKA, S, H. Some properties of set yoghurt made from caprine milk and bovine-caprine milk mixtures fortified by ultrafiltration or the addition of skim milk powder. In: *International Journal of Dairy Technology*, 56 (3), 2003: pp: 177-181. <https://doi.org/10.1046/j.1471-0307.2003.00101.x>
- VAN NIEUWENHOVE, C. P., MOYANO, A., CASTRO-GÓMEZ, P., FONTECHA, J., SÁEZ, G., ZÁRATE, G., PIZARRO, P. L. Comparative study of pomegranate and jacaranda seeds as functional components for the conjugated linolenic acid enrichment of yogurt. In: *LWT - Food Science and Technology*, 111, 2019: pp. 401-407. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.045>
- VERGER, E.O., MARIOTTI, F., HOLMES, B.A., PAINEAU, D., HUNEAU, J.F. Evaluation of a diet quality index based on the probability of adequate nutrient intake (PANDiet) using national French and US dietary surveys. In: *Plos One*, 7(8), 2012: pp. e42155. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0042155>
- VERRUCK, S., DANTAS, A., PRUDENCIO, E. S. Functionality of the components from goat's milk, recent advances for functional dairy products development and its implications on human health. In: *Journal of Functional Foods*, 52, 2019: pp. 243-257. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.11.017>
- VIANNA, F.S., CANTO, A.C., DA COSTA-LIMA, B.R., SALIM, A.P.A., COSTA, M.P., BALTHAZAR, C.F., OLIVEIRA, B.R., RACHID, R.P., FRANCO, R.M., CONTE-JUNIOR, C.A. Development of new probiotic yoghurt with a mixture of cow and sheep milk: effects on physicochemical, textural and sensory analysis. In: *Small Ruminant Research*, 149, 2017: pp. 154-162. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.02.013>
- VICENSSUTO, G.M., DECASTRO, R.J.S. Development of a novel probiotic milk product with enhanced antioxidant properties using mango peel as a fermentation substrate. In: *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 24(4), 2020: pp. 101564. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101564>
- VIDYARTHI, S.K., MISHRA, D.K., DOLAN, K.D., MURAMATSU, Y. Inverse estimation of fluid-to-particle heat transfer coefficient in aseptic processing of particulate foods. In: *Biosystem Engineering*, 198, 2020: pp. 210-222. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2020.08.012>
- WANG, X., KRISTO, E., LAPOINTE, G. The effect of apple pomace on the texture, rheology and microstructure of set type yogurt. In: *Food Hydrocolloids*, 91, 2019: pp. 83-91. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.01.004>
- WANG, S., LIU, Z., ZHAO, S., ZHANG, L., LI, C., LIU, S. Effect of combined ultrasonic and enzymatic extraction technique on the quality of noni (*Morinda citrifolia* L.) juice. In: *Ultrasonic Sonochemistry*, 92, 2023: pp. 106231. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.106231>
- WEST, M.E., MAUER, L.J. Color and chemical stability of a variety of anthocyanins and ascorbic acid in solution and powder forms. In: *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 61(17), 2013: pp. 4169-4179. <https://doi.org/10.1021/jf400608b>

- XIANG, H., SUN-WATERHOUSE, D., WATERHOUSE, G.I.N., CUI, C., RUAN, Z. Fermentation-enabled wellness foods: A fresh perspective. In: *Food Science Human Wellness*, 8(3), 2019: pp. 203-243. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2019.08.003>
- XIAO, H-W., PAN, Z., DENG, L-Z., EL-MASHAD, H.M., YANG, X.H., MUJUMDAR, A.S., GAO, Z.J., ZHANG, Q. Recent developments and trends in thermal blanching-A comprehensive review. In: *Information Processing in Agriculture*, 4(2), 2017: pp. 101-127. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2017.02.001>
- XU, B., FENG, M., CHITRAKAR, B., CHENG, J., WEI, B., WANG, B., ZHOU, C., MA, H. Multi-frequency power thermosonication treatments of clear strawberry juice: Impact on color, bioactive compounds, flavor volatiles, microbial and polyphenol oxidase inactivation. In: *Innovative Food Science, Emergency and Technoogy*, 84, 2023: pp. 103295. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103295>
- YAHIA, E.M., GARCÍA-SOLÍS, P., CELIS, M.E.M. Contribution of fruits and vegetables to human nutrition and health. In: *Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables*, 2019: pp. 19-45. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813278-4.00002-6>
- YANG, S.Y., YOON, K.S. Effect of probiotic lactic acid bacteria (LAB) on the quality and safety of greek yogurt. In: *Foods*, 11, 2022: pp. 3799. <https://doi.org/10.3390/foods11233799>
- YILDIZ, E., OZCAN, T. Functional and textural properties of vegetable-fibre enriched yoghurt. In: *International Journal of Dairy Technology*, 72, 2018: pp. 199-207. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12566>
- YILMAZ-ERSAN, L., TOPCUOGLU, E. Evaluation of Instrumental and Sensory Measurements Using Multivariate Analysis in ProbioticYogurt Enriched with Almond Milk. In *Journal of Food Science and Technology*, 59, 2022: pp. 133-143, ISSN: 0975-8402.
- ZENEBE, T., AHMED, M., KABETA, T., KEBEDE, G. Review on medicinal and nutritional values of goat milk. In: *Academic Journal of Nutrition*, 3(3), 2014: pp. 30-39, <https://doi.org/10.5829/idosi.ajn.2014.3.3.93210>
- ZHANG, L., DAI, S., BRANNAN, R.G. Effect of high pressure processing, browning treatments, and refrigerated storage on sensory analysis, color, and polyphenol oxidase activity in pawpaw (*Asimina triloba* L.) pulp. In: *LWT Food Science and Technology*, 86, 2017: pp. 49-54. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.07.023>
- ZHANG, T., JEONG, C.H., CHENG, W.N., BAE, H., SEO, H.G., PETRIELLO, M.C., HAN, S.G. Moringa extract enhances the fermentative, textural, and bioactive properties of yogurt. In: *LWT Food Science and Technology*, 101, 2019: pp. 276-284 <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.11.010>
- ZHANG, W., SHEN, Y., LI, Z., XIE, X., GONG, E.S., TIAN, J., SI, X., WANG, Y., GAO, N., SHU, C. Effects of high hydrostatic pressure and thermal processing on anthocyanin content, polyphenol oxidase and β -glucosidase activities, color, and antioxidant activities of blueberry (*Vaccinium* spp.) purée. In: *Food Chemistry*, 342, 2021: pp. 128564. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128564>
- ZNAMIROWSKA, A., SZAJNAR, K., PAWLOS, M. Effect of vitamin C source on its stability during storage and the properties of milk fermented by *Lactobacillus rhamnosus*. In: *Molecules*, 26, 2021: pp.61-87. <https://doi.org/10.3390/ molecules26206187>

ANEXE



Fig. A.1.1. Brevet de invenție nr. 1606, din 2021.02.09

COORDONAT
Director
SRL "Ferma cu origini"
Eduard FRECĂȚEL



APROB
Prorector pentru cercetare și doctorat
a Universității Tehnice a Moldovei



Vasile Tronciu
prof. univ., dr. hab.

ACT DE IMPLEMENTARE

a tehnologiei de fabricare industrială a iaurtului cu adaos de piureu din fructe de
aronia/zmeură/căpșună

Prin prezenta, subsemnații: A. Macari dr., conf.univ., DTPA, V. Bulgaru dr., conf.univ., DTPA, T. Cușmenco, doctorandă DTPA, reprezentanți ai UTM, și N. Talai tehnolog ai întreprinderii SRL "Ferma cu origini", confirmă recepționarea:

1. Tehnologiei de fabricare a iaurtului cu fructe obținut din amestec de lapte de vacă și de capră.

Actul a fost îndeplinit la data de 22.11.2023, în urma realizării unor loturi experimentale de iaurt prin stabilirea raportului optim al laptelui de vacă și de capră- 100 kg.

Întreprinderea SRL "Ferma cu origini" își asumă responsabilitatea de a respecta rigorile tehnologice în vederea fabricării iaurtului din amestec de lapte de vacă și de capră cu valoare biologică sporită.

Semnături:

Din partea autorilor:

A. Macari

V. Bulgaru

T. Cușmenco

Din partea întreprinderii:

N.Talai

Fig. A.1.2. Act de implementare a procedurii de fabricare a iaurtului cu fructe

DECLARAȚIA PRIVIND ASUMAREA RĂSPUNDERII

Subsemnata, CUȘMENCO Tatiana, declar pe propria răspundere că materialele prezentate în teza de doctorat sunt rezultatul propriilor cercetări și realizări științifice. Conștientizez că, în caz contrar, urmează să suport consecințele în conformitate cu legislația în vigoare.

Numele, prenumele

CUȘMENCO Tatiana

Semnătura

Cușmenco

Data

03.11.2025

CURRICULUM VITAE

INFORMAȚII PERSONALE



Cușmenco Tatiana

Bd. Cuza-Vodă, 13/8, ap. 36, Chișinău, Republica Moldova, MD - 2060

+373 69 48 47 45

tatiana.cusmenco@sa.utm.md

Sexul feminin | Data nașterii 21/08/1986 | Naționalitatea MDA

EXPERIENȚA PROFESIONALĂ

2009	Ingineră categoria I departamentul „Tehnologia Produselor Alimentare”, Facultatea Tehnologia Alimentelor
2017-prezent	Asistentă universitară la departamentul „Tehnologia Produselor Alimentare”, Facultatea Tehnologia Alimentelor

STUDII

2016- prezent	Studii Doctorale ciclul III Doctorat, Universitatea Tehnică a Moldovei, Școala Doctorală Domeniu: Științe ingineresti și tehnologii. 253. Tehnologii în Industria Alimentară
2009-2011	Studii superioare ciclul II Master, Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Tehnologia Alimentelor, Calitatea și Securitatea Produselor Alimentare
2004-2009	Studii superioare ciclul I Licență, Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea de Tehnologie și Management în Industria Alimentară, Tehnologia Produselor Alimentare

FORMARE

11 februarie 2019	Participare la training „HOW TO PUBLISH” organizat de editura „SPRINGER NATURE”
-------------------	---

Participare la proiecte științifice naționale și internaționale

1. Proiect de Stat 20.80009.5107.09 „Ameliorarea calității alimentelor prin biotehnologie și inginerie alimentară”, Universitatea Tehnică a Moldovei (2023).
2. Proiect Instituțional, subprogramul 020405 „Optimizarea tehnologiilor de procesare a produselor alimentare în contextul bioeconomiei circulare și schimbărilor climatice” (Bio-OpTehPAS), Universitatea Tehnică a Moldovei (2024-prezent).

Participări la manifestări științifice (naționale și internaționale)

1. Simpozionul internațional „Euro-Aliment- Perspective ale alimentelor viitorului- de la concepte și provocări la inovații tehnologice”, Ediția a XI-a, Galați, România, 19-20 octombrie 2023;
2. Conferința internațională „CASEE- Științe inteligente ale vieții și tehnologie pentru dezvoltare durabilă” Ediția a XIII-a, Chișinău, Republica Moldova, 28-30 iunie 2023;
3. Conferința Internațională Tehnico-Științifică a Studenților, Masteranzilor și Doctoranzilor, Chișinău, Republica Moldova, 5-7 aprilie 2023;
4. Salonul Internațional al Cercetării Științifice, Inovării și Inventicii „PRO INVENT” Ediția XX, Cluj-Napoca, România, 26-28 octombrie 2022;
5. Conferința Internațională ”Tehnologii Moderne în Industria Alimentară”, Ediția V, Chișinău, Republica Moldova, 20-22 octombrie 2022;
6. Expoziția Internațională de Inventii ”INVENTICA”, Ediția XXVI, Iași, România, 22-24 mai

2022;

7. Expoziția Europeană a Creativității și Inovației "EUROINVENT", Ediția XIV, Iași, România, 26-28 mai 2022;
8. Simpozionul internațional „Euro-Aliment- Alimentele conectează oamenii și împărtășesc știința într-o lume rezilientă”, Ediția a X-a, Galați, România, 7-8 octombrie 2021;
9. Conferința Internațională Tehnico-Științifică a Studenților, Masteranzilor și Doctoranzilor, Chișinău, Republica Moldova, 1-3 aprilie 2020;
10. Simpozionul internațional „Euro-Aliment- Mîni inovatoare pentru alimentele viitorului”, Ediția a IX-a, Galați, România, 5-6 septembrie 2019;
11. Conferința Internațională Tehnico-Științifică a Studenților, Masteranzilor și Doctoranzilor, Chișinău, Republica Moldova, 18-20 octombrie 2018.

Date statistice privind lucrările publicate

Articole în reviste (cotate ISI și Scopus, B⁺) - 6, materiale ale comunicărilor științifice - 8, brevete de invenții - 1.

PREMII ȘI DISTINCȚII

1. **Certificat de participare** a fost acordat: **Cușmenco Tatiana**. Pentru: The antimicrobial activity of cow and goat milk yogurt with the addition of berry puree. Simpozionul internațional „Euro-Aliment- Perspective ale alimentelor viitorului- de la concepte și provocări la inovații tehnologice”, Ediția a XI-a, Galați, România, 19-20 octombrie 2023;
2. **Certificat de participare** a fost acordat: Cușmenco Tatiana. Pentru: The impact of berries on the evolution of yogurt acidity. Conferința internațională „CASEE- Științe inteligente ale vieții și tehnologie pentru dezvoltare durabilă” Ediția a XIII-a, Chișinău, Republica Moldova, 28-30 iunie 2023;
3. **Diplomă de gradul III** a fost acordată: **Cușmenco Tatiana**. Pentru: Modificările caracteristicilor fizico-chimice a iaurtului cu pumușoare la depozitare. Conferința Internațională Tehnico-Științifică a Studenților, Masteranzilor și Doctoranzilor, UTM, Chișinău, Republica Moldova, 5-7 aprilie 2023;
4. **Medalia de aur** a fost acordată: **CUȘMENCO Tatiana**, MACARI Artur, BULGARU Viorica, SANDULACHI Elizaveta. Pentru procedeu de obținere a iaurtului din lapte de capră și de vacă. Salonul Internațional al Cercetării Științifice, Inovării și Invenției „PRO INVENT” Ediția XX, Cluj-Napoca, România, 26-28 octombrie 2022;
5. **Certificat de participare** a fost acordat: **Cușmenco Tatiana**. Pentru: Analysis of the physical properties of fruit yogurt. Conferința Internațională „Tehnologii Moderne în Industria Alimentară”, Ediția V, Chișinău, Republica Moldova, 20-22 octombrie 2022.
6. **Medalia de bronz** a fost acordată: **CUȘMENCO Tatiana**, MACARI Artur, BULGARU Viorica, SANDULACHI Elizaveta. Pentru procedeu de obținere a iaurtului din lapte de capră și de vacă. Expoziția Europeană a Creativității și Inovației "EUROINVENT", Ediția XIV, Iași, România, 26-28 mai 2022;
7. **Medalia de argint** a fost acordată: **CUȘMENCO Tatiana**, MACARI Artur, BULGARU Viorica, SANDULACHI Elizaveta. Pentru procedeu de obținere a iaurtului din lapte de capră și de vacă. Expoziția Internațională de Invenții "INVENTICA", Ediția XXVI, Iași, România, 22-24 mai 2022;
8. **Certificat de participare** a fost acordat: **Cușmenco Tatiana**. Pentru: Microbiological aspects og goat's milk yogurt with the addition of scald fruits. Simpozionul internațional „Euro-Aliment- Alimentele conectează oamenii și împărtășesc știința într-o lume rezilientă”, Ediția a X-a, Galați, România, 7-8 octombrie 2021;
9. **Diplomă de gradul III** a fost acordată: **Cușmenco Tatiana**. Pentru: Evaluarea intensității culorii iaurtului cu fructe. Conferința Internațională Tehnico-Științifică a Studenților, Masteranzilor și Doctoranzilor, UTM, Chișinău, Republica Moldova, 1-3 Aprilie 2020;

10. **Certificat de participare** a fost acordat: Cușmenco Tatiana. Pentru: Vegetable material used for manufacture of high biological value yogurt. Simpozionul internațional „Euro-Aliment-Minți inovatoare pentru alimentele viitorului”, Ediția a IX-a, Galați, România, 5-6 septembrie 2019;
11. **Diplomă de gradul III** a fost acordată: Cușmenco Tatiana. Pentru: Valorificarea laptelui de capră în iaurt. Conferința Internațională Tehnico-Științifică a Studenților, Masteranzilor și Doctoranzilor, UTM, Chișinău, Republica Moldova, 18-20 octombrie 2018

COMPETENȚE PERSONALE

Limba maternă	Limba română				
Alte limbi străine cunoscute	ÎNȚELEGERE		VORBIRE		SCRIERE
	Ascultare	Citire	Participare la conversație	Discurs oral	elementar
Limba engleză	A2 - Utilizator elementar	B1 - Utilizator independent	A2 – utilizator elementar	A2 - Utilizator elementar	A2 - Utilizator elementar
Limba rusă	B2 - Utilizator independent	B2 - Utilizator independent	B2 - Utilizator independent	B2 - Utilizator independent	B2 - Utilizator independent

Competență digitală	AUTOEVALUARE				
	Procesarea informației	Comunicare	Creare de conținut	Securitate	Rezolvarea de probleme
	Utilizator independent	Utilizator independent	Utilizator independent	Utilizator independent	Utilizator independent
	▪ o bună stăpânire a instrumentelor Microsoft Office™ (Word™, Excel™ și PowerPoint™)				

Date de contact de serviciu (adresă, telefon, e-mail)

Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Tehnologia Alimentelor, Departamentul Tehnologia Produselor Alimentare, str. Studenților 9/9, blocul de studii nr.5, MD- 2045, Chișinău, Republica Moldova, tel. +373 22 50 99 70, tatiana.cusmenco@tpa.utm.md.