

UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI



Cu titlu de manuscris

CZU: 664:613.26:634.11(043)

CEȘKO TATIANA

**TEHNOLOGII DE OBȚINERE A FIBRELOR ALIMENTARE
DIN SURSE HORTICOLE**

Specialitatea 253.01 Tehnologia produselor alimentare de origine vegetală

Teză de doctor în științe inginerești

Conducător științific:

**GHENDOV-MOȘANU Aliona,
dr. hab., conf. univ.**

Comisia de îndrumare:

**STURZA Rodica,
dr. hab., prof. univ., m.c. AȘM
GUREV Angela,
dr., conf. univ.
POPESCU Liliana,
dr., conf. univ.**

Autor:

CEȘKO Tatiana

CHIȘINĂU, 2025

© Češko Tatiana, 2025

CUPRINS

ADNOTARE	6
ABSTRACT	7
АННОТАЦИЯ	8
LISTA TABELELOR	9
LISTA FIGURILOR	10
LISTA ABREVIERELOR	12
INTRODUCERE	13
1. TESCOVINA DE MERE - SURSĂ IMPORTANTĂ DE FIBRE ALIMENTARE ȘI FITONUTRIENȚI PENTRU INDUSTRIA ALIMENTARĂ	21
1.1 Caracteristica merelor ca sursă de formare a tescovinei de mere	21
1.2 Tescovina de mere - sursă importantă de fitonutrienți pentru industria alimentară	22
1.2.1 Beneficiile utilizării tescovinei de mere asupra organismului uman	24
1.2.2 Utilizarea tescovinei de mere în fortificarea produselor alimentare	25
1.3 Fibrele alimentare și importanța lor	27
1.4 Pectina, beneficiile și utilizarea ei în industria alimentară	28
1.4.1 Pectina: caracteristica și proprietățile ei	28
1.4.2 Beneficiile pectinei	32
1.4.3 Utilizarea pectinei în industria alimentară	34
1.5 Metode de extracție a pectinei din surse vegetale	37
1.5.1 Metode convenționale de extracție a pectinei din tescovina de mere	37
1.5.2 Metode neconvenționale de extracție a pectinei din tescovina de mere	39
Concluzii la capitolul 1	44
2. MATERIALE ȘI METODE DE CERCETARE	46
2.1 Materiale utilizate pentru cercetare	46
2.1.1 Caracteristica fructelor de mere utilizate în cercetare	46
2.1.2 Pregătirea materiei vegetale pentru obținerea tescovinei de mere	47
2.1.3 Caracteristica tescovinei de mere	47
2.1.4 Cinetica uscării tescovinei de mere	48
2.1.5 Obținerea extractelor de tescovină de mere uscate pentru cercetarea influenței temperaturii de uscare asupra conținutului de CBA și activității antioxidante	49
2.1.6 Extracția pectinei din tescovina de mere prin metode neconvenționale	50
2.1.7 Pregătirea pectinei pentru analiza titrimetrică și spectrofotometrică	51
2.1.8 Materia utilizată la fabricarea batoanelor vegetale	51
2.1.9 Materia utilizată la fabricarea biscuiților și iaurtului cu tescovina de mere	52
2.2 Metode de cercetare	53
2.2.1 Determinări chimice și microbiologice	53
2.2.2 Metode de determinare a calității alimentelor noi elaborate	56

2.3 Reactivi chimici și mediile microbiologice utilizate în cercetare	59
2.4 Prelucrarea matematică a rezultatelor experimentale	60
2.4.1 Prelucrarea statistică a rezultatelor	60
2.4.2 Modelele matematice empirice aplicate în cercetarea cineticii de uscare a tescovinei de mere	60
2.4.3 Aplicarea informației mutuale în modelarea matematică	61
Concluzii la capitolul 2	62
3. METODE NECONVENȚIONALE DE EXTRAȚIE A PECTINEI DIN TESCOVINA DE MERE ȘI CARACTERISTICA FIZICO-CHIMICĂ A ACESTEIA	63
3.1 Studiul cineticii procesului de uscare a tescovinei de mere în funcție de temperatura agentului termic	63
3.2 Analiza influenței agentului termic asupra CBA în tescovina de mere	70
3.3 Extracția asistată de ultrasunete (UAE) a pectinei din tescovina de mere	73
3.3.1 Influența UAE asupra randamentului de extracție a pectinei	74
3.3.2 Influența UAE asupra masei echivalente a pectinei extrase din tescovina de mere	75
3.3.3 Influența UAE asupra conținutului grupelor metoxil a pectinei extrase din tescovina de mere	76
3.3.4 Influența UAE asupra conținutului de acid anhidrogalacturonic a pectinei din tescovina de mere	77
3.3.5 Influența UAE asupra gradului de esterificare a pectinei din tescovina de mere	78
3.3.6 Influența UAE asupra conținutului total de polifenoli și a activității antioxidante în pectina extrasă din tescovina de mere	80
3.3.7 Analiza informației mutuale a extracției pectinei din tescovina de mere cu aplicarea ultrasunetelor	82
3.4 Extracția asistată de microunde (MAE) a pectinei din tescovina de mere	83
3.4.1 Influența condițiilor MAE asupra randamentului de extracție a pectinei din tescovina de mere	84
3.4.2 Influența MAE asupra masei echivalente a pectinei extrase din tescovina de mere	85
3.4.3 Influența MAE asupra conținutului grupelor metoxil a pectinei din tescovina de mere	87
3.4.4 Influența MAE asupra conținutului de acid anhidrogalacturonic a pectinei din tescovina de mere	88
3.4.5 Influența MAE asupra gradului de esterificare a pectinei din tescovina de mere	88
3.4.6. Influența MAE asupra conținutului total de polifenoli și activității antioxidante a pectinei din tescovina de mere	89
3.4.7 Analiza informației mutuale a extracției pectinei din tescovina de mere cu aplicarea microundelor	91
3.5 Compararea rezultatelor obținute prin extracție UAE și MAE a pectinei din tescovina de mere	93

Concluzii la capitolul 3	95
4. UTILIZAREA PECTINEI ȘI TESCOVINEI DE MERE ÎN FABRICAREA PRODUSELOR ALIMENTARE NOI	97
4.1. Utilizarea pectinei în fabricarea batoanelor vegetale	97
4.2. Utilizarea tescovinei de mere în fabricarea iaurtului	102
4.3 Utilizarea tescovinei de mere în fabricarea biscuiților	117
Concluzii la capitolul 4	127
CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI	128
BIBLIOGRAFIE	131
ANEXE	149
DECLARAȚIA PRIVIND ASUMAREA RĂSPUNDERII	153
CURRICULUM VITAE AL AUTORULUI	154

ADNOTARE

Ceșko Tatiana: „Tehnologii de obținere a fibrelor alimentare din surse horticoale”, teză de doctor în științe inginerești, Chișinău 2025.

Structura tezei: constă din introducere, 4 capitole, concluzii și recomandări, bibliografie cu 316 titluri. Textul de bază conține 118 pagini, inclusiv 46 de figuri și 34 de tabele.

Rezultatele obținute sunt publicate în 19 lucrări științifice.

Cuvinte-cheie: tescovină de mere, extracție asistată de ultrasunete, extracție asistată de microunde, pectină, compuși biologic activi, modelare matematică, batoane vegetale, iaurt, biscuiți, calitate.

Scopul lucrării: constă în evaluarea compoziției tescovinei de mere, extragerea pectinei cu valoare biologică ridicată prin metode neconvenționale de extracție - UAE, MAE și utilizarea acestora în fabricarea produselor alimentare noi.

Obiectivele lucrării: cercetarea influenței temperaturii agentului termic asupra cineticii de uscare convectivă, caracteristicilor cinetice, valorii biologice și antioxidante a tescovinei de mere ca sursa de obținere a pectinei; stabilirea modelelor matematice a cineticii procesului de uscare a tescovinei de mere la diferite temperaturi ale agentului termic pe baza modelelor matematice empirice; determinarea influenței condițiilor de UAE și MAE asupra parametrilor fizico-chimici, valorii biologice și activității antioxidante a pectinei din TM; determinarea influenței condițiilor optime de extracție și compararea eficienței acestor metode; aplicarea pectinei în calitate de agent de legare și acoperire în fabricarea batoanelor vegetale și cercetarea influenței asupra calității senzoriale, fizico-chimice, stabilității microbiologice, valorii biologice și activității antioxidante în perioada de păstrare; influența pudrei din TM în calitate de stabilizator la fabricarea iaurtului asupra caracteristicilor senzoriale, parametrilor fizico-chimici, texturali, de culoare și a activității antioxidante în perioada de păstrare; efectul pudrei din TM în substituirea zahărului la fabricarea biscuiților asupra calității senzoriale, parametrilor fizico-chimici și de culoare în perioada de păstrare a produsului de cofetărie.

Noutatea și originalitatea științifică: pentru prima dată a fost realizată modelarea cineticii procesului de uscare convectivă a tescovinei de mere din soiul Golden Delicious la diferite temperaturi ale agentului termic, cu aplicarea a șapte modele matematice empirice. Au fost stabilite condiții optime de extracție - UAE și MAE a pectinei din tescovina de mere prin aplicarea analizei informației mutuale a influenței condițiilor de extracție asupra caracteristicilor fizico-chimice, valorii biologice și activității antioxidante a pectinei; au fost elaborate tehnologii de fabricare a produselor alimentare noi în care tescovina de mere și pectina au fost utilizate drept aditivi alimentari naturali.

Rezultatele principale: uscarea convectivă a tescovinei la temperatura optimă a agentului termic a permis păstrarea valorii biologice și potențialului antioxidant; s-a realizat modelarea cineticii procesului de uscare convectivă a tescovinei de mere, cu aplicarea a șapte modele matematice empirice; s-a argumentat utilizarea metodelor UAE și MAE și influența condițiilor de extracție asupra parametrilor fizico-chimici, valorii biologice și activității antioxidante a pectinei din tescovina de mere, precum și stabilirea condițiilor optime pentru fiecare metodă; s-a efectuat analiza informației mutuale privind influența UAE și MAE asupra caracteristicilor fizico-chimice, valorii biologice și activității antioxidante a pectinei; concentrației pudrei de tescovină de mere și duratei de păstrare a probelor de iaurt asupra acceptabilității generale și parametrilor texturali; s-a argumentat aplicarea pectinei în calitate de agent de legare și acoperire în fabricarea batoanelor vegetale; s-a demonstrat efectul pudrei din tescovină de mere drept stabilizator pentru iaurt; s-a elucidat efectul pudrei din tescovina de mere la substituirea zahărului în fabricarea biscuiților.

Semnificația teoretică: pentru prima dată a fost realizată modelarea cineticii procesului de uscare convectivă a tescovinei de mere, soiul Golden Delicious la diferite temperaturi ale agentului termic, cu aplicarea a șapte modele matematice empirice; au fost stabilite condiții optime de UAE și MAE a pectinei din tescovină de mere cu analiza informației mutuale a condițiilor de extracție asupra caracteristicilor fizico-chimice, valorii biologice și activității antioxidante a pectinei; au fost elaborate tehnologii de fabricare a produselor noi în care tescovina de mere și pectina au fost aplicate în calitate de aditivi alimentari naturali cu diferite acțiuni tehnologice.

Valoarea aplicativă: au fost realizate procedee de obținere a produselor alimentare noi. Au fost obținute 2 brevete de invenție și un act de implementare a tehnologiei de fabricare industrială a biscuiților zaharoși cu tescovină de mere.

ABSTRACT

**Ceșko Tatiana: "Technologies for obtaining dietary fibers from horticultural sources",
PhD thesis in engineering sciences, Chisinau 2025.**

Structure of the thesis: consists of introduction, 4 chapters, conclusions and recommendations, bibliography with 316 titles. The main text contains 118 pages, including 46 figures and 34 tables. The obtained results are published in 19 scientific papers.

Keywords: apple pomace, ultrasound-assisted extraction, microwave-assisted extraction, pectin, biologically active compounds, mathematical modeling, vegetable bars, yogurt, crackers, quality.

The purpose of the work: evaluation of apple pomace and obtaining pectin with high biological value by unconventional extraction methods UAE, MAE and their use in the manufacture of new food products.

The objectives of the paper: the research of the influence of the temperature of the thermal agent on the kinetics of convective drying, the kinetic characteristics, the biological and antioxidant value of apple pomace as a source of obtaining pectin; establishing the mathematical models of the kinetics of the process of drying apple pomace at different temperatures of the thermal agent based on empirical mathematical models; determining the influence of UAE and MAE conditions on the physico-chemical parameters, biological value and antioxidant activity of pectin from apple pomace, establishing the optimal extraction conditions and comparing these extraction methods; the application of pectin as a binding and covering agent in the manufacture of vegetable bars and the research of its influence on the quality, microbiological stability and biological value during the storage period; the influence of apple pomace powder, as a stabilizer in yogurt manufacturing, on quality, textural parameters, color and antioxidant activity during storage; the effect of apple pomace powder when replacing sugar in biscuit manufacturing on quality and color during storage.

Scientific novelty and originality: for the first time, the modeling of the kinetics of the process of convective drying of the apple core of the Golden Delicious variety at different temperatures of the thermal agent was carried out, with the application of seven empirical mathematical models; optimal conditions of UAE and MAE of pectin from apple pomace were established and the application of mutual information analysis regarding the influence of extraction conditions on the physico-chemical characteristics, biological value and antioxidant activity of pectin; new food manufacturing technologies were developed in which apple pomace and pectin were applied as natural food additives with different actions.

Main results: convective drying of the gooseberry at the optimal temperature of the thermal agent allowed the preservation of the biological value and the antioxidant potential; the modeling of the kinetics of the process of convective drying of apple pomace was carried out, with the application of seven empirical mathematical models; the use of the UAE and MAE methods and the influence of the extraction conditions on the physico-chemical parameters, biological value and antioxidant activity of pectin from apple pomace were argued, as well as establishing the optimal conditions for each method; the analysis of mutual information regarding the influence of UAE and MAE on the physico-chemical characteristics, biological value and antioxidant activity of pectin was carried out; of apple pomace powder concentration and storage time of yogurt samples on overall acceptability and textural parameters; the application of pectin as a binding and coating agent in obtaining vegetable bars was argued; the effect of apple pomace powder as a stabilizer in yogurt production was demonstrated; the effect of apple pomace powder on the substitution of sugar in the manufacture of biscuits was elucidated.

Theoretical significance: for the first time, modeling of the kinetics of the process of convective drying of Golden Delicious apple cores at different temperatures of the thermal agent was carried out, with the application of seven empirical mathematical models; optimal conditions of UAE and MAE of pectin from apple pomace were established and the application of mutual information analysis regarding the influence of extract conditions on the physico-chemical characteristics, biological value and antioxidant activity of pectin; new product manufacturing technologies were developed in which apple pomace and pectin were applied as natural food additives with different action.

Applicative value: procedures for obtaining new food products were realized 2 invention patents were obtained an act of implementation of the technology of industrial manufacturing of sugar cookies and apple purée were obtained. procedures for obtaining new food products were realized.

АННОТАЦИЯ

Чешко Татьяна: «Технологии получения пищевых волокон из садоводческих источников», диссертация на соискание ученой степени доктора инженерных наук, Кишинэу, 2025.

Структура диссертации: состоит из введения, 4 глав, выводов и рекомендаций, библиография в 316 наименованиях. Основной текст содержит 118 страниц, в том числе 46 рисунков и 34 таблицы.

Полученные результаты опубликованы в 19 научных статьях.

Ключевые слова: яблочные выжимки, ультразвуковая экстракция, микроволновая экстракция, пектин, биологически активные вещества, математическое моделирование, фруктовые батоны, йогурт, печенье, качество.

Цель работы: оценка яблочных выжимок и получение пектина с высокой биологической ценностью нетрадиционными методами экстракции - УЗЭ, МЭ и их использование при производстве новых пищевых продуктов.

Задачи работы: исследование влияния температуры термического агента на кинетику конвективной сушки, кинетические характеристики, биологическую и антиоксидантную ценность яблочных выжимок как источника получения пектина; создание математических моделей кинетики процесса сушки яблочных выжимок при различных температурах термического агента на основе эмпирических математических моделей; определение влияния условий УЗЭ и МЭ на физико-химические параметры, биологическую ценность и антиоксидантную активность пектина из яблочных выжимок, установление оптимальных условий экстракции и сравнение этих методов экстракции; применение пектина в качестве связующего и покрывающего агента при производстве фруктовых батончиков и исследование его влияния на качество, микробиологическую стабильность и биологическую ценность в период хранения; влияние порошка яблочных выжимок как стабилизатора при производстве йогурта на качество, текстурные параметры, цвет и антиоксидантную активность при хранении; влияние порошка яблочных выжимок при замене сахара в производстве печенья на качество и цвет при хранении.

Научная новизна и оригинальность: впервые проведено моделирование кинетики процесса конвективной сушки выжимки яблок сорта Голден Делишес при различных температурах термического агента с применением семи эмпирических математических моделей; установлены оптимальные условия УЗЭ, и МЭ пектина из яблочных выжимок и применение взаимного информационного анализа относительно влияния условий экстракции на физико-химические характеристики, биологическую ценность и антиоксидантную активность пектина; были разработаны технологии производства новых пищевых продуктов, в которых яблочные выжимки и пектин использовались в качестве натуральных пищевых добавок различного действия.

Основные результаты: конвективная сушка яблочных выжимок при оптимальной температуре термического агента позволила сохранить биологическую ценность и антиоксидантный потенциал; выполнено моделирование кинетики процесса конвективной сушки яблочных выжимок с применением семи эмпирических математических моделей; обосновано использование методов УЗЭ, и МЭ и влияние условий экстракции на физико-химические показатели, биологическую ценность и антиоксидантную активность пектина из яблочных выжимок, а также установлены оптимальные условия для каждого метода; проведен анализ взаимной информации относительно влияния УЗЭ, и МЭ на физико-химические характеристики, биологическую ценность и антиоксидантную активность пектина; концентрации порошка яблочных выжимок и продолжительности хранения образцов йогурта на общую приемлемость и текстурные параметры; аргументировано применение пектина в качестве связующего и покрывающего агента при получении фруктовых батончиков; продемонстрировано влияние порошка яблочных выжимок в качестве стабилизатора при производстве йогурта; выяснено влияние порошка яблочных выжимок на замену сахара при производстве печенья.

Теоретическая значимость: впервые проведено моделирование кинетики процесса конвективной сушки яблочных выжимок сорта Голден Делишес при различных температурах термического агента с применением семи эмпирических математических моделей; установлены оптимальные условия УЗЭ, и МЭ пектина из яблочных выжимок и применение взаимного информационного анализа влияния условий экстракта на физико-химические характеристики, биологическую ценность и антиоксидантную активность пектина; разработаны технологии производства новых продуктов питания, в которых в качестве натуральных пищевых добавок различного действия применяются яблочные выжимки и пектин.

Прикладное значение: реализованы способы получения новых пищевых продуктов. Получено 2 патента на изобретения и акт на внедрение технологии промышленного производства сахарного печенья с добавлением яблочных выжимок.

LISTA TABELELOR

Tabelul 1.1.	Utilizarea tescovinei de mere în formarea produselor alimentare	25
Tabelul 2.1.	Compoziția chimică a fructelor de mere „Golden Delicious” proaspete	46
Tabelul 2.2.	Compoziția chimică a tescovinei de mere „Golden Delicious”	47
Tabelul 2.3.	Analiza senzorială a fructelor uscate și a pudrei de măceșe	51
Tabelul 2.4.	Compoziția chimică a fructelor uscate	52
Tabelul 2.5.	Calitatea senzorială și fizico - chimică a făinii de grâu de calitate superioară utilizată la fabricarea biscuiților	52
Tabelul 2.6.	Caracteristica materiei prime utilizate	53
Tabelul 2.7.	Calitatea senzorială și fizico - chimică a laptelui utilizat la producerea iaurtului	53
Tabelul 2.8.	Metode de analiză utilizate pentru caracterizarea extractelor	54
Tabelul 2.9.	Metode de analiză utilizate pentru caracterizarea produselor alimentare elaborate	56
Tabelul 2.10.	Reactivi chimici și materiale de laborator	59
Tabelul 2.11.	Modelele matematice empirice utilizate în cercetarea cineticii de uscare a tescovinei de mere	60
Tabelul 3.1.	Caracteristicile cinetice ale procesului de uscare convectivă a tescovinei de mere	66
Tabelul 3.2.	Analiza modelelor matematice empirice care descriu cinetica procesului de uscare a tescovinei de mere bazate pe modificările MR la diferite temperaturi al agentului termic	67
Tabelul 3.3.	Valorile parametrilor din modelele matematice empirice care descriu procesul de uscare convectiv a tescovinei de mere	68
Tabelul 3.4.	Influența temperaturii agentului termic asupra conținutului de CBA din tescovina de mere	70
Tabelul 3.5.	Glucidele simple și acizii organici determinați în tescovina de mere uscată la temperatura de 70 °C	73
Tabelul 4.1.	Rețeta de preparare a batoanelor vegetale	97
Tabelul 4.2.	Caracteristicile senzoriale ale batoanelor vegetale pe perioada de depozitare de 360 de zile	99
Tabelul 4.3.	Evoluția parametrilor fizico-chimici, valorii biologice, activității antioxidante și stabilității microbiologice în batoane pe perioada de păstrare	100
Tabelul 4.4.	Parametri fizico – chimici ai tescovinei de mere utilizate în fabricarea iaurtului	103
Tabelul 4.5.	Compuși biologic activi și AA a pudrei din tescovină de mere	103
Tabelul 4.6.	Rețeta de fabricare a iaurtului cu pudră din tescovina de mere	104
Tabelul 4.7.	Evoluția pH-ului în iaurtul cu pudră din tescovină de mere în timpul fermentării	105
Tabelul 4.8.	Indicii de calitate al probelor de iaurt cu adaos de pudră din tescovina de mere	106
Tabelul 4.9.	Parametrii cromatici a iaurtului cu adaos de pudră din tescovina de mere	110
Tabele 4.10.	Proprietățile senzoriale ale probelor de iaurt cu adaos de PTM pe perioada depozitării	112
Tabelul 4.11.	Evoluția pH-ului în probele de iaurt în timpul păstrării	111
Tabelul 4.12.	Parametri texturali a iaurtului cu adaos de pudră din tescovina de mere pe perioada de păstrare	114
Tabelul 4.13.	Evoluția sinerezei pe perioada de păstrare a iaurtului cu adaos de pudră din tescovina de mere	115
Tabelul 4.14.	Rețeta de fabricare a biscuiților cu pudră din tescovină de mere	118
Tabelul 4.15.	Analiza calității senzoriale a biscuiților cu adaos de pudră din tescovina de mere prin înlocuirea zahărului	119
Tabelul 4.16.	Evoluția culorii a probelor de biscuiți cu adaos de pudră din tescovina de mere	120
Tabelul 4.17.	Stabilitatea microbiologică a biscuiților păstrați timp de 30 de zile	126

LISTA FIGURILOR

Fig. 1.1.	Aspectul tescovinei de mere: a) uscată și b) mărunțită	22
Fig. 1.2.	Clasificarea fibrelor alimentare și a metodelor de obținere (Hussain et al., 2020)	27
Fig. 1.3.	Aspectul pectinei extrase din tescovina de mere	29
Fig. 1.4.	Reprezentarea schematică a structurii pectinei (Roman-Benn et al., 2023)	30
Fig. 2.1.	Schema experimentului de extracție a pectinei din tescovina de mere prin metode neconvenționale: UAE și MAE.	50
Fig. 3.1.	Curbele de uscare a tescovinei de mere la diferite temperaturi ale agentului termic.	64
Fig. 3.2.	Curbele vitezei de uscare a tescovinei de mere la diferite temperaturi ale agentului termic	65
Fig. 3.3.	Comparația dintre MR experimental și empiric conform modelului lui Midilli pentru temperaturile studiate: a) 60 °C; b) 70 °C și Wang și Singh c) 80 °C.	69
Fig. 3.4.	Corelația între CBA și AA în tescovina de mere în funcție de temperatura agentului termic de uscare: a) CTP-AA; b) CT-AA; c) CTC-AA.	72
Fig. 3.5.	Influența UAE asupra randamentului de extracție a pectinei din tescovina de mere	74
Fig. 3.6.	Influența condițiilor de extracție UAE asupra ME a pectinei extrase din tescovina de mere.	76
Fig. 3.7.	Influența condițiilor UAE asupra OMe a pectinei din tescovina de mere.	77
Fig. 3.8.	Influența UAE asupra conținutului de AUA a pectinei din tescovina de mere.	78
Fig. 3.9.	Influența UAE asupra GE a pectinei din tescovina de mere.	79
Fig. 3.10.	Influența UAE asupra CTP în pectina din tescovina de mere.	81
Fig. 3.11.	Influența UAE asupra AA în pectina extrasă din tescovina de mere.	81
Fig. 3.12.	Analiza informațională a influenței pH-ului mediului (1,5;2;2,5) de extracție UAE la toate RSL (1:10;1:15;1:20) asupra randamentului pectinei, ME, OMe, AUA, GE, CTP și AA la aplicare τ_{UAE} : a) 15 min; b) 30 min.	83
Fig. 3.13.	Influența MAE asupra randamentului de extracție al pectinei din tescovina de mere.	84
Fig. 3.14.	Influența puterii magnetronului de 450W și 650W asupra ME a pectinei extrase prin metoda MAE.	86
Fig. 3.15.	Influența puterii magnetronului de 450W și 650W asupra conținutului OMe a pectinei extrase prin metoda MAE.	87
Fig. 3.16.	Influența puterii magnetronului de 450W și 650W asupra conținutului AUA a pectinei din tescovina de mere extrase prin MAE.	88
Fig. 3.17.	Influența puterii magnetronului de 450W și 650W asupra GE a pectinei din tescovina de mere extrase prin MAE.	89
Fig. 3.18.	Influența puterii magnetronului de 450W și 650W asupra CTP a pectinei din tescovina de mere extrase prin MAE	90
Fig. 3.19.	Influența puterii magnetronului de 450W și 650W asupra AA a pectinei din tescovina de mere extrase prin MAE	90
Fig. 3.20.	Analiza informațională a influenței pH-ului mediului(1,5;2;2,5) de extracție MAE la toate RSL (1:10;1:15;1:20) asupra randamentului pectinei, ME, OMe, AUA, GE, CTP și AA la aplicare τ_{MAE} : a) 5 min; b) 10 min.	92
Fig. 3.21.	Corelația dintre conținutul total de polifenoli și activitatea antioxidantă a pectinei obținută prin UAE timp de 15 min (a) și 30 min (b); MAE timp de 5 min (c) și 10 min (d).	95
Fig. 4.1.	Schema-bloc a etapelor procesului de fabricare a batoanelor vegetale	98
Fig. 4.2.	Aspectul batoanelor vegetale cu utilizarea pectinei a) până la acoperire și b) după acoperire	99
Fig.4.3.	Schema-bloc a etapelor procesului de fabricare al iaurtului cu pudră din tescovină de mere	105
Fig.4.4.	Acceptabilitatea generală a probelor de iaurt în prima zi	106

Fig. 4.5.	Influența adaosului de pudră din tescovină de mere asupra conținutului de substanță uscată în probele de iaurt	107
Fig. 4.6.	Influența adaosului de pudră din tescovină de mere asupra conținutului de grăsime în probele de iaurt	107
Fig. 4.7.	Evoluția conținutului total de fibre alimentare (a) și insolubile (b) în probele de iaurt	108
Fig. 4.8.	Influența adaosului de tescovina de mere asupra activității antioxidante în probele de iaurt.	109
Fig. 4.9.	Analiza informației mutuale privind influența adaosului de pudră din tescovina de mere (0,2%; 0,4%; 0,6%; 0,8%; 1%) asupra acceptabilității generale și parametrilor texturali a iaurtului.	116
Fig.4.10.	Analiza informației mutuale privind influența duratei de păstrare asupra acceptabilității generale și parametrilor texturali a iaurtului.	117
Fig. 4.11.	Schema-bloc a procesului de fabricare a biscuiților	118
Fig. 4.12.	Aspectul biscuiților cu adaos de pudră din tescovina de mere	119
Fig. 4.13.	Evoluția conținutului de umiditate a biscuiților cu pudră din tescovină de mere	121
Fig. 4.14.	Dinamica creșterii valorilor indicelui de îmbibare a biscuiților în funcție de substituirea zahărului cu pudră din tescovină de mere.	122
Fig. 4.15.	Evoluția alcalinității biscuiților în funcție de substituirea zahărului cu pudră din tescovină de mere	123
Fig. 4.16.	Profilul senzorial al biscuiților păstrați 30 de zile în care zahărul a fost substituit cu pudră din tescovină de mere	123
Fig. 4.17.	Conținut de umiditate a biscuiților păstrați 30 de zile în care zahărul a fost substituit cu pudră din tescovină de mere.	124
Fig. 4.18.	Evoluția alcalinității biscuiților păstrați 30 de zile în care zahărul a fost substituit cu pudră din tescovină de mere.	125
Fig. 4.19.	Modificarea indicelui de îmbibare al biscuiților în care zahărul a fost substituit cu pudra de tescovina de mere păstrați 30 de zile	125
Fig. 4.20.	Evoluția activității apei în biscuiții în care zahărul a fost substituit cu pudră din tescovină de mere, păstrați 30 de zile	126

LISTA ABREVIERELOR

a*	componenta roșu/verde
AA	activitate antioxidantă
a _w	activitatea apei, u.c.
AUA	acid anhidrogalacturonic
b*	componenta galben/albastru
C*	cromaticitate
CBA	compuși biologic activi
CIELab	spațiu tridimensional de reprezentare a culorilor
CT	conținut de taninuri, mg TAE/100 g s.u.
CTC	conținut total de carotenoide, mg/100 g s.u.
CTF	conținut total de flavonoide, mg QE/100 g s.u.
CTP	conținut total de polifenoli, mg GAE/100 g s.u.
DPPH	2,2-difenil-1-picrilhidrazil
FA	fibre alimentare
GAE	echivalenți de acid galic (eng. Gallic Acid Equivalents)
GalA	acid galacturonic
GE	grad de esterificare
ITM	iaurt cu pudra din tescovina de mere
L*	luminozitate
MAE	extracția asistată de microunde (eng. Microwave Assisted Extraction)
ME	masa echivalentă
MR	conținut redus de umiditate
MUAE	extracția secvențială, asistată de microunde și ultrasunete
OMe	conținut de grupe metoxil
pH	aciditate activă
PM	proba-martor
PMT	probă cu pudra din tescovina de mere
R ²	coeficient de determinare
RM	Republica Moldova
RMSE	eroarea rădăcinii medii pătrată
RSL	raport solid-lichid
TAE	echivalenți de acid tanic (eng. Tannic Acid Equivalents)
TM	tescovină de mere
TE	echivalenți trolox (eng. Trolox Equivalents)
UAE	extracția asistată de ultrasunete (eng. Ultrasound Assisted Extraction)
UMAE	extracția secvențială, asistată de ultrasunete și microunde
ΔE*	diferență globală de culoare
λ _{max}	lungime maximă de undă, nm
τ _{UAE}	durata de extracție cu ultrasunet
τ _{MAE}	durata de extracție cu microunde

INTRODUCERE

Motivația alegerii subiectului. Reutilizarea deșeurilor agroindustriale are o importanță semnificativă atât din punct de vedere ecologic, cât și economic, și social. Obținerea fibrelor alimentare din reziduri agroindustriale este o inovație care conduce la beneficii economice, ecologice și nutriționale. Deșeurile alimentare prezintă o sursă majoră de compuși naturali importanți pentru obținerea unor produse cu o varietate scopuri industriale, cum ar fi producția de biocombustibil, enzime, compuși biologic activi (CBA), materiale plastice biodegradabile, surfactanți, etc. Transformarea deșeurilor alimentare în produse cu valoare adăugată soluționează probleme de mediu și poate avea influențe benefice asupra organismului uman (Erșova et al., 2024). Fibrele alimentare extrase din deșeuri agroindustriale pot fi folosite pentru diverse aplicații, contribuind la îmbunătățirea nutrițională a alimentelor sau la plasarea unor produse noi pe piață.

Tescovina de mere (TM) care se formează în urma procesării sucului reprezintă o sursă de deșeuri agroindustriale bogată în carbohidrați, vitamine, minerale, CBA, fibre alimentare solubile și insolubile. TM conține aproximativ 20% de pectină și CBA ce rămân în ea după extracția sucului și poate avea multiple aplicații în diverse ramuri ale economiei (Erșova et al., 2024). Utilizarea TM în scopuri alimentare include producția de gemuri și marmelade, băuturi alcoolice, ceaiuri de fructe, ingrediente utilizate în industria de panificație, cofetărie și carne. TM este utilizată la extracția de enzime (pe substratul de tescovină), acid acetic, acizii lactic și citric, pectină, concentrate de fibre alimentare, coloranți naturali, antioxidanți etc. (Shalini & Gupta, 2010).

Reutilizarea tescovinei de mere pentru extracția pectinei reprezintă un exemplu excelent de valorificare a deșeurilor agroindustriale. Extracția pectinei din TM ar reprezenta o sustenabilitate ecologică prin diminuarea cantității de deșeuri agroindustriale și nu necesită cultivarea specială a plantelor pentru extracție. Pectina extrasă din TM este un ingredient natural, apreciat pentru proprietățile sale gelifiante și stabilizatoare în industria alimentară. Utilizarea pectinei drept filme de protecție reprezintă o gamă vastă de avantaje, fiind un produs biodegradabil și o alternativă ecologică de ambalare a produselor alimentare. Filmele comestibile prezintă o barieră împotriva pătrunderii oxigenului, majorând astfel termenul de valabilitate a produsului. De asemenea, filmele de protecție sunt utilizate ca barieră ce asigură stabilitatea microbiologică a alimentelor. În plus, filmele de protecție pot conferi un strat lucios, îmbunătățind calitatea senzorială a produsului alimentar (Gurev et al., 2023a).

Extracția pectinei prin metode neconvenționale implică tehnici inovative care sunt mai eficiente, mai rapide și mai ecologice față de cele convenționale. Ca tehnici neconvenționale sunt extracția asistată de microunde (MAE), extracția asistată de ultrasunete (UAE), extracția asistată

de enzime, extracția subcritică și supercritică, extracția asistată de câmp electric. Avantajele acestor metode sunt:

- ✓ procesul de extracție este ecologic;
- ✓ reducerea timpului de extracție și consumului de solvent;
- ✓ randament de extracție ridicat cu păstrarea CBA în produs;
- ✓ obținerea produsului de calitate.

Actualitatea și importanța temei abordate. Fibrele alimentare prezintă elemente indispensabile ale alimentației sănătoase. Sursa principală de fibre alimentare sunt fructele, legumele și cerealele (Ceško, 2020). Procesarea materiei prime vegetale conduce la obținerea tonelor de deșeuri agro-industriale, deseori aruncate fără a fi reutilizate. Fibrele alimentare obținute din deșeuri agro-industriale ar putea fi valorificate pentru realizarea unor compoziții de textură cu scopul substituirii aditivilor sintetici alimentari ca agenți de îngroșare, gelificare, stabilizatori, etc (Vendruscolo et al., 2008).

TM reprezintă un produs secundar al industriei de obținere a sucului sau cidrului de mere, fiind o sursă bogată de fitonutrienți. Câteva milioane de tone de TM sunt generate anual, cu o tendință de creștere, fiind deseori folosite ca hrană pentru animale. Depozitarea TM crează probleme de mediu și nu reprezintă o hrană cu valoarea nutritivă ridicată pentru animale din cauza conținutului scăzut de proteine (Erșova et al., 2024). Substanțele care pot fi utilizate din TM sunt: fibrele, dintre care pectina este cea mai importantă; polifenolii, care sunt principalii compuși responsabili de activitatea antioxidantă și antimicrobiană; uleiul din semințe bogat în acizi grași nesaturați; tocoferolii, vitaminele, acidul malic, zaharidele și pigmenții (Kammerer et al., 2014). În acest context, au fost inițiate cercetări privind utilizarea TM ca ingredient funcțional în diferite tipuri de alimente cu scopul fortificării, creșterii valorii nutritive și biologice a acestora. În plus, fibrele alimentare extrase din tescovină pot fi, de asemenea, aplicate ca ingredient funcțional în elaborarea alimentelor noi (Bhushan et al., 2008).

Pectina prezintă o fibră alimentară solubilă cu aplicații multifuncționale în industria alimentară și farmaceutică etc. (Harholt et al., 2010). O serie de factori precum pH-ul, prezența altor substanțe dizolvate, masa moleculară, gradul de metoxilare, numărul și aranjarea lanțurilor laterale și densitatea de sarcină moleculară influențează activitatea de gelificare a pectinei. În industria alimentară pectina este utilizată în gemuri, jeleuri, alimente congelate și, mai recent, în alimente cu conținut scăzut de energie, ca înlocuitor de grăsimi sau zahăr (Schmidt et al., 2015). În industria farmaceutică pectina este folosită pentru a reduce nivelul colesterolului din sânge și

tulburările gastro-intestinale. Alte aplicații ale pectinei includ utilizarea în filme comestibile, înlocuitori de hârtie, spume și plastifianți, etc. (Chandel et al., 2022).

Pentru extracția pectinei din deșeuri agro-alimentare sunt utilizate diverse tehnologii emergente, cum ar fi extracția asistată de enzime, extracția cu fluide subcritice, UAE și MAE sau o combinație a mai multor metode (Adetunji et al., 2017). Extracția prin metodele neconvenționale (MAE și UAE) se caracterizează printr-un randament ridicat de extracție al pectinei cu un grad de esterificare mare, care poate fi utilizată cu succes în industria alimentară. Varietatea parametrilor de extracție: raportul solid-lichid (RSL), compoziția solvenților, temperatura și durata de extracție, pH, presiunea, intensitatea ultrasunetelor și a microundelor permit a obține pectină cu diferite proprietăți. În analiza purității pectinei un rol important revine conținutului de acid galacturonic și gradului de esterificare (Pereira et al., 2016). Potrivit Organizației pentru Alimentație și Agricultură, Organizației Națiunilor Unite și Uniunii Europene, pectina de calitate standardizată trebuie să conțină $\geq 65\%$ acid galacturonic (GalA). Grupările carboxil ale moleculelor GalA pot fi metilate, iar ponderea unităților GalA metilate determină gradul de metoxilare (Chalapud et al., 2023).

Scopul cercetării constă în evaluarea compoziției TM, extragerea pectinei cu valoare biologică ridicată prin metode neconvenționale de extracție - UAE, MAE și utilizarea acestora în fabricarea produselor alimentare noi.

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

1. Cercetarea influenței temperaturii agentului termic asupra cineticii de uscare convectivă, caracteristicilor cinetice, valorii biologice și antioxidante a tescovinei de mere ca sursă de obținere a pectinei.
2. Stabilirea modelelor matematice a cineticii procesului de uscare a tescovinei de mere la diferite temperaturi ale agentului termic pe baza modelelor matematice empirice.
3. Determinarea influenței condițiilor UAE (duratei de aplicare a ultrasunetelor (τ_{UAE})) și MAE (duratei de aplicare a microundelor (τ_{MAE}), puterii magnetronului), pH-ul solventului și raportul dintre TM și solvent (RSL) asupra parametrilor fizico-chimici (randamentului de extracție, masei echivalente, conținutului de grupe metoxil, gradului de esterificare, conținutului de acid anhidrogalaacturonic), valorii biologice (conținutului total de polifenoli (CTP)) și activității antioxidante (AA) a pectinei din TM, precum și stabilirea condițiilor optime de extracție.
4. Compararea metodelor de extracție neconvențională UAE și MAE a pectinei din tescovină de mere din punct de vedere al caracteristicilor fizico-chimice, valorii biologice și activității antioxidante.

5. Aplicarea pectinei în calitate de agent de legare și acoperire în fabricarea batoanelor vegetale și cercetarea influenței asupra calității senzoriale, parametrilor fizico-chimice, stabilității microbiologice, valorii biologice și antioxidante a produsului finit pe perioada de depozitare.

6. Influența pudrei din TM în calitate de stabilizator la fabricarea iaurtului asupra caracteristicilor senzoriale, parametrilor fizico-chimici, texturali, de culoare și activității antioxidante în perioada de păstrare a produsului fermentat.

7. Efectul pudrei din TM la substituirea zahărului în fabricarea biscuiților asupra calității senzoriale, parametrilor fizico-chimice și de culoare în perioada de păstrare a produselor de cofetărie.

Ipoteza de cercetare constă în faptul, că atât TM, cât și pectina care se conține în tescovina de mere în cantități importante, fiind extrasă prin metode neconvenționale de extracție, pot fi aplicate ca ingrediente funcționale (agent de legare, acoperire, stabilizare și înlocuitor de zahăr) în fabricarea produselor alimentare noi. Problema de bază constă în modelarea condițiilor de extracție astfel, încât pectina obținută să fie de calitate standardizată.

Sinteza metodologiei de cercetare și justificarea metodelor de cercetare alese. Pentru realizarea lucrării au fost aplicate metode fizico-chimice tradiționale și neconvenționale, precum extracția UAE și MAE. Pentru caracterizarea extractelor de TM, pectină și produselor obținute au fost aplicate spectroscopia UV/Vis și electroforeza capilară. Activitatea antioxidantă (DPPH) a fost determinată atât pentru extractele vegetale, cât și pentru produsele alimentare elaborate. Au fost aplicate următoarele metode de analiză: senzorială, fizico-chimică, a parametrilor texturali și de culoare, determinarea stabilității microbiologice. 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 TM prin uscare convectivă cu păstrarea valorii biologice și activității antioxidante; identificarea condițiilor optime de extracție prin MAE și UAE a pectinei din TM de calitate standardizată cu potențial antioxidant ridicat; argumentarea utilizării tescovinei de mere și a pectinei în calitate de aditivi naturali în fabricarea produselor alimentare noi. Soluționarea problemei a fost realizată prin următoarele cercetări:

✓ conservarea tescovinei de mere prin uscare convectivă la temperatura optimă a agentului termic, ceea ce a permis păstrarea valorii biologice și potențialului antioxidant;

✓ modelarea cineticii procesului de uscare convectivă a tescovinei de mere de soiul Golden Delicious la diferite temperaturi ale agentului termic, cu aplicarea a șapte modele matematice empirice;

✓ argumentarea teoretică și experimentală a aplicabilității metodelor neconvenționale UAE, MAE; evaluarea influenței condițiilor de extracție asupra parametrilor fizico-chimici ai pectinei (randamentul de extracție, masa echivalentă, conținutul de grupe metoxil, gradul de esterificare, conținutul de acid anhidrogalacturonic); stabilirea valorii biologice - conținutului total de polifenoli (CTP) și activității antioxidante (AA) a pectinei din TM;

✓ compararea metodelor neconvenționale de extracție: UAE și MAE a pectinei din tescovină de mere prin prisma caracteristicilor fizico-chimice, valorii biologice și activității antioxidante; drept rezultat au fost optimizate condițiile de extracție pentru fiecare metodă aplicată;

✓ analiza informației mutuale a influenței condițiilor de extracție UAE și MAE asupra caracteristicilor fizico-chimice, valorii biologice și activității antioxidante a pectinei; a adaosului de pudră din tescovină de mere asupra acceptabilității generale, a parametrilor texturali pe durata de păstrare a iaurtului;

✓ aplicarea pectinei în calitate de agent de legare și acoperire în obținerea batoanelor vegetale; analiza influenței pectinei asupra calității senzoriale, parametrilor fizico-chimici, stabilității microbiologice, valorii biologice și antioxidante a produsului finit pe perioada de depozitare;

✓ s-a demonstrat efectul pozitiv al pudrei de TM în calitate de stabilizator în fabricarea iaurtului, influența asupra caracteristicilor senzoriale, parametrilor fizico-chimici, texturali, de culoare și activității antioxidante pe perioada de păstrare a produsului fermentat;

✓ s-a elucidat efectul pozitiv al pudrei din TM la substituirea zahărului în fabricarea biscuiților asupra calității senzoriale, parametrilor fizico-chimici și de culoare pe perioada de păstrare a produselor de cofetărie.

Semnificația teoretică: pentru prima dată a fost realizată modelarea cineticii procesului de uscare convectivă a TM de soiul Golden Delicious la diferite temperaturi ale agentului termic, cu aplicarea a șapte modele matematice empirice; au fost stabilite condiții optime de UAE și MAE a pectinei din TM și aplicarea analizei informației mutuale privind influența condițiilor de extracție asupra caracteristicilor fizico-chimice, valorii biologice și activității antioxidante a pectinei; au fost elaborate tehnologii de fabricare a produselor noi în care TM și pectina au fost aplicate în calitate de aditivi alimentari naturali.

Lucrarea a fost efectuată în baza cercetărilor și experienței acumulate la realizarea următoarelor proiecte de cercetare naționale și internaționale:

20.80009.5107.09 Proiect de Stat „Ameliorarea calității și siguranței alimentelor prin biotehnologie și inginerie alimentară” (2020-2023).

AUF-ECO_RI_SRI_2021_20_USAMVIIBI_ZERODECHET „Deșeuri horticoale în beneficiul sănătății și al mediului, o nouă abordare a principiului ”zero deșeuri” (2021-2022).

AUF - DRECO-7863_SER-ECO_USVIIBI_DECHETJUS „Reutilizarea totală a deșeurilor de fructe și legume din producția de suc: pigmenți și antioxidanți pentru alimente funcționale și biomateriale pentru purificarea apei” (2023-2024).

Valoarea aplicativă a lucrării constă în următoarele:

✓ au fost stabilite condiții optime de conservare prin uscare convectivă a tescovinei de mere cu păstrarea valorii biologice și potențialului antioxidant;

✓ au fost stabilite condiții optime de extracție prin UAE și MAE pentru obținerea pectinei standardizate;

✓ au fost elaborate tehnologii de fabricare a produselor noi cu utilizarea pectinei și tescovinei de mere:

- batoane vegetale în care pectina a fost utilizată în calitate de agent de legare și acoperire;
- iaurt cu tescovină de mere, în calitate de agent de stabilizare;
- biscuiți cu tescovină de mere în calitate de îndulcitor pentru substituirea zahărului în compoziția produsului.

✓ A fost analizat efectul pectinei și tescovinei de mere asupra calității senzoriale, parametrilor fizico-chimici, texturali, de culoare, stabilității microbiologice și valorii biologice a produselor alimentare noi.

Aprobarea lucrării la foruri științifice naționale și internaționale. Rezultatele obținute pe parcursul realizării lucrării au fost prezentate și discutate la 12 conferințe naționale și internaționale: International Conference VI Міжнародна науково-технічна конференція ТК-2020, Ucraina; Conferința Tehnico-Științifică a Studenților, Masteranzilor și Doctoranzilor, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova (2020, 2021, 2022, 2023); 13th International Conference Processes in Isotopes and Molecules, 22-24 September 2021, Cluj-Napoca, România; Proceedings of the International Conference Intelligent valorisation of agro-industrial wastes, 7-8 October 2021; "Modern Technologies, in the Food Industry – 2022", MTFI

– 2022, 2024; Conferință Științifică Internațională ”Perspectivele și Problemele Integrării în Spațiul European al Cercetării și Educației” USC, Cahul 2022; European Exhibition of Creativity and Innovation „EUROINVENT”, Iași, România 2023; International Exhibition of Inventics „INVENTICA”, Iași, România 2023; Exhibition of Innovation and Research – UGAL, Galați, România 2023.

Publicații la tema tezei. Rezultatele cercetării și problemele abordate în teză au fost publicate în 19 lucrări științifice, inclusiv 2 capitole în monografie colectivă, 6 articole științifice, 2 brevete de invenție, 9 articole în culegeri și rezumate la manifestări științifice naționale și internaționale.

Sumarul capitolelor tezei. Lucrarea este expusă pe 118 pagini dactilografiate și include următoarele capitole: adnotare în limbile română, engleză și rusă, introducere, 4 capitole, concluzii și recomandări, bibliografie cu 316 surse. Lucrarea este ilustrată cu 34 tabele și 46 figuri.

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 1 **Tescovina de mere - sursă importantă de fibre alimentare și fitonutrienți pentru industria alimentară** – este redată caracteristica generală a tescovinei de mere cu descrierea compoziției fizico-chimice a ei, beneficiile asupra organismului uman și utilizarea acesteia în fabricarea produselor alimentare; caracteristica pectinei din tescovina de mere, descrierea metodelor convenționale și neconvenționale de extracție a pectinei, beneficiile pentru sănătatea consumatorului și în formularea alimentelor noi.

În Capitolul 2 **Materiale și metode de cercetare** sunt descrise caracteristica materiei prime utilizate la obținerea tescovinei de mere, a diferitor tipuri de materie primă și auxiliară pentru fabricarea produselor alimentare, reactivi, metoda de uscare convectivă a tescovinei, metodele de extracție (UAE și MAE) a pectinei, metodele de analiză chimică, fizico-chimică și de determinare a stabilității microbiologice. S-a descris metodologia de determinare a calității senzoriale a alimentelor elaborate, de asemenea prelucrarea statistică și modelarea matematică a rezultatelor obținute experimental.

În Capitolul 3 **Metode neconvenționale de extracție a pectinei din tescovina de mere și caracteristica fizico-chimică a acesteia** s-a cercetat cinetica procesului de uscare convectivă a tescovinei de mere în funcție de temperatura agentului termic, influența agentului termic asupra

conținutului de CBA și AA din tescovina de mere. S-a descris modelarea cineticii procesului de uscare convectivă a tescovinei de mere cu aplicarea a șapte modele matematice empirice. S-a cercetat influența ultrasunetelor și microundelor asupra extracției pectinei din tescovina de mere, a indicilor de calitate, valorii biologice și activității antioxidante; s-a realizat compararea acestor metode de extracție.

În Capitolul 4 **Utilizarea pectinei și tescovinei de mere în fabricarea produselor alimentare noi** – sunt descrise tehnologia de fabricare a batoanelor vegetale cu utilizarea pectinei extrase din tescovină de mere ca agent de legare și de acoperire; tehnologia de fabricare a iaurtului cu pudră din tescovina de mere și tehnologia de fabricare a biscuiților prin înlocuirea zahărului cu pudră din tescovina de mere. S-a analizat calitatea senzorială, parametrii fizico – chimici, texturali, de culoare și stabilitatea microbiologică a produselor fabricate. S-a analizat influența duratei de păstrare asupra calității produselor alimentare elaborate.

Cuvinte-cheie: tescovina de mere, extracția asistată de ultrasunete, extracția asistată de microunde, pectina, compuși biologic activi, modelare matematică, batoane vegetale, iaurt, biscuiți, calitate.

1. TESCOVINA DE MERE - SURSĂ IMPORTANTĂ DE FIBRE ALIMENTARE ȘI FITONUTRIENȚI PENTRU INDUSTRIA ALIMENTARĂ

1.1 Caracteristica merelor ca sursă de formare a tescovinei de mere

Merele constituie a doua recoltă de fructe la nivel mondial cu multiple beneficii pentru sănătatea consumatorului (Skinner et al., 2019). Conform statisticii, în 2016, au fost produse 82 de milioane de tone de mere: 70 de milioane de tone au fost folosite direct pentru alimente, 5,8 milioane de tone au fost prelucrate, 7 milioane de tone au fost irosite și 0,66 milioane de tone au fost utilizate ca furaje (Roy & Desnoux, 2013). Valoarea nutritivă sporită a merelor și importanța acestora în consumul uman constituie obiectivul principal al cultivării acestor fructe. Ele reprezintă aproape singurul aliment gata pregătit în natură, care poate fi consumat fără alte adaosuri, fie în stare proaspătă, fie consumate în stare procesată ca sucuri, compoturi, dulceață, cidru, marmeladă etc. (Yahia, 2010).

Republica Moldova este un stat agrar-industrial, având ca piloni în economia sa structura agrară. Activitatea agroindustrială curentă reprezintă aproximativ 36% din PIB (FAO, 2012). În **Programul de dezvoltare a horticulturii pentru anii 2019-2025** s-a menționat că în anul 2018 volumul producerii horticole a fost de circa 730 mii tone. Din principalele culturi de fructe și legume, prelucrate în Moldova, sunt fructele de mere (Monitorul Oficial, 2019). Merele Golden Delicious sunt un soi de dimensiuni mici până la mijlocii, cu o nuanță galben-aurie până la galben strălucitor, granulație fină, apoasă și semifirme, cu o consistență crocantă, dar ușoară, moale și fragedă (Cimpoieș, 2012). Conținutul de apă și de substanță uscată depinde de soi, de pH și influențează fermitatea mărului. Mărul imatur conține protopectină insolubilă în apă, care este precursorul pectinei. În perioada coacerii, în timpul dezvoltării și maturării, înmuierea mărului a fost explicată în special prin modificarea protopectinei din peretele celular primar. În timpul acestor etape fiziologice, protopectina este depolimerizată în pectină, crescând, solubilitatea ei (Roy & Desnoux, 2013). Gradul de esterificare al pectinei se modifică, iar în timpul dezvoltării și maturării mărului se diminuează forțele de interacțiune între lanțurile macromoleculelor de către ioni și se reduce integritatea peretelui celular și fermitatea mărului. Conținutul de ioni de calciu din pectină se reduce în timpul coacerii, determinând desfacerea lanțurilor, reducerea coeziunii dintre celule și fermitatea fructelor (Ornelas-Paz et al., 2018). Industria de prelucrare a merelor generează cantități mari de deșeuri cunoscute sub numele de „tescovină de mere” care este compusă din piele și miez rămas, semințe și tulpini. Una din sarcinile principale ale reutilizării produselor agro-industriale este

extragerea compușilor biologic activi (CBA) și aplicarea lor pe scară largă în diverse ramuri. Utilizarea tescovinei de mere pentru fortificarea produselor alimentare cu CBA și cu fibre alimentare (FA), cât și extracția din ea a pectinei, ar favoriza diminuarea volumului de deșeuri, reducând impactul negativ asupra mediului și transformând, astfel, tescovina într-o sursă valoroasă pentru diverse domenii.

1.2. Tescovina de mere - sursă importantă de fitonutrienți pentru industria alimentară

Tescovina de mere (TM), ce se procesează în timpul producerii sucului de mere, este utilizată ca compost, furaje pentru animale, dar, de obicei este aruncată ca deșeu ceea ce cauzează daune esențiale mediului și poate fi periculoasă sănătății umane. Dhillon et al., (2013) au menționat că tratarea și gestionarea deșeurilor din tescovina de mere prevede costuri înalte, iar compostarea tescovinei reprezintă o poluare a mediului din cauza producerii de gaze cu efect de seră. De asemenea, compostarea reprezintă o sursă suplimentară de formare a unor microorganisme patogene care pot provoca diverse boli umane și pot contamina apele subterane. Cele mai importante substanțe, care pot fi utilizate din TM, sunt fibrele, dintre care pectina; polifenolii, care sunt principalii compuși responsabili de activitatea antioxidantă și antibacteriană; uleiul de semințe bogat în acizi grași nesaturați și tocoferoli (Kammerer et al., 2014). Skinner et al., (2019) au raportat că compoziția tescovinei depinde în mare măsură de procesul de obținere, de soiul de mere, de anul recoltei, etc. Acești factori influențează și activitatea antioxidantă, antiinflamatoare, antibacteriană și antivirală a CBA din tescovină.

TM după uscare reprezintă pulbere de culoare galbenă sau maro deschisă, cu gust de mere, ușor se gonflează în apă fierbinte, fiind folosită ca ingredient de fortificare pentru produse de cofetărie, lactate, băuturi etc. fig. 1.1



a)



b)

Fig. 1.1 Aspectul tescovinei de mere: a) uscată și b) mărunțită.
(Sursa autorului)

Kołodziejczyk et al., (2007) au demonstrat că TM conține 10,8% umiditate, 0,5% cenușă și 51,1% fibre alimentare. Potrivit lui Wang et al., (2019), compoziția chimică a TM constituie: conținut de proteină de 3,8 g/100 g s.u., grăsime de 3,8 g/100 g s.u., conținutul total de fibre a fost de aproximativ 26,5 g/100 g s.u., iar cenușa de 1,8 g/100 g s.u.. Potrivit lui Leyva-Corral et al., (2016), conținutul de proteine, grăsimi, FA și cenușă au fost: 3,73–3,8 g/100 g s.u., 1,8-2 g/100 g s.u., 36-45 g/100 g s.u. și 1,88-2 g/100 g s.u., respectiv. Dhillon et al., (2013) au menționat că carbohidrații din tescovină de mere au fost reprezentați de celuloză (127,9 g/kg s.u.), hemiceluloză (de la 7,2 până la 43,6 g/kg s.u.) și lignină (de la 15,3 până la 23,5 g/kg s.u.), zaharuri simple precum glucoză (22,7%), fructoză (23,6%) și galactoză (de la 6% până la 15%). Ferretti et al., (2014) au indicat că FA din tescovină de mere constituie două treimi din fracția insolubilă, iar pectinele sunt componenta dominantă a fracției de fibre solubile. Unele surse bibliografice atestă că TM este o sursă importantă de pectină, iar 14% din pectinele produse la nivel mondial provin din acest produs secundar (Morales-Contreras et al., 2020). Bhushan et al., (2008) au stabilit că TM este o sursă bună de substanțe fitochimice și conține cantități semnificative de carbohidrați, precum și cantități mici de proteine, vitamine și minerale. Will et al., (2006) au demonstrat că pe lângă carbohidrați, în TM au fost determinate și unele minerale, cum ar fi P (0,07% - 0,076%), Ca (0,06% - 0,1%), Mg (0,02% - 0,36%) și Fe (31,8 - 38,3 mg/kg s.u.). Lu & Foo, (2000) au demonstrat că TM se caracterizează printr-o cantitate ridicată de polifenoli, în special esteri de cinamat, dihidrochalcone și flavonoli. Mai mult, s-a dovedit că TM are un conținut mare de glicozide de quercetină, floridzin și alți constituenți fenolici care au activitate antioxidantă puternică. Gumul et al., (2023) au raportat că TM este o sursă valoroasă de polifenoli și flavonoide, ale căror cantități au fost 89,39 mg GAE/100 g s.u. și 94,27 mg QE/100 g s.u., respectiv. Conform studiului lui Četković et al., (2008), conținutul total de polifenoli în TM a variat de la 420 la 867 mg GAE/100 g s.u., în timp ce flavonoidele - între 45 și 119 mg GAE/100 g s.u. Persic et al., (2017) au demonstrat că conținutul total de polifenoli este de 19–50 mg GAE/100 g s.u. Kammerer et al., (2014) au stabilit, că din cauza conținutului ridicat de apă, TM este supusă deteriorării microbiene și oxidării polifenolilor. De asemenea, aceasta este sensibilă la depolimerizarea rapidă și deesterificarea pectinelor. Persic et al., (2017) au stabilit că brunificarea enzimatică a polifenolilor din TM se datorează polifenoloxidazei și uneori peroxidazei, afectând aroma, conținutul de nutrienți și modificând calitatea senzorială a acestui produs secundar. Kammerer et al., (2014) au menționat că, pentru a opri sau încetini procesul de brunificare, este necesar ca TM să fie uscată imediat după stoarcerea sucului. Uscarea facilitează depozitarea adecvată, deoarece este necesar de mai puțin spațiu pentru stocarea tescovinei. În plus, uscarea TM este o etapă importantă pentru

extracție, deoarece majoritatea compușilor bioactivi sunt extrași mai bine din tescovina uscată decât din cea proaspătă (Jung et al., 2015).

1.2.1 Beneficiile utilizării tescovinei de mere asupra organismului uman

TM prezintă o valoare nutritivă ridicată, oferind beneficii pentru sănătate. Conform rapoartelor disponibile, TM este bogată în compuși bioactivi funcționali cu proprietăți benefice pentru sănătatea umană influențând pozitiv funcționarea diverselor sisteme de organe sau menționând un echilibru benefic în reglarea dietetică (Yahia, 2010). Mai multe studii au demonstrat că TM ajută la prevenirea constipației și a hipertensiunii, dar poate elimina și anumite substanțe nocive din corpul uman (Bhushan et al., 2008; Popel et al., 2016). Astfel, Bhushan et al., (2008) au raportat că fibrele insolubile din TM pot preveni constipația, iar fibrele solubile pot ajuta la diaree, absorbind excesul de apă din intestin. Totodată s-a demonstrat că fibrele din TM pot contribui la sațietate ceea ce ajută la controlul apetitului. Popel et al., (2016) au demonstrat că compușii prebiotici din în tescovină pot servi ca sursă de hrană pentru bacteriile probiotice benefice din intestin. Acest lucru poate duce la un microbiom intestinal echilibrat și sănătos, legat de o funcție imunitară îmbunătățită și un risc redus de probleme gastrointestinale. Vendruscolo et al., (2008) au menționat că fibrele alimentare din TM sunt benefice pentru sănătatea umană prin prevenirea, atenuarea și tratamentul unui număr de afecțiuni, cum ar fi bolile coronariene, cancerul de colon, obezitatea și diabetul. Fibrele din tescovină ajută la absorbția zahărului din sânge, contribuind la menținerea unui nivel stabil de glucoză și prevenind fluctuațiile bruște ale glicemiei. Skinner et al., (2018) au raportat că TM și extractele din aceasta au îmbunătățit metabolismul lipidic, statutul antioxidant și au avut un efect pozitiv asupra tulburărilor metabolice (hiperglicemie, rezistență la insulină etc.). Polifenolii din TM sunt asociați cu un risc redus de boli cardiovasculare și reducerea inflamațiilor în organism. Acestea pot ajuta la scăderea tensiunii arteriale, la reducerea inflamației și la îmbunătățirea nivelului de colesterol. Proprietățile antioxidante ale tescovinei de mere pot proteja organismul de stresul oxidativ, care este legat de dezvoltarea bolilor cronice și de îmbătrânire (Dhingra et al., 2012). TM în cantități mai mici conține vitaminele C și complexul B, precum și minerale ca potasiu și magneziu ce ajută la întărirea imunității organismului și reducerea riscului bolilor sezoniere (Jung et al., 2015).

TM, care uneori este neglijată sau utilizată ca compost, se dovedește a fi un ingredient benefic, cu o varietate de avantaje pentru sănătate. Conținând fibre alimentare, polifenoli, vitamine, având activitatea antioxidantă ridicată și proprietăți prebiotice, tescovina devine un ingredient valoros pentru o dietă sănătoasă.

1.2.2 Utilizarea tescovinei de mere în fortificarea produselor alimentare

Datorită conținutului ridicat de fibre dietetice, compuși fenolici și alți nutrienți, TM este considerată un ingredient funcțional care poate fi încorporat în diferite produse alimentare (Tabelul 1.1). Dar este necesar de a monitoriza concentrația acesteia pentru a obține un aliment de calitate.

Tabelu 1.1. Utilizarea tescovinei de mere în formarea produselor alimentare

Produs alimentar	Cantitatea de tescovină de mere, %	Efecte observate	Sursa bibliografică
Pâine	2, 5, 8, 11	Creșterea masei pâinii, scăderea volumului, întunecarea crustei, creșterea durității, scăderea scorului general de evaluare organoleptică (cu excepția probei cu 5% TM).	Masoodi et al., 2007
Prăjituri	Până la 30	Creșterea densității, scăderea volumului, creșterea conținutului de polifenoli, gust plăcut cu aromă de fructe, proprietăți antioxidante sporite.	Sudha et al., 2007
Fursecuri, briose	15, 20	Creșterea conținutului de fibre, culoare mai închisă.	Jung et al., 2015
Produse aglutenice, biscuiți	5, 10, 15	Produse de calitate satisfăcătoare fără diferențe semnificative în acceptarea generală.	Kohajdová et al., 2014
Biscuiți	10, 20	Scăderea indicelui glicemic.	Alongi et al., 2019
Briose	Variabil	Corelație între conținutul de polifenoli și activitatea antioxidantă.	Antonic et al., 2020
Produse din carne	Variabil	Îmbunătățirea conținutului de acizi grași și a parametrilor texturali.	Verma et al., 2010 Jung et al., 2015 Younis & Ahmad, 2018
Produse conservate	Variabil	Îmbunătățirea texturii și aromei datorită conținutului de pectină și compuși de aromă.	Hussein et al., 2015
Iaurt de băut	1%	Creșterea pH-ului, reducerea timpului de gelificare, îmbunătățirea consistenței și coeziunii.	Wang et al., 2019
Iaurt integral	2,5, 5, 7,5, 10 (fibre din TM)	Scăderea acidității și a conținutului de grăsimi, creșterea concentrației de fibre, îmbunătățirea consistenței, mirosului și gustului (la 5%).	Issar et al., 2016
Iaurt grecesc	1,25, 2,50, 3,75, 5 (sirop din TM)	Creșterea umidității, acidității titrabile, vâscozității, conținutului total de polifenoli și flavonoide, creșterea timpului de fermentație și activității antioxidante, scăderea pH-ului.	Kim et al., 2023

Masoodi et al., (2007) au studiat adăugarea a 2%, 5%, 8% și 11% a TM în fabricarea pâinii din făina de grâu. Rezultatele au demonstrat că odată cu creșterea nivelului de tescovină masa pâinii a crescut cu 3,1% în aluatul neutralizat (aluatul cu tescovină de mere cu aciditate neutralizată) și cu 7% în cel neneutralizat. S-a observat că volumul pâinii s-a redus cu 26,6% și 42,8% în aluatul neutralizat și, respectiv, neneutralizat. Mai mult, deși scorul general al evaluării

organoleptice a scăzut treptat la creșterea adăugării TM, pâinea făcută cu tescovină 5% a fost considerată acceptabilă și a obținut cele mai mari scoruri în ceea ce privește mirosul și gustul. Sudha et al., (2007) au folosit TM la fabricarea prăjiturilor. Evaluarea generală a probelor fortificate cu până la 20 % de TM au demonstrat un gust plăcut, cu aromă de fructe și cu proprietăți antioxidante sporite. În studiul lui Jung et al., (2015), TM uscată a înlocuit făina de grâu la prepararea fursecurilor și a brișelor. În produse fortificate s-a determinat un conținut ridicat de fibre. Produse de calitate satisfăcătoare au fost, de asemenea, obținute atunci când s-a folosit TM la fabricarea produselor aglutenice (Kohajdová et al., (2014). Studiul lui Alongi et al., (2019) a demonstrat că este posibilă reducerea indicelui glicemic al biscuiților prin înlocuirea făinii de grâu având valorile cuprinse între 65,7 și 60,8. Antonic et al., (2020) au folosit pulbere din pieliță de mere pentru a înlocui făina de grâu în procesul de fabricare al brișelor. S-a constatat că există o corelație dintre conținutul de polifenoli și activitatea antioxidantă în dependență de creșterea concentrației de pulbere de mere adăugată în produs.

Majoritatea studiilor actuale demonstrează o aplicare vastă a TM în produsele din carne pentru a îmbunătăți conținutul de FA și parametrii texturali (Verma et al., 2010; Jung et al., 2015; Younis & Ahmad, 2018).

TM este considerată un ingredient potrivit pentru a fi încorporat în prepararea produselor conservate datorită conținutului ridicat de pectină și compuși de aromă (Hussein et al., 2015).

Wang et al., (2019) au efectuat un studiu, folosind tescovină de mere ca stabilizator natural și agent de textură în iaurtul de băut. Rezultatele au demonstrat că adăugarea TM a condus la creșterea pH-ului, reducerea timpului de gelificare, o consistență și o coeziune îmbunătățită pe parcursul a 28 de zile de depozitare. Issar et al., (2016) au utilizat fibre obținute din TM care a condus la scăderea acidității de la 0,15 la 0,09% și a conținutului de grăsimi de la 1,65 la 1,59%, manifestând o creștere a concentrației de fibre. Kim et al., (2023) au studiat utilizarea siropului din TM în fortificarea iaurtului grecesc. Caracteristicile fizico-chimice și proprietățile antioxidante au demonstrat o creștere semnificativă, în timp ce nivelul pH-ului a scăzut de la 6,85 până la 4,28. În testul de acceptare al consumatorilor, iaurtul cu un conținut de TM de 1,25% a avut cel mai ridicat scor în acceptarea generală și intenția de cumpărare (Kim et al., 2023).

TM poate fi utilizată în componența produselor dulci gelatinoase pentru a îmbunătăți valoarea nutritivă, reducerea valorii calorice și sporirea duratei de valabilitate (Suhodol et al., 2023). Utilizarea TM ca ingredient de fortificare a produselor alimentare făinoase, conservate, a preparatelor din carne și produselor lactate a demonstrat o îmbunătățire a profilului nutrițional, calității senzoriale și fizico-chimice, creșterea activității antioxidante și stabilității microbiologice.

1.3 Fibrele alimentare și importanța lor

Termenul de fibre alimentare (FA) a fost utilizat pentru prima oară de Hipsley care a definit fibrele alimentare ca constituenți nedigerabili ce formează peretele celular al plantei (Guillon & Champ, 2000). Chimii definesc noțiunea de fibre ca un grup de compuși macromoleculari complecși, de origine vegetală, din clasa polizaharidelor, solubili sau insolubili în apă și care nu sunt scindate complet de enzimele digestive umane (Hussain et al., 2020). Consumatorul concepe fibrele ca compuși cu efecte benefice asupra sănătății umane (Chau & Huang, 2003). Proprietățile biologice, chimice și fizice ale FA sunt asociate cu acțiuni fiziologice în intestinul subțire și gros care au implicații metabolice importante pentru sănătate, deoarece acestea sunt compuși bioactivi din plante și prezintă un amestec de polizaharide, solubile și insolubile, nedigerabile și mai puțin hidrofoabe (Ceško, 2020). Structurile chimice, sursele, clasificarea, metodele de analiză și funcțiile terapeutice ale FA sunt investigate de cercetători pentru prevenirea bolilor și creșterea răspunsului imun (Ibrahim & Menkovska, 2022).

FA pot fi prezente în mod natural în alimentele pe bază de plante sau sunt produse prin conversia enzimatică a zaharurilor. Astfel, fibrele alimentare/dietetice au fost clasificate în două categorii:

- ✓ fibrele insolubile în apă - mai puțin fermentate în colon: celuloză, hemiceluloză, lignină;
- ✓ fibrele solubile în apă - bine fermentate: pectină, gume și mucilagii, fig. 1.2 (Hussain et al., 2020).

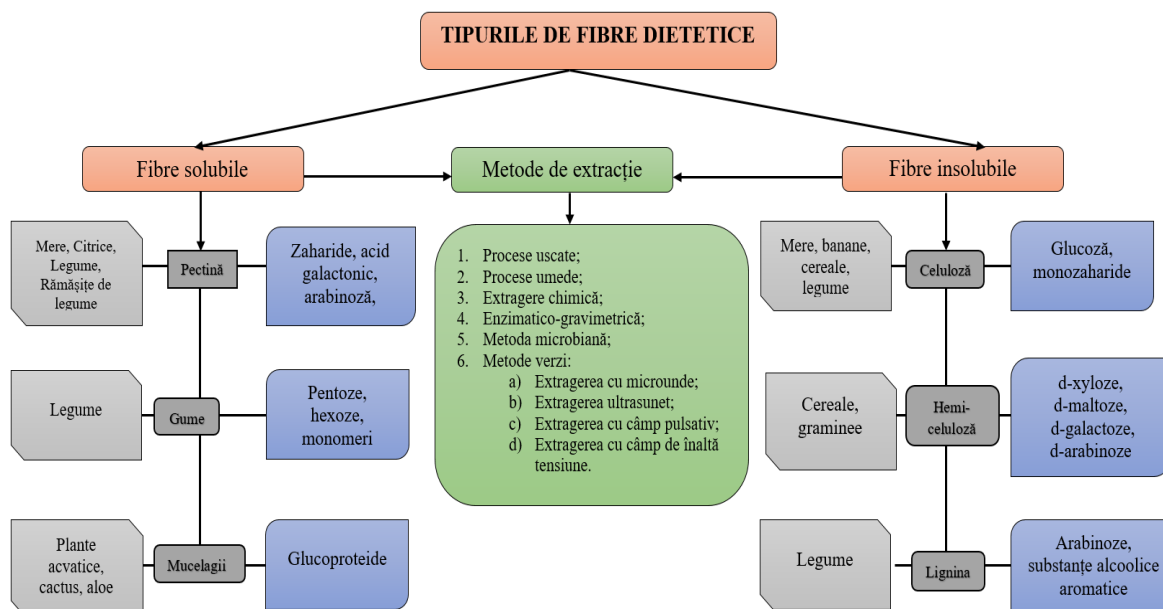


Fig. 1.2 Clasificarea fibrelor alimentare și a metodelor de obținere (Hussain et al., 2020).

FA, în starea lor naturală, sunt asociate cu diverse fitochimicale: ca polifenoli, inclusiv izoflavone și flavonoide, lignani și carotenoide, precum și cu vitamine și minerale

(Oprîș et al., 2022). Acest fapt explică de ce fructele, legumele, cerealele integrale și nucile au un efect benefic asupra organismului uman. FA sunt un amestec complex de polizaharide ce îndeplinesc o gamă vastă de funcții și activități la trecerea lor prin tractul gastrointestinal. Fibrele alimentare sunt prebiotice, compuși specifici, care modelează microbiota intestinală și oferă o serie de beneficii pentru sănătate. Prebioticele sunt substanțe nedigerabile care stimulează creșterea activității bifidobacteriilor și lactobacililor, ce sunt considerate benefice pentru îmbunătățirea funcției de barieră intestinală, creșterea imunității și inhibarea agenților patogeni (Chau & Huang, 2003). Multe dintre aceste funcții și activități depind de proprietățile lor fizico-chimice.

Suplimentarea cu FA a fost folosită pentru a îmbunătăți valoarea nutrițională a fursecurilor, biscuiților și altor produse pe bază de cereale, gustărilor, băuturilor, condimentelor, produselor de brânză, sosurilor, alimentelor congelate, conservelor analogi de carne etc. (Figuerola et al., 2005). Fibrele din alimente pot modifica consistența, textura, structura reologică și caracteristicile senzoriale ale produselor finite, oferind noi oportunități a utilizării lor în industria alimentară (Guillon & Champ, 2000). Cel mai frecvent, FA sunt încorporate în produsele de panificație pentru a prelungi prospețimea, datorită capacității lor de a reține apa, reducând astfel pierderile economice (Sangnark & Noomhorm, 2004). În plus, s-a demonstrat că introducerea FA în produsele din carne mărește randamentul de producere, mai bine leagă apa și grăsimile, îmbunătățește textura (Figuerola et al., 2005). Importanța fibrelor alimentare a condus la dezvoltarea unei piețe mari și potențiale pentru produse și ingrediente bogate în fibre, iar în ultimii ani există o tendință de a găsi noi surse de fibre alimentare care pot fi utilizate în industria alimentară (Chau & Huang, 2003). Dietele cu conținut ridicat de fibre, precum cele bogate în cereale, fructe și legume au un efect pozitiv asupra sănătății, deoarece consumul lor este legat de o descendență a mai multor tipuri de boli, datorită efectelor sale benefice precum scăderea timpului de tranzit intestinal, nivelului colesterolului și glicemiei, captarea substanțelor care pot fi periculoase pentru organismul uman (agenți mutageni și cancerigeni), stimularea proliferării florei intestinale etc. (Ibrahim & Menkovska, 2022).

1.4 Pectina, beneficiile și utilizarea ei în industria alimentară

1.4.1 Pectina: caracteristica și proprietățile ei

Pectina poate fi extrasă din multiple tipuri de deșeuri agro-industriale având diverse capacități de gelifiere și proprietăți funcționale (Harholt et al., 2010). Pectina a fost descoperită de francezul Bracennot în 1824, iar cuvântul „pectină” este derivat din cuvântul grecesc „*Pektos*”, care înseamnă „o substanță ușor de gelificat” (Sundar et al., 2012). Pectina reprezintă polizaharida structurală a peretelui celular din plante, compusă în special din unități de acid galacturonic cu

variații în compoziție, structură și masa moleculară. Această polizaharidă este adesea asociată cu alte componente ale peretelui celular, cum ar fi celuloza, hemiceluloza și lignina (Harholt et al., 2010). În general, pectinele sunt localizate în peretele celular primar și lamelele mijlocii ale multor plante, fiind, în cea mai mare concentrație, cu o scădere treptată de la peretele celular primar spre membrana plasmatică (Geerkens et al., 2015). Structura pectinelor este foarte dificil de determinat, deoarece ea variază în funcție de sursa și condițiile de extracție, locație și alți factori de mediu. Pectina se poate modifica și în timpul izolării sale din plante, depozitării, gradului de maturitate și procesării materiei prime vegetale din care se extrage (Sahari et al., 2003).

Ca aspect, pectina este de culoare galben - maro deschis, cu miros ușor specific de mere, insolubilă în etanol și alți solvenți organici. Proprietatea de gelificare este o caracteristică majoră a pectinei fig. 1.3.



Fig. 1.3. Aspectul pectinei extrase din tescovina de mere. (Sursa autorului)

Pectinele sunt heteropolizaharide naturale ale peretelui celular al plantelor compuse în principal din unități de acid α -1-4D-galacturonic, care pot fi parțial esterificate cu metil la grupul carboxilic C₆ și acetilat la C₂ și C₃, având segmente de galacturonan și alte zaharuri neutre, cum ar fi ramnoza, arabinoza, galactoza și xiloza, fig 1.4.

Pectina formează o matrice cu celuloze și hemiceluloze și contribuie la structura celulară. Datorită prezenței mai multor fragmente de zahăr și nivelurilor diferite de esterificare metilică, pectina nu are masa moleculară definită ca și alte polizaharide (Roman-Benn et al., 2023).

Catenele pectinei native reprezintă trei polizaharide pectice: homogalacturonan (HG), ramnogalacturonan (RG-I) și galacturonan substituie (RG-II). HG sunt catene formate din resturi de acid α -D-galactoziluronic legate în pozițiile 1,4. În catena HG o parte dintre grupele carboxil sunt metil-esterificate, grupele carboxil pot fi O-acetilate la hidroxilii din pozițiile C-2 și C-3. Catenele RG-I conțin între 1 și 4% ramnoză, resturile ramnopiranozodice fiind substituie la C-3

sau C-4 de catene oligozaharidice laterale, construite cu precădere din D-galactoză, L-arabinoză și D-xiloză. RG-II sunt catene compuse din acid α -D-galactoziluronic substituit în pozițiile C-2, C-3 de catene laterale, formate din resturi de zaharide, inclusiv, o cantitate mică de fructoză, acid acetic, apioză, xiloză și acid glucuronic.

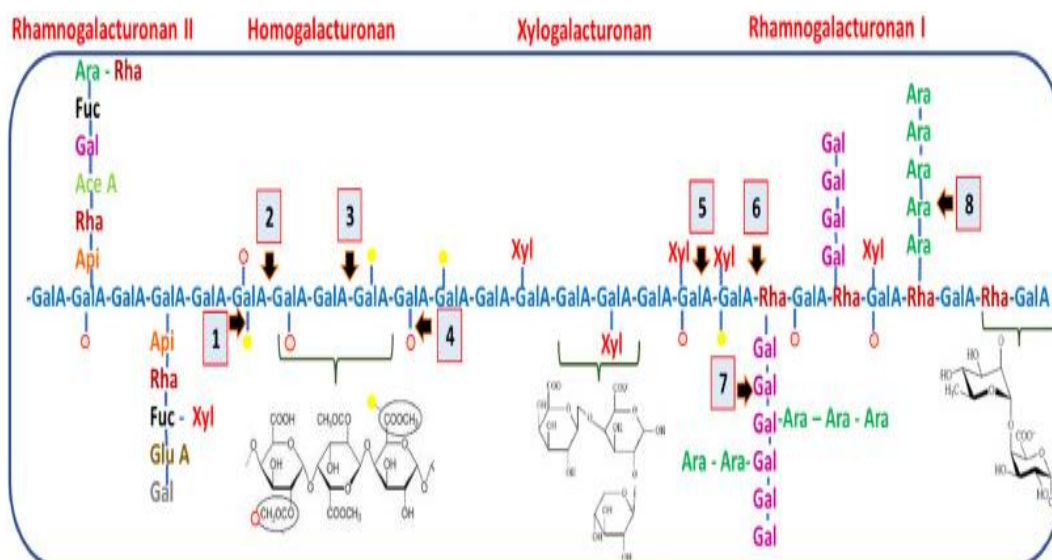


Fig. 1.4. Reprezentarea schematică a structurii pectinei (Roman-Benn et al., 2023).

În pectina nativă se conțin și diverși substituenți de natură non-glucidică, cum ar fi proteine, acizi fenolici, grupe cu azot, dar și substanțe de altă natură (Zdunek et al., 2021).

Fructele și legumele sunt surse naturale de pectină care poate fi obținută ca produs secundar în timpul producției de alimente sau a băuturilor. În anumite condiții, reticularea intermoleculară a pectinei ca structură de rețea, apă și materie solidă solubilă este sigilată în plasă, completând astfel gelul. Structura chimică a pectinei, pH-ul, temperatura, zahărul, calciul și mulți alți factori influențează gelificarea și rezistența gelului pectinei (Xu, 2023). În funcție de cantitatea de grupări carboxil care pot fi esterificate cu grupări metil, pectinele sunt clasificate pe baza gradului lor de esterificare (Wusigale et al., 2020), cunoscut și ca grad de metoxilare. Pectinele cu mai mult de 50% din grupările carboxil esterificate sunt denumite pectine cu conținut ridicat de metoxil (HM), iar pectinele cu mai puțin de 50% din grupările carboxil esterificate sunt cu conținut scăzut de metoxil (LM).

Pectina cu HM are nevoie de zahăr și de niveluri de acid foarte specifice pentru a se întări. De aceea este excelent pentru conservele de fructe, gemuri și jeleuri și pentru rețetele pe bază de lactate care nu au nevoie de zahăr (Besson et al., 2014).

Pectina cu LM devine din ce în ce mai fermă pe măsură ce se adaugă ionii de calciu până când atinge un punct de saturație. În acel moment, procesul se inversează și devine mai puțin

fermă (Besson et al., 2014). Capacitatea de formare a gelului fără adaos de zahăr este inerentă pectinelor cu conținut redus de metoxil, care pot fi utilizate în produse cu conținut scăzut de calorii. Cu toate acestea, această reacție necesită cationi divalenți (ex. Ca^{+2}) și pH cuprins între 2 și 7 pentru gelificare (Yapo, 2009).

Pectina amidată (NH), obținută din tescovină de mere și modificată prin amidarea grupelor carboxil, este utilizată pentru glazuri și umpluturi de fructe. Pectina NH are nevoie de ioni de calciu pentru a se gelifica, ca orice alt tip de pectină LM, procesul este reversibil din punct de vedere termic (Yapo, 2009).

Compoziția chimică exactă și structura pectinei sunt încă în discuție din cauza complexității ridicate a acestei molecule. Elucidarea structurii pectinei este importantă pentru a înțelege rolul acesteia în creșterea și dezvoltarea plantelor, în timpul coacerii fructelor, în procesarea alimentelor ca fibră nutritivă (Marcova et al., 2015).

Principalele proprietăți chimice caracteristice pectinei sunt: capacitatea de reținere a apei, capacitatea de absorbție a grasimilor și capacitatea de legare a cationilor. Capacitatea de reținere a apei este relevantă din punct de vedere tehnologic și fiziologic, deoarece poate crește volumul, modifica vâscozitatea și textura alimentelor, ceea ce provoacă reducerea caloriilor, modificarea digestiei și absorbției grasimilor (Gunness & Gidley, 2010; Rubio-Senent et al., 2015). Capacitatea de absorbție a grasimilor este legată de gradul de acetilare și esterificare a moleculelor, datorită creșterii hidrofobicității acestora (Rubio-Senent et al., 2015). Capacitatea mare de reținere a apei, combinată cu capacitatea mare de absorbție a grasimilor, indică proprietăți bune de emulsionare. Rubio-Senent et al., (2015) au determinat capacitatea de reținere a apei pentru pectina de citrice cu valoarea de 10,35 g apă/g. Aceiași autori au extras pectina din tescovină de măsline și au obținut probe cu capacitate mare de absorbție a grasimilor cu valoarea de 6,17 g ulei/g. Polizaharidele, precum pectina, pot acționa ca agenți de chelare pentru metale, fie datorită grupărilor lor acide cu afinitate mare pentru cationi, fie datorită substituției moleculelor de apă în solvatarea cationilor în grupări hidroxil (Chen et al., 2010). O bună capacitate de legare a cationilor oferă polizaharidelor proprietăți importante pentru sănătatea umană și pentru tehnologia alimentară. În sănătatea umană o capacitate mare de legare a cationilor crește asocierea fibrelor alimentare cu sărurile biliare din tractul gastrointestinal, reducând participarea acesteia la digestia grasimilor și scăzând reabsorbția sărurilor biliare (Gunness & Gidley, 2010).

Proprietățile pectinelor pot fi afectate de condițiile de extracție (acidul utilizat), temperatură (70-90 °C), având ca extract final un compus cu diferite mase molare și grade de

esterificare, iar calitatea pectinei este evaluată pe baza conținutului de acid galacturonic. Pectinele comerciale au un conținut de acid galacturonic mai mare de 65% s.u., iar masele molare variază de la 100000 la 200000 g/mol (Joye & Luzio, 2000). În funcție de gradul de esterificare, pectinele au diferite aplicații. O altă proprietate importantă este capacitatea de reținere a apei, care este relevantă din punct de vedere tehnologic și fiziologic, deoarece poate mări volumul, modifica vâscozitatea și textura alimentelor, în plus manifestă proprietatea de a reduce valoarea energetică prin modificarea digestiei și absorbției grăsimilor (Rubio-Senent et al., 2015).

Pectina poate fi găsită în toate plantele, mai des este obținută din citrice precum portocale, lămâi, grapefruit și mere. Aceste materii conțin cantități mari de substanțe pectice și sunt disponibile ca reziduuri din producția de suc (Rascón-Chu et al., 2009). Pectina comercială este derivată în principal din: sfeclă de zahăr, coaja de citrice și tescovină de mere. Tescovina de mere servește ca substrat gata de utilizare datorită costului scăzut și disponibilității ușoare pentru extracția pectinei de o calitate bună (Kruczek et al., 2017).

Fructele precum gutuia, prunele, agrișele, conțin mai multă pectină în comparație cu fructele moi precum cireșele, strugurii și căpșunile. TM uscată conține, în general, de la 15 până la 20% pectină, iar în coaja de citrice uscată conținutul de pectină variază între 30 și 35%. În ultimii ani, căutarea de noi surse de pectină reprezintă o cercetare vastă în industria alimentară. Utilizarea subproduselor de deșeuri, obținute din industrii de prelucrare a produselor primare, a devenit interesantă pentru extracția pectinei (Srivastava & Malviya, 2011).

Pectina industrială de mere se vinde de obicei sub formă de pulbere. Poate fi folosită ca agent de gelifiere și îngroșare, precum și ca stabilizator alimentar. Este, de asemenea, utilizată în medicină, ca supliment, în amestecuri precum pastilele pentru gât sau ca aditiv laxativelor pentru calitățile sale purgative naturale. Pectina de mere este o sursă de carbohidrați sănătoși, fibre dietetice, sodiu, mangan, cupru și zinc.

Pectina este un adsorbant eficient, inofensiv și ușor de utilizat. Produsele comerciale cu pectină pot conține zahăr și săruri tampon pentru a controla valoarea pH-ului (Sundar et al., 2012). Pectinele ca biopolimeri au aplicații multiple datorită diversității și complexității lor structurale. Aplicarea pectinei este determinată de caracteristicile sale chimice, inclusiv conținutul de acid galacturonic, conținutul de metoxil, gradul de esterificare și de acetilare.

1.4.2 Beneficiile pectinei

Pectina nu se utilizează doar la comoditatea preparării diverselor produse ca gemuri, magunuri, băuturi răcoritoare, dar prezintă și beneficii pentru organism. Makarova et al., (2015)

au demonstrat că pectina, ca fibră solubilă, participă la metabolismul lipidelor în procesele de reducere al colesterolului total, la scăderea riscurilor de diabet și boli cardiovasculare. Brouns et al., (2012) au raportat că pectinele pot reduce nivelul de colesterol (6-7% din colesterol LDL) și glucoză (scăderea răspunsului glicemic și a secreției de insulină) și inhibă creșterea tumorii și a metastazelor. De asemenea, Shanmugam et al., (2017) au demonstrat acțiunile farmaceutice a pectinei ca inhibarea activității lipazei; inducerea apoptozei în celulele canceroase umane; vindecarea rănilor; stimularea răspunsului imun; imunomodularea; menținerea nivelului de colesterol și proprietăți antitusive, astringente și antidiabetice. Iglesias & Lozano, (2004) au demonstrat că pectina favorizează scăderea fracțiilor de colesterol, lipoproteinelor cu densitate scăzută și reduce riscul de boli coronariene, marcând o îmbunătățire a calității digestiei. Proprietățile astringente și învelitoare ale produsului ajută la protejarea mucoasei gastrice de factori iritanți, ceea ce contribuie la refacerea sistemului digestiv. Lara-Espinoza et al., (2018) au indicat că pectina este considerată o fibră alimentară solubilă cu mai multe efecte gastrointestinale și fiziologice benefice, printre care întârzierea golirii gastrointestinale, prin urmare, scăderea timpului de tranzit gastrointestinal, reducerea absorbției glucozei și creșterea masei fecale. Metabolismul fiind stimulat, pectina conduce la îmbunătățirea funcționării sistemelor și a organelor, scăpând de excesul de masa corporală. Consumul de alimente bogate în pectină este justificat în special bolnavilor de diabet și obezitate. Lara-Espinoza et al., (2018) au demonstrat că o dietă special dezvoltată cu pectină permite scăderea până la 3-4 kg în masa corporală în doar o săptămână. Pectina este benefică pentru gestionarea masei corporale, datorită capacității de a forma geluri în medii acide. Astfel, atunci când gelurile de pectină ajung în mediul apos al sucurilor gastrice, acestea se umflă și se atașează de peretele stomacului înainte de digestie, provocând sațietate și scăderea poftei de mâncare.

Gullón et al., (2013) au demonstrat că acetatul, propionatul și butiratul sunt produse ca urmare a fermentației intestinale a pectinei și a altor tipuri de fibre alimentare, jucând un rol vital în prevenirea și tratamentul sindromului metabolic, afecțiunilor intestinale (cum ar fi colita ulceroasă), diverse tipuri de cancer, boala Crohn, hipertensiune arterială, diaree și obezitate. Liu et al., (2016) au studiat efectul antidiabetic al pectinei citrice și mecanismul lui de acțiune. Mai multe surse bibliografice au raportat că pectina a îmbunătățit toleranța la glucoză, conținutul hepatic de glicogen și nivelurile de lipide din sânge. Totodată s-a demonstrat că pectina poate preveni intoxicațiile cauzate de plumb, stronțiu și alte metale grele (Gullón et al., 2013; Liu et al., 2016).

Pectinele cresc activitatea bacteriilor benefice din intestin, ceea ce favorizează o mai bună absorbție a vitaminelor și întărește sistemul imunitar. Astfel, organismul îmbunătățește

sistemul imunitar, reducând riscul de îmbolnăviri sezoniere (Zhu et al., 2017). Efectul de matrice al fructelor bogate în pectină a demonstrat că consumul lor a redus acțiunea alergenilor alimentari și, prin urmare, a facilitat procesul de sensibilizare alergică. Polovic et al., (2007) au demonstrat o influență pozitivă asupra mucoasei pulmonare a bolnavilor de astmă, și reducerea răspunsului alergic a pacienților care au utilizat fructe bogate în pectină sau pectină extrasă din mere microcapsulată. Pectina poate contribui la îmbunătățirea sănătății pielii datorită proprietăților sale antioxidante și capacității de a stimula producția de colagen, menținând pielea elastică și hidratată (Nasrollahzadeh et al., 2021). Pectina este disponibilă ca supliment alimentar, dar poate fi obținută prin consumul mare de fructe, ceea ce reprezintă o parte valoroasă a unei diete echilibrate și susținerea sănătății.

1.4.3 Utilizarea pectinei în industria alimentară

Principalele surse comerciale de pectine sunt cojile de citrice și tescovina de mere. Cu toate acestea, au fost investigate și alte surse, cum ar fi coaja de fructul pasiunii, coaja de soia, dovleacul, kiwi, ardeiul, coaja de banană, pulpa de ananas și tescovina de măsline (Moura et al., 2017). Yadav et al., (2022) susțin că pectina este o polizaharidă biodegradabilă, netoxică și solubilă în apă, care poate forma geluri și are capacitatea de legare și de a forma structuri de rețea. Alegerea pectinei depinde și de produsul dorit în care va fi adăugat, cum ar fi gemuri, jeleuri și sucuri de fructe. Pectina extrasă din citrice și mere este folosită datorită proprietăților sale gelificante, în timp ce pectina obținută din sfecla de zahăr și bamele (*Hibiscus esculentus*), este preferată pentru capacitățile sale de emulsionare (Schmidt et al., 2015). Capacitatea de emulsionare a pectinei a fost atribuită conținutului său ridicat de acetil, fragmentelor de acid ferulic, proteinelor legate covalent și îmbogățirii în segmentele RG I (Alba & Kontogiorgos, 2017). Multifuncționalitatea pectinei se datorează naturii moleculei sale, care conține atât regiuni polare, cât și nepolare, permițându-i să fie încorporată în diverse sisteme alimentare (Nasrollahzadeh et al., 2021). Sun et al., (2022) susțin că pectina are aplicații semnificative în industria alimentară ca agent de îngroșare, agent de gelificare și textură, stabilizator și emulgator.

În industria alimentară, pectina este folosită în gemuri, jeleuri, alimente congelate și, mai recent, în alimente cu conținut scăzut de calorii, ca înlocuitor de grăsimi și/sau zahăr. Pectina se găsește într-o gamă de deserturi, cum ar fi bomboane gumate și deserturi gelatinoase cu aromă de fructe. În produsele de cofetărie, cum ar fi prăjiturile, pectina poate îmbunătăți reținerea umidității și poate prelungi perioada de prospețime prin prevenirea învechirii (Nasrollahzadeh et al., 2021). Pectina stabilizează sosurile și toppingurile pe bază de fructe, prevenind separarea fazelor și

menținând textura uniformă. Unele băuturi ca sucuri sau nectaruri de fructe ce conțin pectină, manifestă o îmbunătățire gustativă și de textură. Pectina joacă un rol important în prelungirea perioadei de valabilitate a anumitor produse prin capacitatea sa de a îmbunătăți textura, de a preveni alterarea și de a controla umiditatea (Figuerola et al., 2005). În produsele de cofetărie precum prăjituri, pectina joacă rol de reținere a umidității și astfel extinde prospețimea produsului (Zisopoulos et. al., 2017). Umpluturile de fructe cu adaos de pectină sunt folosite pentru produsele de patiserie, asigurându-le o consistență vâscoasă în timpul coacerii (Sun et al., 2022). Koubala et al., (2008) au demonstrat că pectina, manifestând proprietățile de gelifiere, este folosită în fabricarea deserturilor, gemurilor, filmelor comestibile, sucurilor de fructe cu pulpă, jeleuri, băuturi din fructe, produse de copt și produse lactate.

Pectina este utilizată în produsele lactate precum cremă de brânză, iaurt și smântână pentru a oferi o textură mai fină și pentru a preveni sinereza. Umpluturile din fructe prin utilizarea pectinei demonstrează stabilitatea acestora și oferă o textură mai fină iaurturilor și deserturilor lactate în care sunt adăugate. Mada et al., (2022) au investigat influența pectinei din coaja mixtă de banană-papaya asupra parametrilor fizico-chimici și stabilității microbiologice la depozitarea iaurtului tradițional etiopian (ergo). Studiul lor a arătat că pectina a îmbunătățit proprietățile senzoriale și acceptarea generală a iaurtului, în timp ce stabilitatea microbiană a crescut ca răspuns la creșterea conținutului de pectină. O serie de factori - pH-ul, prezența altor substanțe dizolvate, dimensiunea moleculară, gradul de metoxilare, numărul și aranjarea lanțurilor laterale și densitatea de sarcină pe moleculă - influențează gelificarea pectinei. Liu et al., (2007) au comparat caracteristicile texturale, structurale și calitatea senzorială a analogilor de brânză cu conținut scăzut de grăsimi și cu încorporare de pectină. Analiza microstructurii a demonstrat că brânza cu conținut ridicat de grăsimi era mai densă și conținea o concentrație mai mare de globule de grăsime decât brânza cu conținut scăzut de grăsimi cu adaos de pectină. Compararea dintre analogii de brânză cu conținut scăzut de grăsimi și cel cu adaos de pectină a arătat o diferență clară în ceea ce privește duritatea, gumenozitatea și adezivitatea acestora. Adaosul de pectină în probe a avut un efect pozitiv asupra caracteristicilor texturali și senzoriali și au fost evaluați cu un scor mai ridicat din punct de vedere a gustului.

Pectina este folosită în numeroase aplicații de procesare și ambalare a alimentelor, pentru a acționa ca agent de gelifiere, de vâscozitate, agent de micro- și nano-incapsulare, ca film de acoperire pentru fructe și legume proaspete, emulgator etc. (Sabater et al., 2020). Shanmugam et al., (2017) au studiat utilizarea pectinei în prepararea adezivilor, peliculelor biodegradabile, materialelor pentru implantări și medicamente. Industria alimentară se confruntă cu

multe provocări pentru a menține proprietățile alimentelor procesate. Mendes et al., (2020) au menționat că aplicarea filmelor pe bază de pectină, care sunt definite ca ambalaje „verzi”, datorită reînnoibilității și durabilității lor, este o metodă alternativă de conservare a unor alimente. Huang et al., (2021) au raportat că filmele pe bază de pectină oferă o barieră bună pentru păstrarea calității alimentelor și extinderea duratei de valabilitate a alimentelor. Aceasta este o alternativă de ambalare biodegradabilă la ambalajul tradițional, care satisface cererea tot mai mare a consumatorilor și organizațiilor de a reduce deșeurile de plastic și de a crește protecția mediului. Filmele pe bază de pectină pot fi combinate cu alți biopolimeri pentru a îmbunătățirea proprietăților fizice cum ar fi stabilitatea termică, proprietățile mecanice și hidrofobe (Mohamed et al., 2020).

Oliveira et al., (2016) au elaborat filme de pectină din coajă de rodie cu conținut diferit de montmorillonit. S-a constatat că la peliculă s-a îmbunătățit rezistența la tracțiune și modulul elastic atunci când montmorillonit a fost adăugat până la 6% în masă. Kumar et al., (2023) au stabilit că adăugarea antioxidanților naturali cu activitatea antimicrobiană în filmele pe bază de pectină îmbunătățesc proprietățile funcționale. Filmele pe bază de pectină prezintă câteva caracteristici pozitive, cum ar fi: biodegradabilitatea lor, producția cu costuri reduse, proprietăți mecanice excelente, posibilitatea de a prelungi perioada de valabilitate a alimentelor ambalate și fezabilitatea lor de a produce filme de sine stătătoare sau încorporate cu compuși activi, sau chiar combinat cu alți polimeri în amestecuri sau bistraturi. Eça et al., (2015) a evaluat încorporarea extractelor naturale și a vitaminelor în peliculele pe bază de pectină care le au oferit proprietăți antimicrobiene, nutritive și antioxidante. Autorii au concluzionat că încorporarea extractelor de fructe în pelicule a păstrat calitatea și siguranța alimentelor ambalate în timpul depozitării lor, și în același timp a crescut capacitatea antioxidantă.

În industria alimentară, pectina poate fi folosită ca ingredient cu conținut scăzut de calorii sau cu conținut scăzut de grăsimi, acționând ca înlocuitor de grăsimi. Mai mult, pectina joacă un rol important ca stabilizator de emulsie. În general, industria cosmetică folosește pectina pentru a stabili creme, loțiuni sau ca componentă anti-îmbătrânire a pielii, în timp ce în industria farmaceutică are numeroase aplicații de la administrarea de medicamente până la tratamentul diferitelor afecțiuni și boli (Muñoz-Almagro et al., 2021). Pectina, ca polimer natural prezent în multe fructe, se utilizează pe scară largă în domeniul alimentar, farmaceutic și cosmetologic. Tendințele moderne atestă o utilizare tot mai mare a pectinei ca material biodegradabil în calitate de ambalaj alimentar ecologic (Eça et al., 2015).

1.5 Metode de extracție a pectinei din surse vegetale

Pentru extracția pectinei din surse agro-industriale sunt aplicate diverse metode atât tradiționale cât și netradiționale. Utilizarea unei metode adecvate pentru extracția pectinei este semnificativă pentru a maximiza randamentul de extracție și pentru a îmbunătăți calitatea produsului. Printre tehnicile de extracție convenționale enumerăm extracția cu acizi minerali și enzime, cât și tehnici inovatoare (neconvenționale): extracția asistată de ultrasunete (UAE), microunde (MAE), apă supercritică sau combinate. Scopul de cercetare a tehnicilor de extracție a pectinei s-a axat pe mărirea randamentului de extracție, caracteristici mai bune ale pectinei extrase, reducerea costurilor și generarea unui impact mai mic asupra mediului (Chandel et al., 2022). Metodele convenționale sunt eficiente, bine cunoscute, fiind folosite pe o scară largă, dar necesită cantități mari de apă și energie, utilizează acizi anorganici care au impact negativ asupra mediului, uneori dau randament redus (Marić et al., 2018).

Extracția prin metode neconvenționale diminuează influența negativă asupra mediului, reduc consumul de energie, au un randament ridicat de extracție a pectinei cu proprietăți mai bune, însă necesită echipament specializat (Chemat et al., 2012).

1.5.1 Metode convenționale de extracție a pectinei din tescovina de mere

Parametrii de extracție ca raportul solid-lichid (RSL), tăria acidului (dacă este utilizat), temperatura/putere (în funcție de metoda utilizată), durata procesului și metoda de precipitare, influențează nu numai randamentul pectinei, dar și calitățile ei: gradul de esterificare, masa moleculară, compoziția, puritatea și culoarea (Marić et al., 2018). În industrie, extracția pectinei se realizează folosind soluții de acizi minerali tari în condiții de încălzire: azotic, sulfuric, fosforic și clorhidric. Pectina se extrage în mediu apos acid, la pH 1,5 - 3, la temperatura 75-100 °C. Extracția convențională a pectinei durează câteva ore pentru a obține un randament ridicat (Banerjee et al., 2016), iar aceste condiții provoacă degradarea termică a pectinelor, influențând calitatea lor.

Influența negativă a acizilor anorganici asupra mediului a contribuit la dezvoltarea unor tehnologii noi prin înlocuirea acizilor anorganici cu cei organici (citric sau acetic) având ca concept „tehnologii verzi” (Sayah et al., 2016). Rezultatul extracției convenționale depinde de mai mulți factori, cum ar fi temperatura, pH-ul, proprietățile solventului, RSL, dimensiunea particulelor și viteza de difuzie (Marcon et al., 2005). După pretratarea tescovinei, spălare cu apă, albire cu apă fierbinte pentru inactivarea enzimelor, uscare pentru îndepărtarea apei și măcinare pentru a crește suprafața de schimb, pectina este extrasă într-un mediu apos acid și

separată prin precipitare cu alcool. Coagulantul obținut este apoi filtrat din extract, spălat, uscat sub vid și, în final, măcinat într-o pulbere fină (Rasheed, 2008). Între filtrare și spălare extractul trece prin diferite etape. Culoarea pectinei de măr poate fi îmbunătățită prin utilizarea cărbunelui activ, iar amidonul rezidual poate fi descompus folosind amilazele (Sturza et al., 2021). În plus, deesterificarea chimică, acidă sau alcalină poate fi utilizată pentru a obține pectina LM. Pectina extrasă are în general un grad de esterificare între 55-75% și mase moleculare mari (Sayah et al., 2016). Alegerea solventului, de obicei, se bazează pe mai multe criterii, cum sunt: dizolvarea componentelor specifice, capacitatea mare a solventului de a separa, selectivitatea, stabilitatea, reînnoirea și vâscozitatea scăzută (Marić et al., 2018). Mediul apos acid cu pH scăzut stimulează hidroliza și solubilitatea protopectinei și promovează îndepărtarea ionilor de Ca^{2+} și Mg^{2+} , permițând astfel randamente mai mari de izolare a pectinei îmbogățită cu HG (Chan & Choo, 2013). Pectinele extrase cu solvent alcalin au, de obicei, mulți oligomeri RG-I ramificați cu catene laterale de arabinan și galactan, masa substanței și randamente scăzute.

Extracția convențională folosind acizi minerali are unele dezavantaje:

- degradarea pectinei;
- pierderile unor compuși volatili;
- costuri crescute pentru producători;
- probleme de mediu (Marcon et al., 2005).

Acizii minerali puternici sunt mai ieftini și mai eficienți decât acizii organici pentru extracția pectinei. Utilizarea acidului organic în extracția pectinei duce la mai puțină hidroliză și depolimerizare a pectinei extrase. S-a constatat că acidul citric este un solvent mai puțin degradant pentru pectină în comparație cu HCl (Banerjee et al., 2016). Pectina extrasă cu acid organic are o masă moleculară mai mare în comparație cu cea a pectinei extrasă folosind acid mineral. Gradul de esterificare scade odată cu creșterea timpului de încălzire (Rasheed, 2008). Utilizarea unui solvent cu vâscozitate scăzută permite trecerea mai ușoară prin matricea plantei. Timpul și temperatura au un efect distructiv asupra peretelui celular al plantei. Ca rezultat, acești parametri facilitează difuzia solventului și extracția pectinei. În procesul de extracție, temperaturile ridicate conduc la creșterea solubilității pectinelor și randamentului lor (Canteri-Schemin et al., 2005). Cu toate acestea, extracția pectinei la temperaturi foarte ridicate este legată de hidroliza pectinei în lanțuri scurte care nu sunt precipitate de etanol, afectând, astfel, randamentul. Temperaturile ridicate reduc, de asemenea, gradul de esterificare al pectinei (Marić et al., 2018). RSL este, de obicei, menținut între 1:10 și 1:50 pentru extracția pectinei. Raportul mai mic de 1:10 conduce la randamentul scăzut de pectină, deoarece cantitatea de solvent nu este suficientă pentru

dizolvarea și extracția pectinei. S-a demonstrat că mărirea RSL până la 1:30 (*m/v*), conduce la sporirea randamentului de pectină datorită creșterii capacității de dizolvare (Sayah et al., 2016).

Extracția convențională a pectinei necesită utilizarea de acizi anorganici și timp îndelungat (Marić et al., 2018). Pectina poate fi extrasă și în condiții alcaline, deși randamentul este în general mult mai mic. Canteri-Schemin et al., (2005) au extras pectina din tescovina de mere, folosind acizi organici precum acizii citric, tartric, malic și comparându-i cu acizi minerali sulfuric, clorhidric și azotic. Acidul citric a avut cel mai mare randament (13,75%) și a fost considerat cel mai bun față de ceilalți acizi din punct de vedere al mediului și al factorilor economici. Chan & Choo, (2013) au extras pectină din cojile de cacao utilizând pentru extracție acid citric și acid clorhidric ca solvent la un pH 2,5 și 4,0. Extracția cu acid citric a generat cel mai mare randament de pectină (7,62%) la temperatura de 95 °C și timpul de extracție 3 ore. Marcon et al., (2005) au extras pectina din tescovină de mere cu 5% (*g/v*) acid citric pentru diferite intervale de timp (30, 50 și 80 min) și temperaturi (50, 75 și 100 °C). Cel mai mare randament de pectină (16,8%) a fost obținut la temperatura de 100 °C și timpul de extracție de 80 min.

Extracția convențională a pectinei este o metodă bine studiată, nu necesită echipamente extrem de sofisticate, poate fi aplicată pe scară industrială fiind ajustată la diverse tipuri de materie. Totuși consumul mare de energie pentru încălzirea extractului, timpul îndelungat de extracție, impactul ce îl pot avea acizii asupra mediului, randamentul redus de extracție și degradarea pectinelor în perioada de tratare termică au condus la aplicarea unor tehnici mai eficiente atât din punct de vedere ecologic cât și economic.

1.5.2 Metode neconvenționale de extracție a pectinei din tescovina de mere

Pentru a îmbunătăți calitatea pectinei și a reduce timpul de obținere, consumul de energie și solvenți este necesar să se investigheze noi metode de extracție. Chemat et al., (2012) au raportat că tehnicile neconvenționale de extracție sunt metode ecologice pentru izolarea CBA din materii vegetale. Ei se bazează pe utilizarea solvenților alternativi (verzi), eliminând cantitatea de substanțe chimice sintetice sau pe bază de petrol, reducând costurile energetice și generarea de deșeurii pentru a obține extracte de plante de înaltă calitate. Yeoh et al., (2008) susțin că parametrii de extracție, cum ar fi dimensiunea particulelor, pH-ul, temperatura, timpul și tipul solvenților de extracție, metodele de uscare, influențează foarte mult randamentul pectinei.

Saini et al., (2019) au raportat că în prezent sunt explorate diverse tehnici de extracții verzi, inclusiv extracția asistată de ultrasunete (UAE) și de microunde (MAE), cu enzime, extracție cu câmp electric pulsant, extracție cu fluid supercritic sau extracție cu lichid sub presiune. S-a demonstrat că metodele neconvenționale de extracție a pectinei UAE și MAE sunt sustenabile, presupun un consum redus de energie și de reactivi, reduc durata procesului de la 3 ore la 15-30 min, sporesc calitatea și randamentul produsului finit, comparativ cu metodele convenționale (Calvete et al., 2021). Extracția secvențială asistată de ultrasunete și de microunde (UMAE) și extracția secvențială asistată de microunde și de ultrasunete (MUAE) au fost combinate și s-a obținut o pectina cu un conținut ridicat a acidului galacturonic, comparativ cu alte metode de extracție utilizate. În condiții optimizate: la un pH de 1,80, timpul de sonicare de 27,52 min fiind urmată de 6,40 min de iradiere cu microunde la puterea magnetronului de 643,44 W, randamentul și valoarea grad de esterificare a pectinei obținute a fost de 38,0 % și 56,88%, respectiv. UMAE a avut cel mai mare randament de pectină, fiind de 36,33% (Ro et al., 2013).

Extracția asistată de microunde (MAE) implică încălzirea dielectrică a moleculelor a materiei vegetale prin expunerea la microunde. Rotația dipolară a apei are loc datorită absorbției energiei microundelor, ceea ce duce la generarea de căldură în interiorul țesuturilor plantei. MAE a fost investigată de mulți cercetători care au demonstrat o creștere considerabilă a randamentului și a calității superioare a pectinei extrase (Routray & Orsat, 2012; Eskilsson & Bjorklund, 2000). Metoda MAE economisește mai mult timp decât metoda convențională fiind un proces de utilizare a energiei cu microunde pentru a încălzi solvenții în contact cu o probă și împărțirea analiților din matricea probei în solvent. Capacitatea de a încălzi rapid amestecul de solvenți reprezintă avantajul principal al MAE (Eskilsson & Bjorklund, 2000). MAE îmbunătățește capacitatea de absorbție a apei în componentele capilar-poroase ale plantei, aceste modificări contribuie la creșterea randamentului de extracție a diferiților analiți din plante, cum ar fi celuloza, hemiceluloza și pectina (Prakash et al., 2013). Mai mult, energia provoacă vibrația moleculelor polare cu creșterea accelerată a temperaturii, măbind randamentul de extracție. MAE s-a dovedit a fi mai eficientă pentru extracția pectinei în comparație cu metodele convenționale (Rodsamran & Sothornvit, 2019).

Calitatea pectinei poate varia în funcție de condițiile de extracție. Astfel, Dranca et al., (2021) au comparat rezultatele extracției convenționale și MAE a pectinei din TM. Metoda MAE a reușit să atingă un randament maxim de 38,06% în 90 s la o putere a magnetronului de 560 W, pH de 1,5 și RSL de 1:15 g/mL. Cu toate acestea, extracția convențională a durat 120 min la

temperatura de 90 °C la un pH de 1,5 într-o soluție de acid citric pentru a obține un randament similar de 38,91%.

Creșterea puterii magnetronului sau a duratei de iradiere poate conduce la degradarea pectinei, rezultând un randament mai mic. Karbuz & Tugrul, (2021) au utilizat metodele de extracție cu ultrasunete și cu microunde pentru extracția pectinei din deșeurile de lămâie, mandarină și coajă de kiwi folosind HCl și HNO₃ ca solvenți. Efectul extracției pectinei asistate cu microunde a fost evaluat la puterea magnetronului de 360–600 W la intervale de timp de iradiere de 1, 2 și 3 min și asupra extracției asistate cu ultrasunete la temperaturi de 60 și 75 °C, intervale de timp de sonicare de 15, 30 și 45 min. MAE s-a dovedit a fi mai bună pentru randamentul pectinei, comparativ cu UAE, cel mai mare randament de pectină având valoarea 17,97 % la 360 W timp de 3 min, în timp ce 17,30% a fost atinsă atunci când s-a folosit HCl ca solvent în extracția asistată cu ultrasunete la 75 °C timp de 45 min. Zarei et al., (2017) au utilizat MAE pentru extracția pectinei din tescovina de mere și citrice. Analiza rezultatelor a demonstrat valorile mari ale randamentului de pectină: 10,07% pentru coajă de lămâie și 9,4% - tescovina de mere. Pectina din coajă de lămâie a avut un grad de esterificare de 71,8%, în timp ce tescovina de mere - 68% în aceleași condiții de extracție. În plus, pectina din coajă de lămâie a prezentat un conținut de acid galacturonic de 74,5% în timp ce pectina de tescovină - 70,5%. Mosayebi & Yazdi, (2018) au utilizat MAE pentru extracția pectinei din tescovină de dud negru (*Morus nigra* L.). Parametri extracției au fost următorii: puterea magnetronului (300 - 900 W), timpul de iradiere (10 - 30 min) și raportul lichid-solid (15-30 mL/g) fiind analizați randamentul de extracție, gradul de esterificare (GE) și conținutul de acid galacturonic (GalA). În funcție de condițiile de extracție, randamentul a variat în intervalul 8,87 - 14,47%, GE între 44,44 - 57,06% și GalA între 29,17 - 43,13%. Rezultatele au demonstrat că atât puterea magnetronului, cât și timpul de iradiere au avut efecte semnificative asupra randamentului de pectină, în timp ce raportul lichid-solid a fost nesemnificativ (Mosayebi & Yazdi, 2018).

Spinei & Oroian, (2022) au extras pectina din tescovină de struguri (Fetească Neagră și Rară Neagră) prin utilizarea metodei MAE folosind trei variabile independente, fiecare la trei niveluri: puterea magnetronului (280, 420 și 560 W), timpul de iradiere (60, 90 și 120 s) și pH-ul solventului (1, 2 și 3). Puterea magnetronului aplicată pentru extracția pectinei și pH-ul solventului s-a dovedit a avea un impact mare asupra tuturor celor patru parametri: randament de extracție, conținut de GalA, GE și ME, în timp ce timpul de iradiere a influențat doar asupra randamentului de pectină, conținutului de GalA și GE. Condițiile optime pentru extracția pectinei au fost 560 W, pH de 1,8 timp de 120 s (Spinei & Oroian, 2022). Proba de pectină,

extrasă prin metoda MAE în condiții optime, a fost comparată cu pectina comercială de mere și cea de citrice. S-a constatat că tescovina de struguri este o sursă relevantă de pectină cu un conținut ridicat de GalA, GE și ME. Proprietățile fizico-chimice, caracteristicile morfologice și comportamentul reologic al pectinei extrase prin MAE din tescovină de struguri, au indicat utilizarea ei în industria alimentară în diferite aplicații ca fibre alimentare (Spinei & Oroian, 2022).

Liu et al., (2013) au demonstrat că nu există nicio diferență semnificativă în ceea ce privește randamentul și caracteristicile de calitate ale pectinei extrase prin extracția convențională comparativ cu cea asistată cu microunde. Creșterea puterii microundelor n-a afectat randamentul și caracteristicile de calitate ale pectinei din cojile de fructe de orange, marcând valori mai mari ale randamentului de extracție. Pectina extrasă prin metoda tradițională demonstrează un randament de extracție mai mic și o calitate mai slabă deoarece expunerea prelungită a solventului la tratamentul termic în timpul extracției a condus la degradarea pectinei.

Extracția asistată de ultrasunete (UAE) este o tehnică eficientă și ecologică, cu timp de extracție redus, oferind un produs finit de o puritate mare (Maran et al., 2014). UAE extrage componente valoroase din sursă, folosind cavitația bulelor de lichid cauzate de undele ultrasonice. Ultrasunetele măresc viteza de transfer de masă și asigură recuperarea componentelor bioactive dorite cu o degradare minimă. Odată cu prăbușirea bulelor de cavitație pe suprafața materialului vegetal, se observă creșterea presiunii și a temperaturii. Acest lucru determină deteriorarea pereților celulelor plantei și componentele trec în solvent (Liew et al., 2016). La utilizarea UAE, consumul de solvenți, timpul de extracție și consumul de energie sunt reduse, repetabilitatea este crescută și produsul obținut are o puritate mai mare în comparație cu extracția prin metode convenționale (Colodel & Petkowicz, 2019).

Ultrasunetele se referă la unde sonore cu frecvențe în afara intervalului audibil uman, care se încadrează în mod normal în intervalul 20 - 40 kHz. Iradierea cu ultrasunete sporește perturbarea celulelor prin cavitație, expunând astfel structura interioară a celulelor la solvent. De asemenea, sonicarea accelerează rehidratarea materialelor uscate, îmbunătățind penetrarea solventului (Toma et al., 2001). Efectul vibrației ultrasonice facilitează difuzivitatea procesului de masă, îmbunătățind dizolvarea pectinei în sistemul tampon (Yao, 2016). Patience et al., (2021) au extras pectină din cojile de portocală Navel într-un mediu acid la 30 °C, sonicarea a îmbunătățit semnificativ randamentul de 5 până la 10 ori, în funcție de pH-ul soluției și de ciclul de funcționare al sonicării. Cu toate acestea, randamentul de pectină la acest interval de temperatură nu este încă comparabil cu extracția convențională la căldură. Banerjee et al., (2016) au raportat că la extragerea pectinei din cojile de struguri, UAE a obținut un randament mai redus într-un

timp mai scurt la o temperatură mai scăzută decât extracția convențională prin încălzire. Cu toate acestea, iradierea prelungită cu ultrasunete cu căldură ar putea duce la degradarea rapidă a pectinei, rezultând un randament mai scăzut. Liew et al., (2016) au raportat că atunci când extracția asistată cu ultrasunete și cu microunde a fost utilizată secvențial, randamentul pectinei a fost mai bun decât atunci când a fost utilizată numai metoda convențională de extracție cu încălzire. Chemat et al., (2017) au stabilit că UAE generează impulsuri de înaltă frecvență care măresc transferul de masă al bio compușilor extrași cu solventul utilizat. Acest lucru se datorează prezenței bulelor de cavitație create de undele ultrasonice care trec prin solvent. Ruptura bulelor de cavitație de pe suprafața analitului provoacă explozie la locul impactului și crește viteza de transfer de masă a materialului extras în solvent.

Băile cu ultrasunete funcționează de obicei la frecvențe de la 37 până la 45 kHz. Frecvențele mai scăzute duc la formarea bulelor de cavitație mai mari. Principalul dezavantaj al acestei metode este posibilitatea degradării parțiale a compușilor analizați. În plus, după UAE extractul obținut trebuie filtrat pentru a-l separa de reziduurile de extracție, care necesită uneori cantități semnificative de solvenți. Altemimi et al., (2016) au raportat că temperatura procesului de UAE, timpul de extracție și frecvența ultrasunetelor joacă un rol important. Temperaturile prea ridicate (de exemplu, mult mai mari decât temperatura camerei), intensitățile de putere (în literatură se aplică o gamă largă de frecvențe ultrasonice de 20–100 Hz) și timpii de extracție extinși (timp mai mare de 30 min) pot duce la deconstrucția compușilor valoroși. Dranca et al., (2020) au investigat utilizarea unui tratament cu ultrasunete pentru extracția pectinei din tescovină de măr *Malus domestica* „Fălticeni”, efectele acestuia asupra randamentului extracției și conținutului de acid galacturonic și gradul de esterificare a pectinei extrase. În urma procesului de extracție, randamentul pectinei a fost de 9,18%, conținutul de acid galacturonic de 98,12 g/100 g și gradul de esterificare de 83,20%. Pectina obținută în condiții optime de extracție a fost comparată cu pectina comercială din citrice și măr în ceea ce privește compoziția chimică (determinată prin FT-IR), comportamentul termic (analizat prin calorimetrie cu scanare diferențială), proprietățile reologice și structura morfologică (analizată prin microscopie electronică cu scanare). Prin comparație cu probele comerciale de citrice și pectină de măr, analiza FT-IR a pectinei, extrase prin tratament cu ultrasunete, a confirmat gradul ridicat de esterificare și a arătat similaritate cu cea a pectinei de măr (88,52%). S-a constatat, că comportamentul termic al pectinei obținute prin UAE, a fost influențat de distribuția mai restrânsă a maselor moleculare și de aranjarea moleculară ordonată, în timp ce proprietățile

reologice ale probelor au fost influențate de structura morfologică și conținutul de acid galacturonic (Dranca et al., 2020).

MAE oferă numeroase avantaje, inclusiv randament crescut de extract, degradare termică mai mică și încălzire selectivă a materialului. Nevoia de echipamente speciale, selectivitate mai scăzută și reacții nedorite la temperaturi ridicate sunt considerate dezavantaje ale procesului de MAE (Chen, 2013). UAE are mai multe avantaje, inclusiv: timpul de extracție redus, dimensiunile echipamentului și consumul de energie scăzut, consumul mai mic al solvenților și randamentul de extracție îmbunătățit, fiind considerată mai ecologică decât tehnicile convenționale de extracție cu acizi (Luque-García & Castro, 2003).

În ultimii ani, tehnicile UAE și MAE în procesul de extracție a CBA au atras o atenție semnificativă datorită eficienței și naturii lor ecologice. UAE folosește cavitația acustică pentru a perturba pereții celulelor, pentru a facilita eliberarea de pectină, în timp ce MAE utilizează încălzirea dielectrică pentru a induce solubilizarea pectinei din matricea plantei. S-a demonstrat, că ambele metode reduc semnificativ timpul de extracție, minimizează consumul de solvenți și obțin randamente mari de pectină cu proprietăți fizico-chimice dorite, făcându-le mai prietenoase cu mediul și mai rentabile. Aceste două tehnici moderne permit, de asemenea, un control mai mare asupra parametrilor de extracție, obținând rezultate mai reproductibile. Progresele recente în tehnologiile ecologice de extracție a pectinei au arătat o promisiune considerabilă, indicând o schimbare către practici mai durabile și mai ecologice în industria de prelucrare a alimentelor (Lasunon & Sengkhamarn, 2022).

Concluzii la capitolul 1

Studiul bibliografic desemnează importanța reutilizării deșeurilor agroindustriale în diverse ramuri ale industriei alimentare inclusiv pentru extracția CBA. Valoarea nutrițională și biologică a TM argumentează utilizarea ei în formarea produselor alimentare noi și ca sursa de extracție a fibrelor alimentare, în special a pectinei. TM manifestă proprietăți antiinflamatorii, antioxidante și antimicrobiene, iar adăugarea ei la fabricarea alimentelor a permis îmbunătățirea caracteristicilor senzoriale și texturale ale produsului finit. Totodată, produsele îmbogățite cu fibre alimentare au efect pozitiv asupra sănătății consumatorului. Utilizarea TM în fortificarea produselor alimentare îmbunătățește valoarea nutrițională a lor, oferind produse benefice sănătății consumatorului.

Pectina din TM poate fi extrasă prin metode convenționale și neconvenționale. Metodele UAE și MAE sunt mai efective din punct de vedere economic și ecologic, au un randament de

extracție bun și oferă o calitate mai înaltă a pectinei comparativ cu metoda convențională, totodată aceste tehnici pot fi combinate pentru avantaje de extracție. Metodele neconvenționale prezintă numeroase avantaje ca: reducerea timpului de extracție a pectinei, utilizarea solvenților verzi, diminuarea impactului asupra mediului, eficientizarea proceselor tehnologice, îmbunătățirea calității produsului finit contribuind la o economie circulară și sustenabilă.

Utilizarea pectinei în formarea produselor alimentare prezintă avantaje în stabilitatea microbiologică, îmbunătățirea texturii unor produse și mărirea conținutului de CBA. Pectina are numeroase beneficii de sănătate și poate fi utilizată, atât în industria alimentară, cât și în cea farmaceutică sau cosmetologică.

2. MATERIALE ȘI METODE DE CERCETARE

Capitolul conține descrierea materiei prime utilizată pentru obținerea TM, materiei prime și auxiliare pentru fabricarea produselor alimentare noi cu TM sau pectină extrasă din ea, reactivii și metodele ce au fost aplicate pentru determinarea caracteristicilor senzoriale, parametrilor fizico-chimici și de culoare, proprietăților reologice și stabilității microbiologice. Pentru TM a fost cercetată cinetica procesului de uscare și influența agentului termic asupra conținutului compușilor biologic activi din ea. Pectina din TM a fost obținută prin extracție asistată de ultrasunete (UAE) și de microunde (MAE) în diferite condiții. Au fost analizate proprietățile pectinei din TM obținută în diferite condiții de extracție.

2.1. Materiale utilizate pentru cercetare

2.1.1 Caracteristica fructelor de mere utilizate în cercetare

Fructe de mere de soiul „Golden Delicious” utilizate pentru cercetare au fost din recolta de toamna a anului 2021 de la „AgroProduct” SRL, Briceni, com. Colicăuți, Republica Moldova, care are plantații de livadă de mere de peste 200 ha, și păstrate până în primăvara anului 2022 în condiții optime: la temperatura 2 ± 1 °C și umiditatea relativă a aerului $87,0\pm 0,5\%$.

Compoziția chimică a merelor este prezentată în tabelul 2.1.

Tabelul 2.1. Compoziția chimică a fructelor de mere „Golden Delicious” proaspete

Compus	Valoare, unități de măsură	Referințe
1	2	3
Conținut de umiditate	78 – 85 %	Babuc et al., 2009
Conținut de glucide simple:	10,5 g/100 g	Oszmianski et al., 2019
glucoză	2,71 g/100 g	
fructoză	5,9 g/100 g	
zaharoză	1,86 g/100 g	
Conținut de acizi organici:		
malic	0,27 mg/100 g	Rad et al. 2014
maleic	0,28 mg/100 g	
Conținut de glucide complexe:	2,21 g/100 g	Li et al., 2002
fibre solubile	0,67 g/100 g	
fibre insolubile	1,54 g/100 g	
Conținut de proteine	0,47 g/100 g	Núñez-Gastélum et al., 2015
Conținut de substanțe minerale	1,83 g/100 g	
Conținut de vitamine		
provitamina A	3,27 μg/100 g	Ferretti et al., 2014
vitamina C	2-35 mg/100 g	Al Daccache et al., 2020 Campeanu et al., 2009
vitamina B ₆	0,07 mg/100 g	Koutsos et al., 2015
vitamina B ₁	0,04 mg/100 g	

1	2	3
vitamina B ₂	0,041 mg/100 g	Koutsos et al., 2015
vitamina B ₃	0,1 mg/100 g	
vitamina B ₅	0,061 mg/100 g	
Conținut total de polifenoli	483 mg GAE/100 g	Wicklund et al., 2021
Conținut total de flavanoide	135 mg GAE/100 g	
Conținut de carotenoide	3,6 mg/100 g	Ćetković et al., 2008
Activitate antioxidantă	502 μmol TE/100 g	Angeli et al., 2024

Merele utilizate pentru cercetare au fost preluate după perioada de păstrare de 8 - 9 luni.

2.1.2 Pregătirea materiei vegetale pentru obținerea tescovinei de mere

Tescovina de mere pentru cercetare a fost obținută după stoarcerea sucului din mere de soiul Golden Delicious. Fructele au fost spălate, uscate, divizate în bucăți care au fost trecute prin storcătorul Bosch MES25A0 pentru extragerea sucului. Apoi TM a fost blanșată în soluție de acid citric 0,2% (anhidru) timp de 10 min cu scopul de a inhiba activitatea enzimelor și a proceselor de oxidare care pot influența calitatea senzorială a acestei. TM a fost presată la temperatura de 25±1 °C și aranjată pe un suport într-un singur strat, apoi a fost uscată prin convecție la temperatura de 70±1 °C în uscătorul SLW 115 SMART (Pol-Eco Aparatura, Wodzisław Śląski, Poland) până la umiditatea finală de 12,0±0,05%. După uscare TM a fost mărunțită până la granulozitatea de 70±10 μm. Păstrarea TM a avut loc în recipiente de sticlă ermetic închise la temperatura camerei.

2.1.3. Caracteristica tescovinei de mere

TM constă din pulpă - 54%, coajă - 34%, semințe - 7%, miez - 4% și tulpină, de culoare cafeniu deschisă, miros plăcut de măr și gust acrișor (Kolodziejczyk et al., 2007). Conform literaturii de specialitate conținutul de umiditate variază de la 9,38 până la 12% (Lavelli & Corti, 2011), aceasta prezintă o sursă excelentă de substanțe fitochimice, zaharuri insolubile și solubile, minerale, acizi organici etc., tabelul 2.2.

Tabelul 2.2. Compoziția chimică a tescovinei de mere „Golden Delicious”

Substanță	Cantitate, unitate de măsură	Referințe
1	2	3
Conținut de fibre alimentare insolubile: celuloză lignina hemiceluloză	127,9 g/kg s.u. 15,3 - 23,5 g/kg s.u. 7,2 g/kg s.u.	Dhillon et al., 2013 Kolodziejczyk et al., 2007
Conținut de pectină	196,0 g/kg s.u.	Ma et al., 2019
Conținut de zaharuri solubile	84,7%	Magyar et al., 2016
Conținut de grăsime	2,27%	O'shea et al., 2015

1	2	3
Conținut de minerale	0,076 - 0,36%	Bhushan et al., 2008
Conținut de proteină	2,18%	Wang et al., 2019
Conținut de vitamine (A, B ₁ , B ₂ , B ₆ , B ₉ , C, PP)	0,26-22,4 mg/100 g	Magyar et al., 2016 Bhushan et al., 2008
Conținut de acizi organici acid oxalic acid malic, acid ascorbic acid citric	2,83 mg/100 g 3,65 mg/100 g 4,02 mg/100 g 5,08 mg/100 g	Ćetković et al., 2008 Persic et al., 2017 Martau et al., 2021
Conținut total de polifenoli	90-118 mg GAE/ 100 g s.u. 700 - 867 mg GAE/ 100 g s.u.	Bai et al., 2010 Ćetković et al., 2008
Conținut de taninuri	45 - 119 mg TAE/ 100 g s.u.	Krasnova & Segliņa, 2019 Persic et al., 2017
Conținut de carotenoide	6,33 mg/100 g s.u.	Ćetković et al., 2008
Activitate antioxidantă	313,70 μg TE/g s.u.	Candrawinata et al., 2014

2.1.4. Cinetica uscării tescovinei de mere

Pentru cercetarea cineticii procesului de uscare a TM au fost aplicate temperaturi al agentului termic 60, 70 și 80 °C. S-a utilizat un uscătorul convectiv de laborator, elaborat în cadrul departamentului Ingineria Mecanică, UTM. În calitate de agent termic a fost utilizat aerul încălzit cu viteza de mișcare de 1,5±0,1 m/s (Vișanu et al., 2022).

Proba de TM cu masa de 100±1 g și conținut de umiditate de 85,5±0,5%, a fost plasată în camera de uscare pe un suport. Înregistrarea parametrilor scăderii masei s-a efectuat odată la 5 min. Parametrii mediului ambiant au fost: temperatura aerului de 23±1 °C și umiditatea relativă a aerului de 57±1%. Proba a fost uscată până la umiditatea finală de 12,0±0,05%. Umiditatea de echilibru (u_{ech}) a tescovinei de mere a fost calculată după formule lui Filonenko (Ghinzburg & Savina, 1982):

$$u_{ech} = (a + \varphi) / K \quad (2.1)$$

unde: a – constanta (pentru mere $a=32$);

K – coeficientul ce caracterizează corelația dinre u_{ech} și temperatura (pentru mere $K=8,5$);

φ – umiditatea relativă a aerului, %.

$$u_{ech} = \frac{B(\varphi - \varphi_m)}{b(\varphi - \varphi_m)} + u_m \quad (2.2)$$

unde: B – coeficient, $B=17,60$;

φ_m – umiditatea relativă a aerului, care se determină la umiditatea materialului (u_m);

$\varphi_m = 30\%$;

u_m – umiditatea materialului (mere), care depinde de temperatura aerului, $u_m=7,2\%$;

b – coeficient, $b=75$ (Ghinzburg & Savina, 1982, tab. 1.10, p. 50).

După calculele realizate, u_{ech} a constituit 10,82%.

Uscătorul fiind conectat la calculator a permis înregistrarea datelor automat. Rezultatele obținute au fost prelucrate cu ajutorul metodelor grafice și matematice, în baza cărora au fost construite curbele de uscare $u=f(\tau)$ și vitezei de uscare $\frac{du}{d\tau} = f(u)$ a tescovinei de mere în funcție de temperatura agentului termic (Ceșko et al., 2023a).

Au fost calculați coeficienții de uscare în prima și a doua perioada de uscare K_I și K_{II} (Ceșko et al., 2023a):

$$K_I = \frac{du/d\tau}{A \cdot (x_s - x_0)} \quad (2.3)$$

$$K_{II} = \frac{du/d\tau}{u'_{cr} - u_{ech}} \quad (2.4)$$

unde: A – aria de contact a tescovinei de mere cu agentul termic, m^2 ;

$du/d\tau$ – viteza uscării în prima perioada, %/s;

x_0 și x_s conținutul de umiditate a aerului proaspăt și cel saturat, kg/kg aer uscat;

u'_{cr} - umiditatea critică, %;

u_{ech} - umiditatea de echilibru, %.

Umiditatea inițială și finală a tescovinei de mere s-a determinat în mod experimental prin uscare în etuvă la $105,0 \pm 0,1$ °C până la masa constantă, conform ISO 1026:1982.

După uscare convectivă, tescovina a fost mărunțită până la granulozitate de 70 ± 10 μm , cernută, ambalată și păstrată în întuneric la temperatura camerei. S-a evaluat influența temperaturii asupra valorii biologice a TM în special conținutului total de polifenoli și carotenoizi, conținutului de taninuri și activității antioxidante.

2.1.5 Obținerea extractelor de tescovină de mere uscate pentru cercetarea influenței temperaturii de uscare asupra conținutului de CBA și activității antioxidante

Pentru analiza conținutului CBA și AA în TM au fost pregătite extracte din 0,5 g de pudră de tescovină cu 50 mL de soluție hidroetanolică 50% (v/v). Probele au fost bine agitate și au fost supuse extracției asistată de ultrasunete (ISOLAB Laborgeräte GmbH, Eschau, Germania), la frecvența 37 kHz, temperatura 40 ± 1 °C, timp de 30 min. În continuare a urmat centrifugarea la 4000 rpm pentru 10 min, separarea și analiza supranatantului.

2.1.6 Extracția pectinei din tescovina de mere prin metode neconvenționale

Pentru obținerea pectinei din tescovina de mere s-au utilizat metode neconvenționale de extracție UAE și MAE. S-a cercetat influența parametrilor de extracție asupra randamentului și proprietăților pectinei conform schemei experimentului, fig. 2.1.

Proba de 60 g de tescovină de mere a fost combinată cu soluție apoasă acidă la pH de 1,0; 1,5 și 2 ajustat cu acid citric, în RSL - 1:10; 1:15; 1:20 (*m/v*). Pentru UAE amestecul a fost transferat în baloane conice care au fost introduse în baia cu ultrasunete (ISOLAB Laborgeräte GmbH, Germany) la amplitudinea de 100%, frecvența 37 kHz, durata de extracție a fost de 15 și 30 min.

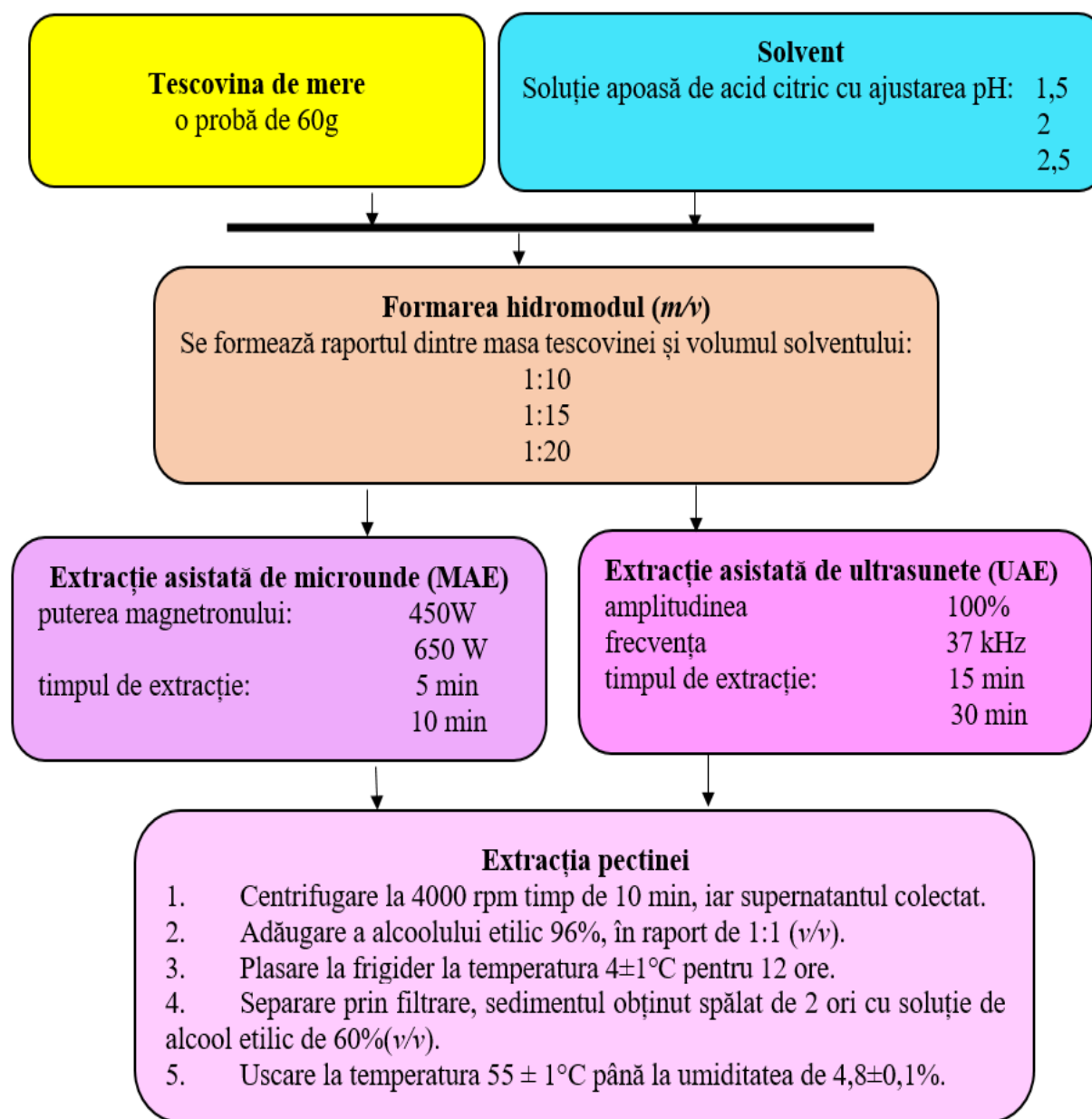


Fig. 2.1 Schema experimentului de extracție a pectinei din tescovina de mere prin metode neconvenționale UAE și MAE.

În cazul MAE probele au fost transferate în recipiente de sticlă. S-a utilizat un cuptor cu microunde, condițiile de extracție fiind: puterea magnetronului de 450 W și 650 W în timp de 5 și 10 min. După extracție toate probele obținute au fost centrifugate la 4000 rpm timp de 10 min. Supernatantul a fost separat, la care s-a adăugat alcool etilic 96%, în raport de 1:1 (v/v) (Gurev et. al. 2023a). Pectina obținută a fost supusă analizelor fizico-chimice și analitice.

2.1.7 Pregătirea pectinei pentru analiza titrimetrică și spectrofotometrică

O probă de pectină cu masa de 0,5 g s-a introdus într-un balon cotat de 100 mL, s-a adăugat 50 mL de apă distilată și 5 mL de alcool etilic de 96% (v/v) și s-a agitat. Apoi s-a adăugat 1 g de NaCl (pur) și s-a adus până la cotă cu apă distilată. Proba obținută a fost utilizată pentru a determina următoarele proprietăți ale pectinei: masă echivalentă, conținut de grupe metoxil, grad de esterificare, conținut de acid anhidrogalacturonic, CTP și AA (Suhaila & Zahariah, 1995; Ranganna, 2007; Gurev et al., 2023b).

2.1.8 Materia utilizată la fabricarea batoanelor vegetale

Pentru fabricarea batoanelor vegetale a fost utilizată materia vegetală autohtonă de la SRL „Cazantip”. Fructele uscate de mere, vișine și prune au fost uscate suplimentar prin convecție la temperatura $70 \pm 0,1$ °C. Analiza senzorială a fructelor este prezentată în tabelul 2.3.

Tabelul 2.3 Analiza senzorială a fructelor uscate și a pudrei de măceșe*

Materia vegetală	Aspect exterior	Gust/miros
Mere uscate	Bucăți sub formă de felii rotundă, suprafață riguroasă, culoare galbenă	Gust caracteristic fructelor uscate de mere
Vișine uscate	Fructe întregi fără sămburi, culoare roșie închisă	Gust puțin acrișor, miros specific pentru vișine
Prune uscate	Întregi fără sămburi, suprafață șifonată, culoare violetă închisă	Gust și miros caracteristic fructelor uscate de prune
Pudra de măceșe	Culoare roșie-maro	Gust puțin acru corespunzător fructelor de măceșe

*Sunt rezultatele autorului.

Materia uscată a fost în corespundere cu cerințele de calitate pentru fructe uscate și pudra de măceșe (ISO 1994-93; HG nr. 1523 din 29.12.2007). Analiza senzorială a demonstrat că gustul, mirosul și aspectul exterior au fost specifice fiecărui fruct uscat și pudrei de măceșe.

Compoziția chimică a fructelor materiei uscate utilizate pentru fabricarea batoanelor vegetale este prezentată în tabelul 2.4.

Tabelul 2.4. Compoziția chimică a fructelor uscate

Denumirea fructului	Conținut de glucide, g/100g	Aciditate titrabilă	Conținut de acizi organici	Conținut total de polifenoli	Conținut total de flavonoide	Activitate antioxidantă	Referințe
Mere uscate	13,81	0,33 g /100 g raportat la acid malic	1,01-1,85 mg	39,95 - 46,35 mg GAE/100 g	4,42 mg GAE/100g	1453 mg TE/100g	Onivogui et al., 2014 Ghinea et. al., 2022 Karakasova et. al., 2009
Prune uscate	26,8-51,4	0,80 mg/100g	1,1-184 mg	184 mg GAE/100 g	125,78 mg GAE/100g	1,43 μmol TE/g	Stacewicz-Sapuntzakis et al., 2010 Miletić et al., 2019 Shah et al., 2021
Vișine uscate	17,6	0,633 mg /100 g raportat la acid malic	0,21-18,58 mg	488,75 mg GAE/100 g	49,47 mg GAE/100g	1,145 μmol TE/100 g	Ferretti et al., 2010 Ropelewska et al., 2024 Corneanu et al., 2021
Pudră de măceșe	89,07	1,60 g /100 g s.u raportat la acid citric	0,44 - 6,05g/100 g	2482 mg GAE/100 g	41 mg GAE/100 g	1783 mg TE/100g	Igual et al., 2022 Ghendov – Moșanu et al., 2020 Adamczak et al., 2012

2.1.9. Materia utilizată la fabricarea biscuiților și iaurtului cu tescovina de mere

Pentru fabricarea biscuiților s-a utilizat materia primă prezentată în tabele 2.5 și 2.6. Caracteristicile senzoriale și indicatorii fizico-chimici a făinii de grâu de calitate superioară utilizată la fabricarea biscuiților a fost în conformitate cu HG nr.68 din 2009.

Tabelul 2.5. Calitatea senzorială și fizico-chimică a făinii de grâu de calitate superioară utilizată la fabricarea biscuiților*

Caracteristici	Condiții de admisibilitate
Aspect și culoare	Culoare albă cu o nuanță cremă
Miros	Miros specific de făină, lipsa mirosurilor de mucegai sau corpuri străine
Gust	Gust specific
Conținut de gluten uscat	11,1±0,1%
Conținut de gluten umed	32,4±0,1%
Fibre alimentare	3,3±0,1 g/100 g s.u
Umiditate	11,2±0,2%
Aciditate	2,30±0,01 grad
Conținut de substanțe minerale	0,43±0,01%
Conținut de grăsime	0,78±0,01 g/100 g s.u

*Rezultatele obținute de autor.

Caracteristica materiei prime utilizate la fabricarea biscuiților este reprezentată în tabelul 2.6 în conformitate cu legislația în vigoare pentru produsele date.

Tabelul 2.6. Caracteristica materiei prime utilizate

Nr. crt.	Materia primă	Document normativ tehnic
1	Zahăr cristal	HG 775 din 2007
2	Unt cu conținut de grăsime 82,5%	HG 434 din 2010
3	Praf de copt	HG 229 din 2013

Caracteristicile senzoriale și indicatorii fizico-chimici ale laptelui utilizat în fabricarea iaurtului au fost analizate în conformitate cu HG nr.158 din 07.03.2019 și sunt prezentate în tabelul 2.7.

Tabelul 2.7. Calitatea senzorială și fizico-chimică a laptelui utilizat la producerea iaurtului* (Bulgaru, Popescu et al., 2023)

Caracteristici	Condiții de admisibilitate
Aspect și consistență	Lichid omogen fără impurități vizibile. Consistență fluidă. Se admite un strat de grăsime care, prin agitare, dispare fără a forma flocoane.
Culoare	Albă, cu nuanță ușor gălbuie, uniformă
Miros	Caracteristic laptelui de consum, fără nuanțe străine
Gust	Plăcut, ușor dulceag caracteristic laptelui de consum
Conținut de grăsime	2,5±0,01 %
Conținut de substanță uscată degresată	8,20±0,02 %
Conținut proteic, %	2,9±0,02 %
Lactoză	4,66±0,02%
Conținut de săruri minerale	0,70±0,01 %
Densitate	1,028±0,01 g/cm ³
Aciditate	18±0,02 °T

*Rezultatele obținute de autor.

Pentru fabricarea iaurtului s-a utilizat lapte cu conținut de grăsime de 2,5% și culturi starter liofilizate de tip DVS,YAB 352B care conține *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delsubrickii* subsp. *bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium*, Sacco, Italia (HG nr. 229 din 2013).

2.2 Metode de cercetare

2.2.1 Determinări chimice și microbiologice

Pentru caracterizarea tescovinei de mere și a extractelor de pectină obținute în cadrul cercetării au fost utilizate un șir de metode analitice, fizico-chimice și microbiologice, care sunt rezumate în tabelul 2.8.

Tabelul 2.8. Metode de analiză utilizate pentru caracterizarea extractelor

Nr	Denumirea metodei	Metoda aplicată	Referințe
1	2	3	4
1	Conținut total de flavonoide (CTF)	La 0,5±0,001 g de extract s-a adăugat 2 mL de apă distilată și 0,15 mL de NaNO ₂ (5%), 0,15 mL AlCl ₃ (10%) și 1 mL NaOH (1M). S-a calculat prin diferența între CTP determinat inițial-martor și CTP a probei. Rezultatele sunt exprimate în mg GAE/100 g s.u.	Spranger et al., 2008
2	Conținut total de carotenoide (CTC)	La 2,0±0,001 g de tescovină de mere s-a adăugat 25 mL de soluție metanol:etil acetic:eter de petrol în proporții de 1:1:1 (v/v/v), 5 mL apă distilată și s-a pus la baie cu ultrasunet pentru 15 min, apoi s-a centrifugat. S-a extras filtratul colorat în trei repetiții. CTC a fost măsurat la lungimea de undă de absorbție maximă ($\lambda_{\max.}=450$ nm). Experimentele au fost realizate în absența luminii. Rezultatele sunt exprimate în mg/100 g s.u.	Pop et al., 2014
3	Conținut total de polifenoli (CTP)	Este metoda spectrofotometrică bazată pe utilizarea reagentului Folin-Ciocalteu. 1,0±0,001 g de probă, dizolvată în 10 mL soluție de etanol 60% (v/v), sonificare la baie cu ultrasunete la temperatura camerei timp de 15 min. După sonificare, extractele au fost centrifugate la 5000 rpm timp - 10 min, filtrate și păstrate în eprubete. TPC-ul a fost determinat prin adăugarea a 0,2 mL de extract, 1 mL de soluție Folin-Ciocalteu și 3 mL de soluție de Na ₂ CO ₃ (20%). Combinația rezultată a fost lăsată să reacționeze timp de o oră în condiții de întuneric. Absorbanța amestecului a fost determinată la $\lambda=765$ nm. Rezultatul a fost exprimat în (mg GAE/100 g s.u.).	Bouyahya et al., 2018
4	Conținut de taninuri (CT)	Este metoda spectrofotometrică bazată pe utilizarea reagentului Folin-Ciocalteu. Absorbanța se măsoară la $\lambda=750$ nm. Rezultatele sunt exprimate în miligrame echivalenți de acid tanic per 100 mg de tescovină uscată (mg TAE/100 g s.u.).	Waterman & Mole, 1994
5	Determinarea conținutului de substanță uscată totală prin uscare la etuvă	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 2.5 $SU = 100 - \frac{M_1 - M_2}{M_1 - M_0} \times 100\%, \quad (2.5)$ 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 1026:1982
6	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 μ mol/L, R ² =0,9992) cu trolox. Rezultatele sunt exprimate în % inhibat și în μ mol trolox echivalenți (TE)/100 g s.u.	Paulpriya et al., 2015
7	Determinarea randamentului de extracție a pectinei (RP)	Sedimentul pectinei extras și uscat în uscătorul convectiv a fost cântărit și în baza datelor s-a calculat RP extrase: $RP = \frac{m}{m_0} \times 100, \quad (2.6)$ unde: m este masa pectinei extrase, g; m_0 - masa inițială a tescovinei de mere, g.	Li et al., 2012

1	2	3	4
8	Determinarea gradului de esterificare (GE)	<p>GE reprezintă conținutul grupelor carboxilice esterificate din macromolecula pectinei. Pentru determinarea GE a fost aplicată formula:</p> $GE = \left[\frac{176 \times OMe(\%)}{31 \times AUA(\%)} \right] \times 100, \quad (2.7)$ <p>unde: <i>OMe</i> reprezintă conținutul grupelor de metoxil, %; <i>AUA</i> este cantitatea de acid anhidrogalacturonic, %.</p>	Suhaila et al., 1995
9	Determinarea masei echivalente (ME)	<p>După o pauză de 30 min din extractele de pectină au fost preluate 25 mL de soluție de pectină, în care s-au adăugat 2-3 picături de fenoftaleină. A urmat titrarea cu soluție de 0,1 N NaOH până la culoarea roz constantă timp de 30 s. ME a pectinei a fost calculată după formula 2.8:</p> $ME = \frac{m \times 1000}{V \times N}, \quad (2.8)$ <p>unde: <i>m</i> - masa pectinei, g; <i>V</i> - volumul de bază utilizat la titrare, mL; <i>N</i> - normalitatea bazei (0,1 N).</p>	Ranganna, 2007
10	Determinarea conținutului de acid anhidrogalacturonic (AUA)	<p>AUA a fost determinat în baza determinării ME și a grupelor metoxil, după formula 2.9:</p> $AUA = \left[\frac{176 \times 0.1z \times 100}{m \times 1000} \right] + \left[\frac{1.76 \times 0.1y \times 100}{m \times 1000} \right], \quad (2.9)$ <p>unde: <i>z</i> reprezintă volumul de NaOH consumat pentru determinarea grupelor metoxil, mL; <i>y</i> - volumul de NaOH consumat pentru determinarea masei echivalente, mL. <i>m</i> - masa probei de pectină, g.</p>	Suhaila et al., 1995
11	Determinarea grupelor metoxil (OMe)	<p>După determinarea ME, la soluție s-a adăugat 25 mL de NaOH (0,25 M), totul a fost agitat bine și lăsat în repaus pentru 30 min la temperatura camerei. Apoi, s-au adăugat altele 25 mL soluție HCl (0,25 M) și s-a titrat excesul de acid cu soluție de 0,1 N NaOH până la culoarea roz. Conținutul de grupe MeO s-a calculat după formula 2.10:</p> $MeO = \frac{V \times N \times 31}{m}, \quad (2.10)$ <p>unde: <i>V</i> reprezintă volume de NaOH utilizat, mL; <i>N</i> - normalitatea bazei; <i>m</i> - masa probei de pectină, g.</p>	Ranganna, 2007;
12	Determinarea alcalinității	<p>Pentru determinarea alcalinității 0,5±0,001 g de pectină a fost calcinată la 550±2 °C. După calcinare s-a determinat masa cenușii. Apoi cenușa a fost plasată într-un balon cotat cu 25 mL de 0,1 M HCl, amestecul s-a încălzit până la fierbere, răcit apoi titrat cu soluție de 0,1 M NaOH în prezența fenoftaleinei. S-a utilizat soluția blank (25 mL de 0,1 M HCl). Alcalinitatea a fost calculată după formula 2.11:</p> $Alcalinitate = \frac{(V_1 - V_2) \times N \times 60 \times 100}{m \times 1000}, \quad (2.11)$ <p>unde: <i>V</i>₁ este volumul soluției, mL; <i>V</i>₂ - volumul alcalin utilizat pentru titrare, mL; <i>N</i> - normalitatea alcalină (0,1 N); <i>m</i> - masa probei de pectină, g.</p>	Virk & Sogi, 2004

1	2	3	4
13	Metoda de electroforeza capilară pentru determinarea acizilor organici și glucidelor	Reprezintă metoda de separare electroforetică care are loc cu ajutorul unor capilare cu diametre submilimetrice. Este utilizată pentru detectarea și cuantificarea acizilor organici și a glucidelor. La 100,0±0,001 mg de probă s-a adăugat 1 mL de soluție de extracție, s-a amestecat bine timp de 10 s, apoi proba a fost plasată pentru pauză la temperatura camerei timp de 1 oră. Probele au fost centrifugate timp de 10 min apoi citite la unde de 230 nm pentru glucide și 254 nm pentru acizi organici. Rezultatele au fost exprimate în g/L.	Schmitt-Kopplin, 2008
14	Determinarea conținutului de cenușă	Într-un creuzet de porțelan curat, uscat și tratat s-a cântărit 5,0±0,001 g de produsul analizat. La etapa inițială, proba s-a uscat la temperatura de 125 ± 1°C, apoi s-a supus arderii până la carbonizare la flacăra unui bec de gaz timp de 10-15 minute. După terminarea operației de carbonizare, creuzetele au fost introduse în cuptorul de calcinare reglat la temperatura de 525±25 °C timp de 6-8 ore neîntrerupt. Conținutul de cenușă s-a calculat conform formulei 2.12: $\text{Cenușă, \%} = \frac{m_1}{m} \times 100, \quad (2.12)$ unde: m_1 – 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 25555.4-91

2.2.2. Metode de determinare a calității alimentelor noi elaborate

În tabelul 2.9 sunt prezentate metodele de analiză utilizate pentru caracterizarea produselor elaborate.

Tabelul 2.9. Metode de analiză utilizate pentru caracterizarea produselor alimentare elaborate

Nr.	Denumirea metodei	Caracteristica metodei	Referințe
1	2	3	4
1.	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
2.	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 10523:2008
3.	Determinarea activității apei	Activitatea reprezintă raportul dintre elasticitatea vaporilor de apă de la suprafața produsului și elasticitatea vaporilor de apă pură la saturație la aceeași temperatură.	ISO 18787:2017
4.	Determinarea conținutului de grăsimi prin metoda Soxhlet	Principiul metodei constă în extragerea substanțelor grase libere din produs cu ajutorul hexanului care se elimină prin evaporare, proba se usucă și se cântăresc substanțele grase.	ISO 659:2009

1	2	3	4
5.	Determinarea conținutului de fibre alimentare	Metoda constă în diferențierea fibrelor în trei categorii: 1: fibre alimentare insolubile cu masă moleculară mare, 2: fibre alimentare rezistente la unii solvenți, 3: fibre alimentare cu masă moleculară mică.	AOAC 985.29 AOAC 991.42
6.	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: $AT = \frac{V \times c \times M}{m} \times V \times 0,1\%, \quad (2.13)$ unde: V - volumul de soluție de NaOH 0,1 N, folosit la titrare, cm ³ ; V_o - volumul total al soluției de analizat obținut la cantitatea de produs luată pentru analiză, cm ³ ; V_I - volumul soluției de analizat luat pentru determinare, cm ³ ; c - concentrația molară a soluției de NaOH, mol/dm ³ ; m - masa produsului luat pentru analiză, g; M - masa molară a acidului organic (malic) care predomină în produsul analizat, g/mol.	ISO 750:1998
7.	Determinarea conținutului de proteină	S-a utilizat metoda Kjeldahl, care se bazează pe determinarea azotului total. Conținutul de proteine s-a calculat conform formulei 2.14: $\text{Proteine, \%} = \frac{(a-b) \times 0,0014 \times 100 \times 100}{G \times V \times 6,25}, \quad (2.14)$ 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 20483:2013
8	Determinarea parametrilor cromatici prin CIELab	Analiza instrumentală a culorii probelor de iaurt a fost efectuată folosind un Chroma Meter CR-400 (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 2.15 $\Delta E^* = \sqrt{(L_i^* - L_o^*)^2 + (a_i^* - a_o^*)^2 + (b_i^* - b_o^*)^2}, \quad (2.15)$ unde: L_o^* , a_o^* și b_o^* sunt valorile probei-martor; L_i^* , a_i^* și b_i^* sunt valorile probei cu adaos de tescovină.	Yilmaz- Ersan et al., 2022

1	2	3	4
9.	Determinarea glutenului umed	Separarea sub formă de gluten a substanțelor proteice prin spălare cu apă curgătoare a aluatului pregătit din proba de făină și apă după formula $G_{g.u.} = \frac{M_g \cdot 100}{M_f}, \quad (2.16)$ unde: M_g – masa glutenului, g; M_f – masa făinii, g.	GOST 27839-88
10	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 gumenozității au fost calculate din profilele obținute folosind software-ul furnizat de Stable Microsystems (Marea Britanie).	Yilmaz-Ersan et al., 2022
11	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.	Varnaite et al., 2022
12	Determinarea vâscozității dinamice	Vâscozitatea dinamică s-a determinat datorită rezistenței cilindrului mobil în mediul cercetat, care transformă momentul tensiunilor tangențiale în semnale electrice.	Brookfield digital rheometer model DV-III
13	Conținut de umiditate	Conținut de umiditate a fost determinat prin reducerea masei probei încălzite la 105±1 °C până la masa constantă.	AOAC, 2010
14	Alcalinitate	Alcalinitatea s-a determinată prin titrare cu soluția acidului clorhidric 0,1 N folosind albastru de bromtimol ca indicator. $A = \frac{K \cdot V \cdot V_1 \cdot 100}{V_2 \cdot m \cdot 10}, \quad (2.17)$ unde: K – factor de corecție pentru o soluție de acid clorhidric sau sulfuric de 0,1 mol/dm utilizată pentru titrare; V – volumul soluției de acid sulfuric sau clorhidric utilizat pentru titrare, cm; V_1 – volumul de apă distilată luat pentru a dizolva proba, cm; V_2 – volumul filtratului luat pentru titrare, cm; m – masa produsului, g; 10 – factor de conversie pentru o soluție de acid sulfuric sau clorhidric cu o concentrație de 0,1 mol/d.	GOST 5898-87
15	Indice de îmbibare	Indice de îmbibare s-a bazat pe stabilirea unei creșteri a masei produsului făinos scufundat în apă la temperatura de 20°C timp 2 min $I = \frac{m - m_1}{m_2 - m_1} \cdot 100 \quad (2.18)$ unde: m – masa suportului cu produs umed, g; m_1 – masa suportului fără produs, g; m_2 – greutatea suportului cu produs uscat, g.	GOST 10114-80
16	Determinarea numărului total de microorganisme NTG.	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.	ISO 4833-2:2013/COR 1:2014

Metodele pentru determinarea valorii biologice a produselor elaborate sunt aceleași ca și pentru extracte (tabelul 2.8).

2.3. Reactivi chimici și mediile microbiologice utilizate în cercetare

Partea experimentală a cercetării a fost asigurată cu o serie de reactivi chimici și medii microbiologice care sunt reprezentate în tabelul 2.10, unde s-a inclus și destinația acestora.

Tabelul 2.10. Reactivi chimici și materiale de laborator

Nr.	Denumire/ Formula	Caracteristica/Producător	Destinația
1.	2,2-difenil-1-picrilhidrazil-hidrat (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-etilbenziazolin-6-sulfonic acid)diamoniu (ABTS)	99%; Alfa Aesar, Germania	Analiza spectrofotometrică
4.	Acetonitril (CH ₃ CN)	≥ 99.9 %, Sigma-Aldrich (Merck KgaA, Darmstadt, Germany)	Analize fizico-chimice
5.	Acid acetic glacial (C ₂ H ₄ O ₂)	90%; Sigma, Germania	Analiza spectrofotometrică
6.	Acid citric monhidrat (C ₆ H ₈ O ₇)	Chemapol, Czech Republic	Analize fizico-chimice
7.	Acid clorhidric (HCl)	37%; Sigma, Germania	Analize fizico-chimice
8.	Acid galic	≥98%; Sigma, Germania	Analiza spectrofotometrică
9.	Acid sulfuric (H ₂ SO ₄)	99,99%, Sigma, Germany	Analize fizico-chimice
10.	Alcool etilic (C ₂ H ₅ OH)	Chemapol, Czech Republic	Analiza spectrofotometrică
11.	Carbonat de sodiu (Na ₂ CO ₃)	99%; Sigma, Germania	Analize fizico-chimice
12.	Clorură de aluminiu (AlCl ₃)	(≥98%); Sigma, Germania	Analize fizico-chimice
13.	Clorură de sodiu (NaCl)	Chemapol, Czech Republic	Analize fizico-chimice
14.	Dietil eter	Chemapol, Czech Republic	Analize fizico-chimice
15.	Fenoltaleină (C ₂₀ H ₁₄ O ₄)	95%; Sigma, Germania	Analize fizico-chimice
16.	Folin-Ciocalteu	98%; Zedelgem, Belgia	Analiza spectrofotometrică
17.	Hidroxid de potasiu (KOH)	9 %; Sigma, Germania	Analize fizico-chimice
18.	Hidroxid de sodiu (NaOH)	98%; Sigma, Germania	Analize fizico-chimice
19.	Iodură de potasiu (KI)	98%; Sigma, Germania	Analize fizico-chimice
20.	Metanol (CH ₃ OH)	99,8%; Sigma, Germania	Analiza spectrofotometrică
21.	<i>n</i> -hexan (CH ₃ (CH ₂) ₄ CH ₃)	Chemapol, Czech Republic	Analize fizico-chimice
22.	Pepsină	ICN Nutritional Biochemicals	Analize fizico-chimice
23.	Sulfat de cupru (CuSO ₄ ×5H ₂ O)	≥98.0%, Sigma, Germany	Analize fizico-chimice
24.	Tiosulfat de sodiu (Na ₂ S ₂ O ₃)	99,5%; Sigma, Germania	Analize fizico-chimice
25.	Bulion de carne cu agar (BCA)	ICN Nutritional Biochemicals	Analiza microbiologică
26.	Mediu Sabouraud	ICN Nutritional Biochemicals	Analiza microbiologică

2.4. Prelucrarea matematică a rezultatelor experimentale

2.4.1 Prelucrarea statistică a rezultatelor

Calcululele au fost efectuate în trei repetări și sunt prezentate ca valori medii \pm eroarea standard a mediei. Pentru prelucrarea statistică s-a utilizat programul Microsoft Office Excel 2007 (Microsoft, Redmond, WA, SUA). Analiza unidirecțională a varianței (ANOVA) conform testului Tukey la un nivel de semnificație de $p \leq 0,05$ a fost făcută cu software-ul Statgraphics, Centurion XVI 16.1.17 (Statgraphics Technologies, Inc., The Plains, VA, SUA).

2.4.2. Modelele matematice empirice aplicate în cercetarea cineticii de uscare a tescovinei de mere

Pentru modelare matematică, cinetica procesului de uscare a tescovinei de mere a fost estimată utilizând ca bază modificările conținutului redus de umiditate (MR):

$$MR = u_{\tau}/u_0, \quad (2.19)$$

unde: u_{τ} este conținut de umiditate în timpul procesului de uscare a tescovinei de mere, g;

u_0 - conținut inițial de umiditate în tescovina de mere, g.

u_{ech} din această ecuație a fost ignorată deoarece valoarea sa este ne semnificativă în raport cu u_0 și u_{τ} . Acest tip de simplificare este frecvent utilizat și are un efect redus asupra rezultatelor cineticii de uscare (Motevali et al., 2014).

Au fost utilizate următoarele modele matematice empirice: Newton, Pege, Henderson și Pabis, Logaritmice, Wang și Singh, Logistic și Midilli, aplicând programul MATLAB (MathWorks, Inc., Natick, MA, SUA), tabelul 2.11.

Tabelul 2.11. Modelele matematice empirice utilizate în cercetarea cineticii de uscare a tescovinei de mere

Model matematic empiric	Ecuția modelului matematic empiric	Referința
1	2	3
Newton	$MR = M_{\tau}/M_0 = \exp(-k\tau), \quad (2.20)$ <p>unde: M_{τ} – conținut de umiditate în timpul procesului de uscare, g; M_0 – conținut inițial de umiditate, g; τ – timpul uscării, min; k – constanta ecuației.</p>	Ahmadinejad et al., 2007
Page	$MR = \exp(-k\tau^n), \quad (2.21)$ <p>unde: τ – timpul uscării, min; k – constanta ecuației; n – exponentă ecuației.</p>	Page, 2016

1	2	3
Henderson și Pabis	$MR = a \times \exp(-k\tau) \quad (2.22)$ unde: τ – timpul uscării, min; k – constanta ecuației; a - coeficientul ecuației.	Henderson & Pabis, 1961
Logaritmice	$MR = a \times \exp(-k\tau) + b, \quad (2.23)$ unde: τ – timpul uscării, min; k – constanta logaritmică; a, b – coeficienți logaritmici.	Kingsly et al., 2007
Wang și Singh	$MR = 1 + a\tau + b\tau^2, \quad (2.24)$ unde: τ – timpul uscării, min; a, b – coeficienții ecuației.	Kaveh et al., 2020
Logistic	$MR = a / (1 + b \times \exp(k \times \tau)) \quad (2.25)$ unde: τ – timpul uscării, min; k – constanta ecuației; a, b – coeficienții ecuației.	Kaveh et al., 2020
Midilli	$MR = a \times \exp(-k \times \tau^n) + b \times \tau, \quad (2.26)$ unde: τ – timpul uscării, min; k – constanta ecuației; n – exponenta ecuației; a, b – coeficienții ecuației.	Midilli et al., 2002

Au fost calculate valorile coeficientului de determinare R^2 și valorile eroarii rădăcinii medii pătrată (RMSE) conform formulei 2.27:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{n}}, \quad (2.27)$$

unde: \hat{y}_i este valoare prevăzută;

y_i - valoare observată;

n - numărul de măsurători

2.4.3 Aplicarea informației mutuale în modelarea matematică

Analiza datelor ca influență asupra diversilor parametri constituie informația mutuală, care se stabilește prin relația:

$$I(X; Y) = H(X) - H(X|Y) \quad (2.28)$$

Informația mutuală reprezintă o măsură cantitativă a reducerii incertitudinii mărimii X dacă se cunoaște mărimea Y . În formula (2.29) intervine entropia condiționată, care se stabilește în conformitate cu relația:

$$H(X|Y) = -\sum_x \sum_y p(x, y) \log_2 p(x|y) \quad (2.29)$$

în care $p(x,y)$ reprezintă densitatea de probabilitate comună a variabilelor X și Y .

Analiza mutuală constituie un concept ce oferă măsura cantitativă a reducerii incertitudinii, deci a creșterii gradului de predicție. Cu cât unitățile analizei mutuale are valori mai mari, cu atât incertitudinile sunt mai mici și deci predicțiile mai ridicate. Pentru a determina influența pH-ului mediului de extracție cu ultrasunete și cu microunde asupra randamentului pectinei, a masei echivalente, a conținutului de metoxil, a conținutului de acid anhidrouronic, a gradului de esterificare, a conținutului total de polifenoli și a activității antioxidante, iar în producerea iaurtului pentru a determina influența duratei de păstrare și a concentrațiilor de tescovină de mere adăugat la iaurt asupra parametrilor texturii și a analizei senzoriale s-a realizat analiza pe baza programului MATLAB (MathWorks, Inc., Natick, MA, SUA) având valorile informației mutuale, măsurate în biți.

Concluzii la capitolul 2

S-a analizat compoziția fructelor de mere (Golden Delicios) și a tescovinei obținute la stoarcerea sucului, materiei prime utilizate la fabricarea alimentelor noi. A fost descrisă metodologia de extracție a pectinei din tescovina de mere prin metode neconvenționale (UAE și MAE) și prezentate condițiile de extracție: pH solventului, RSL, durata de extracție și amplitudinea/puterea magnetronului.

A fost determinată metodologia de caracterizare a extractelor privind conținutul de CBA, AA și parametrilor fizico-chimici a pectinei.

A fost stabilită metodologia de analiză a calității senzoriale, fizico-chimice, parametrilor de textură, culorii și stabilității microbiologice alimentelor noi elaborate cu pectină și tescovină de mere.

În capitol a fost prezentată metodologia de calcul a caracteristicilor statistice, modelelor matematice empirice pentru descrierea cineticii procesului de uscare și analizei informației mutuale privind influența parametrilor de intrare asupra celor de ieșire.

3. METODE NECONVENȚIONALE DE EXTRACȚIE A PECTINEI DIN TESCOVINA DE MERE ȘI CARACTERISTICA FIZICO-CHIMICĂ A ACESTEIA

În acest capitol a fost cercetată cinetica procesului de uscare a TM (curbele de uscare și curbele vitezei de uscare) și determinați coeficienții K_I și K_{II} la diferite temperaturi ale agentului termic. S-a analizat influența condițiilor de uscare asupra conținutului de CBA și AA. Au fost stabilite șapte modele matematice empirice care descriu curbele de uscare a tescovinei de mere la diferite temperaturi. Din TM uscată a fost extrasă pectina prin metode neconvenționale (UAE și MAE) în diferite condiții de extracție. S-a cercetat influența condițiilor de extracție asupra caracteristicilor fizico-chimice, valorii biologice și AA a pectinei extrase.

3.1 Studiul cineticii procesului de uscare a tescovinei de mere în funcție de temperatura agentului termic

TM având o umiditatea ridicată, este supusă unor procese microbiologice nedorite (mușcăire) și biochimice (proces de fermentare), ce pot afecta calitatea și siguranța pectinei extrase. Una din metodele de conservare a tescovinei este uscarea convectivă care are anumite avantaje: păstrarea valorii biologice a CBA (polifenolilor, flavonoidelor, taninurilor, carotenoizilor etc.) și AA (Heras-Ramírez et. al., 2012); degradarea enzimelor ce sunt responsabile de degradarea oxidativă a pigmentilor de culoare (ElGamal et.al., 2023); împiedicarea dezvoltării coloniilor de microorganisme patogene și a proceselor fermentative. Astfel, tescovina de mere uscată poate fi recomandată ca ingredient individual la fabricarea alimentelor noi.

Cercetarea procesului de uscare a TM este necesară pentru a înțelege mecanismul de transport de căldură și masă, și este o condiție prealabilă pentru descrierea matematică a întregului proces. Modelarea procesului, calculul coeficienților cinetici, construirea curbelor de uscare și curbelor vitezei de uscare în funcție de temperatura agentului termic joacă un rol important în optimizarea condițiilor de uscare industrială a TM (Tulej & Głowacki, 2022).

Pentru uscarea convectivă a TM, s-a utilizat temperatura agentului termic în diapazonul 60 - 80 °C, viteza agentului termic fiind de $1,5 \pm 0,1$ m/s. Umiditatea inițială a tescovinei a fost $80,22 \pm 0,05$ %, iar umiditatea finală - $12,00 \pm 0,05$ %.

În fig. 3.1 sunt prezentate curbele de uscare a tescovinei de mere uscate la temperaturi de 60, 70, 80 °C. Analizând curbele de uscare a TM se constată micșorarea duratei de uscare în dependență de creșterea temperaturii agentului termic.

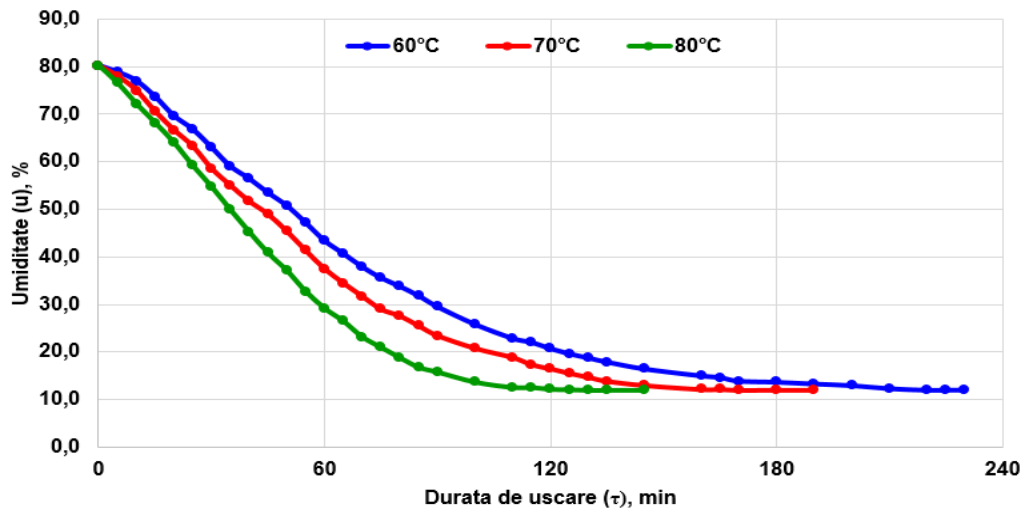


Fig. 3.1. Curbele de uscare a tescovinei de mere la diferite temperaturi ale agentului termic.

Pentru temperatura de 60 °C durata de uscare a fost de 230 min, pentru 70 °C – s-a redus până la 190 min, iar pentru 80 °C – 145 min. Astfel, modificarea temperaturii agentului termic de la 60 la 80 °C, a redus durata de uscare de 1,6 ori . Michalska et al., (2019) au menționat, că pe parcursul uscării tescovinei de prune în intervalul de temperaturi 60 - 80 °C, timpul de uscare s-a redus cu 50%, ceea ce a influențat conținutul de acizi organici în structura tescovinei. Alți cercetători au demonstrat că tescovina de struguri, de la umiditatea inițială de $49,36 \pm 3,45\%$ până la cea finală de $8,32 \pm 0,96\%$, s-a uscat timp de 12 ore la temperatura de 35 °C, 5 ore la 50 °C și 3 ore la temperatura agentului termic de 70 °C, ceea ce a demonstrat că există o dependență indirectă dintre creșterea temperaturii agentului termic și reducerea timpului de uscare (Sokač et al.,2022). Balan M., (2022) a demonstrat că există o dependență între creșterea temperaturii agentului termic și reducerea duratei de uscare a semințelor de struguri. Astfel, mărirea temperaturii de la 60 la 100 °C a condus la reducerea procesului de uscare de 1,4 ori (adică de la 500 la 350 min). În cazul feliilor de piersici, Vișanu V., (2018), de asemenea, a demonstrat ca la creșterea temperaturii agentului termic de la 50 la 90 °C, durata de uscare s-a micșorat de la 155 min până la 70 min respectiv, adică de 2,2 ori. Kumar et al., (2012) au cercetat procesul de uscarea convectivă a tescovinei de morcov, în care viteza agentului termic a fost 0,7 m/s, iar temperatura agentului termic a variat în intervalul de 60 - 75 °C, demonstrând reducerea timpului de uscare de la 250 la 200 min datorită creșterii temperaturii agentului termic. Murlidhar et al., (2019) au cercetat procesul de uscare convectivă a feliilor de sfeclă roșie la temperaturile de uscare de 50, 55, 60, 65 și 70 °C, înregistrând timpul de uscare de 660, 630, 420, 400 și, respectiv, 390 min. În urma analizei s-a constatat reducerea timpului de uscare cu 36,36 %, comparând duratele

proceselor de uscare la temperaturile de 50 și 60 °C, și cu 40,90 % la temperaturile de 60 și 70 °C, ceea ce a marcat, că viteza procesului de uscare a scăzut odată cu creșterea timpului de uscare. Deng et al., (2020) au raportat, că influența condițiilor de uscare convectivă a cojilor de portocale, a influențat cinetica uscării și calitățile senzoriale a acestora demonstrând, că timpul de uscare a cojilor a scăzut de la 150 la 75 min pe măsură ce temperatura agentului termic a crescut de la 50 la 70 °C. Analiza curbelor de uscare a tescovinei de mere Antonovka, Lobo, Cortland, Malinówka, Jonagold au demonstrat, că creșterea temperaturii agentului termic a influențat cinetica uscării tescovinei. De exemplu, pentru a atinge u_{ech} în probele uscate la temperatura de 40 °C, timpul de uscare a fost de 270 min, în timp ce pentru probele uscate la 80 °C durata a constituit 120 min (Tulej & Głowacki, 2022).

În fig. 3.2 sunt prezentate curbele vitezei de uscare a TM la diferite temperaturi ale agentului termic.

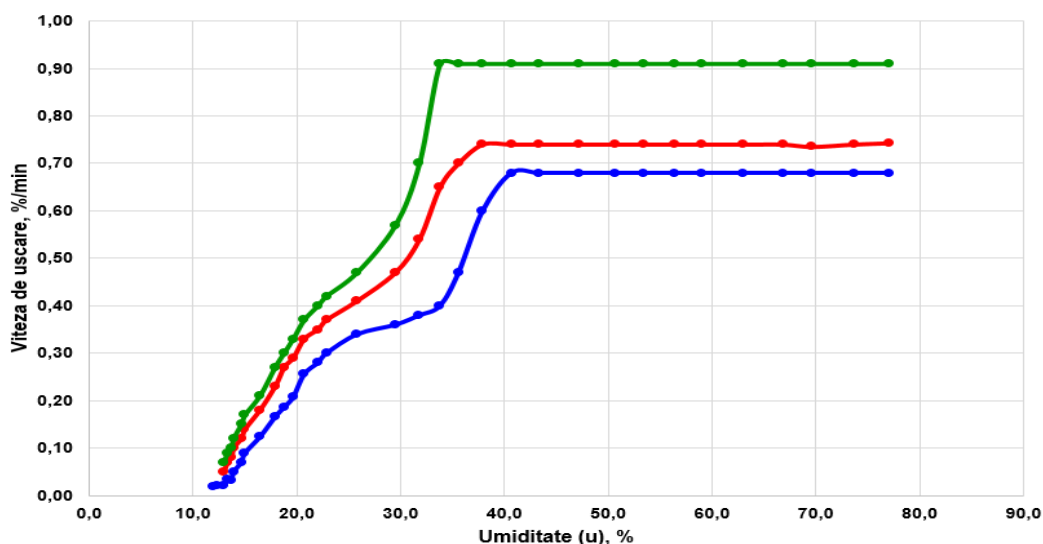


Fig. 3.2. Curbele vitezei de uscare a tescovinei de mere la diferite temperaturi ale agentului termic

Procesul de uscare prin convecție cu aer cald include atât transfer de căldură, cât și transfer de masă, în timp ce apa este eliminată prin difuzie (Calín-Sánchez et al., 2020). Caparino et al., (2005) au raportat că procesul de difuzie a umezelei în aliment și la suprafața lui prezintă un sistem complex în care factorul - cheie este controlul vitezei de uscare.

Curbele vitezei de uscare (fig. 3.2) au demonstrat prezența perioadei vitezei constante de uscare (prima perioadă) și perioada vitezei variabile de uscare (a doua perioadă). În urma analizei curbelor vitezei de uscare s-a evidențiat creșterea vitezei de uscare în prima perioadă de 1,36 ori (0,66 %/min - 60°C; 0,72%/min - 70°C; 0,90 %/min - 80°C).

Balan, (2022) a demonstrat că valoarea vitezei de uscare maximală se mărește odată cu creșterea temperaturii agentului de uscare. La temperatura de 60 °C ea constituie 0,31 %/min, iar la temperaturile 70, 80, 90 și 100 °C valorile fiind 0,39; 0,48; 0,55 și 0,63 %/min respectiv. După cum se observă, viteza de înlăturare a umidității în intervalul temperaturilor 60 - 100 °C a crescut aproximativ de 2 ori (Balan, 2022). Vișanu, (2018) a constatat, că odată cu creșterea temperaturii agentului termic de la 50 °C până la 90 °C, viteza de uscare în prima perioadă de uscare a crescut de la 0,33 %/min până la 0,8 %/min respectiv.

Totodată, se atestă o creștere a coeficientului de uscare în prima perioadă K_I de 1,04 ori și în cea de-a doua perioadă K_{II} de 1,49 ori. În baza rezultatelor și graficelor curbelor de uscare și curbelor vitezei de uscare au fost calculate caracteristicile cinetice ale procesului de uscare prezentate în tabelul 3.1 (Ceșko et al., 2023a).

Tabelul 3.1. Caracteristicile cinetice ale procesului de uscare convectivă a tescovinei de mere

t, °C	$(du/d\tau)_I$, %/min	$(du/d\tau)_I$, %/s	K_I , %/(m ² ·s·kg/ kg a.u.)	$K_{II} \cdot 10^4$, s ⁻¹	Timpul primei perioade, min	Timpul a doua perioadei, min	Timp total min
60	0,66	0,011	45,8	3,32	65	165	230
70	0,72	0,012	46,5	3,68	60	130	190
80	0,90	0,015	47,7	4,81	55	90	145

*Limita de încredere de 95%.

Rezultatele din tabelul 3.1 denotă, că odată cu mărirea temperaturii agentului termic de la 60 la 80 °C, s-a redus durata de uscare în prima perioada cu 15,4% , cea de-a doua – cu 45,4%. Modificarea temperaturii de uscare nu a influențat semnificativ caracterul general al curbelor vitezei de uscare. Analiza graficelor curbelor vitezei de uscare, în perioada vitezei variabile de uscare, a evidențiat al doilea punct critic care s-a deplasat de la 34% (60 °C) la 26% (80 °C). Aceasta a demonstrat, că odată cu creșterea temperaturii agentului termic, are loc creșterea valorilor caracteristicilor cinetice (Cesko et al., 2022d). În intervalul temperaturilor al agentului termic 60 - 80 °C, în cazul coeficientului K_I valorile au crescut cu 4%, iar pentru K_{II} cu 44%, astfel, demonstrând influență asupra perioadei vitezei variabile de uscare (perioada a doua). Se atestă, că în timpul uscării convective, se împiedică eliminarea umezelii din tescovina de mere datorită orientării opuse a gradientului de temperatură și de umiditate în cazul uscării convective (Calín-Sánchez et al., 2020).

Lupu, (2005) a menționat că la uscarea convectivă a fructelor de caise, constanta vitezei de uscare în prima perioadă a fost influențată de creșterea temperaturii agentului termic de la 60 până la 100 °C de 1,4 ori, iar în a doua perioadă s-a mărit de 2,77 ori caracterizându-se prin intensificarea

schimbului de masă și căldură. Alți autori au cercetat procesul convectiv de uscare a fructelor de vișine și au evidențiat două perioade de uscare. Prima perioadă de uscare a constituit aproximativ 30% din întregul interval de timp. Odată cu majorarea temperaturii agentului de uscare, viteza de uscare în prima perioadă a crescut de la 0,01 %/s la 60 °C până la 0,06 %/s la 100 °C. Cea de-a doua perioadă de uscare se începe odată cu atingerea valorilor critice a umidității produsului caracterizându-se printr-o descreștere a vitezei. La modificarea temperaturii agentului de uscare, constanta vitezei în prima perioadă K_I a crescut de 3,2 ori, iar constanta vitezei în a doua perioada K_{II} a crescut de 4,7 ori (Moșanu, 2005).

Modelele matematice sunt instrumente care facilitează foarte mult simularea și optimizarea, proiectarea și controlul proceselor de uscare. Pentru modelare matematică, cinetica procesului de uscare a TM a fost realizată pe modificările MR . Au fost folosite 7 modelele matematice empirice pentru descrierea cineticii procesului de uscare. Valorile coeficienților de determinare (R^2) și erorii rădăcinii medii pătrate (RMSE) pentru șapte modele empirice, utilizate pentru a expune cinetica procesului de uscare a TM bazate pe modificările MR la diferite temperaturi al agentului termic sunt prezentate în tabelul 3.2.

Tabelul 3.2. Analiza modelelor matematice empirice care descriu cinetica procesului de uscare a tescovinei de mere bazate pe modificările MR la diferite temperaturi ale agentului termic

Model matematic empiric	Probe de tescovină mere					
	60 °C		70 °C		80 °C	
	R^2	RMSE	R^2	RMSE	R^2	RMSE
Newton	0,9848	0,0349	0,9868	0,0324	0,9813	0,0394
Page	0,9866	0,0332	0,9899	0,0289	0,9882	0,0319
Henderson și Pabis	0,9891	0,0300	0,9911	0,0272	0,9870	0,0335
Logaritmic	0,9923	0,0256	0,9922	0,0259	0,9871	0,0340
Wang și Singh	0,9942	0,0218	0,9958	0,0185	0,9937	0,0234
Logistic	0,9895	0,0300	0,9911	0,0276	0,9882	0,0326
Midilli	0,9996	0,0056	0,9996	0,0061	0,9874	0,0337

*Limita de încredere de 95%.

Valorile R^2 , care indică eficacitatea procedurii de uscare la diferite temperaturi ale agentului termic, au fost cuprinse între 0,9848 și 0,9996 (la temperatura de 60 °C); 0,9862 și 0,9996 (la temperatura de 70 °C) și 0,9813 și 0,9937 (la temperatura de 80 °C).

Valorile RMSE au fost calculate în intervalul de la 0,0056 până la 0,0349 (la 60 °C); de la 0,0061 până la 0,0324 (la 70 °C) și de la 0,0234 până la 0,0394 (la 80 °C). Coeficienții, exponențele

și constantele ecuațiilor ce descriu cinetica de uscare convectivă a tescovinei de mere la diferite temperaturi sunt prezentate în tabelul 3.3.

Fidelitatea maximă față de datele experimentale a fost obținută prin modelul Midilli, fundamentată printr-o valoare ridicată de R^2 care a constituit 0,9996 (pentru 60 și 70 °C) și modelul Wang și Singh, R^2 fiind 0,9937 (pentru 80 °C).

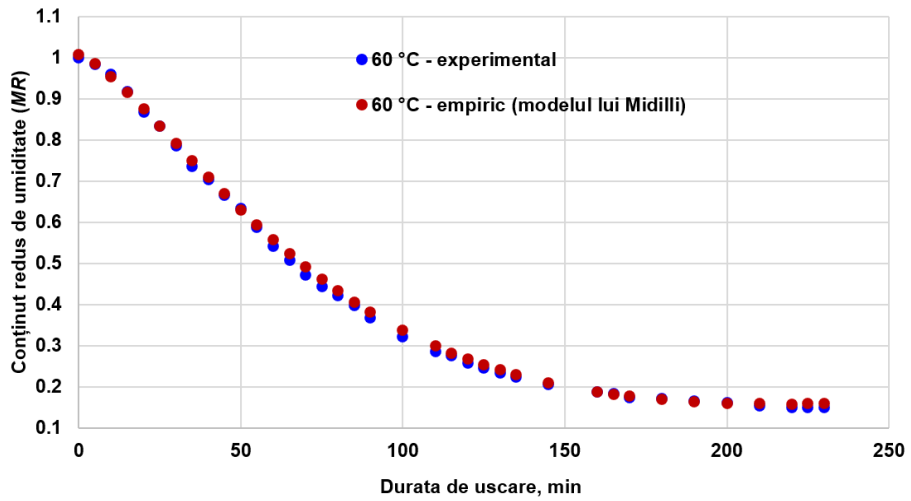
RMSE preminent înregistrat în cadrul acestor modele a variat în intervalul 0,0234 – 0,0061, afirmând congruența optimă a acestora cu datele empirice.

Tabelul 3.3. Valorile parametrilor din modelele matematice empirice care descriu procesul de uscare convectiv a tescovinei de mere

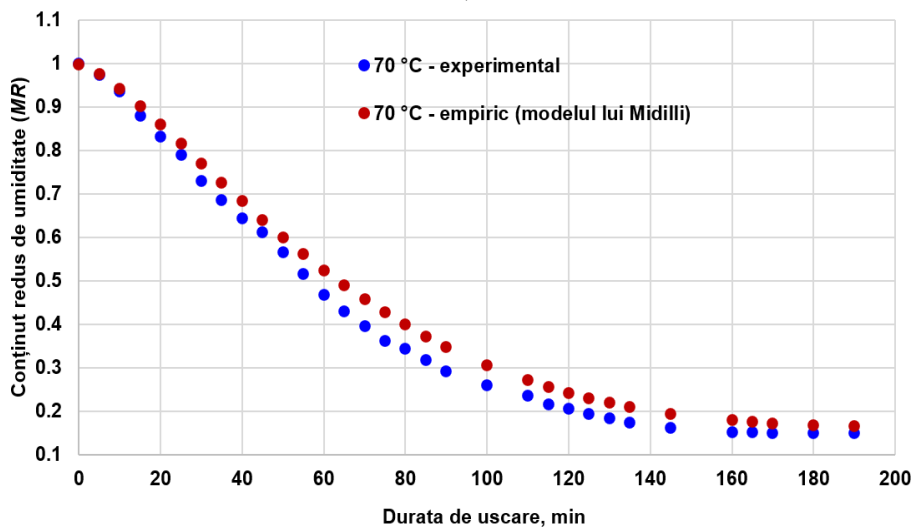
Probe	Model matematic	Coeficienți*			
		a	B	n	k, min ⁻¹
60 °C	Newton	-	-	-	0,010
	Page	-	-	1,072	0,007
	Henderson și Pabis	1,052	-	-	0,011
	Logaritmic	1,011	0,06527	-	0,013
	Wang și Singh	-0,009	2,272e-05	-	-
	Logistic	-5,726	-6,379	-	0,010
	Midilli	1,008	0,0006	1,317	0,003
70 °C	Newton	-	-	-	0,012
	Page	-	-	1,096	0,008
	Henderson și Pabis	1,051	-	-	0,013
	Logaritmic	1,023	0,042	-	0,014
	Wang și Singh	-0,010	3,257e-05	-	-
	Logistic	36,81	34,09	-	0,013
	Midilli	0,998	0,0007	1,341	0,003
80 °C	Newton	-	-	-	0,016
	Page	-	-	1,153	0,0083
	Henderson și Pabis	1,061	-	-	0,0168
	Logaritmic	1,051	0,014	-	0,017
	Wang și Singh	-0,01345	5,244e-05	-	-
	Logistic	3,958	2,807	-	0,0197
	Midilli	1,068	0,0001	1,0	0,0174

Notă: a și b – coeficienții ecuațiilor; n - exponentă; k – coeficient de uscare. *Limita de încredere de 95%.

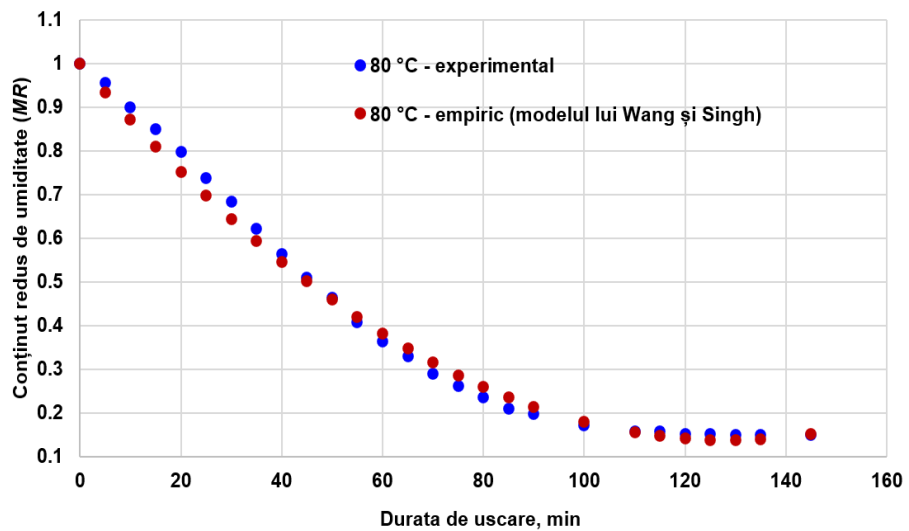
Fig. 3.3 prezintă comparația dintre MR experimental și empiric conform modelului lui Midilli (a și b) pentru temperaturile de 60 și 70 °C și modelului lui Wang și Singh (c) pentru 80 °C.



a)



b)



c)

Fig. 3.3. Comparația dintre MR experimental și empiric conform modelului lui Midilli pentru temperaturile studiate: a) 60 °C; b) 70 °C și Wang și Singh c) 80 °C.

Modelul Midilli, este unul dintre modelele empirice, care cel mai des se utilizează și cel mai bine evaluează cinetica de uscare convectivă, demonstrate în mod coerent în diverse studii, inclusiv cercetări asupra cojilor și semințelor de trappie (Moura et al., 2021), aronia (Tasikin, 2020), ceapă (Roman et al., 2020) și tescovina de pere (Krajewska et al., 2024).

3.2. Analiza influenței agentului termic asupra CBA în tescovina de mere

Tescovina de mere este o sursă bogată în CBA, nutrienți benefici pentru sănătate având AA, antiinflamatorie, antibacteriană și antivirală (Skinner et al., 2018). S-a cercetat influența temperaturii agentului termic asupra CTP, CTC, CT și AA. Rezultatele cercetării sunt prezentate în tabelul 3.4 (Ceško et al., 2023a).

Tabelul 3.4. Influența temperaturii agentului termic asupra conținutului de CBA din tescovina de mere*

Temperatura, °C	Conținut total de polifenoli, mg GAE/ 100 g s.u.	Conținut de taninuri, mg TAE/ 100 g s.u.	Conținut total de caratenoide, mg/100g s.u.	Activitate antioxidantă (DPPH), μmol TE/100g s.u.
80	586,93±22,36 ^a	63,54±3,40 ^{a,b}	3,66±0,64 ^{a,b}	62,45±1,20 ^a
70	728,82±28,50 ^c	78,91±1,28 ^c	4,93±0,13 ^c	74,94±1,08 ^b
60	611,44±26,41 ^{a,b}	66,14±2,18 ^b	3,19±1,20 ^a	62,90±1,05 ^a

*Valorile din tabel reprezintă mediile a trei încercări replicate ± abaterea standard. Litere (^{a-c}) desemnează rezultate diferite din punct de vedere statistic ($p \leq 0,05$).

S-a constatat, că la mărirea temperaturii agentului termic de la 60 la 80 °C au fost înregistrate următoarele valori ale CTP: 611,44 mg GAE/100 g s.u. la temperatura de 60 °C, 728,82 GAE/100 g s.u. la 70°C și 589,93 GAE/100 g s.u. la 80 °C, demonstrând un conținut ridicat de CTP la temperatura de 70 °C. Aceasta, se datorează faptului, că temperaturile ridicate au condus la deteriorarea peretelui celular și au declanșat eliberarea enzimelor polifenoloxidazei și peroxidazei, contribuind la reducerea conținutului de compuși fenolici (Ceško et al., 2021b). Polifenolii sunt compuși bioactivi labili la căldură. Degradarea termică este cel mai frecvent mecanism folosit pentru a explica scăderea randamentului de polifenoli în timpul uscării. Temperaturile ridicate pot provoca modificări ireversibile ale structurii chimice a compușilor fenolici sensibili la căldură (Bustos et al., 2018). Aceste modificări, afectează reactivitatea grupelor funcționale, care interacționează cu reactivul Folin-Ciocalteu, explicând retenția scăzută de CTP observată la cea mai ridicată temperatură a agentului termic (Waterman & Mole, 1994). Lavelli și Corti, (2011) au evaluat influența diferitor procedee de uscare a tescovinei de mere după o depozitare îndelungată prin determinarea CTP. S-a constatat, că în probele uscate în vid la

temperatura de 40 °C și prin metoda convectivă la 60 °C, au fost înregistrate următoarele valori a compușilor fenolici 130 și 891 GAE/100 g s.u. respectiv. Krasnova & Segliņa, (2019) au analizat CTP în patru soiuri de mere Zarja Alatau, Belorusskoje Malinovoje, Sinap Orlovskij și Antej stabilind următoarele valori: 740 mg GAE/100 g; 739,03 mg GAE/100 g; 584,77 mg GAE/100 g și 716,06 mg GAE/100 g respectiv. O altă sursă menționează că, proprietățile antioxidante ale tescovinei mere uscate exprimate prin CTP, au fost influențate de temperatura de uscare în intervalul 40 – 100 °C înregistrându-se valorile 22,6 - 57,3 mg GAE/100 g s.u. (Liavata et al., 2022).

Asemenea tendințe au fost remarcate și în cazul CT, valorile fiind 66,14 mg TAE/100 g s.u. la temperatura de 60 °C, 78,91 mg TAE/100 g s.u. la 70 °C și 63,54 mg TAE/100 g s.u. la temperatura de 80 °C. Ca și în cazul CTP cel mai mare randament este înregistrat la temperatura de uscare de 70 °C iar cel mai mic la 80 °C. Krasnova & Segliņa, (2019) a demonstrat că concentrația taninurilor determinată în tescovina de mere corespunde valorilor cuprinse între 29,11 și 73,4 mg TAE/100 g s.u., în funcție de soiul merelor testat. Alți autori au marcat că CT din fructe poate varia de la 238 până la 275 mg TAE/100 g produs, fiind în dependență de soi, părțile fructului utilizat, stadiul de maturitate, condițiile de procesare, prezența altor compuși precum și tipuri de teste pentru analiza taninurilor (Youn et al., 2004; Araya-Farias et al., 2008). Waldbauer et al., (2017) au raportat, că există o corelație între CTP și CT cu condițiile de extracție și de modul cum au fost exprimate rezultatele cercetării.

În TM uscată au fost înregistrate următoarele valori al CTC: 3,19 mg/100 g s.u. la temperatura de 60°C, 4,93 mg/100 g s.u. la 70°C și 3,66 mg/100 g s.u. - 80°C. În baza celor expuse s-a observat, că cea mai mare valoare a CTC s-a înregistrat la temperatura de 70 °C. Raut et al., (2021) au demonstrat că în feliile de morcov uscați în intervalul de temperaturi 50 – 70 °C, CTC variază între 0,55 – 0,69 mg/100 g s.u. De asemenea, s-a observat scăderea conținutului de carotenoizi dacă probele sunt expuse uscării îndelungate. Autorii, explică fenomenul dat prin aceea, că uscarea convectivă la temperaturi reduse într-un timp îndelungat a expus carotenoidele la acțiunea oxigenului, provocând degradarea lor. În plus, enzimele lipoxigenaza și peroxidaza participă la oxidarea carotenoidelor. Radenkova et al, (2018) au determinat CTC în tescovina de mere obținută din diferite soiuri de mere: Berzukroga - 14,5 mg/100 g și soiul Bernu Prieks - 5,1 mg/100 g. Cui et al., (2014) a menționat, că majoritatea legumelor și fructelor bogate în carotenoizi, marchează o reducere de 10-20% din CTC în timpul procesului de uscare. Carotenoizii fiind nesaturați, pot fi oxidați rapid pentru a forma molecule simple, iar căldura este un factor important care poate provoca izomerizarea lor.

Rezultatele analizei extractelor de tescovină de mere uscate în intervalul de temperaturi 60 - 80 °C au înregistrat valorile AA determinate prin testul DPPH de la 74,94 până la 62,90 μmol TE/g s.u. respectiv. Dranga et al., (2020) au menționat că AA a tescovinei de mere este direct influențată de prezența CBA, demonstrând că în tescovina de mere Malus Domneasca valorile AA au fost într-un interval de 0,77 - 0,91 mg Trolox/g. Într-un alt studiu, Ying et al., (2016) au demonstrat că activitatea de captare a radicalilor liberi DPPH a fost redusă semnificativ în deșeurile de cartof odată cu creșterea temperaturii de uscare, fiind de $14,26 \pm 0,06 \mu\text{M TE/mg s.u.}$ la temperatura de uscare de 40 °C față de $08,61 \pm 0,01 \mu\text{M TE/mg s.u.}$ la 120 °C. În plus, Gorjanović et al, (2020) au raportat valorile ridicate ale AA în tescovina uscată de mere rezultatele fiind 2,2 și 4,5 mmol TE/100 g s.u. S-a menționat că potențialul antioxidant al tescovinei de mere nu este doar rezultatul prezenței compușilor polifenolici, ci este influențat și de alte substanțe bioactive cu proprietăți antioxidante ca vitaminele C, E, β-caroten etc. (Ying et al., 2016).

S-a analizat corelația între TPC, CT, CTC și AA în tescovina de mere uscată în intervalul temperaturilor agentului termic 60-80 °C, fig. 3.4.

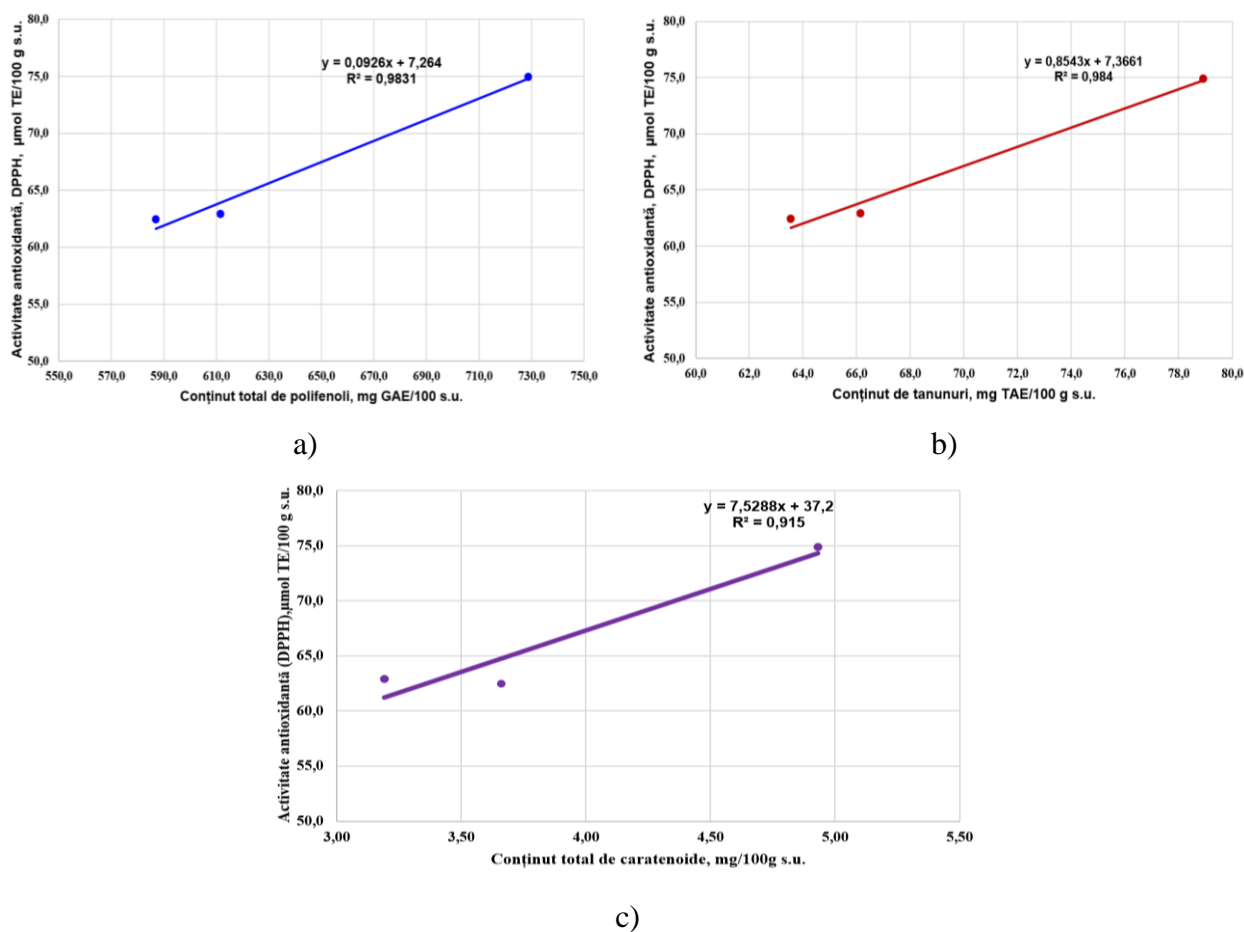


Fig. 3.4 Corelația între CBA și AA în tescovina de mere în funcție de temperatura agentului termic de uscare: a) CTP-AA; b) CT-AA; c) CTC-AA.

S-a demonstrat că toate corelațiile între CBA și AA sunt foarte bune, coeficientul de determinare R^2 fiind de 0,983 (TPC-AA), 0,984 (CT-AA) și 0,915 (CTC-AA). Pentru tescovina de mere uscată la temperatura optimă de 70 °C, la care au fost obținute valori ridicate a conținutului de CBA și AA, s-a determinat conținutul de glucide simple și acizi organici, tabelul 3.5.

Tabelul 3.5. Glucidele simple și acizii organici determinați în tescovina de mere uscată la temperatura de 70 °C

Substanță	Glucide simple, g/L		Acizi organici, g/L			
	Fructoza	Glucoza	Malic	Lactic	Citric	Succinic
Valoare	23,50±0,27	9,58±0,43	1,06±0,02	0,08±0,01	0,014±0,002	0,061±0,001

*Limita de încredere de 95%. Valorile din tabel reprezintă mediile a trei încercări replicate ± abaterea standard.

Dhilion et al., (2013) au determinat în tescovina de mere glucide simple în următoarele cantități: glucoza (22,7%), fructoza (23,6%). Martău et al., (2021) au determinat conținutul de acizi organici în tescovina de mere înregistrând următoarele valori: acid citric $3,77 \pm 0,26$ mg/g și acid malic $13,20 \pm 0,20$ mg/g. Begić-Akagić et al., (2020) au raportat că în tescovina de mere Paradija și Red Delicious valorile compușilor au fost în felul următor: conținut de glucoză - 30,20 g/kg și 29,57 g/kg, fructoză - 53,29 și 57,21 g/kg; acid malic 1,95 și 1,20 mg/g și acid citric 0,96 și 0,67 mg/g.

Astfel, uscarea tescovinei de mere prin metoda convectivă la diferite temperaturi manifestă o influență importantă asupra conținutului de CBA și AA.

3.3. Extracția asistată de ultrasunete (UAE) a pectinei din tescovina de mere

Tescovina de mere conține o varietate de fibre alimentare și se utilizează pentru extracția pectinei, care la interacțiunea cu apa se gelifică, iar în combinație cu zahărul poate fi utilizantă ca agent de îngroșare. UAE este un proces mai puțin distructiv pentru obținerea CBA, compuși care contribuie la creșterea valorii biologice a pectinei atunci când este utilizată ca aditiv natural. În UAE rezultatul depinde de influența mai multor parametri de proces, principalii fiind: amplitudinea ultrasonică, frecvența, temperatura, durata de aplicare și interacțiunea solvent-probă (De Oliveira et al., 2015). Scopul studiului dat a fost de a cerceta influența condițiilor de UAE: durata de aplicare a ultrasunetelor (τ_{UAE} - 15 și 30 min), pH-ul solventului (1,5; 2,0; 2,5,) ajustat cu acid citric) și raportul dintre tescovina de mere și solvent (RSL - 1:10; 1:15; 1:20) asupra randamentului de extracție, masei echivalente (ME),

conținutului de grupe metoxil (OMe), gradului de esterificare (GE), conținutului de acid anhidrogalacturonic (AUA), CTP și AA a pectinei din tescovina de mere.

3.3.1 Influența UAE asupra randamentului de extracție a pectinei

Randamentul de extracție al pectinei cu UAE este influențat de pH-ul soluției utilizate pentru extracție și timpul de extracție. Merouani et al., (2013) au demonstrat creșterea randamentului pectinei extrase la pH-ul solventului scăzut și la timpul ridicat de aplicare a ultrasunetelor. Amplitudinea ultrasunetelor favorizează mărirea dimensiunilor bulelor active în timpul cavitației, astfel oferind mai multă energie de extracție (Merouani et al., 2013). În fig. 3.5 se prezintă influența UAE asupra randamentului de extracție al pectinei din tescovina de mere. S-a constatat, că cel mai mare randament de extracție al pectinei (9,91%) s-a obținut la τ_{UAE} 30 min, amplitudinea 100% și frecvența de 37 kHz, raportul RSL de 1:20 și la un pH de 1,5. Combinarea dintre amplitudine, τ_{UAE} și pH soluției joacă un rol semnificativ pentru a crește randamentul de extracție a pectinei din tescovina de mere (Gurev et al., 2023a).

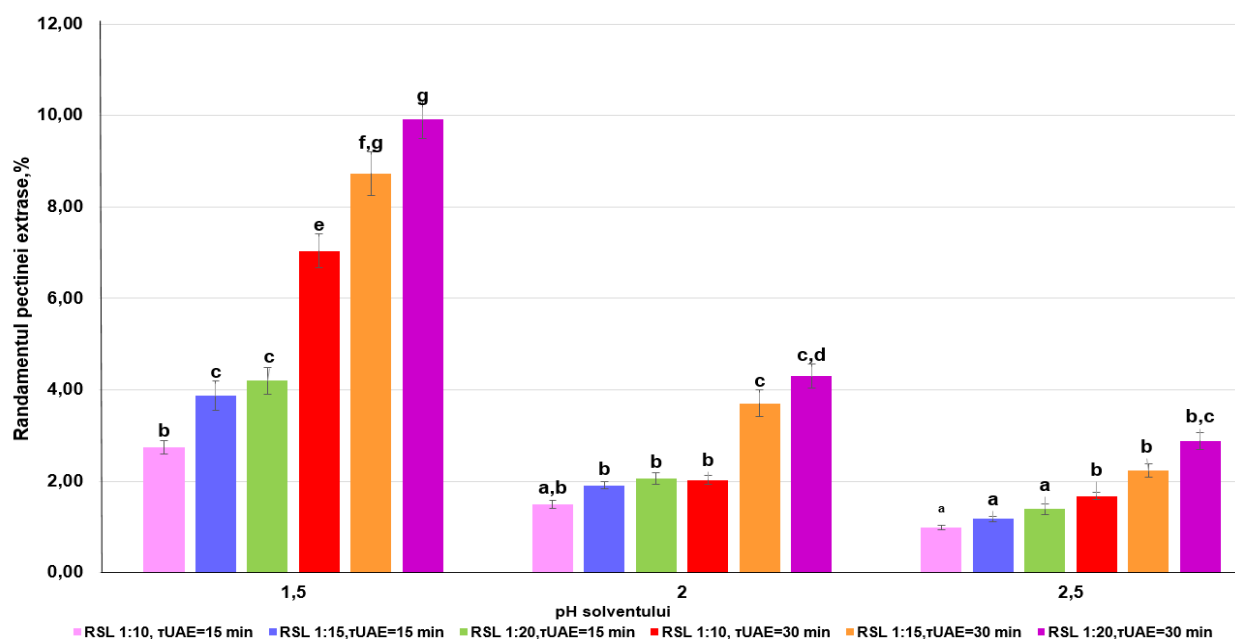


Fig. 3.5 Influența UAE asupra randamentului de extracție a pectinei din tescovina de mere.

De asemenea, s-a demonstrat că în aceleași condiții de extracție pentru RSL 1:10 și 1:15, randamentul pectinei a fost 7,04% și 8,73% respectiv. Cel mai mic randament de extracție a pectinei s-a înregistrat pentru pH 2,5 și τ_{UAE} 15 min, înregistrând valorile cuprinse între 0,98-1,39%. Influența ultrasunetelor asupra pereților celulari permit ruperea lor și trecerea pectinei în solvent. Randamentul pectinei a crescut semnificativ la pH 1,5 și s-a redus la pH 2,5, deoarece, la o concentrație mai mare de acid, protopectinele insolubile sunt mai bine

depolimerizate în pectină hidrosolubilă, crescând astfel transferul polizaharidei din materialul vegetal în solventul de extracție (Pereira et al., 2016).

Giron - Hernández et al., (2023) au demonstrat, că randamentul pectinei variază de la 1 la 12%, în funcție de tipul acizilor aplicați (citric și clorhidric) și de timpul de aplicare ultrasunetelor. S-a constatat, că pentru acidul citric, randamentul a crescut de la $3,1 \pm 0,7\%$ până la $11,8 \pm 1,5\%$ în condiții de creștere a duratei UAE de la 25 min până la 50 min.

Xu et al., (2014) au studiat efectul ultrasunetelor asupra extracției pectinei din coaja de grapefruit în intervalul de timp de la 10 la 60 min, demonstrând valorile ridicate ale randamentului în primele 20 min și având o descendență la un timp mai îndelungat. Wang et al., (2015) lucrând asupra extracției pectinei din coaja de grapefruit cu UAE, au concluzionat, că timpul optim de aplicare UAE pentru un randament sporit a fost 27,95 min. Alte surse bibliografice, au raportat că tipul acidului utilizat poate influența atât randamentul cât și proprietățile fizico-chimice a pectinei (Colodel & Petkowicz, 2019; Raji et al, 2020). Raji et al., (2020) au cercetat influența diferitor tipuri de acizi (sulfuric, fosforic, nitric, lactic, acetic, clorhidric, citric și tartric) asupra randamentului de pectină din coajă de pepene galben. S-a constatat, că cel mai mare randament de pectină în funcție de acid aplicat a fost: azotic (4,56%), sulfuric (4,89%) și citric (5,31%). Colodel & Petkowicz, (2019) au raportat, că cel mai mare randament de pectină (15,6%) din coaja de fructe de cubiu a fost obținut la pH 2, iar cel mai scăzut (4,5%) la pH – 1, în condiții de fierbere în acidul azotic aproximativ de 4 ore. Kulkarni & Vijayanand, (2010) au studiat influența condițiilor de extracție asupra caracteristicilor de calitate ale pectinei din coaja de fructul pasiunii. S-a constatat, că cel mai mare randament de pectină din coaja fructului pasiunii s-a obținut în a doua extracție (14,83 g/100 g) timp de 60 min la pH 2 și RSL 1:30 (m/v). Cui et al., (2014) au demonstrat, că randamentul ridicat a pectinei s-a obținut la cel mai mare timp de expunere UAE (30 min) și cea mai mică frecvență (37 kHz). Acest fapt, se explică, prin distrugerea mai avansată a legăturilor glicozidice și esterice la timpi de expunere mai lungi a UAE.

3.3.2 Influența UAE asupra masei echivalente a pectinei extrase din tescovina de mere

Masa echivalentă (ME) a pectinei este un indicator al capacității de formare a gelului. Cu cât ME este mai mare, cu atât rezistența gelului este mai mare, fiind oferită de conținutul acidului galacturonic care generează pectina de calitate superioară (Mada et al., 2022).

Analiza ME pentru pectina extrasă, a demonstrat dependența ME de durata de aplicare UAE, pH-ul și RSL, fig. 3.6. Se atestă, că valorile descresc odată cu micșorarea pH-ului soluției, dar cresc la reducerea t_{UAE} și mărirea RSL. Fig. 3.6 demonstrează, că valoarea minimă a ME a fost

de 378,3 g/mol în condiții pH~1,5, RSL 1:20 (*m/v*) și τ_{UAE} 30 min, iar valoarea maximă a ME - 1927 g/mol pentru condiții pH~2,5, RSL 1:15 (*m/v*) și τ_{UAE} 15 min.

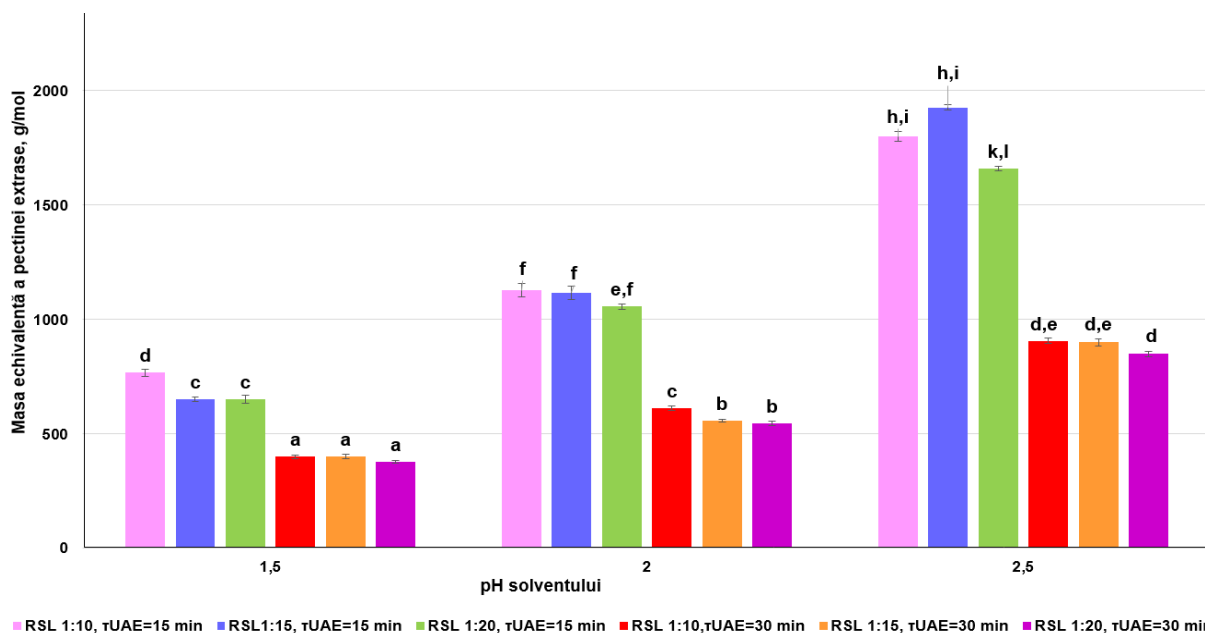


Fig. 3.6 Influența condițiilor de extracție UAE asupra ME a pectinei extrase din tescovina de mere.

Literatura de specialitate raportează, că valoarea ME a pectinei extrase din tescovină de struguri a variat de la 527,5 g/mol la pH 3 până la 582,9 g/mol la pH 2 (Spinei & Oroian, 2022). Creșterea sau scăderea ME a pectinei se explică de cantitatea de acid liber în extract (Ghoshal & Negi, 2020). Dranca et al., (2020) au demonstrat, că variația parametrilor de extracție UAE, permit obținerea pectinei cu diferită ME și cu proprietăți utile pentru diferite aplicații. S-a demonstrat, că în urma extracției pectinei din tescovina de mere *Malus domestica* prin UAE, valoarea ME a fost 704 g/mol, condițiile fiind: frecvența 20 kHz; pH~1,8; τ_{UAE} 30 min și RSL 1:10 (*m/v*).

3.3.3 Influența UAE asupra conținutului grupelor metoxil a pectinei extrase din tescovina de mere

Conținutul de grupe metoxil (OMe), exprimă raportul dintre grupările carboxil metil-esterificate și cantitatea totală de unități de acid galacturonic, fiind unul dintre parametri cheie legați de capacitatea de gelificare a pectinei (Xu F., 2023). În fig. 3.7, se prezintă conținutul de OMe în pectina extrasă prin metoda UAE. S-a constatat, că cea mai mică valoarea a conținutului de OMe a fost de 5,05% în cazul pH~1,5, RSL 1:20 (*m/v*), τ_{UAE} 30 min, iar cea mai mare valoare a fost de 6,81% pentru pH~2,5, RSL 1:20 (*m/v*), τ_{UAE} - 15 min. Kumar & Chauhan, (2010) au demonstrat, că pectina extrasă prin UAE din tescovina de mere *Malus pumila* and *Spondias dulcis* a avut concentrațiile de OMe 6,21 și 5,68 %, respectiv (Kumar & Chauhan, 2010).

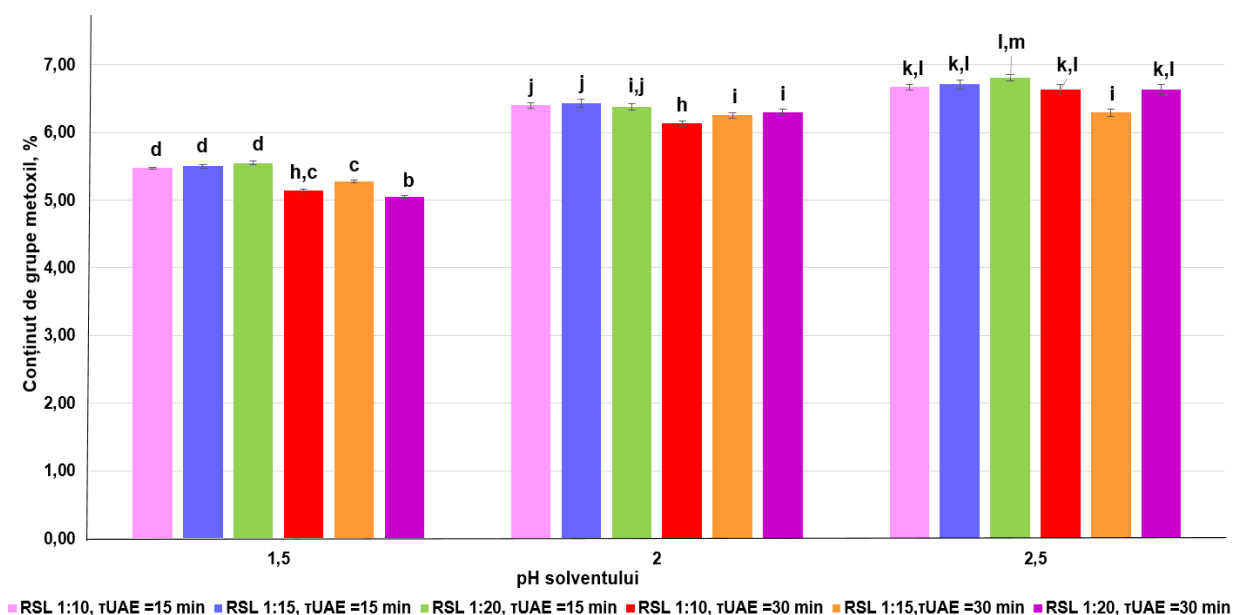


Fig. 3.7. Influența condițiilor UAE asupra OMe a pectinei din tescovina de mere.

Sato et al., (2011) au demonstrat, că pectina extrasă din 11 soiuri de mere prin UAE și metode convenționale (CE) cu acid azotic, a avut OMe cu valori între 5,88 și 6,93%. În alte cercetări, s-a demonstrat că conținutul de grupe OMe depinde nu numai de metoda și condițiile de extracție, dar și de sursă de obținere a pectinei.

Conținutul OMe din pectina tescovinei de lămâi mature (4,24 %) și rășcoapte (4,26 %) a fost mult mai redus, comparativ cu cea din fructele premature (10,27 %) (Azad et al., 2014). Pe măsura coacerii fructelor, dar și pe durata depozitării acestora, gradul de metoxilare a pectinei descrește (Paniagua et al., 2014). Kulkarni & Vijayanand, (2010) au raportat, că pectina extrasă din fructul pasiunii timp de 30 min, a avut un OMe de 9,84 g/100 g și ME de 839,1 g/mol, iar cu creșterea timpului de extracție valorile OMe și ME au scăzut.

3.3.4 Influența UAE asupra conținutului de acid anhidrogalacturonic a pectinei din tescovina de mere

Puritatea pectinei extrase din tescovina de fructe se determină după conținutul de acid anhidrogalacturonic (AUA), care trebuie să prezinte valori mai mari de 65% (National Academia, 1996). Rezultatele cercetărilor au demonstrat, că conținutul de AUA în pectina obținută prin metode UAE variază de la o probă la alta în funcție de condițiile de extracție, fig. 3.8. S-a constatat, că AUA crește odată cu micșorarea pH-ului, cu mărirea RSL și timpului de aplicare a ultrasunetelor. Se atestă, că valoarea minimă a AUA (49,16%) a fost obținută la pH~2,5, RSL 1:15 (v/m), τ_{UAE} 15 min, iar valoarea maximă (78,71%) în condițiile pH~1,5, RSL 1:20 (v/m), τ_{UAE} 30 min. S-a observat, că la un pH mai mic al soluției și un timp de acțiune a ultrasunetelor

mai îndelungat, are loc scindarea unui număr mai mare de legături esterice și glicozidice laterale și creșterea conținutului de AUA în pectină.

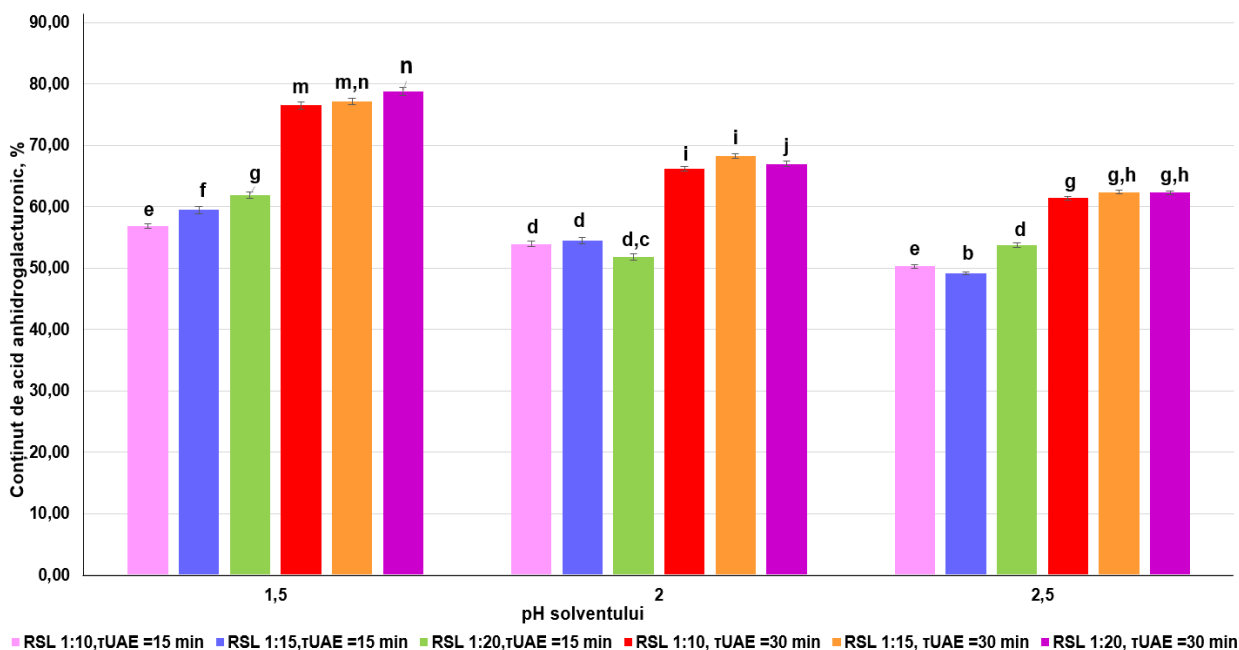


Fig. 3.8 Influența UAE asupra conținutului de AUA a pectinei din tescovina de mere.

Calvete et al., (2021) au extras pectina din tescovina a 9 soiuri de mere prin UAE. S-a constatat, că în pectina extrasă prin UAE, AUA a variat între 48 și 75,4 %. Dranca et al., (2020) au obținut pectina din tescovina merelor *Malus domestica* extrasă prin UAE care a avut un conținut sporit de AUA (92,83%).

3.3.5 Influența UAE asupra gradului de esterificare a pectinei din tescovina de mere

Gradul de esterificare (GE), reprezintă raportul dintre numărul grupărilor carboxil esterificate la numărul total de grupări carboxil ale lanțului principal de acid galacturonic (Farris et al., 2009). GE prezintă un parametru important, pentru aplicațiile pectinei în industrie în baza caracteristicilor tehnologice ale solubilității pectinei, capacității de emulsionare și capacității polizaharidelor de a forma geluri (De Oliviera et al., 2015). S-a demonstrat că GE, determinat pentru pectina extrasă din tescovina merelor Golden Delicious prin metoda UAE, a avut valori cuprinse între 36,47 % (pH~1,5; RSL 1:20 (m/v), τUAE 30 min) și 73,78 % (pH~2,5; RSL 1:15 (m/v), τUAE 15 min). De asemenea, s-a constatat că GE a fost influențat mai mult de mărirea valorii pH-ului solventului, decât de τUAE și RSL, fig. 3.9, rezultă că un pH mai mic facilitează deesterificarea pectinei.

Yapo, (2009) a stabilit, că tipul de acid aplicat la ajustarea pH solventului, are efect asupra GE a pectinei din coaja galbenă de fructul pasiunii. S-a obținut cea mai mare valoare a GE (73%)

în cazul extracției cu acid citric cu concentrația de 0,01 M, iar cea mai mică valoare a GE (29%) în cazul acidul azotic cu concentrația de 0,03 M.

Khan & Nandkishor, (2019) au confirmat, că tipul de acid influențează GE al pectinei obținute din prunele sălbatice (*Prunus domestica*). De Oliveira et al., (2015) au cercetat influența duratei UAE asupra GE în pectina din fructul pasiunii în următoarele condiții: RSL 1:30 (m/v), pH-2,0 ajustat cu acid azotic și τ_{UAE} 10 min. S-a constatat, că GE a fost de 60,36 %. În plus, aplicarea ultrasunetelor a condus la creșterea randamentului de extracție a pectinei în comparație cu metoda convențională.

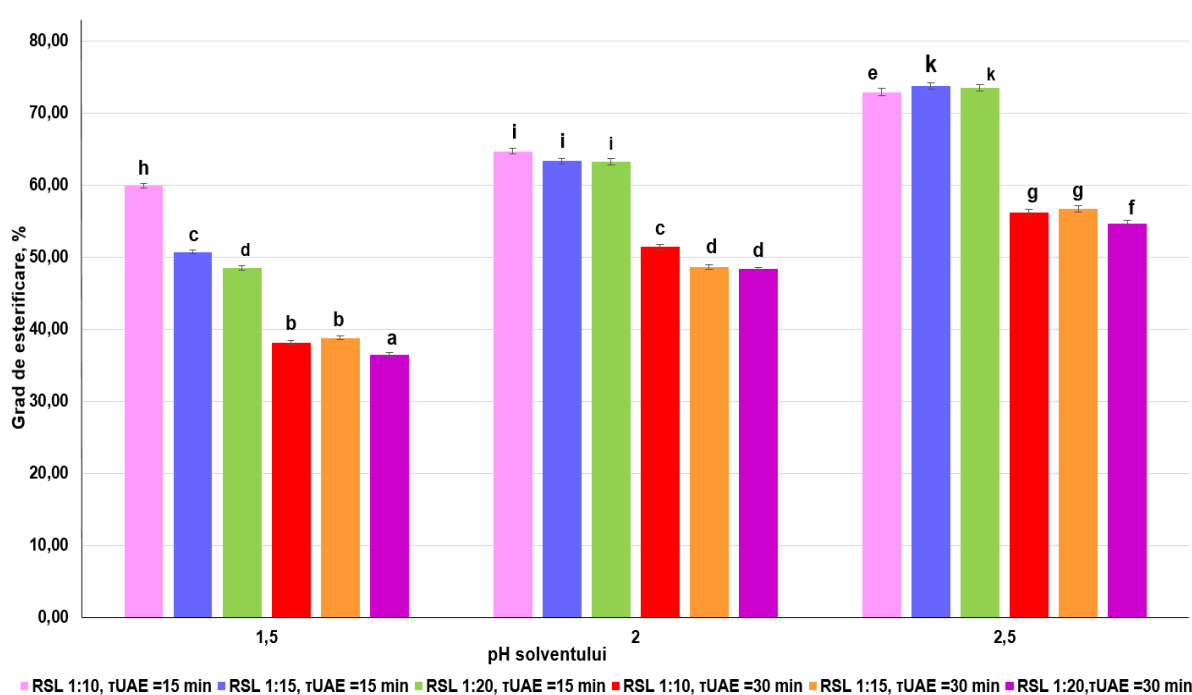


Fig. 3.9 Influența UAE asupra GE a pectinei din tescovina de mere.

Divyani et al., (2023) au investigat extracția pectinei cu aplicarea UAE din cojile de Citrus limetta realizate la amplitudinea de 37 %, pH soluției de 1,9 și τ_{UAE} de 24 min. În urma extracției s-a obținut un randament de pectină de 28,73 %, cu un GE de 59,71 %, și un conținut de grupe OMe 7,06 %. Yousuf et al., (2019) au extras pectina din coaja de portocală utilizând pentru extracție următorii parametri: amplitudinea de 60, 80 și 100%, pH-ul 1, 1,5 și 2 ajustat cu acid citric și τ_{UAE} - 10, 20 și 30 min. Ca rezultat, cel mai mare randament de pectină de 20,92% a fost atins la amplitudinea de 100 %, τ_{UAE} de 30 min și la pH-ul de 1,5. Cercetarea realizată a confirmat faptul, că utilizarea UAE și acidului citric pentru ajustarea pH-ului, a sporit randamentul și calitatea pectinei extrase. Într-o altă cercetare, pentru extracția pectinei din tescovina de mere *Malus domestica* s-a utilizat un tratament cu ultrasunete în timp de 30 minute la amplitudine de 100%, pH-ul 1,8 și RSL de 1:10 g/mL. În rezultat, a fost obținut un randament de extracție a

pectinei de 9,18%, cu un conținut de AUA de 98,13 g/100 g și un GE de 83,20%. Probele obținute de pectină au fost comparate cu pectina din citrice și mere din comerț, și s-a constatat, că din punct de vedere a compoziției chimice, comportamentului termic, proprietăților reologice și structurii morfologice, probele au avut rezultate optime uneori chiar și mai ridicate decât pectina comercială (Dranca et al., 2020). Minjares-Fuentes et al., (2014) au aplicat metodologia suprafețelor de răspuns (RSM) pentru a determina parametrii optimi de extracție a pectinei din tescovina de struguri din soiul Cabernet Sauvignon. În condiții optime de aplicare UAE: τ_{UAE} 60 min și pH 2 (soluția ajustată cu acid citric), a fost obținut un randament de aprox. de 32,3%, conținut de AUA a fost <97% din conținut total a zaharurilor cu un GE de 55,2% (Minjares-Fuentes et al., 2014).

Este cunoscut faptul, că tipul acidului organic utilizat la ajustarea solventului la anumit pH și τ_{UAE} , pot contribui la creșterea randamentului pectinei extrase. La extracția pectinei din merele Gala, utilizând acid citric pentru ajustarea pH solventului, randamentul a crescut de la 3,1% (τ_{UAE} 25 min) până la 11,8% (τ_{UAE} 50 min). Pectina, a fost evaluată prin conținutul de AUA, prin OMe și GE care a variat de la 19,7 până la 67%, 26,8 - 41,4% și 58 - 65,2% respectiv. S-a constatat, că timpul de sonificare a influențat considerabil AUA și OMe, cu excepția GE, iar tipul de acid organic a influențat OMe și GE (Girón-Hernández et al., 2023).

3.3.6 Influența UAE asupra conținutului total de polifenoli și a activității antioxidante în pectina extrasă din tescovina de mere

Extracția CBA din deșeuri agro-industriale cu aplicarea ultrasunetelor a fost cercetată de mai mulți cercetători (Kumar et al., 2021), care au demonstrat, că este important ca selectarea parametrilor optimați în UAE (amplitudinea, frecvența, durata de aplicare, pH solventului și RSL) să fie în concordanță cu materialul vegetal ales pentru cercetare, pentru a obține un randament mai mare și o influență mai mică asupra parametrilor fizico-chimici a substanțelor extrase, inclusiv asupra polifenolilor. În ultimii ani, ultrasunetele, s-au dovedit a fi eficiente într-o gamă de aplicații pentru creșterea randamentelor de extracție cu o deteriorare minimă sau deloc a calității compușilor extrași.

Analiza CTP și AA în pectina extrasă, a demonstrat influența atât a pH -ului solventului extractant, cât și a τ_{UAE} , fig. 3.10. După cum s-a observat, CTP a pectinei scade odată cu scăderea pH-ului și creșterea timpului de aplicare a ultrasunetelor, fig. 3.10. Astfel, în pectina extrasă cu ultrasunete, valoarea minimă a CTP a fost de 2,16 mg GAE/g s.u. (pH~1,5; RSL 1:20 (m/v), τ_{UAE} 30 min), iar maximă a fost de 12,98 mg GAE/g s.u. (pH~2,5; RSL 1:10 (m/v), τ_{UAE} 30 min).

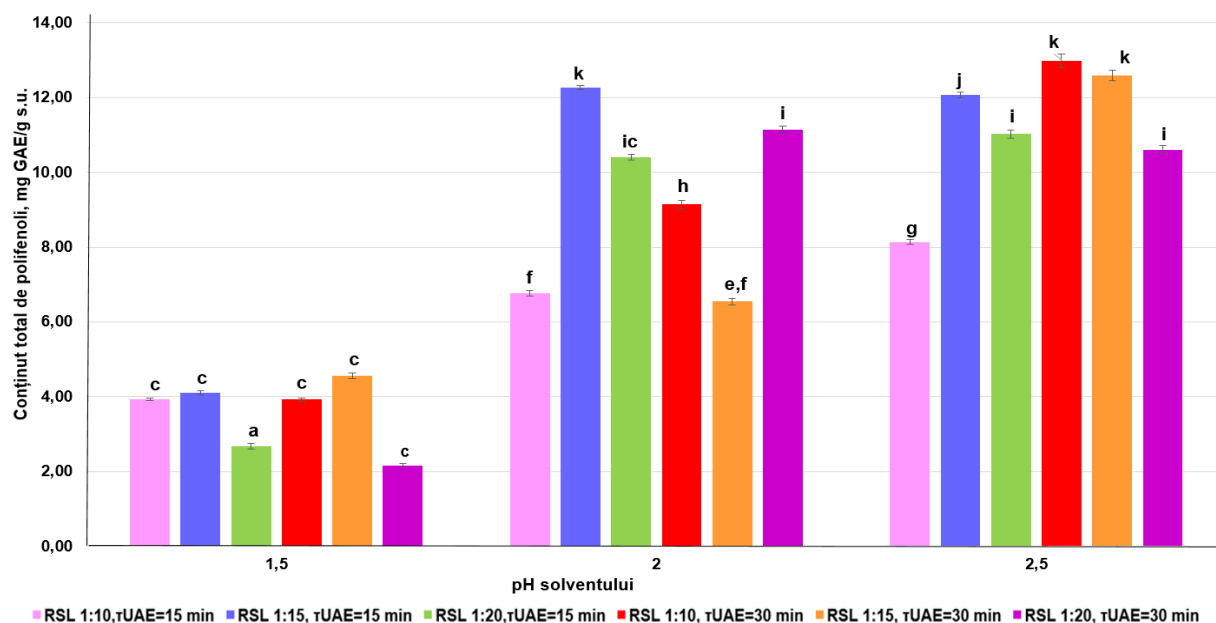


Fig. 3.10. Influența UAE asupra CTP în pectina extrasă din tescovina de mere.

AA (DPPH) a pectinei a înregistrat valorile între 5,53 (pH~1,5; RSL 1:20 (*m/v*)) și 18,86 $\mu\text{mol TE/g s.u.}$ (pH~2,5; RSL 1:15 (*m/v*)) pentru τ_{UAE} 15 min și valorile între 4,32 (pH~1,5; RSL 1:20 (*m/v*)) și 18,32 $\mu\text{mol TE/100 g}$ (pH~2,5; RSL 1:10 (*m/v*)) pentru τ_{UAE} 30 min fig. 3.11.

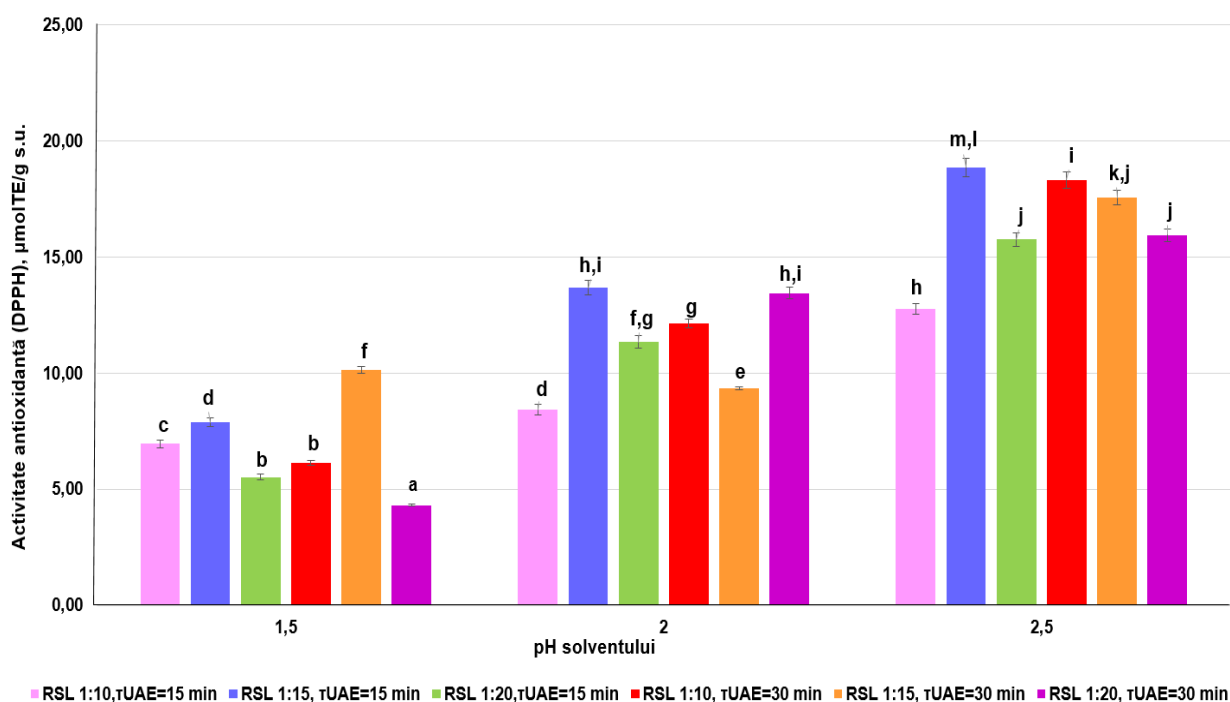


Fig. 3.11. Influența UAE asupra AA în pectina extrasă din tescovina de mere.

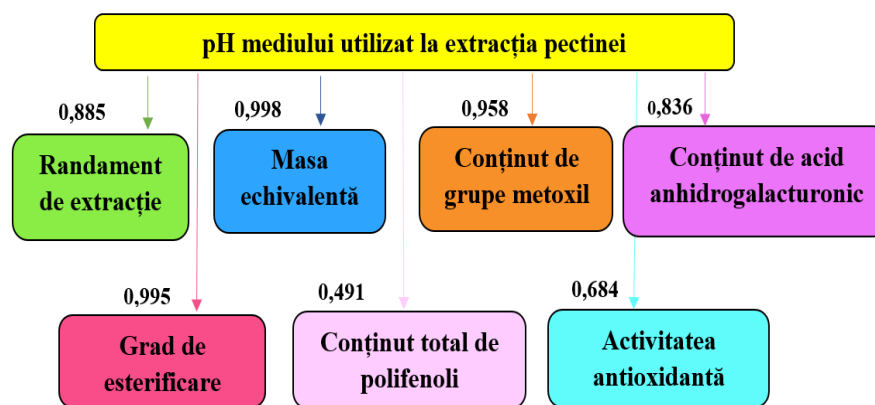
Pollini et al., (2022) au menționat, că în pectina extrasă cu UAE obținută din tescovina de mere umedă, CTP a fost sub 0,72 mg GAE/100 g, iar în cazul tescovinei liofilizate - CTP a fost 10,05 mg GAE/100 g s.u.

Egues et al., (2021) au raportat valorile CTP care variază de la 2,88 până la 3,61 mg GAE/100 g și capacitatea antioxidantă între 0,92 și 1,39 mg TE/100g în pectina obținută din tescovina de mere. Nguyen et al., (2019) au raportat despre extracția pectinei din fructul dragonului prin metoda UAE în timp de 30 și 60 min, care a avut următoarele valori ale AA: 51,58 și 39,81 mg GAE/100 g s.u. respectiv. De asemenea, autorii au menționat, că analiza proprietăților fizico-chimice, inclusiv a randamentului, ME, conținutului de OMe și AUA a pectinei extrase prin UAE, este de o categorie mai înaltă decât cea comercială.

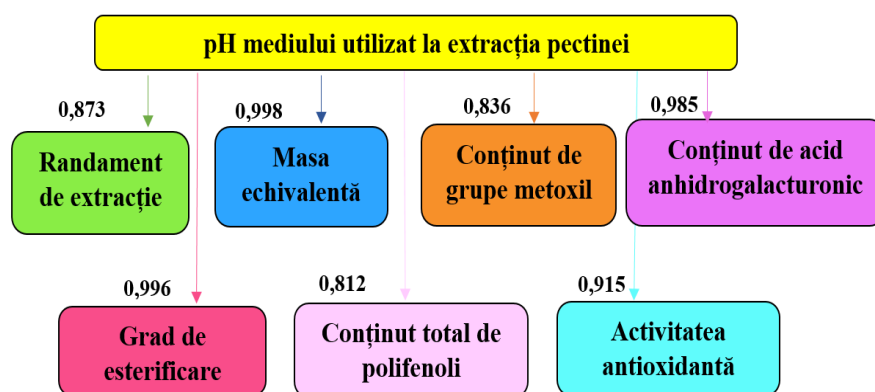
Analiza pectinei extrase prin metoda UAE a demonstrat, că parametri cercetați precum randamentul de extracție, ME, OMe, AUA, GE, CTP, AA ,au fost influențați de pH-ul solventului utilizat, timpul de extracție și RSL (m/v) (Ceško et al., 2022b). Micșorarea pH, mărirea RSL și τ_{UAE} au influențat randamentul pectinei extrase care a demonstrat valoarea minimă de 0,98 % (pH~2,5 ; RSL 1:10 (m/v), τ_{UAE} 15 min) și maximă 9,91% (pH~1,5 ; RSL 1:20 (m/v), τ_{UAE} 30 min) și AUA cu valorile între 49,16 % (pH~2,5 ; RSL 1:15 (m/v), τ_{UAE} 15 min), iar maximal 78,71 % (pH~1,5; RSL 1:20 (m/v), τ_{UAE} 30 min). Mărirea pH, micșorarea RSL și τ_{UAE} au influențat ME care a înregistrat valoarea minimală de 378,3 g/mol (pH~1,5 ; RSL 1:20 (m/v), τ_{UAE} 30 min) și maximală de 1927 g/mol (pH~2,5; RSL 1:15 (m/v), τ_{UAE} 15 min), OMe cu valorile între 5,05 % (pH~1,5; RSL 1:20 (m/v), τ_{UAE} 30 min) și 6,81% (pH~2,5; RSL 1:20 (m/v), τ_{UAE} 15 min), GE cu valori între 36,47 % (pH~1,5; RSL 1:20 (m/v), τ_{UAE} 30 min) și 73,78 % (pH~2,5; RSL 1:15 (m/v), τ_{UAE} 15 min), CTP cu valorile 2,16 mg GAE/g s.u. (pH~1,5; RSL 1:20 (m/v), τ_{UAE} 30 min) și maximă 12,98 mg GAE/g s.u. (pH~2,5; RSL 1:10 (m/v), τ_{UAE} 30 min) și AA (DPPH) cu 4,32 (pH~1,5; RSL 1:20 (m/v), τ_{UAE} 30 min) 18,86 μ mol TE/g (pH~2,5; RSL 1:15 (m/v), τ_{UAE} 15 min).

3.3.7 Analiza informației mutuale a extracției pectinei din tescovina de mere cu aplicarea ultrasunetelor

Analiza informației mutuale a fost utilizată pentru a determina influența pH-ului mediului de extracție (1,5; 2; 2,5) în condiții UAE asupra randamentului pectinei, ME, OMe, AUA, GE, CTP și AA. Fig. 3.12 demonstrează analiza mutuală a influenței pH-ului mediului de extracție (1,5; 2; 2,5) la aplicarea ultrasunetelor τ_{UAE} 15 min (a) și 30 min (b) la toate RSL (10, 15, 20 (m/v)). Figura 3.12a demonstrează că la aplicarea ultrasunetelor τ_{UAE} 15 min, pH-ul mediului de extracție a influențat în mod esențial ME (informația mutuală 0,998 biți), GE (0,995 biți) și conținutul de OMe (0,958 biți). Urmează, în ordine descrescătoare, randamentul pectinei (0,885 biți), conținutul de AUA (0,836 biți) și AA (0,684 biți). Cel mai redus efect a fost demonstrat asupra CTP (0,491 biți).



a)



b)

Fig. 3.12 Analiza informațională a influenței pH-ului mediului (1,5; 2; 2,5) de extracție UAE la toate RSL (1:10; 1:15; 1:20) asupra randamentului pectinei, ME, OMe, AUA, GE, CTP și AA la aplicarea τ_{UAE} : a) 15 min; b) 30 min.

În cazul ultrasunetelor aplicate τ_{UAE} 30 min (fig. 3.12b), pH-ul mediului de extracție a influențat cel mai mult ME (0,998 biți), GE (0,996 biți), conținutul de AUA (0,985 biți) și AA (0,915 biți). Urmează, în ordinea descrescătoare a influenței, randamentul de pectină (0,873 biți), OMe (0,836 biți) și CTP (0,812 biți).

3.4. Extracția asistată de microunde (MAE) a pectinei din tescovina de mere

Extracția CBA prin MAE este o metodă neconvențională caracterizată prin rapiditate, consum redus de solvenți și energie precum și prin acțiunea mai puțin distructivă asupra constituenților termolabili (Prakash et al., 2013). MAE îmbunătățește capacitatea de absorbție a apei și a componentelor capilar-poroase ale părților de plante, iar aceste modificări contribuie la intensificarea proceselor de hidroliză și la creșterea randamentului de extracție a celulozei, hemicelulozei și pectinei (Maran et al., 2014). Totodată, energia provoacă vibrația moleculelor

polare cu creșterea accelerată a temperaturii conducând la creșterea randamentului de extracție (Rodsamran et al., 2019).

3.4.1 Influența condițiilor MAE asupra randamentului de extracție a pectinei din tescovina de mere

S-a cercetat, influența condițiilor de extracție al pectinei din TM, în funcție de durata de aplicare a microundelor (τ_{MAE}) 5 și 10 min, puterea magnetronului 450 W și 650 W, la frecvența de 2450 MHz. În conformitate cu rezultatele prezentate în fig. 3.13 se atestă, că la aplicarea MAE în τ_{MAE} 5 min la puterea magnetronului de 450 W, cel mai mare randament de pectină (13,86%) a fost obținut la RSL 1:20 (m/v) și un pH de 2,5, iar cel mai mic randament (10,71%) la (RSL 1:10 (m/v) și la pH 1,5). În cazul τ_{MAE} 10 min, la aceeași putere a magnetronului, randamentul maxim de 19,88% a fost obținut la (RSL 1:20 (m/v) și un pH de 2,5), iar minimum 4,50% la (RSL 1:10 (m/v) și la pH 1,5). În cazul τ_{MAE} 5 min la puterea magnetronului de 650 W, randamentul maxim de 25,23 % a fost obținut la (RSL 1:15 (m/v) și la pH 1,5), iar cel mai mic (3,15 %) la (RSL 1:10 (m/v) și pH 2,0).

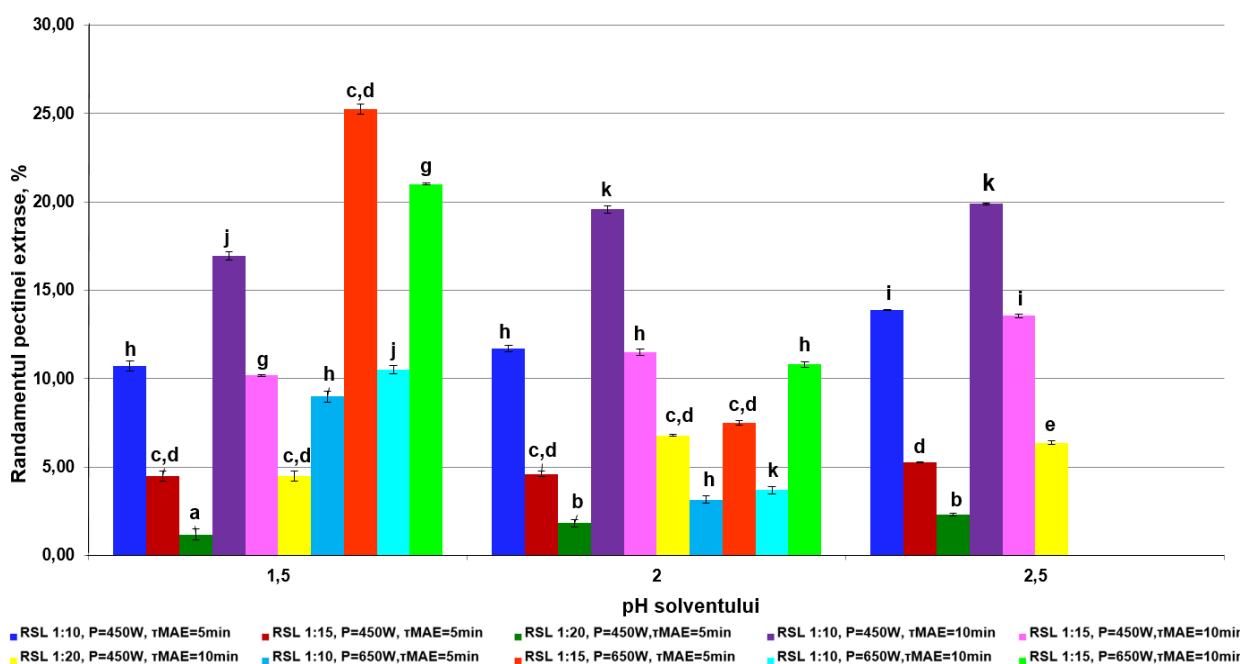


Fig. 3.13 Influența MAE asupra randamentului de extracție a pectinei din tescovina de mere.

Pentru τ_{MAE} 10 min și puterea magnetronului de 650 W, de asemenea la (pH 1,5 și RSL 1:15 (m/v)) a fost înregistrat cel mai mare randament de pectină, fiind 21,01%, iar cel mai mic randament (3,68 %), a fost obținut la (pH 2 și RSL 1:10 (m/v)).

S-a demonstrat, că există o corelație între pH solventului și puterea magnetronului. Astfel, s-a demonstrat că randamentul de extracție a pectinei a crescut pe măsură mării puterii magnetronului și scăderii pH solventului (Maric et al., 2018). Acest lucru, poate fi explicat prin faptul, că în timpul propagării puterii microundelor, materialul absoarbe energia care are ca rezultat încălzirea sporită a solventului. În plus, căldura afectează pereții celulari împreună cu difuzia compușilor relevanți din matricea materialului vegetal.

Al doilea factor semnificativ care a influențat randamentul de extracție a pectinei, a fost τ_{MAE} . S-a demonstrat că randamentul de pectină crește atunci când τ_{MAE} se mărește (Seixasa, 2013) Koh et al., (2014) au cercetat MAE pentru obținerea pectinei din jackfruit, la aplicarea microundelor τ_{MAE} 10 min și la puterile magnetronului de 450, 600 și 800 W. În urma cercetărilor s-a obținut un randament de pectină în intervalul de 16,72 - 17,63%. Comparând calitatea pectinei obținute prin metoda convențională și cu microunde s-a constatat că acestea se diferă nesemnificativ. De asemenea, mărirea puterii magnetronului nu a afectat în mod semnificativ randamentul de extracție și calitatea pectinei obținute. Totodată, s-a confirmat că MAE, necesită un timp mai scurt de tratare decât extracția convențională pentru a extrage cantități comparabile de pectină din coaja de jackfruit. MAE la puterea magnetronului de 450 W a fost cea mai eficientă în comparație cu alte niveluri de putere testate.

Akbari-Adergani et al., (2021) au cercetat extracția pectinei din coaja de rodie la puterea magnetronului de 300, 500 și 700 W, τ_{MAE} 60, 120 și 180 s, și un pH solventului de 1,5; 2,5 și 3,0. Cel mai ridicat randament de extracție a pectinei (20,42%), a fost obținut în următoarele condiții: puterea magnetronului de 700 W, τ_{MAE} 120 s și pH de 1,5. Într-un alt studiu realizat de Maran et al., (2014), pectina a fost extrasă din deșeurile de fructe de *Citrullus Lanatus* cu aplicarea MAE. Parametrii de extracție utilizați în cercetare au fost următorii: puterea magnetronului (160–480 W), τ_{MAE} (60–180 s), pH (1,0-2,0) și RSL (1:10-1:30 g/mL). Optimizarea condițiilor de extracție a demonstrat, că cel mai mare randament de pectină (25,79 %) din deșeurile *Citrullus Lanatus* au fost obținute la puterea magnetronului de 477 W, τ_{MAE} de 128 s, pH de 1,52, respectiv RSL de 1:20,3 g/mL.

3.4.2 Influența MAE asupra masei echivalente a pectinei extrase din tescovina de mere

ME este un parametru fizico-chimic important pentru structura pectinei în determinarea comportamentului funcțional a ei.

În fig. 3.14, sunt redate date privind ME a pectinei, obținute în funcție de condițiile de extracție MAE. Cele mai mari valori a ME au fost înregistrate pentru pH 2,5, la puterea 450 W, τ_{MAE} 5 min și RSL 1:10 - 1:20 (m/v), având valorile de 1879 – 2262 g/mol. În cazul extracției

pectinei la puterea magnetronului de 650 W cele mai ridicate valori al ME au fost înregistrate la pH 2 și τ_{MAE} 10 min având valoarea de 1185 g/mol.

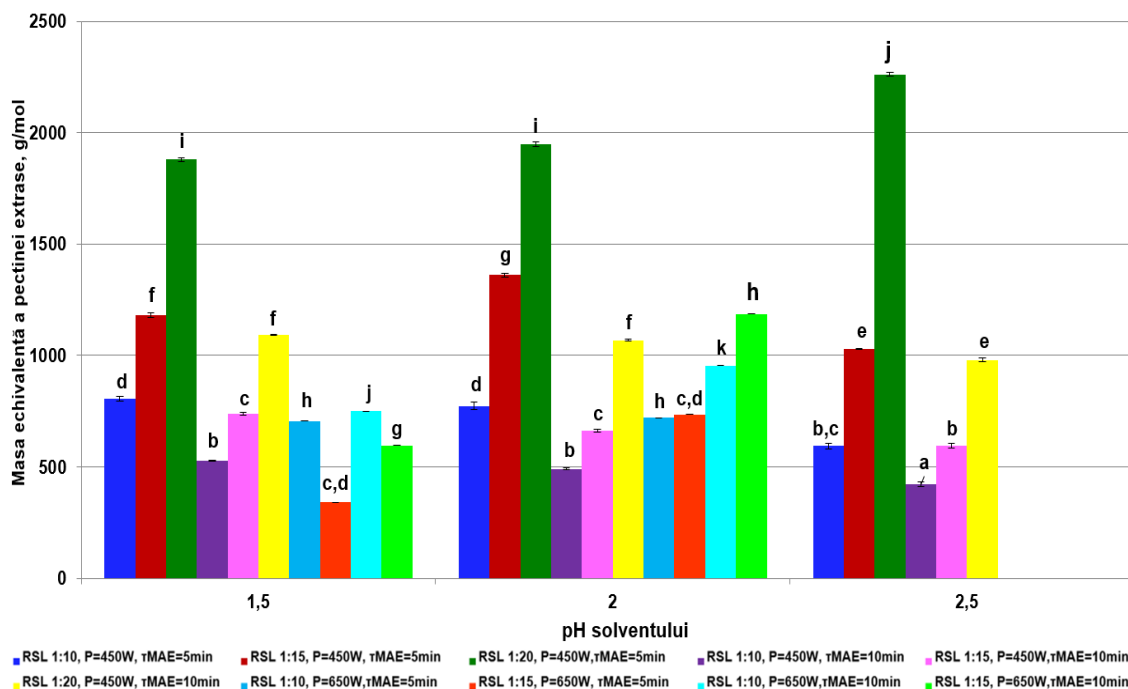


Fig. 3.14 Influența puterii magnetronului de 450W și 650W asupra ME a pectinei extrase prin metoda MAE.

Timpul îndelungat de extracție prin MAE a cauzat reacția de degradare a pectinei, afectând calitatea și proprietățile ei funcționale. Totodată, pH-ul crescut a produs o pectină cu o ME mai mare, deoarece o cantitate mai redusă de acid citric scindează un număr mai mic de legături glicozidice din pectină. Puterea crescută a magnetronului și timpul de aplicare a microundelor, a influențat semnificativ valorile ME, iar prezența acidului citric a redus ME în alte cercetări (Ram Li & Asmawati, 2011).

Datele obținute demonstrează, că mărirea valorii pH-ului și micșorarea puterii magnetronului și a timpului de acțiune, au influențat semnificativ creșterea ME a pectinei. Rezultatele obținute au fost confirmate de către alți cercetători (Sarah et al., 2018; Mahmud et al., 2021). La extracția pectinei din cojile de cacao la un pH 1,5 ajustat cu acid citric, în intervalul puterii magnetronului de 180-300 W, cea mai mare valoare a ME de 833,3 g/mol a fost obținută la putere de 300 W și τ_{MAE} 30 min (Sarah et al., 2018). S-a determinat ME în pectina extrasă din *Citrus maxima*, *Citrus reticulata* și *Citrus medica* în următoarele condiții: pH 1,5 (soluție ajustat cu acid citric), hidromodulul de 1:30, puterea magnetronului de 600 W și τ_{MAE} de 9 min, valorile fiind: $387,43 \pm 12,03$, $248,21 \pm 3,44$ și $319,79 \pm 5,82$ g/mol respectiv (Mahmud et al., 2021).

3.4.3 Influența MAE asupra conținutului grupelor metoxil a pectinei din tescovina de mere

Conținutul de grupe metoxil din pectină este influențat de parametrii aplicați la MAE. În fig. 3.15, se prezintă influența puterii magnetronului de 450W și 650W asupra conținutului OMe a pectinei extrase prin MAE.

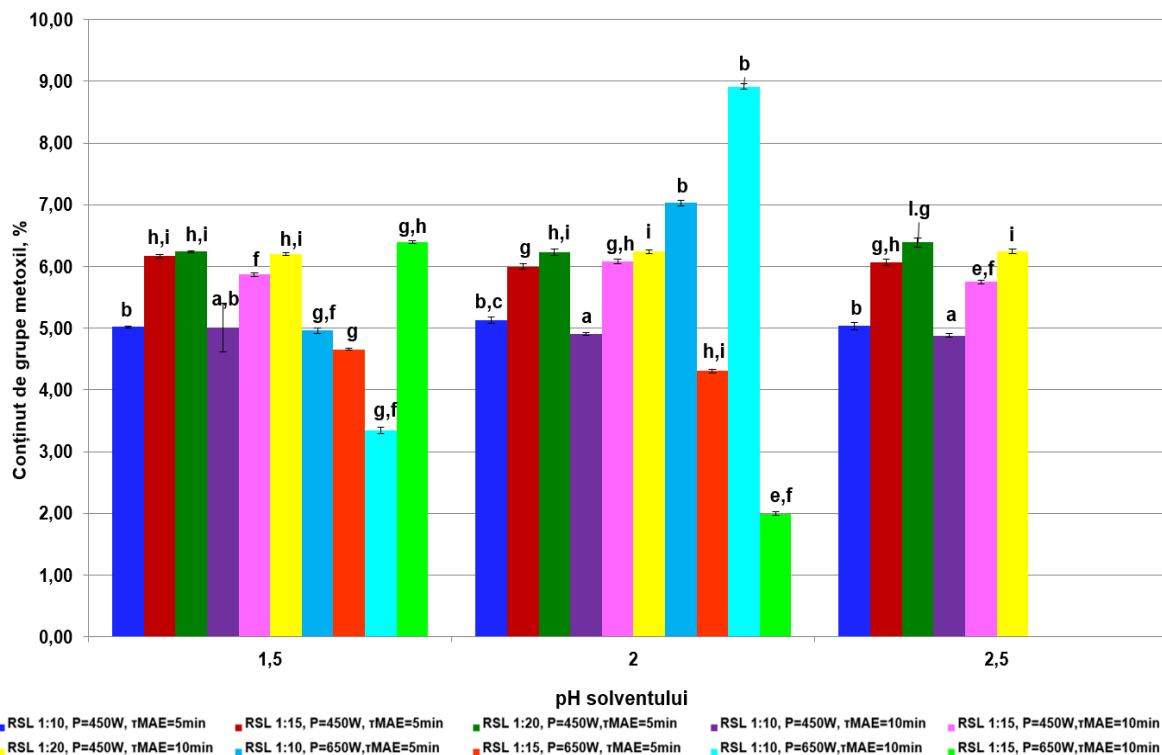


Fig. 3.15 Influența puterii magnetronului de 450W și 650W asupra conținutului OMe a pectinei extrase prin metoda MAE.

Cel mai mare conținut de OMe a fost obținut la puterea magnetronului de 450 W, la (pH~2,5, RSL 1:20 (m/v) și τ_{MAE} 5 min) constituit 6,39%, iar în cazul puterii de 650 W, la (pH~ 1,5, RSL 1:15 (m/v), τ_{MAE} 10 min), fiind 8,92%. Cel mai mic conținut de OMe a fost obținut în următoarele condiții: puterea magnetronului- 450W, (pH~ 1,5, RSL 1:20 (m/v)) și la aplicarea τ_{MAE} 10 min, fiind 4,88% și la puterea magnetronului de 650W, (la pH~ 2,0, RSL 1:15 (m/v), τ_{MAE} 10 min), fiind 2,00%. Rezultă, că la pH mic, timp de acțiune a microundelor îndelungat și la o putere mai mare a magnetronului are loc deesterificarea mai avansată a pectinei.

Sarah et al., (2018) au raportat, că numărul de OMe a scăzut odată cu mărirea timpului de MAE la puterea constantă a magnetronului, datorită hidrolizei grupării metilesterice în prezența acidului din solvent. Creșterea puterii microundelor de la 180 la 300 W a permis varierea conținutului de OMe între 2,5 și 7,12%, ceea ce respectă standardul IPPA (International Pectin Producers Association) pentru conținutul OMe (de la 2,5 până la 7,2%).

3.4.4 Influența MAE asupra conținutului de acid anhidrogalacturonic a pectinei din tescovina de mere

S-a demonstrat, că odată cu micșorarea pH-ului, mărirea RSL și τ_{MAE} , conținutul de AUA a crescut, fig. 3.16. Astfel, la puterea magnetronului de 450 W, (τ_{MAE} 5 min, la pH ~ 2,5, RSL 1:10 (m/v)) s-a înregistrat valoarea minimă de AUA fiind 47,31%. La aceeași putere a magnetronului și (τ_{MAE} 10 min, la pH ~ 1,5 și RSL 1:20 (m/v)), s-a înregistrat valoarea maximă - 73,02%. În cazul puterii magnetronului de 650W și τ_{MAE} 10 min, valoarea minimă de AUA a fost de 41,85%, fiind obținută la (pH ~ 2, RSL 1:10 (m/v)) și maximă de 79,89% la (pH ~ 1,5 și RSL 1:15 (m/v)), fig. 3.16.

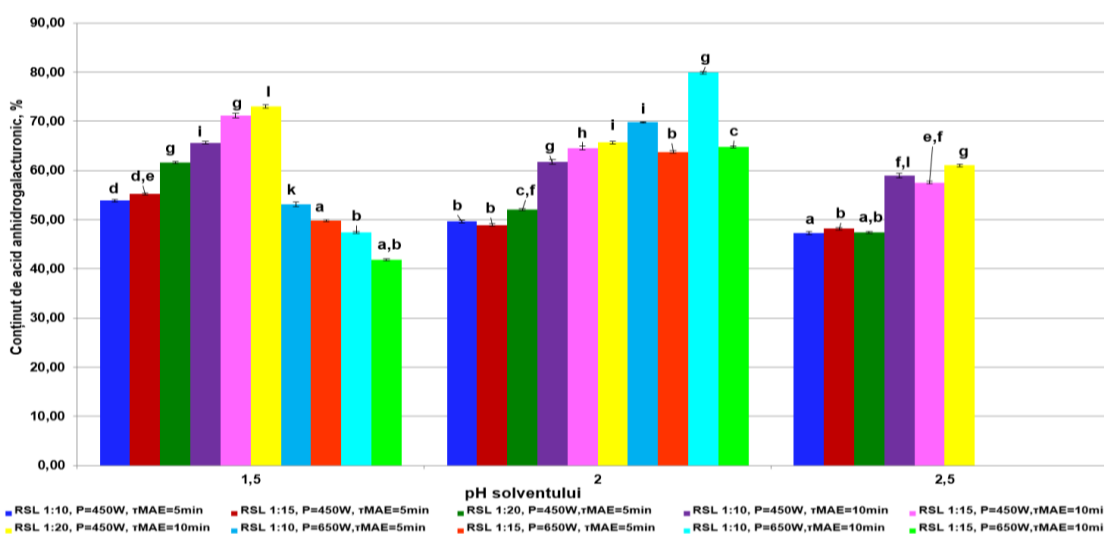


Fig. 3.16 Influența puterii magnetronului de 450 W și 650 W asupra conținutului AUA a pectinei din tescovina de mere extrase prin MAE.

Spinei & Oroian, (2022) au demonstrat că cel mai mare conținut de AUA a fost realizat în următoarele condiții de extracție: puterea magnetronului de 560 W, pH 2 și τ_{MAE} de 120 s (81,24 g/100 g și 84,18 g/100 g pentru pectina obținută din tescovina de struguri Feteasca Neagra și Rara Neagră), iar cel mai scăzut conținut de AUA (50,92 g/100 g și 51,09 g/100 g) - 280 W, pH 3 și 90 s. Lasunon & Sengkhampan, (2022) au observat, că puterea magnetronului și τ_{MAE} , au afectat conținutul de AUA în pectina extrasă din tescovina de roșii. Astfel, valorile minime ale AUA (14,91%) au fost obținute la 650 W și τ_{MAE} 5 min și maxime (24,91%) la 350 W și τ_{MAE} 3 min.

3.4.5 Influența MAE asupra gradului de esterificare a pectinei din tescovina de mere

Extracția cu microunde a pectinei din tescovina de mere poate micșora GE prin încălzirea rapidă a moleculelor polare de apă, care în prezența acidului vor desface mai ușor legăturile esterice din macromoleculele de pectină. Scăderea valorilor GE a pectinei au loc la mărirea τ_{MAE} , micșorarea pH-ului solventului și mărirea raportului RSL.

Astfel, GE a pectinei extrase la puterea magnetronului de 450 W a înregistrat valorile minime de 38,69% (pH 1,5, RSL 1:20 (*m/v*), τ_{MAE} 10 min) și maxime de 71,37% (pH~2,5, RSL 1:10 (*m/v*), τ_{MAE} 5 min). Pentru pectina extrasă la puterea 650 W, s-au înregistrat valorile minime de 33,87% (pH~1,5, RSL 1:10 (*m/v*), τ_{MAE} 5 min) și maxime de 73,29% (pH~2, RSL 1:10 (*m/v*), τ_{MAE} 10 min), fig. 3.17.

Datele obținute sunt confirmate și de alte surse bibliografice legate de extracția pectinei din diverse deșeuri agro-industriale (Zarei et al., 2017; Wongkaew et al., 2020; Akbari-Adergani et al., 2021).

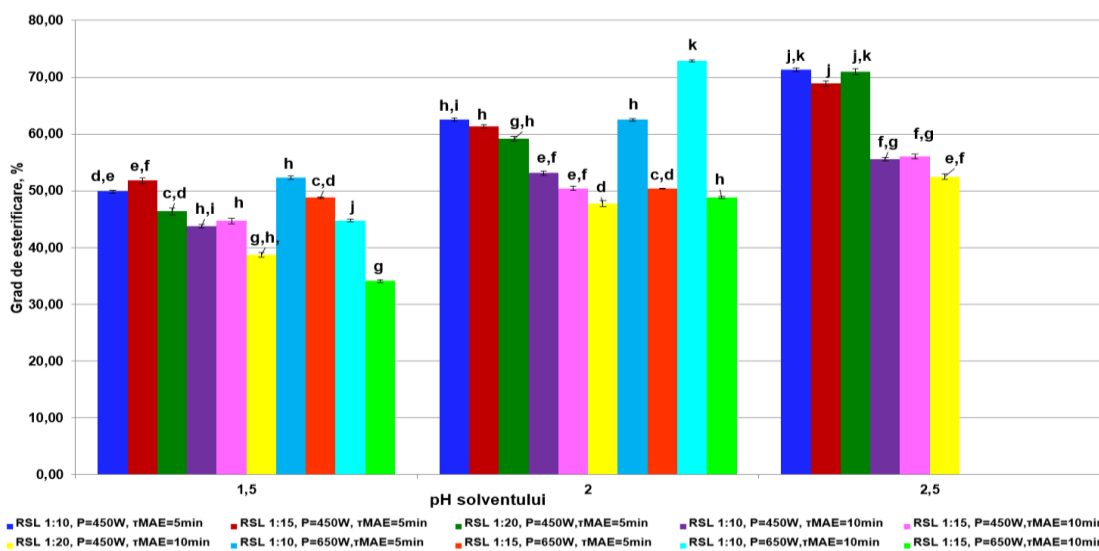


Fig. 3.17 Influența puterii magnetronului de 450 W și 650 W asupra GE a pectinei din tescovina de mere extrase prin MAE.

Pectina extrasă din coaja de rodie prin MAE a manifestat un GE fiind de 33,24% și conținutul de AUA de 75,35% (Akbari-Adergani et al., 2021). Wongkaew et al., (2020) au raportat că utilizarea microundelor în extracția pectinei din tescovina de mango, a permis obținerea pectinei cu GE de 77,19%. Zarei et al., (2017) au estimat, că în urma extracției MAE asupra tescovinei de mere, pectina obținută a avut un GE de 68%.

3.4.6 Influența MAE asupra conținutului total de polifenoli și activității antioxidante a pectinei din tescovina de mere

Datele experimentale înregistrate demonstrează, că CTP și AA a pectinei de mere, depind mai puțin de RSL în aceleași condiții de extracție, fig. 3.18 și 3.19.

Se atestă, că în condițiile de extracție: la puterea magnetronului de 450W și τ_{MAE} 5 min, la (pH~2, RSL 1:10 (*m/v*)), valoarea minimă a CTP a fost de 2,28 mg GAE/g s.u. și maximă de 13,05 mg GAE/g s.u. la (pH~2,5, RSL 1:20 (*m/v*)), fig. 3.18. Pentru pectina extrasă la puterea

650 W, s-a înregistrat valoarea minimă de 1,83 mg GAE/g s.u. (pH~2, RSL 1:15 (*m/v*), τ_{MAE} 5 min) și maximă de 5,75 mg GAE/g s.u. (pH~2, RSL 1:15 (*m/v*), τ_{MAE} 10 min), fig. 3.18.

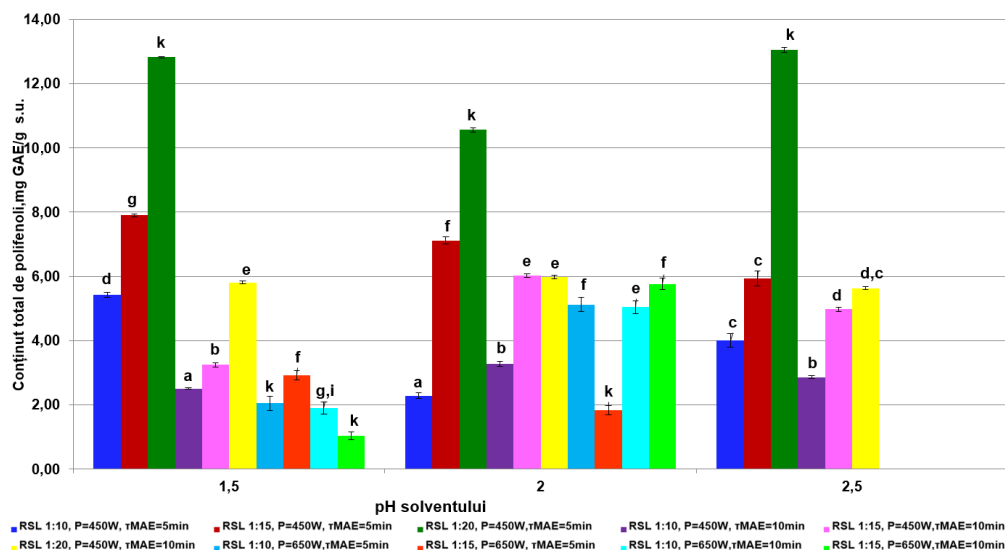


Fig. 3.18 Influența puterii magnetronului de 450W și 650W asupra CTP a pectinei din tescovina de mere extrase prin MAE.

AA a pectinei extrase prin MAE, la puterea magnetronului 450 W și τ_{MAE} 5 min, a înregistrat valoarea minimă de 7,85 $\mu\text{mol TE/g s.u.}$ (pH~2, RSL 1:10 (*m/v*)) și maximă de 16,39 $\mu\text{mol TE/g s.u.}$ (pH~2,5, RSL 1:20 (*m/v*), τ_{MAE} 5 min), fiind influențate de creșterea valorilor pH și RSL. Pentru pectina extrasă la puterea 650W, valoarea minimă a AA a fost 7,01 $\mu\text{mol TE/g s.u.}$ (pH~1,5, RSL 1:10 (*m/v*), τ_{MAE} 5 min) și maximă - 10,27 $\mu\text{mol TE/g s.u.}$ (pH~2, RSL 1:15 (*m/v*), τ_{MAE} 10 min), fig. 3.19.

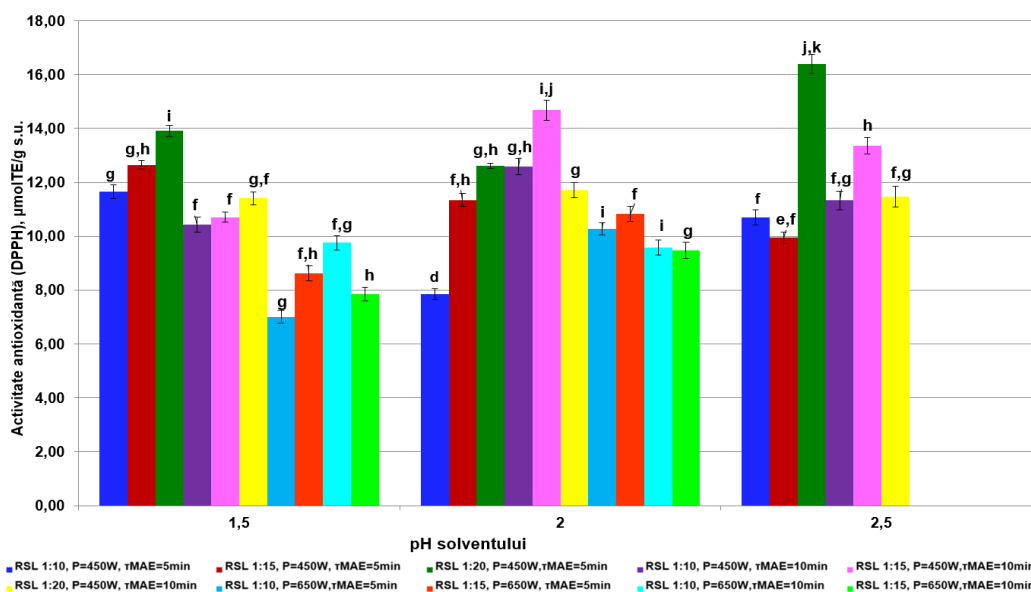


Fig. 3.19 Influența puterii magnetronului de 450W și 650W asupra AA a pectinei din tescovina de mere extrase prin MAE.

Specialiștii din domeniu au raportat aceleași tendințe la analiza CTP și AA a pectinei extrase prin MAE din alte tipuri de materia vegetală (Nguyen et al., 2020, Sánchez-Camargo et al., 2021). Analiza pectinei extrase din pomelo *Citrus maxima* a demonstrat următoarele valori a CTP și AA fiind 2,46 g GAE/L și 1325,85 $\mu\text{mol TE/L}$ respectiv având ca parametri puterii magnetronului de 300 W, τ_{MAE} 2 min și RSL 1:30 (Nguyen et al., 2020).

Sánchez-Camargo et al., (2021) au publicat următoarele rezultate la extracția pectinei din tescovina de mango afirmând o influență majoră a puterii magnetronului și RSL asupra CTP și AA. Valorile obținute de CTP - 52,08 mg GAE/g și AA - 2,75 mmol TE /g extract au fost obținute la puterea magnetronului 800 W, RSL 50 g/mL și τ_{MAE} 90 s.

Cercetarea extracției pectinei prin metoda MAE a demonstrat, că randamentul de extracție, ME, OMe, AUA, GE, CTP, AA au fost influențați, de pH-ul solventului utilizat, τ_{MAE} și RSL (m/v). Randamentul pectinei extrase prin MAE a demonstrat valoarea minimă de 1,18 % (extrasă la următorii parametri: (pH~2,5, RSL 1:10 (m/v), τ_{MAE} 5 min) și maximală de 19,88 % (pH~1,5, RSL 1:20 (m/v), τ_{MAE} 10 min), iar AUA cu valorile 47,31% (pH~2,5, RSL 1:10 (m/v), τ_{MAE} 5 min), maximal 73,02 % (pH~1,5, RSL 1:20 (m/v), τ_{MAE} 10 min) având ca parametri micșorarea pH, mărirea RSL și τ_{MAE} . În pectina MAE, parametru ca ME a înregistrat valoarea minimală de 421,6 g/mol (pH~1,5, RSL 1:20 (m/v), τ_{MAE} 10 min) și maximală de 2261 g/mol (pH~2,5, RSL 1:20 (m/v), τ_{MAE} 5 min), OMe a pectinei între 4,88 % (pH~1,5, RSL 1:20 (m/v), τ_{MAE} 10 min) și 6,39 % (pH~2,5, RSL 1:20 (m/v), τ_{MAE} 5 min) și GE ce cuprinde valori între 38,69% (pH~1,5, RSL 1:20 (m/v), τ_{MAE} 10 min) și 71,37 % (pH~2,5, RSL 1:10 (m/v), τ_{MAE} 5 min) fiind influențate de mărirea pH, micșorarea RSL și τ_{MAE} . CTP a pectinei extrase MAE la puterea magnetronului de 450W și τ_{MAE} 5 min, a înregistrat valoarea minimă de 2,28 mg GAE/g s.u. la (pH~2, RSL 1:10 (m/v)) și maximă de 13,05 mg GAE/g s.u. la (pH~2,5, RSL 1:20 (m/v)), AA (DPPH) a pectinei a înregistrat 7,85 $\mu\text{mol TE/g s.u.}$ (pH~2, RSL 1:10 (m/v)) și maximă de 16,39 $\mu\text{mol TE/g s.u.}$ (pH~2,5, RSL 1:20 (m/v), τ_{MAE} 5 min), fiind influențate de creșterea valorilor pH și RSL.

3.4.7 Analiza informației mutuale a extracției pectinei din tescovina de mere cu aplicarea microundelor

Analiza informației mutuale a fost utilizată pentru a determina influența pH-ului mediului de extracție cu microunde asupra randamentului pectinei, ME, OMe, AUA, GE, CTP și AA. Fig. 3.20 prezintă analiza informației mutuale a influenței pH-ului mediului (1,5; 2;2,5) de extracție la aplicarea microundelor τ_{MAE} 5 min (a) și 10 min (b) la toate RSL (10, 15, 20 (m/v)).

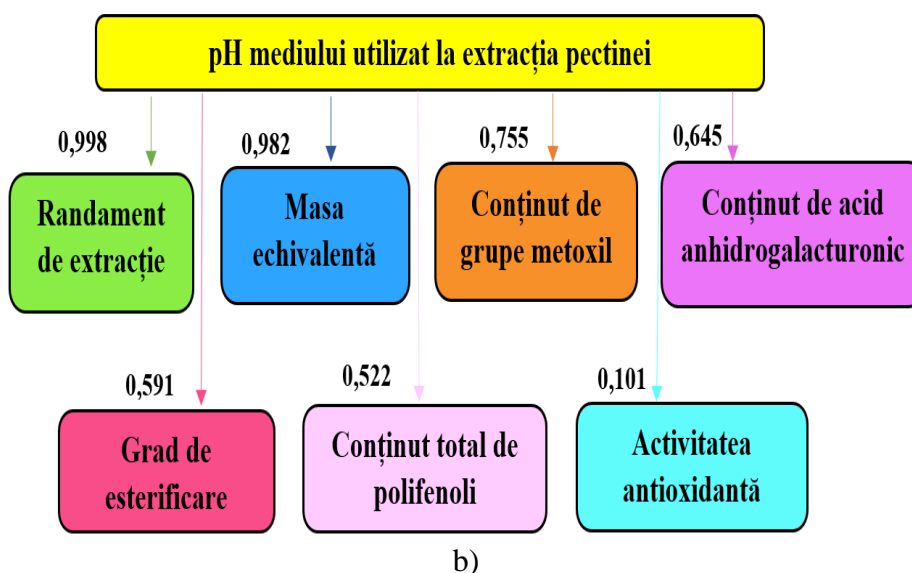
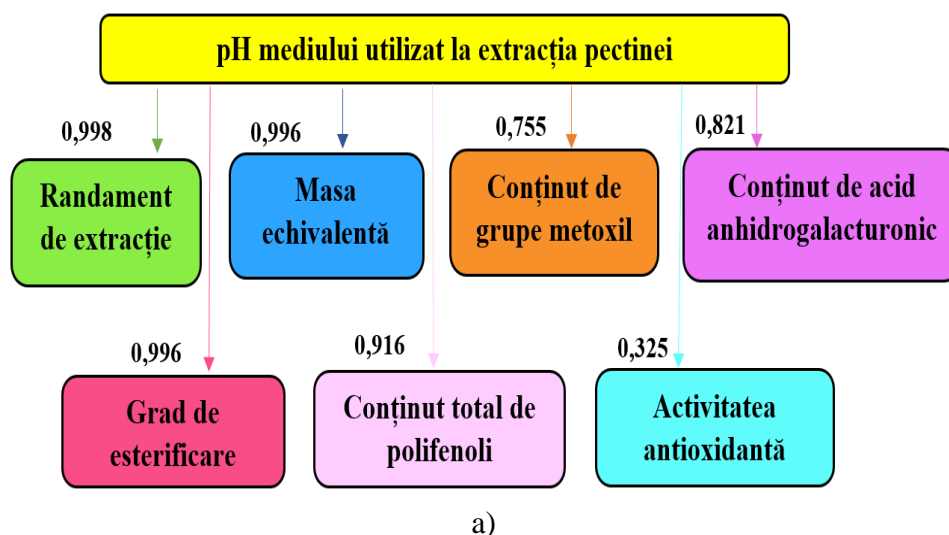


Fig. 3.20. Analiza informațională a influenței pH-ului mediului (1,5;2;2,5) de extracție MAE la toate RSL (1:10;1:15;1:20) asupra randamentului pectinei, ME, OMe, AUA, GE, CTP și AA la aplicarea τ_{MAE} : a) 5 min; b) 10 min.

După cum se arată în fig. 3.20 (a), la τ_{MAE} 5 min pH-ul mediului de extracție a influențat semnificativ randamentul pectinei (0,998 biți), în egală măsură ME și GE (0,996 biți). Urmează, în ordinea descrescătoare a influenței, CTP (0,916 biți), conținutul de AUA (0,821 biți) și OMe (0,755 biți). Cea mai mică valoare a informațiilor mutuale a fost pentru AA (0,325 biți).

În cazul τ_{MAE} 10 min, valorile pH-ului mediului de extracție au influențat cel mai mult randamentul pectinei (0,998 biți) și ME (0,982 biți). Urmează, în ordinea descrescătoare a influenței, OMe (0,755 biți), AUA (0,645 biți), GE (0,591 biți) și CTP (0,522 biți). Cea mai mică valoare a informațiilor mutuale a fost pentru AA (0,101 biți), fig. 3.20 (b).

3.5. Compararea rezultatelor obținute prin extracție UAE și MAE a pectinei din tescovina de mere

Analiza cercetărilor efectuate au demonstrat: influența metodei de extracție UAE sau MAE și parametrilor de extracție pH-ul solventului, RSL și durata de extracție asupra randamentului de extracție, ME, OMe, AUA, GE, CTC și AA a pectinei extrase. Astfel, pentru (pH 1,5 și RSL 1:20 (*m/v*)), randamentul pectinei obținut prin UAE la τ_{UAE} 30 min a constituit 9,91%, iar în cazul MAE la τ_{MAE} 10 min și puterea magnetronului 450 W a fost 19,88%, adică a crescut de 2,01 ori. În extracția MAE a avut loc generarea căldurii care a accelerat procesul de extracție creând creșterea mobilității moleculelor și perturbarea celulelor vegetale. Extracția cu microunde s-a caracterizat prin reducerea duratei de extracție și accesibilitatea echipamentului.

Rezultatele obținute în urma analizei ME au demonstrat, că în pectina extrasă prin UAE și MAE, ME descrește odată cu micșorarea pH-ului, creșterea timpului de extracție și cu mărirea RSL înregistrând valorile pentru: UAE - 1927 g/mol (pH~2,5; RSL 1:15 (*m/v*), τ_{UAE} 15 min), iar pentru MAE 2261 g/mol (pH~2,5; RSL 1:20 (*m/v*), τ_{MAE} 5 min), adică mărirea ME cu 85%. Durata mică de expunere la extracția cu microunde nu a influențat semnificativ asupra modificării proprietăților pectinei extrase. pH mai redus a determinat o ME mai mică datorită hidrolizei mai avansate cu depolimerizarea macromoleculelor, în schimb mărirea pH în solvent a menținut ME mai mare.

Conținutul de OMe, determinat în pectina extrasă din tescovina merelor prin UAE a avut o concentrație mai sporită, comparativ cu pectina extrasă prin MAE. OMe a crescut odată cu mărirea pH-ului și micșorarea timpului de extracție, însă fiind mai puțin influențat de RSL. La extracția MAE (450 W), s-a înregistrat valoarea maximă de 6,39 % (pH~2,5; RSL 1:20 (*m/v*), τ_{MAE} 5 min), iar pentru UAE de 6,81% (pH~2,5; RSL 1:20 (*m/v*), τ_{UAE} 15 min) adică de 1,06 ori mai mică, fiind în dependență de ME a pectinei extrase.

Analiza conținutului de AUA în pectina obținută prin metode UAE și MAE, variază de la o probă la alta fiind în dependență nu numai de metoda aplicată, dar și de condițiile de extracție. Puritatea pectinei extrase a crescut odată cu micșorarea pH-ului, cu mărirea RSL și timpului de extracție. Pectina obținută prin UAE s-a caracterizat printr-un conținut mai mare de AUA, comparativ cu pectina prin MAE și a constituit 78,71 % (pH~1,5; RSL 1:20 (*m/v*), τ_{UAE} 30 min) și 73,02 % (pH~1,5; RSL 1:20 (*m/v*), τ_{MAE} 10 min) respectiv, fiind de 1,07 ori mai mare. Datorită extracției UAE a avut loc menținerea integrității AUA, iar

MAE a influențat asupra structurii celulare eliberând cantități mai mari de pectină, care a scindat mai puțin în AUA.

GE, determinat pentru pectina obținută prin UAE, a înregistrat valoarea maximă 73,78 % (pH~2,5; RSL 1:15 (*m/v*), τ_{UAE} 15 min), comparativ cu pectina extrasă prin MAE, cu 71,37 % (pH~2,5; RSL 1:10 (*m/v*), 5 min). În ambele tehnici, GE a înregistrat reducerea valorilor odată cu micșorarea pH-ului, creșterea timpului de extracție și RSL. GE a pectinei extrase prin UAE, este de 1,03 ori mai mare decât în cazul metodei MAE. Aceste valori se deosebesc nesemnificativ, scăderea GE în regim de microunde, se explică prin temperatura ridicată a solventului cu implicarea activă a moleculelor de apă polare în reacțiile de deesterificare. Extracția UAE, fiind o metodă non-termică, a provocat mai puține reacții chimice de deesterificare (Dranca et al., 2020).

Datele experimentale au demonstrat, că CTP și AA a pectinei, au fost într-o dependență mai mică de RSL la aceiași parametri de extracție. S-a constatat, că CTP a pectinei descrește odată cu micșorarea pH-ului, cu mărirea timpului de extracție și respectiv, cu micșorarea ME. În pectina extrasă prin UAE, CTP maximal a fost de 12,98 mg GAE/g s.u. (pH~2,5; RSL 1:10 (*m/v*), τ_{UAE} 30 min) ce constituie 1,3 %, iar pectina extrasă prin MAE avea valoare de 13,05 mg GAE/g s.u. (pH~2,5; RSL 1:20 (*m/v*), τ_{MAE} 5 min) sau 1,31 %. Probabil, în matricea complexă a macromoleculelor pectinei brute cu ME mare, au fost reținuți mai mulți antioxidanți fenolici.

AA a pectinei obținută prin UAE și MAE a evoluat în mod diferit. AA a pectinei extrase la aceeași frecvență a ultrasunetelor, timp de 15 și 30 min, a crescut proporțional ($R^2=0,8316$ și $R^2=0,8961$) cu CTP, care sunt responsabili pentru efect antioxidant, figurile 3.21a și 3.21b.

AA a pectinei, obținute prin UAE, a avut valori între 4,32 și 18,86 $\mu\text{mol TE/g}$ s.u. AA a pectinei extrase timp de 5 min prin MAE a crescut proporțional cu concentrația polifenolilor ($R^2=0,8209$), valorile fiind cuprinsă între 7,85 și 16,39 $\mu\text{mol TE/g}$, fig. 3.21c. În cazul pectinei extrase prin MAE timp de 10 min, AA nu a crescut proporțional cu CTP ($R^2=0,2779$), deși concentrația antioxidanților fenolici a fost mai mica în toate probele, capacitatea de inhibare DPPH' a pectinei nu s-a redus, fiind cuprinsă între 10,43 și 14,68 $\mu\text{mol TE/g}$, fig. 3.21d. Aceasta se explică prin reacțiile de depolimerizare avansată a pectinei cu eliberarea grupelor funcționale (carbonil, carboxil) responsabile de efectul AA.

Rezultatele cercetărilor au demonstrat, că metodele neconvenționale de extracție UAE și MAE, sunt ușor de controlat și pot fi aplicate pentru obținerea pectinei cu proprietăți prognozate.

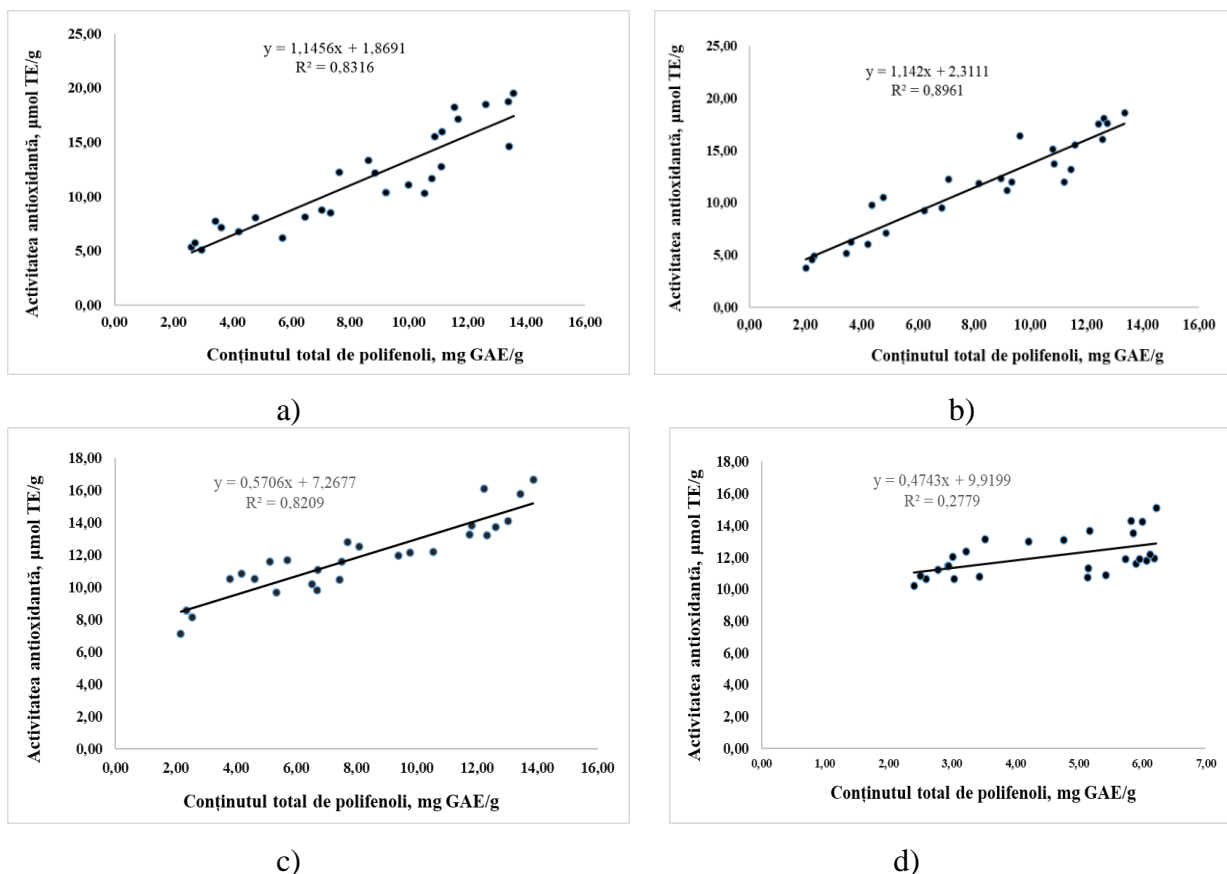


Fig. 3.21 Corelația dintre conținutul total de polifenoli și activitatea antioxidantă a pectinei obținută prin UAE timp de 15 min (a) și 30 min (b); MAE timp de 5 min (c) și 10 min (d).

Pectina, care conține compuși polifenolici, obținută prin UAE și MAE și aplicată în compoziții în calitate de agent de legare și acoperire va avea un spectru mai larg de activitate biologică, la care se mai adaugă și activitatea antioxidantă (Gurev et al., 2023b).

Concluzii la capitolul 3

În rezultatul cercetărilor s-a constatat că există o corelație indirectă între mărirea temperaturii agentului termic (60-80 °C) și reducerea timpului total de uscare de 1,6 ori. De asemenea, s-a demonstrat creșterea următoarelor caracteristici cinetice: vitezei de uscare în prima perioadă de 1,36 ori, coeficientului de uscare în prima perioadă K_I de 1,04 ori și în cea de-a doua perioadă K_{II} de 1,49 ori.

Au fost aplicate 7 modele matematice empirice care au descris cinetica procesului de uscare convectivă a TM pe baza modificărilor *MR*. S-a demonstrat, că fidelitatea maximă față de datele experimentale a fost obținută prin modelul Midilli, valoare R^2 a constituit 0,9996 (pentru 60 și 70 °C) și modelul Wang și Singh, R^2 fiind 0,9937 (pentru 80 °C). Valorile RMSE în aceste modele

au variat în intervalul 0,0234 – 0,0061, afirmând congruența optimă a datelor experimentale cu cele empirice.

S-a demonstrat că temperatura agentului termic a influențat conținutul CBA și AA a tescovinei de mere uscate. Cele mai ridicate valori a CBA și AA s-au înregistrat la temperatura de uscare de 70°C pentru care s-a determinat și conținutul de glucide simple și acizii organici. S-a demonstrat, că toate corelațiile între CBA și AA sunt foarte bune, coeficientul de determinare R^2 fiind de 0,983 (TPC-AA), 0,984 (CT-AA) și 0,915 (CTC-AA).

Analiza cercetărilor extracției pectinei prin metodele neconvenționale UAE și MAE a demonstrat, că parametrii fizico-chimici și valoarea biologică, în cea mai mare măsură a fost influențată de pH-ul solventului, raportul solid-lichid (RSL) și timpul de extracție (τ). S-a demonstrat, că cel mai mare randament de extracție a fost obținut în cazul MAE - 19,88 %, iar în cazul UAE - 9,91%. În cazul MAE cele mai mari valori au fost determinate pentru ME (2261 g/mol), CTP (13,05 mg GAE/g s.u.) AA (16,39 $\mu\text{mol TE/g s.u.}$). În extracția pectinei prin UAE, valorile înregistrate pentru OMe (6,81%), AUA (78,71 %) și GE (73,78 %) au fost mai mari comparativ cu cele din MAE.

Analiza informației mutuale privind influența pH-ului mediului (1,5; 2; 2,5) de extracție la aplicarea ultrasunetelor τ_{UAE} 15 min și 30 min la toate RSL (1:10, 1:15, 1:20 (m/v)) a demonstrat că ME și GE au fost influențată în cea mai mare măsură, valorile fiind în intervalul (0,995-0,998 biți), iar CTP a fost influențat mai puțin, valorile fiind (0,491 – 0,812) biți. În cazul MAE, la aplicarea microundelor τ_{MAE} 5 min și 10 min, cea mai importantă influență a pH-ului (1,5; 2; 2,5) a fost asupra randamentului (0,998 biți), iar cea mai mică asupra AA (0,101-0,325 biți).

S-a demonstrat, eficacitatea metodelor neconvenționale de extracție (UAE și MAE), care sunt ușor dirijabile pentru a obține o pectină cu proprietăți preconizate pentru diferite aplicații.

4. UTILIZAREA PECTINEI ȘI TESCOVINEI DE MERE ÎN FABRICAREA PRODUSELOR ALIMENTARE NOI

Obiectivul principal al cercetărilor în capitolul dat constă în elaborarea tehnologiei de fabricare a batoanelor vegetale cu utilizarea pectinei extrase din TM ca agent de legare și de acoperire; utilizarea pudrei de tescovină din mere pentru fabricarea iaurtului în calitate de agent de îngroșare și stabilizator și a biscuiților pentru înlocuirea zahărului în calitate de îndulcitor. Cercetările au fost efectuate în următoarele direcții: determinarea influenței duratei de păstrare de 360 de zile asupra calității senzoriale, parametrilor fizico-chimici, și valorii biologice a batoanelor din fructe uscate cu utilizarea pectinei ca agent de legare și acoperire; stabilirea influenței perioadei de păstrare de 20 de zile asupra caracteristicilor senzoriale, parametrilor fizico-chimici, de textură și valorii biologice a iaurtului cu adaos de pudră din tescovina de mere; elaborarea tehnologiei de fabricare a biscuiților cu pudră din tescovină de mere prin înlocuirea zahărului și determinarea calității senzoriale și fizico-chimici a biscuiților.

4.1. Utilizarea pectinei în fabricarea batoanelor vegetale

Pectina, este un aditiv alimentar natural, care are capacitate de a forma geluri pentru a conferi fermitate și filme, pentru a îmbunătăți rezistența la tracțiune și a prelungi perioada de păstrare a alimentelor (Roy et al., 2022).

Batoanele vegetale constituie un amestec de fructe uscate (prune, vișine, mere și pudră de măceșe), având ca agent de legare și acoperire pectina, obținută în condiții optime de extracție MAE: pH~2, RSL 20 (m/v), τ_{MAE} 10 min și puterea magnetronului 450 W, care au fost fabricate conform rețetei prezentate în tabelul 4.1 (Ceșko et al., 2022a; Gurev et al., 2023a). Etapele procesului de fabricare a batoanelor vegetale sunt prezentate în schema-bloc (fig. 4.1).

Tabelul 4.1 Rețeta de preparare a batoanelor vegetale

Materii prime utilizate	Calcul pentru 1 kg produs finit, g
Mere uscate	340
Prune uscate	200
Vișine uscate	250
Pudră de măceșe	6
Suspensie de pectină	150

Procesul tehnologic de preparare a batoanelor vegetale a constituit următoarele etape, fig. 4.1:

1. Pregătirea materiei prime (fructele uscate de prune, vișine și mere) care au fost uscate suplimentar la temperatura de 65 ± 1 °C până la umiditatea finală de $12,0 \pm 0,5\%$.

2. Soluția de pectină s-a preparat prin dizolvarea unei probe de pectină de mere în apă la temperatura de $40 \pm 1^\circ\text{C}$, s-a agitat 5-7 min și s-a lăsat timp de 10 min, apoi s-a adăugat soluția de acid citric pentru a crea pH $2,9 \pm 0,1$.
3. Amestecarea omogenă a fructelor uscate, pudrei de măceșe, suspensiei de pectină și formarea batoanelor cu masa de 35 ± 1 g cu dimensiunile $85 \times 30 \times 13$.
4. Acoperirea batoanelor cu filme de pectină în trei repetări, uscare la temperatura de $63 \pm 2^\circ\text{C}$ până la umiditatea finală de $30 \pm 1\%$.
5. Ambalarea în vid și păstrarea batoanelor pe o perioadă de depozitare de 360 zile la temperatura camerei și umiditatea relativă a aerului max. 75%.

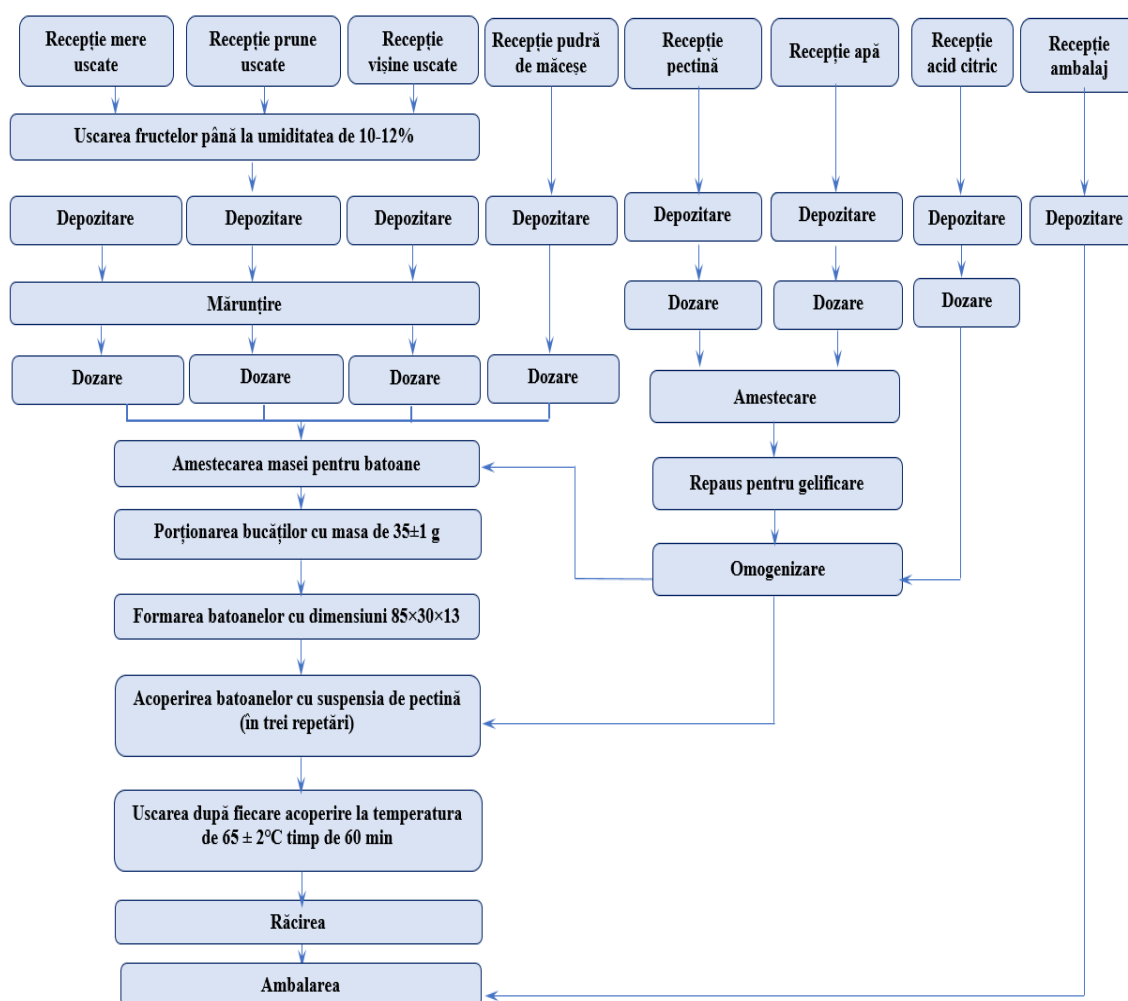


Fig. 4.1 Schema-bloc a etapelor procesului de fabricare a batoanelor vegetale.

Pudra de măceșe a fost aplicată pentru a menține stabilitatea microbiologică a batoanelor vegetale în timpul păstrării. Literatura de specialitate atestă că pudra de măceșe are activitate antimicrobiană împotriva bacteriilor patogene: Gram-pozitive (*Staphylococcus aureus*) și Gram-negative (*Escherichia coli* și *Klebsiella pneumoniae*) (Ghendov-Moșanu et al., 2018).

Analiza calității senzoriale, parametrilor fizico-chimici, stabilității microbiologice și valorii biologice (CTP, CTF și AA) a batoanelor s-a făcut la fiecare 90 de zile.

Influența duratei de păstrare asupra parametrilor senzoriali ai batoanelor vegetale

Utilizarea pectinei, ca agent de legare și de acoperire, a influențat favorabil, atât calitatea senzorială, cât și fizico-chimică, stabilitatea microbiologică și valoarea biologică a batoanelor păstrate 360 de zile. Caracteristicile senzoriale ale batoanelor vegetale s-au apreciat pe baza calității fructelor uscate, ce intră în componența lor, în conformitate cu Cerințele de calitate a fructelor uscate (HG nr. 1523 din 29.12.2007). Au fost apreciate aspectul, consistența, culoarea, mirosul și gustul prezentate în tabelul 4.2.

Tabelul 4.2. Caracteristicile senzoriale ale batoanelor vegetale pe perioada de depozitare de 360 de zile

Caracteristica senzorială	Descrierea
Aspect: forma, starea suprafeței	Suprafață lucioasă, ușor lipicioasă. Forma dreptunghiulară corectă, susceptibilă la deformare. Deteriorări a suprafeței nu s-au marcat.
Consistența	Semitare.
Culoarea	Culoarea uniformă, pronunțată dintr-o culoare închisă datorită vișinilor și prunelor, intercalate cu bucăți de mere galbene uscate.
Gust și miros	Dulce, caracteristic vișinilor și prunelor uscate, cu gust pronunțat de mere uscate și măceșe. Gusturile și mirosurile specifice fructelor uscate.

*Rezultate obținute de autor.

S-a demonstrat că pectina a îmbunătățit structura și consistența batoanelor, fig. 4.2.



a)



b)

Fig. 4.2 Aspectul batoanelor vegetale cu utilizarea pectinei: a) până la acoperire și b) după acoperire.

În timpul păstrării calitatea senzorială a batoanelor nu s-a modificat esențial cu excepția gustului, care la finele duratei de păstrare (360 de zile) avea predominant în gust fructe de vișine. Aplicarea pectinei a minimalizat nivelul de deteriorare al batoanelor și a permis păstrarea lor îndelungată.

Literatura de specialitate atestă că filmele pe bază de pectină sunt biodegradabile și au proprietăți mecanice excelente, oferind posibilitatea de a prelungi durata de păstrare a alimentelor acoperite (Mendes et al., 2020; Rohasmizah & Azizah, 2022). În plus, filmele de pectină permit controlul pierderii de umiditate în alimente, reducând astfel degradarea CBA în timpul păstrării (Muñoz-Almagro et al., 2021).

Evoluția parametrilor fizico-chimici în batoane vegetale pe perioada de păstrare

Pe parcursul depozitării (360 de zile), cu interval de 3 luni, au fost analizați parametrii fizico-chimici, stabilitatea microbiologică, valoarea biologică și activitatea antioxidantă a batoanelor vegetale, care sunt prezentați în tabelul 4.3

Tabelul 4.3. Evoluția parametrilor fizico-chimici, valorii biologice, activității antioxidante și stabilității microbiologice în batoane pe perioada de păstrare

Parametrii	Durata de depozitare, zile				
	1	90	180	270	360
Conținut de umiditate, %	30,0 ± 0,1 ^e	28,5 ± 0,1 ^d	26,4 ± 0,0 ^c	25,1 ± 0,1 ^b	23,6 ± 0,1 ^a
pH	3,61 ± 0,03 ^a	3,61 ± 0,02 ^a	3,64 ± 0,0 ^a	3,75 ± 0,02 ^b	3,95 ± 0,01 ^c
Aciditate titrabilă, % raportată la acid citric	1,12 ± 0,02 ^c	1,08 ± 0,01 ^b	1,05 ± 0,01 ^b	0,84 ± 0,02 ^a	0,83 ± 0,02 ^a
Activitatea apei, c.u.	0,571 ± 0,002 ^d	0,565 ± 0,003 ^d	0,543 ± 0,001 ^c	0,510 ± 0,002 ^b	0,496 ± 0,001 ^a
Conținut total de polifenoli, mg GAE/100 g s.u.	7,68 ± 0,12 ^c	7,63 ± 0,13 ^c	7,57 ± 0,11 ^c	6,24 ± 0,13 ^b	5,59 ± 0,07 ^a
Conținut total de flavonoide, mg QE/100 g s.u.	2,75 ± 0,05 ^d	2,71 ± 0,09 ^d	2,48 ± 0,02 ^c	2,13 ± 0,04 ^b	1,85 ± 0,05 ^a
Activitate antioxidantă (DPPH), % inhibare	84,09 ± 1,33 ^{d,e}	82,62 ± 1,35 ^{d,e}	77,9 ± 0,48 ^{c,d}	72,29 ± 0,39 ^b	67,80 ± 0,56 ^a
Activitate antioxidantă (DPPH), μmol TE/100 g s.u.	24,85 ± 0,14 ^d	24,80 ± 0,09 ^d	23,52 ± 0,05 ^c	22,31 ± 0,07 ^b	20,14 ± 0,0 ^a
Stabilitatea microbiologică, CFU/g	0 ± 0 ^a	2,0 ± 0,1 ^b	2,0 ± 0,1 ^b	2,0 ± 0,1 ^b	2,0 ± 0,1 ^b

Valorile din tabel reprezintă mediile a trei încercări replicate ± abaterea standard. Litere (^{a-e}) desemnează rezultate diferite din punct de vedere statistic ($p \leq 0,05$).

Rezultatele obținute demonstrează, că parametrii fizico-chimici, stabilitatea microbiologică, valoarea biologică și activitatea antioxidantă a batoanelor vegetale nu s-au modificat semnificativ în timpul depozitării.

Conținutul de umiditate în timpul păstrării batoanelor a scăzut treptat de la 30,0% (în prima zi) la 23,6% (a 360-a zi), adică cu 21,3%. Aceasta s-a datorat proprietății pectinei de a gelifica și de a reține umiditatea în interiorul batoanelor. Filmul protector de pectină de pe suprafața batoanelor a avut rol de barieră în controlul retenției de umiditate, a redus procesele de interacțiune dintre moleculele alimentului și mediul înconjurător (Gurev et al., 2023a). Datele bibliografice arată ca pierderea în umiditate pe timpul de depozitare a prunelor uscate pot varia între 16,5 % și 24 %, în dependență de stratul de acoperire al prunelor (Youssef & EL Kady, 2016).

Evoluția pH și a acidității titrabile. Utilizarea ansamblului divers de fructe uscate și pudrei de măceșe în formularea batoanelor a condus la formarea unui mediu ușor acid, care este asociat de către consumatori cu gustul prunelor uscate și al vișinelor. Evoluția pH-ului în batoanele vegetale în timpul păstrării s-a datorat fructelor de prune și vișine, acidului citric, folosit în formarea suspensiei de pectină, și pudrei de măceșe utilizate pentru stabilitate microbiologică. Pe parcursul a 3 luni, valoarea pH-ului nu s-a schimbat esențial. S-a observat o ușoară creștere a pH-ului de la 3,64 (în a 180-a zi) până la 3,95 (în a 360-a zi), iar aciditatea titrabilă probelor a scăzut de la 1,12% (în prima zi) până la 0,83% raportat la acid citric (a 360-a zi), datorită transformărilor fizico-chimice ale compușilor care au avut loc în batoanele vegetale în timpul păstrării. Literatura de specialitate confirmă că în fructele uscate cu umiditatea de 20%, având pH-ul între 3,1 și 4,0, sunt alimente cu aciditate ridicată (Arendse & Jideani, 2022).

Activitatea apei (a_w) determinată în batoanele vegetale pe o perioadă de 360 de zile s-a modificat de la 0,571 până la 0,496 u.c., indicând o scădere de 14%. Valorile a_w demonstrează conservarea corespunzătoare a batoanelor vegetale, precum și efectul protector și stabilizator al pectinei ca agent de legare și de acoperire. Pectina a menținut cantitatea de apă necesară pentru a păstra prospețimea batoanelor vegetale. Sursele bibliografice confirmă faptul că a_w a batoanelor se încadrează în intervalul de la 0,4 la 0,6 u.c, ceea ce este tipic pentru fructele și legumele uscate (Jayeola & Farber, 2021). Nunes et al., (2016) au menționat că vișinele uscate, cu conținut mediu de umiditate cuprins între 9,5% și 12,1%, au a_w în intervalul 0,54 și 0,66 u.c. Arendse & Jideani, (2022). au stabilit că a_w în merele uscate variază între 0,3 și 0,4 u.c. Aceste valori influențează negativ dezvoltarea mucegaiurilor și a drojdiilor. Pretratarea merelor cu o soluție de acid citric 0,2% în timpul albirii favorizează, atât păstrarea unei culori galben deschise, cât și crearea unui mediu acid pentru a inhiba creșterea microorganismelor patogene (Gurev et al., 2023b).

Din punctul de vedere al **stabilității microbiologice** reducerea conținutului de umiditate din fructele uscate utilizate, valorile scăzute ale pH-ului, utilizarea pectinei, atât ca agent de legare, cât și ca stratul protector, precum și ambalarea în vid au stopat creșterea microorganismelor în timpul depozitării, astfel, fiind asigurată o stabilitate microbiologică pe toată perioada de depozitare.

Analiza compușilor biologic activi în batoane a demonstrat că includerea fructelor uscate și pudrei de măceșe în compoziția alimentului, împreună cu utilizarea pectinei ca agent de legare și de acoperire, a avut o influență pozitivă asupra evoluției antioxidanților în timpul depozitării. CTP, inclusiv CTF, în primele șase luni de depozitare au rămas aproape de valorile inițiale: 7,68 mg GAE/100 g s.u. (CTP) și 2,75 mg QE/100 g s.u. (CTF). Totuși, spre finele păstrării, conținutul CBA a scăzut la 5,59 mg GAE/100 g s.u. (CTP) și 1,85 mg QE/100 g s.u. (CTF). Pectina, ca aport de antioxidant, a marcat un rol de stabilizator și barieră de protecție, reducând semnificativ procesul de degradare al CBA în timpul păstrării batoanelor (Gurev et al., 2023a; Češko et al., 2022c).

Activitatea antioxidantă (DPPH) în batoane a avut inițial o valoare de 24,85 $\mu\text{mol TE}/100 \text{ g s.u.}$, care a scăzut ușor în primele 6 luni și a ajuns la 20,14 $\mu\text{mol TE}/100 \text{ g s.u.}$ la sfârșitul unui an de păstrare în condiții adecvate. Aceste valori nu au suferit modificări semnificative în perioada de păstrare datorită conținutului crescut de polifenoli din batoanele vegetale și aportului de antioxidanți din fructe și pectină.

Cercetările prezentului studiu au demonstrat că pectina extrasă prin MAE cu GE de 47,74%, CTP 497 mg GAE/100 g s.u. și AA de 13,36 $\mu\text{mol TE}/100 \text{ g s.u.}$, utilizată ulterior ca agent de legare și acoperire în procesul tehnologic de fabricare al batoanelor vegetale, a menținut AA și valoarea funcțională ridicată a alimentului pe parcursul a 12 luni de păstrare. De asemenea, pectina, fiind caracterizată prin valori ridicate a AA și a altor parametri fizico-chimici, a avut un rol important în păstrarea calității batoanelor din fructe uscate.

4.2. Utilizarea tescovinei de mere în fabricarea iaurtului

Iaurtul joacă un rol esențial în recomandările dietetice deoarece îndeplinește funcția de furnizare a nutrienților și CBA esențiali pentru sănătate: vitamine și săruri minerale, lactoză, proteine bioactive, lipide și bacterii lactice vii benefice pentru tractul gastrointestinal (Gómez-Gallego et al., 2018). Factorii principali ce afectează structura și textura iaurtului sunt: conținutul de proteine și grăsimi, procesul tehnologic și proprietățile ingredientelor adăugate (în special stabilizatorii). Stabilizatorii, utilizați în prepararea iaurtului și ca agenți de îngroșare, sunt diverse polizaharide. Fabricarea iaurtului, cu adaos de pudră din tescovină de mere (PTM) are ca

scop cercetarea influenței concentrației de pudră asupra caracteristicilor senzoriale, parametrilor fizico-chimici și de textură și activității antioxidante pe perioada de păstrare. Utilizarea PTM a permis producerea unui iaurt cu o structură și textură îmbogățită cu fibre alimentare și CBA fiind totodată și ca stabilizator (Popescu et al., 2022). Parametrii fizico-chimici ai tescovinei de mere, utilizate pentru fabricarea iaurtului, sunt prezentați în tabelul 4.4.

Tabelul 4.4. Parametrii fizico-chimici ai tescovinei de mere utilizate în fabricarea iaurtului

Parametru	Valoare*
Umiditate, %	7,84 ± 0,05
Aciditate titrabilă, % raportată la acid malic	0,22 ± 0,01
Conținut de substanțe solide solubile, °Brix	15,82 ± 0,01
Conținut de grăsime, %	3,03 ± 0,18
Conținut de proteine, %	5,27 ± 0,09
Conținut total de fibre alimentare, %	62,73 ± 1,46
Conținut de fibre alimentare insolubile, %	14,05 ± 0,44
Conținut de pectină, %	23,12 ± 0,65
Conținut de substanțe minerale, %	1,67 ± 0,02

*Valorile reprezintă mediile a trei replici ± abaterea standard. Limita de încredere de 95%.

Conținutul de grăsime și substanțe minerale în tescovina de mere au fost de 3,03 și 1,67%, respectiv. Aceste valori au fost în conformitate cu rezultatele obținute de alți cercetători, care au stabilit că conținutul de substanțe minerale din TM este de 2 %, iar conținutul de grăsime a variat de la 2,20 până la 4,40 g/100 g tescovină datorită grăsimilor din semințele de mere (Sudha et al., 2007; Waldbauer et al., 2017). Conținutul de proteine în tescovina de mere a fost de 5,27 %. Rezultate similare au fost obținute și de Rana et al., (2015), care au analizat compoziția chimică a 11 soiuri de mere, valorile fiind în intervalul 3,75 - 4,65 g/100 g în funcție de soi. Conținutul total de fibre alimentare în tescovina de mere a fost de 62,73%, iar conținutul de pectină - 23,12 %. Antonic et al., (2020) au determinat că în tescovina de mere, în funcție de gradul de maturitate al fructelor, conținutul de proteine a cuprins valorile de la 1,20 g/100 g până la 6,91 g/100 g, iar în fibrele alimentare între 15,5 % – 72 %. TM prezintă o sursă de antioxidanți importanți, cum sunt polifenoli, flavonoide, taninuri și carotenoizi, tabelul 4.5.

Tabelul 4.5 Compuși biologic activi și AA a pudrei din tescovină de mere*

Compuși	Valoare
Conținut total de polifenoli, mg GAE/100 g s.u.	728,8±25,5
Conținut total de flavonoide, mg QE/100 g s.u	246,5±31,2
Conținut de taninuri, mg TAE/100 g s.u.	63,54±5,71
Conținut total de carotenoizi, mg/100 g s.u.	4,93±0,27
Activitatea antioxidantă (DPPH), μmol TE/100 g s.u.	2433±44

*Valorile reprezintă mediile a trei replici ± abaterea standard. Limita de încredere de 95%.

În urma cercetării tescovinei de mere a soiului ”Idared”, Rana et al., (2015) au înregistrat cel mai ridicat CTP de 810 mg GAE/g și respectiv un CTF de 346 mg QE/g. Prin urmare, se poate afirma că CTP și CTF din tescovina analizată s-au situat în intervalul valorilor obținute de alți cercetători (Popescu et al., 2022). Deci, conținutul de CBA și proprietățile tescovinei de mere pot fi valorificate prin utilizarea acesteia în elaborarea iaurtului funcțional. Pentru elaborarea rețetei de fabricare a iaurtului, decizia prioritara a fost de a utiliza materia vegetală, tescovina de mere, în calitate de stabilizator, cu scopul îmbunătățirii proprietăților structurale ale iaurtului.

Pentru fabricarea iaurtului s-a utilizat laptele pasteurizat de 2,5% grăsime, pudră de tescovina de mere și cultura starter liofilizată de tip DVS, YAB 352B care conține *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delsbueckii subsp. bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium*. Probele de iaurt au fost obținute utilizând 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 și 1% PTM (0,2% ITM, 0,4% ITM, 0,6% ITM, 0,8% ITM și 1,0% ITM) (Bulgaru, Popescu et al., 2023). Rețeta de fabricare a iaurtului cu PTM este prezentată în tabelul 4.6 iar procesul tehnologic în schema bloc fig.4.3.

Tabelul 4.6. Rețeta de fabricare a iaurtului cu pudră din tescovina de mere

Materia primă și ingrediente	Cantitate, kg					
	IM	ITM 0,2%	ITM 0,4%	ITM 0,6%	ITM 0,8%	ITM 1,0%
Lapte standardizat, conținutul de grăsime 2,5%	98,6	98,4	98,2	98,0	97,8	97,6
Cultura starter de bacterii lactice	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Tescovina de mere	-	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
TOTAL	100	100	100	100	100	100

Procesul tehnologic de preparare a iaurtului cu PTM constituie câteva etape (fig. 4.3):

- Recepția calitativă și cantitativă a laptelui care corespundea cerințelor normative, cu aciditatea de 20 °T și nu conținea reziduuri de antibiotice.
- Încălzirea laptelui reconstituit la temperatura de 38-42 °C.
- Adăugarea PTM în concentrații de 0,2%, 0,4%, 0,6%, 0,8% și 1,0% în raport cu laptele reconstituit și rehidratarea timp de 2 ore.
- Pasteurizarea la temperatura de 85±1 °C timp de 10 min, apoi răcire la 39±1°C și inoculare cu cultură starter (0,02 U/1000 mL).
- Fermentarea laptelui la temperatura de 39±1°C.
- După fermentare, iaurtul a fost amestecat, repartizat în recipiente de polipropilenă și maturat la temperatura de 4±1 °C timp de 24 de ore.

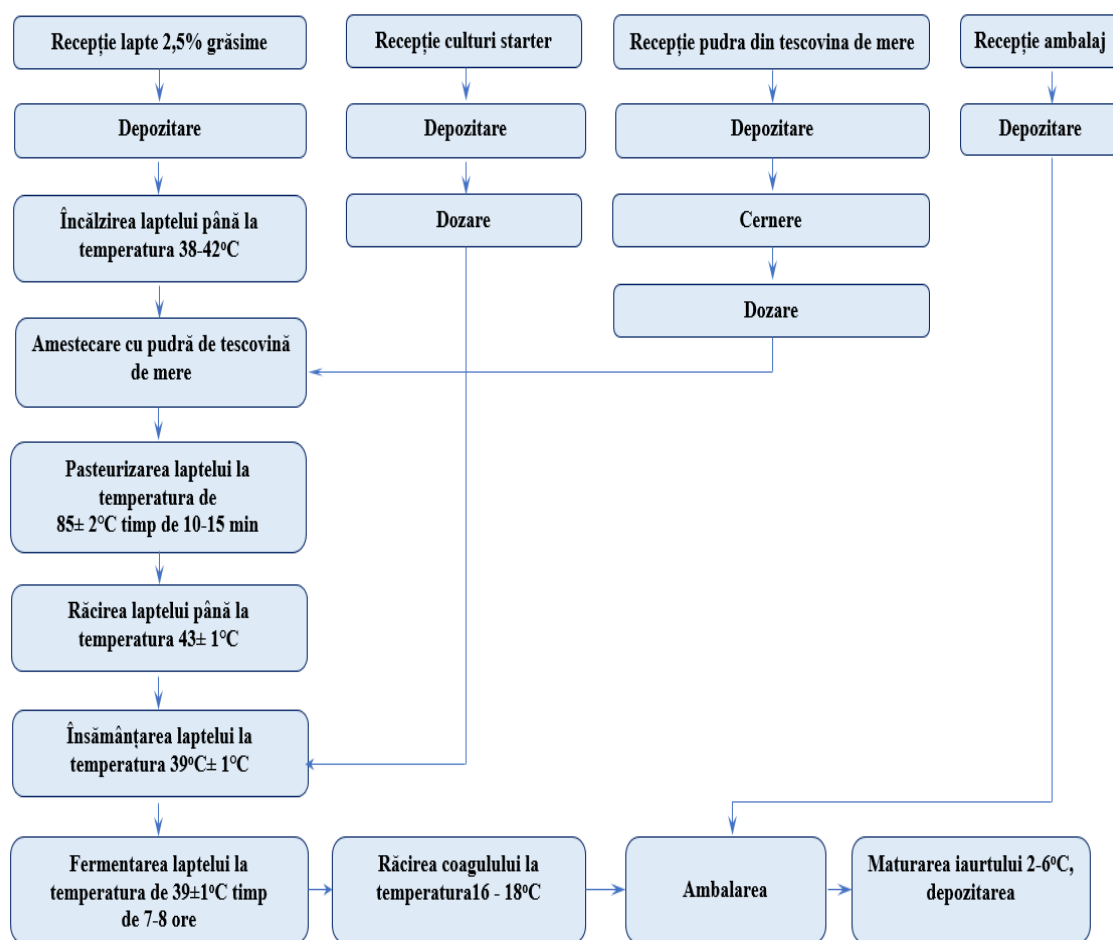


Fig. 4.3 Schema-bloc a etapelor procesului de fabricare al iaurtului cu pudră din tescovină de mere.

În tabelul 4.7 se prezintă evoluția pH-ului în iaurtul cu și fără PTM în timpul fermentării.

Tabelul 4.7. Evoluția pH-ului în iaurtul cu pudră din tescovina de mere în timpul fermentării

Durata de fermentare, h	Probe de iaurt					
	PM	ITM 0,2%	ITM 0,4%	ITM 0,6%	ITM 0,8%	ITM 1,0%
0	6,58 ± 0,02 ^l	6,58 ± 0,01 ^l	6,58 ± 0,02 ^l	6,58 ± 0,03 ^l	6,58 ± 0,01 ^l	6,58 ± 0,02 ^l
2	6,42 ± 0,01 ^k	6,42 ± 0,02 ^k	6,38 ± 0,01 ^k	6,38 ± 0,02 ^k	6,38 ± 0,04 ^k	6,20 ± 0,03 ^j
4	6,04 ± 0,02 ⁱ	5,92 ± 0,01 ^h	5,85 ± 0,02 ^{g,h}	5,85 ± 0,03 ^{g,h}	5,75 ± 0,01 ^g	5,55 ± 0,00 ^f
6	5,16 ± 0,02 ^e	5,02 ± 0,01 ^d	4,92 ± 0,04 ^{c,d}	4,92 ± 0,01 ^c	4,86 ± 0,02 ^c	4,85 ± 0,03 ^c
7	4,95 ± 0,03 ^{cd}	4,91 ± 0,03 ^c	4,76 ± 0,01 ^b	4,76 ± 0,03 ^b	4,62 ± 0,02 ^a	4,60 ± 0,04 ^a
7,5	4,85 ± 0,01 ^c	4,82 ± 0,01 ^b	4,62 ± 0,02 ^a	4,61 ± 0,01 ^a	n.d.	n.d.
8	4,62 ± 0,02 ^a	4,60 ± 0,04 ^a	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

n.d. – nu s-a determinat. Valorile din tabel reprezintă mediile a trei încercări replicate ± abaterea standard. Litere (^{a-l}) desemnează rezultate diferite din punct de vedere statistic ($p \leq 0,05$).

Pentru a atinge pH - 4,6, durata de fermentare a probelor de iaurt a variat între 7 și 8 ore. S-a constatat că adaosul de pudră de tescovină de mere a redus durata de fermentare de la 8 până la 7,5 ore

în cazul probei de iaurt ITM 0,4% și ITM 0,6% și până la 7 ore în cazul ITM 0,8% și ITM 1,0%. În cazul ITM 0,2% nu au fost observate schimbări esențiale în timpul de fermentare. Reducerea duratei de fermentare în cazul probelor ITM 0,4% - ITM 1,0%, probabil, s-a datorat caracterului acid al TM din cauza prezenței acizilor organici (malic, lactic, citric și succinic). Wang et al., (2019) au raportat că adaosul de TM de 1% a contribuit la reducerea duratei de fermentare a iaurtului în raport cu PM.

Probele de iaurt au fost evaluate în prima zi de producere (calitatea senzorială, parametrii fizico-chimică, cromatici și activitatea antioxidantă) și în timpul depozitării în a 7, 14, 17 și 20 zi (calitatea senzorială, pH și parametrii de textură).

Analiza probelor de iaurt în prima zi de la producere

Analiza senzorială a probelor de iaurt cu și fără PTM a demonstrat că caracteristicile corespund cerințelor de calitate pentru lapte și produse lactate, tabelul 4.8 (HG nr. 158 din 07.03.2019).

Tabelul 4.8. Indicii de calitate al probelor de iaurt cu adaos de pudră din tescovină de mere

Caracteristica senzorială	Descriere
Aspectul și consistența	Coagul fin, omogen, cu consistență fluidă, fără bule de gaz.
Culoare	Albă (PM) sau alb-gălbuie (ITM), uniformă.
Miros	Specific iaurtului, cu caracterul fermentației lactice, plăcut. Miros specific tescovinei de mere (ITM)
Gust	Specific iaurtului, cu caracterul specific fermentației lactice, plăcut, acrișor. Cu gust de tescovină de mere (ITM).

Rezultatele acceptabilității generale a probelor de iaurt în prima zi de la producere sunt prezentate în fig. 4.4.

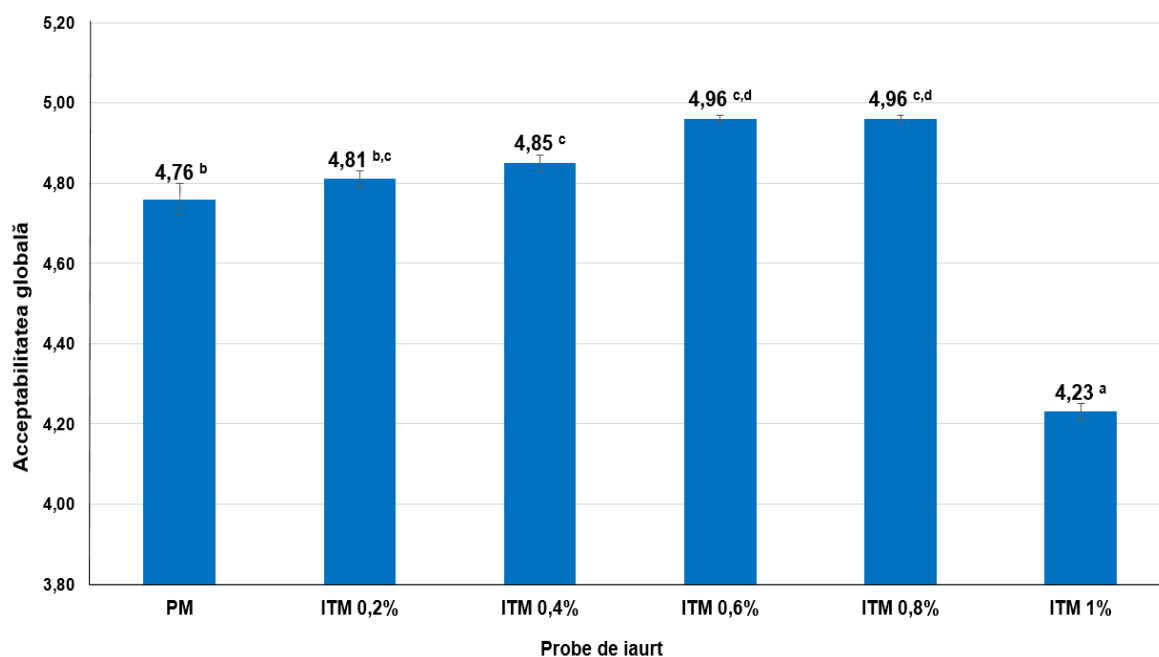


Fig. 4.4 Acceptabilitatea generală a probelor de iaurt în prima zi.

Cel mai ridicat punctaj al acceptabilității generale au obținut probele ITM 0,6% și ITM 0,8%, care s-au caracterizat prin coagul de consistență fermă și cremoasă, miros și gust specific de iaurt, cu caractere specifice fermentației lactice și măr.

Analiza fizico-chimică a probelor de iaurt a inclus determinarea conținutului de substanță uscată, de grăsime, conținutului total de fibre alimentare și insolubile, precum și activității antioxidante, fig. 4.5 - 4.8. Conținutul de substanță uscată din iaurt a variat între 14,40% (PM) și 15,04% (ITM 1%), fig. 4.5.

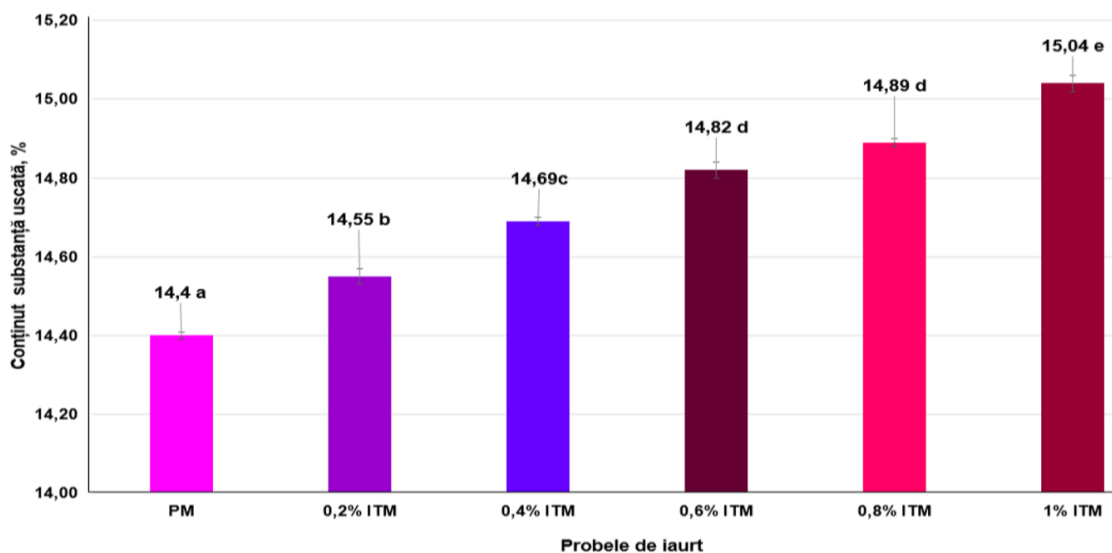


Fig. 4.5. Influența adaosului de pudră din tescovină de mere asupra conținutului de substanță uscată în probele de iaurt.

Mărirea conținutului de PTM a determinat o creștere neesențială a conținutului de grăsime de la 0,15% (PM) până la 0,18% (ITM 1%), fig. 4.6.

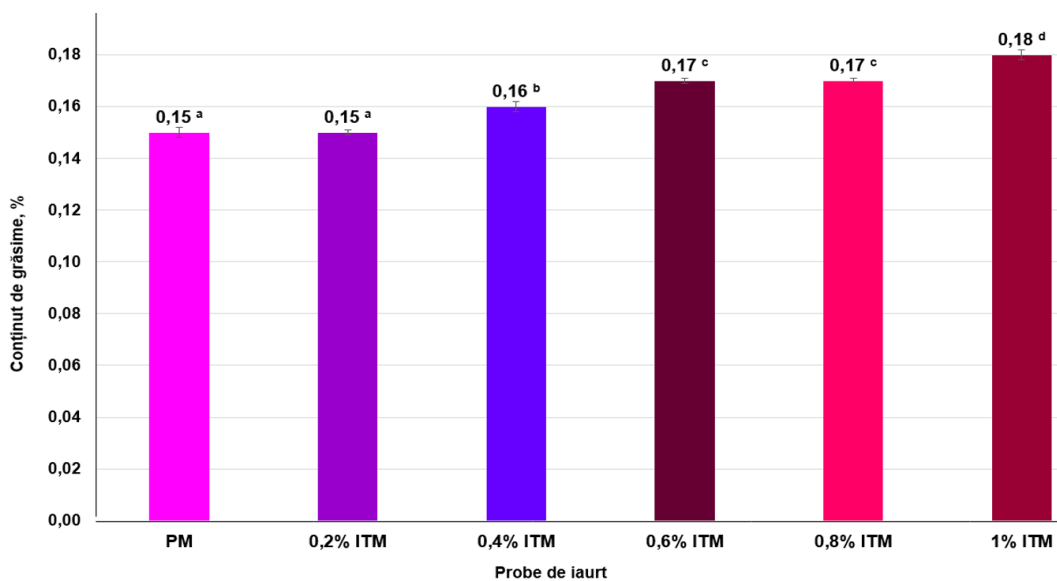
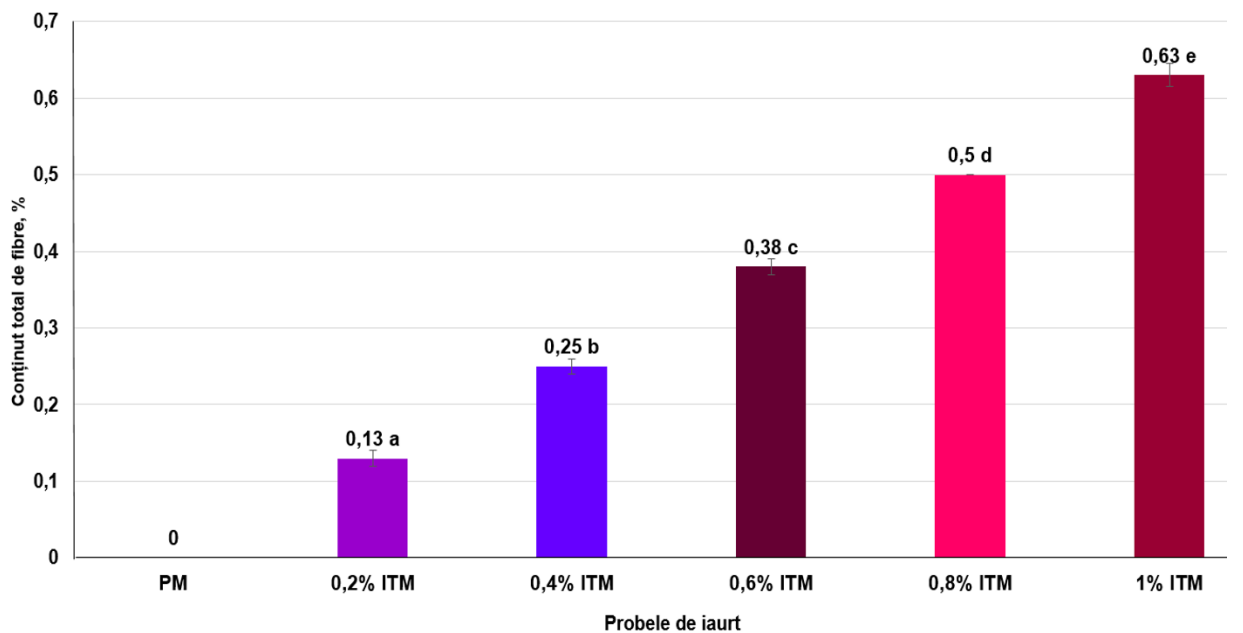


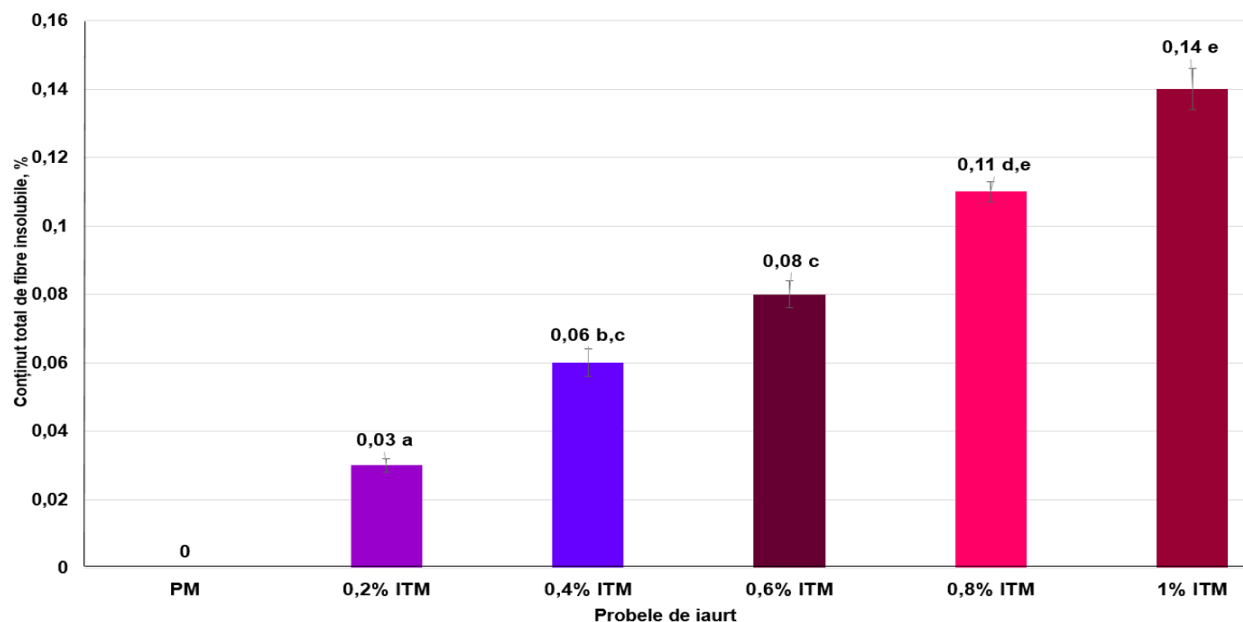
Fig. 4.6. Influența adaosului de pudră din tescovină de mere asupra conținutului de grăsime în probele de iaurt

Chandel et al., (2022) au demonstrat că pectina poate fi absorbită prin interacțiuni electrostatice pe suprafața micelilor de cazeină în zonele bogate în grupări carboxilice. Maroziene, (2000) a demonstrat că absorbția și interconectarea micelilor de cazeină cu pectina pot avea loc la concentrații scăzute ale acestora. Liang & Luo, (2020) au demonstrat că pectina poate forma complexe cu calciul eliberat din miceliile de cazeină.

În ceea ce privește conținutul total de fibre alimentare, valoarea a crescut cu aproximativ 0,25% (ITM 0,4%) și cu 0,63% (ITM 1%) în raport cu PM, fig. 4.7a.



a)



b)

Fig. 4.7 Evoluția conținutului total de fibre alimentare (a) și insolubile (b) în probele de iaurt.

TM în proporție de 1% a condiționat creșterea nivelului de fibre insolubile în iaurt cu 0,14% în comparație cu PM. Celuloza, lignina, protopectina, etc., care fac parte din fibrele insolubile în iaurtul cu PTM, sunt distribuite în faza serică a rețelei de cazeină. Acestea, fiind rehidratate, au contribuit semnificativ la reținerea și imobilizarea zerului, formând, astfel, niște rețele coloidale. Ambele interacțiuni posibile sugerează că tescovina de mere acționează ca un filer activ cu o stabilizare suplimentară a fazei serice în cazeină (Wusigale et al., 2020). Issar et al., (2017) au analizat influența diferitor concentrații de tescovină de mere (2,5-10%) în probele de iaurt și au constatat că valorile conținutului de fibre alimentare au fost de la 2,42% până la 9,94%, respectiv.

În mod similar, creșterea conținutului de PTM în probele de iaurt a determinat o creștere a AA (fig. 4.8). În cazul ITM 1,0%, AA a atins valoarea de 29,8 $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$ probă. Chiar și cea mai mică cantitate de tescovină de mere (0,2%) a provocat o creștere de 0,3 ori a AA în comparație cu PM, iar o cantitate de 1% de tescovină de mere a dus la o creștere de 56 de ori.

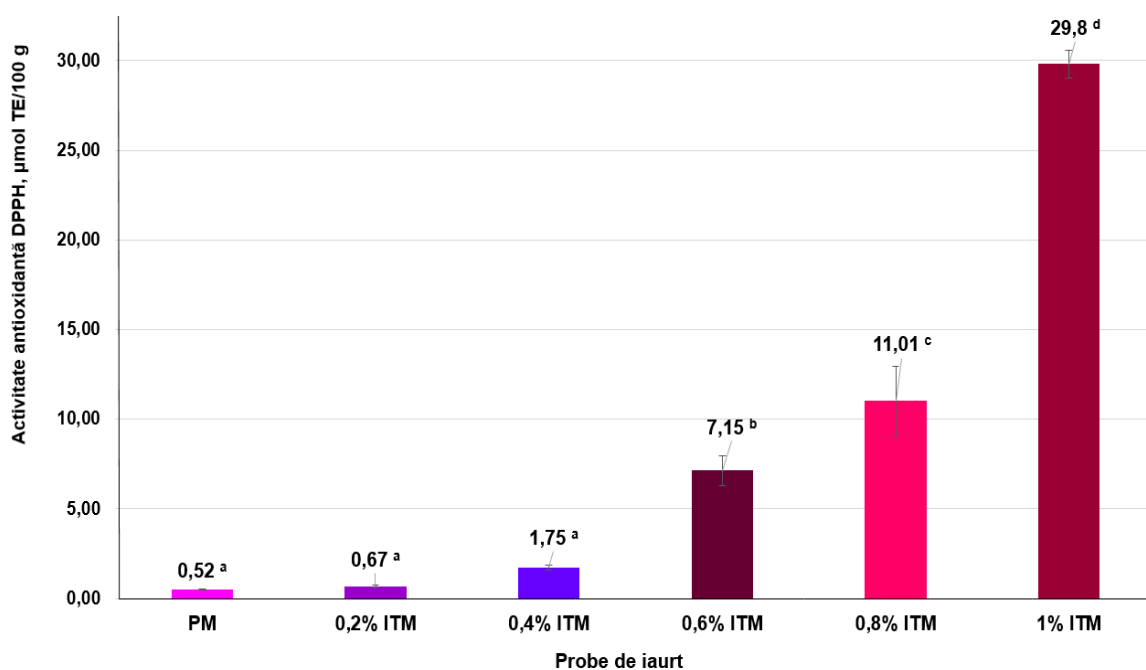


Fig. 4.8 Influența adaosului de tescovină de mere asupra activității antioxidante în probele de iaurt.

Sabater et al., (2020) au stabilit că acidul galacturonic din pectină de asemenea influențează AA a iaurtului cu PTM. Ahmed et al., (2022) au cercetat utilizarea PTM în dezvoltarea iaurtului funcțional. Ei au demonstrat ca cea mai mare valoare a activității antioxidante (DPPH) a constituit 65,13% pentru proba de iaurt cu 9% de PTM. Jovanovic et al., (2020) au adăugat tescovină de mere în iaurt în concentrații de 1%, 3% și 5%. Cercetătorii au constatat că valorile activității

antioxidante în iaurt cu PTM au crescut de 3,3 ori (1%); 4,7 ori (3%) și 8,0 ori (5%) în raport cu PM.

Culoarea iaurtului este un indicator important, care influențează calitatea, valoarea comercială și acceptabilitatea produsului și este direct influențată de tipul adaosului utilizat în tehnologie, tabelul 4.9.

Pe măsură ce cantitatea de PTM a crescut de la 0,2 – 1%, valorile luminozității (L^*) probelor au scăzut de la 77,27 (PM) până la 73,36 (ITM 1,0%). Valorile componentei roșu-verde (a^*) sunt situate în domeniu negativ, ceea ce confirmă prezența tonului verde în toate probele analizate. În cazul componentei galben-albastru (b^*), în toate probele analizate a predominat culoarea galbenă datorită adaosului de PTM.

Conform Ramirez-Rodriguez et al., (2011), consumatorii pot percepe o schimbare a culorii unui produs alimentar atunci când valoarea diferenței globale de culoare (ΔE^*) este peste trei.

Tabelul 4.9. Parametrii cromatici a iaurtului cu adaos de pudră din tescovină de mere

Parametrii cromatici CIELab	Probe de iaurt					
	PM	ITM 0,2%	ITM 0,4%	ITM 0,6%	ITM 0,8%	ITM 1,0%
Luminozitate, L^*	77,27 ± 0,10 ^d	76,79 ± 0,04 ^d	74,87 ± 0,02 ^c	74,37 ± 0,08 ^c	73,9 ± 0,02 ^b	73,36 ± 0,05 ^a
Componenta roșu-verde, a^*	-2,56 ± 0,04 ^a	-1,96 ± 0,02 ^b	-1,57 ± 0,02 ^c	-1,5 ± 0,03 ^{c,d}	-1,3 ± 0,06 ^{d,e}	-1,25 ± 0,03 ^e
Componenta galben-albastru, b^*	6,27 ± 0,03 ^a	6,35 ± 0,09 ^{ab}	6,59 ± 0,05 ^b	7,56 ± 0,04 ^c	7,5 ± 0,01 ^c	8,06 ± 0,04 ^d
Diferența globală de culoare, ΔE^*	-	0,77 ± 0,05 ^a	2,62 ± 0,12 ^b	3,35 ± 0,07 ^c	3,80 ± 0,08 ^d	4,50 ± 0,04 ^e

Valorile din tabel reprezintă mediile a trei încercări replicate ± abaterea standard. Litere (^{a-e}) desemnează rezultate diferite din punct de vedere statistic ($p \leq 0,05$).

ΔE^* a probelor de iaurt cu PTM a crescut de la 0,77 (ITM 0,2%) până la 4,5 (ITM 1,0%). De asemenea, valorile ΔE^* au fost analizate conform clasificării prezentate de Kim et al., (2002): diferențe de culoare imperceptibile, dacă intervalul este 0,5-1,5; diferențe ușoare (0,5-1,5); diferențe doar vizibile (1,5-3,0); diferențe marcate (3,0-6,0); diferențe de culoare extrem de marcate (6,0–12,0) și culori de diferite nuanțe (>12). Astfel, s-a demonstrat ca în funcție de valorile ΔE^* , prezentate în tabelul 4.9, ITM 0,2% a fost clasificat cu diferențe de culoare imperceptibile (0,5-1,5), ITM 0,4% - cu diferențe doar vizibile (1,5-3,0); ITM 0,6%; ITM 0,8% și ITM 1,0% cu diferențe marcate de culoare (3,0-6,0).

Influența duratei de păstrare asupra calității iaurtului

În timpul duratei de păstrare, calitatea senzorială a probelor de iaurt nu s-a schimbat esențial, cu excepția probei de ITM 1,0%, tabelul 4.10. În a 20-a zi de păstrare, probele de iaurt ITM 0,4%, ITM 0,6% și ITM 0,8% au fost apreciate cu cel mai ridicat punctaj 4,82-4,83, deoarece s-a păstrat un coagulum de consistență cremoasă, miros și gust specific iaurtului și tescovinei de mere. Rezultate similare au fost prezentate de Marchiani et al., (2016), prin care s-a demonstrat că scorurile generale de acceptabilitate ale iaurtului cu tescovină de struguri au fost mai mari decât a unui iaurt-martor. Jovanovic et al., (2020) au demonstrat că iaurtul cu tescovină de mere a fost evaluată cu cel mai ridicat punctaj în comparație cu PM.

Evoluția pH-ului în timpul păstrării, de asemenea, este determinată de dezvoltarea bacteriilor lactice provenite din cultura starter și de PTM în iaurt, tabelul 4.11. Durata de păstrare la rece a condus la scăderea pH-ului treptat în toate probele analizate, iar cea mai mică valoare a pH-ului s-a înregistrat în a 20-a zi, valorile fiind în intervalul 4,24 (ITM 1%) - 4,47 (PM). În timpul păstrării, co-fermentarea lentă a probelor, datorită bacteriilor *Streptococcus thermophilus* și *Lactobacillus bulgaricus* din culturile starter, a determinat creșterea acidității iaurtului.

Tabelul 4.11. Evoluția pH-ului în probele de iaurt în timpul păstrării*

Timp de păstrare, zile	Probe de iaurt					
	PM	ITM 0,2%	ITM 0,4%	ITM 0,6%	ITM 0,8%	ITM 1,0%
1	4,60 ± 0,00 ^j	4,59 ± 0,01 ^j	4,60 ± 0,00 ^j	4,59 ± 0,01 ^j	4,59 ± 0,01 ^j	4,58 ± 0,01 ^j
7	4,58 ± 0,01 ^j	4,57 ± 0,03 ^j	4,56 ± 0,01 ^{ij}	4,52 ± 0,03 ^{gh}	4,46 ± 0,02 ^{fg}	4,42 ± 0,02 ^{ef}
14	4,57 ± 0,03 ^{ij}	4,55 ± 0,02 ^{ij}	4,50 ± 0,03 ^{gh}	4,48 ± 0,02 ^{fg}	4,38 ± 0,01 ^d	4,35 ± 0,02 ^{cd}
17	4,50 ± 0,02 ^{gh}	4,50 ± 0,04 ^{gh}	4,47 ± 0,01 ^{fg}	4,42 ± 0,01 ^e	4,35 ± 0,01 ^c	4,30 ± 0,00 ^b
20	4,47 ± 0,03 ^{fg}	4,45 ± 0,01 ^f	4,41 ± 0,02 ^{de}	4,39 ± 0,01 ^c	4,26 ± 0,01 ^{ab}	4,24 ± 0,01 ^a

*Valorile din tabel reprezintă mediile a trei încercări replicate ± abaterea standard. Litere (^{a-j}) desemnează rezultate diferite din punct de vedere statistic ($p \leq 0,05$).

În plus, polizaharidele din tescovina de mere din iaurt ar putea fi considerate prebiotice pentru dezvoltarea bacteriilor lactice, cauzând producția suplimentară de acid lactic în comparație cu PM (Thilakarathna et al., 2018). Evoluția pH în probele de iaurt cercetate în timpul depozitării este în concordanță cu rezultatele realizate de Staffolo et al., (2004) și Issar et al., (2017), care au raportat că adaosul de TM în iaurt a condus la scăderea pH-ului în timpul păstrării.

Cunoașterea proprietăților reologice și, în special, texturale a iaurturilor este deosebit de importantă din punct de vedere tehnologic. Adăugarea PTM a condus la scăderea pH-ului de gelifiere și a scurtat timpul de fermentație (în special pentru ITM 1%), dezvoltând un gel mai ferm și mai consistent în timpul depozitării la rece.

Tabelul 4.10. Proprietățile senzoriale ale probelor de iaurt cu adaos de PTM pe perioada păstrării

Parametri organoleptici	Durata de depozitare, zile	Probele de iaurt					
		PM	ITM 0,2%	ITM 0,4%	ITM 0,6%	ITM 0,8%	ITM 1%
Aspect și consistență	1	4,05 ± 0,04 ^{d,e}	4,23 ± 0,06 ^f	4,41 ± 0,02 ^g	4,41 ± 0,03 ^{g,h}	4,83 ± 0,05 ^{j,k}	3,48 ± 0,02 ^b
	7	4,05 ± 0,03 ^{d,e}	4,23 ± 0,05 ^f	4,41 ± 0,05 ^{g,h}	4,41 ± 0,02 ^g	4,83 ± 0,03 ^{j,k}	3,48 ± 0,01 ^b
	14	4,00 ± 0,05 ^{d,e}	4,20 ± 0,07 ^{e,f}	4,52 ± 0,04 ^h	4,52 ± 0,04 ^h	4,89 ± 0,04 ^k	3,40 ± 0,06 ^b
	17	3,96 ± 0,04 ^d	4,20 ± 0,05 ^{e,f}	4,54 ± 0,03 ^{h,i}	4,54 ± 0,02 ^h	4,92 ± 0,02 ^k	3,38 ± 0,01 ^b
	20	3,82 ± 0,01 ^c	4,12 ± 0,04 ^e	4,60 ± 0,03 ⁱ	4,60 ± 0,03 ⁱ	4,90 ± 0,01 ^k	3,26 ± 0,02 ^a
Culoare	1	5,00 ± 0,00 ^b	5,00 ± 0,00 ^b	5,00 ± 0,00 ^b	5,00 ± 0,00 ^b	5,00 ± 0,00 ^b	4,22 ± 0,01 ^a
	7	5,00 ± 0,00 ^b	5,00 ± 0,00 ^b	5,00 ± 0,00 ^b	5,00 ± 0,00 ^b	5,00 ± 0,00 ^b	4,21 ± 0,02 ^a
	14	5,00 ± 0,00 ^b	5,00 ± 0,00 ^b	5,00 ± 0,00 ^b	5,00 ± 0,00 ^b	5,00 ± 0,00 ^b	4,21 ± 0,01 ^a
	17	5,00 ± 0,00 ^b	5,00 ± 0,00 ^b	5,00 ± 0,00 ^b	5,00 ± 0,00 ^b	5,00 ± 0,00 ^b	4,20 ± 0,03 ^a
	20	5,00 ± 0,00 ^b	5,00 ± 0,00 ^b	5,00 ± 0,00 ^b	5,00 ± 0,00 ^b	5,00 ± 0,00 ^b	4,20 ± 0,03 ^a
Miros	1	5,00 ± 0,00 ⁱ	5,00 ± 0,00 ⁱ	5,00 ± 0,00 ⁱ	5,00 ± 0,00 ⁱ	5,00 ± 0,00 ⁱ	4,64 ± 0,02 ^d
	7	5,00 ± 0,00 ⁱ	5,00 ± 0,00 ⁱ	5,00 ± 0,00 ⁱ	5,00 ± 0,00 ⁱ	5,00 ± 0,00 ⁱ	4,58 ± 0,01 ^c
	14	4,62 ± 0,02 ^{c,d}	4,88 ± 0,03 ^{g,h}	4,92 ± 0,04 ^{h,j}	4,80 ± 0,02 ^{f,g}	4,80 ± 0,01 ^{f,g}	4,48 ± 0,01 ^b
	17	4,60 ± 0,03 ^{c,d}	4,84 ± 0,01 ^g	4,88 ± 0,02 ^{g,h}	4,80 ± 0,01 ^{f,g}	4,78 ± 0,01 ^f	4,48 ± 0,01 ^b
	20	4,56 ± 0,04 ^{b,c}	4,84 ± 0,01 ^g	4,86 ± 0,03 ^{g,h}	4,78 ± 0,03 ^{f,g}	4,72 ± 0,01 ^e	4,24 ± 0,02 ^a
Gust	1	5,00 ± 0,00 ^j	5,00 ± 0,00 ^j	5,00 ± 0,00 ^j	5,00 ± 0,00 ^j	5,00 ± 0,00 ^j	4,57 ± 0,03 ^e
	7	5,00 ± 0,00 ^j	5,00 ± 0,00 ^j	5,00 ± 0,00 ^j	5,00 ± 0,00 ^j	5,00 ± 0,00 ^j	4,42 ± 0,02 ^d
	14	4,80 ± 0,01 ^h	4,86 ± 0,03 ^{h,i}	4,92 ± 0,04 ^{i,j}	4,90 ± 0,03 ⁱ	4,88 ± 0,03 ^{h,i}	4,36 ± 0,03 ^{c,d}
	17	4,60 ± 0,04 ^{e,f}	4,84 ± 0,01 ^h	4,88 ± 0,03 ^{h,i}	4,80 ± 0,01 ^h	4,78 ± 0,04 ^{g,h}	4,20 ± 0,02 ^b
	20	4,56 ± 0,02 ^e	4,76 ± 0,04 ^{g,h}	4,84 ± 0,04 ^{h,i}	4,64 ± 0,01 ^f	4,68 ± 0,03 ^{f,g}	4,00 ± 0,02 ^a
Acceptabilitate generală	1	4,76 ± 0,03 ^h	4,81 ± 0,02 ^{h,i}	4,85 ± 0,02 ⁱ	4,96 ± 0,01 ^j	4,96 ± 0,01 ^j	4,23 ± 0,02 ^d
	7	4,76 ± 0,03 ^h	4,81 ± 0,01 ^{h,i}	4,85 ± 0,01 ⁱ	4,93 ± 0,02 ^j	4,96 ± 0,01 ^j	4,18 ± 0,01 ^c
	14	4,61 ± 0,02 ^{f,g}	4,74 ± 0,02 ^h	4,84 ± 0,02 ⁱ	4,90 ± 0,02 ^{i,j}	4,89 ± 0,02 ^{i,j}	4,11 ± 0,01 ^{b,c}
	17	4,54 ± 0,02 ^f	4,72 ± 0,01 ^h	4,83 ± 0,02 ⁱ	4,88 ± 0,01 ⁱ	4,87 ± 0,02 ⁱ	4,07 ± 0,02 ^b
	20	4,49 ± 0,03 ^{f,g}	4,68 ± 0,01 ^g	4,83 ± 0,01 ⁱ	4,82 ± 0,01 ⁱ	4,83 ± 0,01 ⁱ	3,93 ± 0,01 ^a

*Valorile din tabel reprezintă mediile a trei încercări replicate ± abaterea standard. Litere (^{a-j}) desemnează rezultate diferite din punct de vedere statistic ($p \leq 0,05$).

Najgebauer-Lejko et al., (2020) au demonstrat că datorită microstructurii complexe, gelurile de iaurt sunt susceptibile la acțiunea temperaturii, forțelor de forfecare și a duratei de depozitare. Delikanli & Ozcan, (2017) au menționat că proprietățile reologice și de textura ale produselor lactate fermentate depind de aranjarea lor structurală și de microstructura rețelei proteice. Parametrii de textură (fermitate, elasticitate, coeziune, adezivitate și gumenozitate) a probelor de iaurt cu și fără tescovină de mere sunt prezentați în tabelul 4.12.

Dalgleish & Corredig, (2012) au demonstrat ca structura și textura iaurtului se formează în special, în timpul fermentării laptelui, dar depinde și de hidrocoloizii aplicați. De asemenea, s-a menționat că compoziția caseinei laptelui afectează în mod critic structura și proprietățile micelilor de cazeină, în special, dimensiunile și comportamentul de agregare al acestora. PTM a influențat în mod semnificativ proprietățile texturale ale iaurtului. Pe măsura creșterii cantității de pudre de la 0,2 până la 1% valorile fermității au crescut de la 1297 g până la 1944 g.

Adezivitatea iaurturilor cu tescovină a arătat o tendință de scădere de la 1306 g·s (ITM 0,2%) până la 1219 g·s (ITM 1,0%). Se consideră că valoarea adezivității iaurtului este invers proporțională cu calitatea de consum a iaurtului (Popescu et al., 2022; Češko et al., 2023b).

Coeziunea este corelată cu acceptabilitatea iaurtului de către consumatori și este un parametru important pentru analiza texturii iaurtului. S-a demonstrat că valorile coeziunii probelor de iaurt au crescut odată cu mărirea concentrației de PTM adăugate, valoarea maximă (0,703%) fiind înregistrată în cazul ITM 1%. Creșterea coeziunii probelor de iaurt cu PTM s-ar putea datora vâscozității conferite de tescovină, care ar putea oferi rezistență structurii iaurtului.

S-a constatat că elasticitatea iaurtului a crescut odată cu creșterea nivelului de adaos PTM, iar valoarea maximă a fost înregistrată la iaurturile cu adaos de 0,8-1,0%.

Gumenozitatea este un alt parametru important pentru analiza texturală a iaurtului. Nivelul gumenozității în iaurt influențează acceptabilitatea consumatorului și poate varia de la o persoană la alta. Rezultatele analizei texturale în timpul depozitării au sugerat că adăugarea PTM au condus la formarea unui sistem stabil și unei rețele tridimensionale puternice în iaurt. Prin urmare, s-a demonstrat creșterea gradului de reticulare a rețelei de gel și ca rezultat formarea unei structuri de gel mai fermă (Bulgaru et al., 2023).

Pe parcursul perioade de păstrare (20 de zile) probele de iaurt, fortificate cu PTM, au prezentat o fermitate, elasticitate și coeziune îmbunătățită, indicând o întărire a structurii gelurilor de cazeină (Češko et al., 2023b). Wang et al., (2019) au raportat că parametrii reologici se află într-o corelație cu capacitatea 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 tescovină.

Tabele 4.12. Parametri texturali a iaurtului cu adaos de pudră din tescovină de mere pe perioada de păstrare*

Parametri texturali	Durata de păstrare, zile	Probe de iaurt					
		PM	ITM 0,2%	ITM 0,4%	ITM 0,6%	ITM 0,8%	ITM 1,0%
Fermitate, g	1	1235 ± 29,2 ^a	1297 ± 26,8 ^{ab}	1343 ± 31,5 ^b	1442 ± 29,6 ^c	1661 ± 46,7 ^{ef}	1944 ± 36,8 ^h
	7	1271 ± 42,4 ^{ab}	1307 ± 41,9 ^{ab}	1351 ± 42,9 ^b	1483, ± 35,3 ^{cd}	1751 ± 49,1 ^{ef}	1992 ± 41,9 ^{hi}
	14	1316 ± 25,5 ^{ab}	1321 ± 36,5 ^{ab}	1457 ± 53,9 ^c	1646 ± 42,8 ^e	2064 ± 41,3 ^{ij}	2191 ± 39,7 ^{jk}
	17	1377 ± 31,8 ^b	1329 ± 28,6 ^b	1562 ± 48,4 ^d	1736 ± 51,8 ^{ef}	2105 ± 49,6 ^{ij}	2269 ± 29,8 ^k
	21	1390 ± 41,7 ^{bc}	1339 ± 36,8 ^b	1574 ± 38,1 ^d	1804 ± 58,5 ^{fg}	2185 ± 43,7 ^{jk}	2244 ± 32,5 ^k
Elasticitate, %	1	1,001 ± 0,001 ^a	1,290 ± 0,005 ^b	1,303 ± 0,008 ^{bc}	1,329 ± 0,012 ^{bc}	1,375 ± 0,009 ^c	1,401 ± 0,011 ^{cd}
	7	1,004 ± 0,003 ^a	1,319 ± 0,006 ^b	1,300 ± 0,006 ^{bc}	1,391 ± 0,008 ^c	1,495 ± 0,005 ^d	1,607 ± 0,007 ^e
	14	1,075 ± 0,005 ^a	1,339 ± 0,008 ^b	1,410 ± 0,012 ^{cd}	1,620 ± 0,019 ^e	1,983 ± 0,018 ^{fg}	2,064 ± 0,016 ^g
	17	1,093 ± 0,006 ^a	1,391 ± 0,007 ^c	1,431 ± 0,017 ^c	1,920 ± 0,020 ^f	2,148 ± 0,021 ^h	2,182 ± 0,027 ^h
	21	1,098 ± 0,002 ^a	1,403 ± 0,011 ^{cd}	1,447 ± 0,021 ^c	2,080 ± 0,027 ^{gh}	2,218 ± 0,027 ^{hi}	2,269 ± 0,030 ⁱ
Coeziune, %	1	0,278 ± 0,001 ^a	0,433 ± 0,009 ^b	0,448 ± 0,014 ^b	0,643 ± 0,003 ^d	0,682 ± 0,009 ^d	0,703 ± 0,011 ^d
	7	0,280 ± 0,002 ^a	0,443 ± 0,012 ^b	0,534 ± 0,021 ^c	0,745 ± 0,011 ^e	0,868 ± 0,011 ^f	0,959 ± 0,020 ^{gh}
	14	0,308 ± 0,003 ^a	0,456 ± 0,014 ^b	0,704 ± 0,028 ^{de}	0,851 ± 0,019 ^f	0,912 ± 0,021 ^g	0,967 ± 0,018 ^{gh}
	17	0,320 ± 0,001 ^a	0,463 ± 0,011 ^b	0,760 ± 0,021 ^e	0,859 ± 0,022 ^f	0,983 ± 0,011 ^h	0,986 ± 0,011 ^h
	21	0,406 ± 0,004 ^b	0,470 ± 0,018 ^{bc}	0,779 ± 0,024 ^{ef}	0,897 ± 0,025 ^{fg}	0,993 ± 0,017 ^h	0,998 ± 0,006 ^h
Adezivitate, g-s	1	1477 ± 5,9 ^h	1306 ± 5,7 ^f	1299 ± 3,8 ^{ef}	1276 ± 4,6 ^e	1232 ± 2,9 ^d	1219 ± 6,2 ^d
	7	1368 ± 1,6 ^g	1304 ± 3,6 ^f	1293 ± 2,7 ^e	1270 ± 3,1 ^e	1223 ± 3,1 ^d	1181 ± 5,4 ^c
	14	1291 ± 6,2 ^e	1213 ± 2,9 ^d	1200 ± 5,2 ^{cd}	1169 ± 2,8 ^{bc}	1134 ± 2,5 ^{ab}	1121 ± 4,7 ^a
	17	1227 ± 4,8 ^d	1197 ± 2,3 ^c	1186 ± 3,8 ^c	1133 ± 2,5 ^{ab}	1129 ± 2,6 ^a	1111 ± 6,1 ^a
	21	1212 ± 2,6 ^d	1187 ± 4,8 ^c	1175 ± 4,2 ^c	1129 ± 3,3 ^a	1114 ± 1,9 ^a	1110 ± 2,9 ^a
Gumenoziitate, %	1	0,999 ± 0,002 ^j	0,874 ± 0,004 ⁱ	0,689 ± 0,005 ^f	0,444 ± 0,011 ^d	0,409 ± 0,006 ^c	0,382 ± 0,012 ^b
	7	0,965 ± 0,001 ^j	0,845 ± 0,008 ^h	0,669 ± 0,009 ^f	0,438 ± 0,007 ^d	0,405 ± 0,012 ^c	0,372 ± 0,009 ^{bc}
	14	0,816 ± 0,006 ^h	0,763 ± 0,010 ^g	0,672 ± 0,011 ^f	0,434 ± 0,009 ^{cd}	0,403 ± 0,009 ^c	0,327 ± 0,005 ^{ab}
	17	0,801 ± 0,005 ^{gh}	0,771 ± 0,009 ^g	0,642 ± 0,008 ^{ef}	0,424 ± 0,010 ^{cd}	0,377 ± 0,008 ^{bc}	0,319 ± 0,006 ^{ab}
	21	0,782 ± 0,004 ^g	0,761 ± 0,006 ^g	0,622 ± 0,013 ^e	0,411 ± 0,007 ^c	0,361 ± 0,011 ^b	0,308 ± 0,011 ^a

*Valorile din tabel reprezintă mediile a trei încercări replicate ± abaterea standard. Litere (a-k) desemnează rezultate diferite din punct de vedere statistic ($p \leq 0,05$).

Santo et al., (2012) au demonstrat o textură îmbunătățită în probele de iaurt, care au fost fortificate cu produse secundare, cum ar fi tescovina de afine la concentrația optimă de 4,5%, și pulberea de coajă de la fructul pasiunii în concentrații de 0,5% și 1,0%.

Sinereza apare din cauza incapacității gelului de iaurt de a reține faza serică și a slăbirii rețelei de cazeină ce duce la eliberarea zerului (Lucey, 2004). Astfel, cea mai mare valoare de 26,65% a fost înregistrată pentru PM, tabelul 4.13.

Tabelul 4.13. Evoluția sinerezei pe perioada de păstrare a iaurtului cu adaos de pudră din tescovină de mere*

Durata de păstrare, zile	Probe de iaurt					
	PM	ITM 0,2%	ITM 0,4%	ITM 0,6%	ITM 0,8%	ITM 1,0%
1	26,65 ± 0,12 ^h	25,72 ± 0,08 ^g	24,94 ± 0,14 ^f	24,55 ± 0,08 ^e	24,48 ± 0,11 ^e	24,38 ± 0,09 ^e
7	27,05 ± 0,32 ⁱ	25,58 ± 0,11 ^g	24,87 ± 0,12 ^f	24,29 ± 0,05 ^e	24,21 ± 0,09 ^{d,e}	24,03 ± 0,07 ^d
14	27,39 ± 0,10 ⁱ	24,89 ± 0,22 ^f	24,33 ± 0,10 ^e	23,96 ± 0,11 ^d	23,61 ± 0,07 ^{c,d}	23,39 ± 0,08 ^c
17	27,97 ± 0,04 ^j	24,62 ± 0,09 ^e	23,89 ± 0,09 ^d	23,72 ± 0,07 ^{c,d}	23,22 ± 0,05 ^c	22,86 ± 0,11 ^b
20	28,13 ± 0,31 ^j	24,46 ± 0,16 ^e	23,63 ± 0,15 ^{c,d}	23,16 ± 0,09 ^{b,c}	22,53 ± 0,06 ^a	22,18 ± 0,06 ^a

*Valorile din tabel reprezintă mediile a trei încercări replicare ± abaterea standard. Litere (^{a-j}) desemnează rezultate diferite din punct de vedere statistic ($p \leq 0,05$).

Adaosul de PTM în structura iaurtului a redus capacitatea de separare a zerului. În proba ITM 1,0%, valoarea sinerezei a fost cea mai mică fiind 24,38%, deoarece a fost cea mai bună reținere a zerului. Vianna et al., (2017) au demonstrat că creșterea conținutului total de substanțe solide influențează pozitiv densitatea rețelei și reduce sinereza laptelui fermentat. Sinereza PM a prezentat o tendință de creștere, în timp ce sinereza probelor de iaurt cu adaos de pudră s-a redus constant pe parcursul celor 20 de zile de păstrare la rece (tabelul 4.13). Oliveira et al., (2015) au stabilit că modificarea sinerezei poate fi legată de interacțiunea dintre polifenoli-proteine, deoarece primii au o afinitate mare pentru cazeină. Interacțiunile covalente sau necovalente dintre polifenoli și proteine conduc la formarea complexelor solubile stabile. Interacțiunile promovează puterea rețelei de cazeină (interacțiune hidrofobă) și formarea legăturilor de hidrogen. Staffolo et al., (2004) au raportat că în probele de iaurt fortificat cu 1,3% de fibre din mere nu s-a înregistrat eliminarea zerului. De asemenea, Wang et al., (2019) au raportat că în iaurtul cu tescovină de mere s-a redus semnificativ eliberarea zerului în timpul depozitării la rece. O influență mai puternică asupra parametrilor a fost observată la concentrații mai mari de TM.

În general, parametrii texturali au corelat cu caracteristicile senzoriale, cu excepția probei ITM 1,0%. Această probă a demonstrat valorile ridicate ale parametrilor texturali, dar din punct de vedere senzorial a fost apreciată cu un scor redus ca rezultat al apariției senzației grosiere a particulelor de tescovină de mere în cavitatea bucală. Adaosul de PTM în proporție de 0,6-0,8% a condus la obținerea unui iaurt cu textură fermă, elasticitate și coezivitate sporită, gumezitate și adezivitate redusă și acceptabilitate ridicată ceea ce sugerează că acestea sunt concentrații optime pentru fabricare industrială.

Analiza informației mutuale privind influența adaosului de PTM și timpului de păstrare asupra acceptabilității generale și parametrilor texturali

Fig. 4.9 rezumă influența diferitelor concentrații de PTM, adăugată în probele de iaurt asupra acceptabilității generale și parametrilor texturali. S-a demonstrat că concentrațiile de PTM în probe de iaurt au influențat în mod esențial calitatea senzorială a iaurtului și parametrii texturali. Gumenozitatea a fost cea mai mult influențată (0,986 biți), urmată de coeziune (0,890 biți) și elasticitate (0,631 biți). Pentru sinereză, valoarea analizei informației mutuale a fost cea mai mică (0,398 biți). Concentrațiile de PTM au influențat în mare măsură calitatea probelor de iaurt, deoarece valoarea analizei informației mutuale pentru acceptabilitatea generală a fost de 0,965 biți.

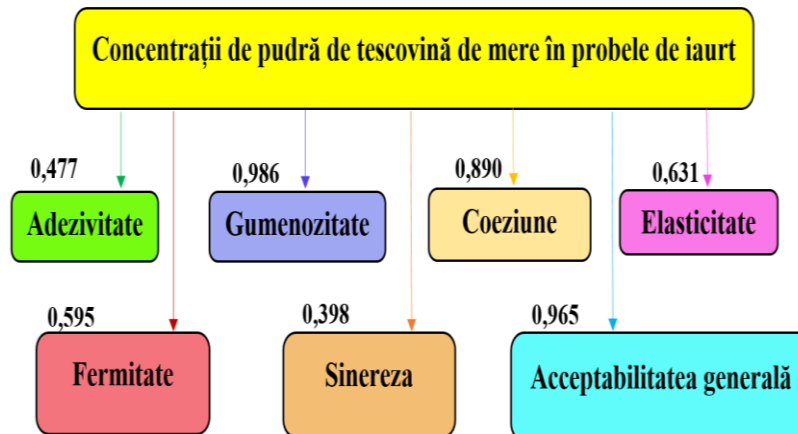


Fig. 4.9. Analiza informației mutuale privind influența adaosului de pudră din tescovina de mere (0,2%; 0,4%; 0,6%; 0,8%; 1%) asupra acceptabilității generale și parametrilor texturali a iaurtului.

Fig. 4.10 prezintă analiza informației mutuale cu privire la influența duratei de păstrare (20 zile) asupra acceptabilității generale și ai parametrilor texturali a probelor de iaurt.

S-a demonstrat că durata de păstrare a iaurtului fără și cu adaos de PTM în concentrații (0,2-1%) nu a influențat în mod esențial acceptabilitatea generală și parametrii texturali ai produsului. Valorile analizei informaționale pentru caracteristicile texturali au variat de la 0,105

biți pentru gumenozitate până la 0,165 biți - adezivitate, iar pentru acceptabilitatea generală a fost de 0,199 biți.

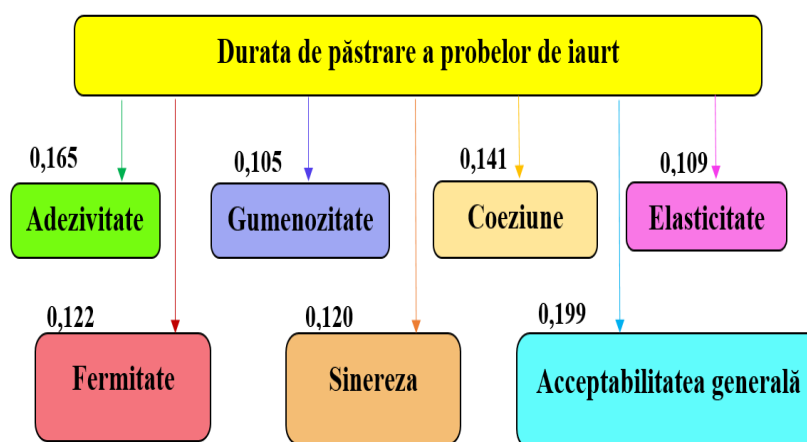


Fig. 4.10. Analiza informației mutuale privind influența duratei de păstrare asupra acceptabilității generale și parametrilor texturali a iaurtului.

Influența adaosului de PTM și a duratei de păstrare asupra analizei senzoriale, indicatorilor fizico-chimici și a parametrilor texturali ai probelor de iaurt a fost analizată constatându-se acceptabilitatea de utilizare a tescovinei de mere în producerea unui nou iaurt îmbogățit cu fibre alimentare și cu CBA (Popescu et al., 2022).

4.3. Utilizarea tescovinei de mere în fabricarea biscuiților

Biscuiții sunt produse făinoase dulci, cu o durată îndelungată de conservare, obținuți prin coacerea unui aluat afânat preparat din făină de grâu, apă, zahăr, grăsimi, ouă, afânatori chimici și diverse alte tipuri de materie care îmbogățesc valoarea alimentară (Banu, 2002). Adăugarea PTM conduce la îmbunătățirea aromei, la creșterea valorii nutriționale și la reducerea indicelui glicemic al biscuiților (Alongi et al., 2019).

Pentru fabricarea biscuiților s-a utilizat rețeta clasică care include: făină de grâu de calitate superioară, zahăr cristal, unt, sare alimentară și praf de copt. Prepararea aluatului este un proces care constă în înglobarea tuturor ingredientelor necesare pentru prepararea biscuiților. Pentru cercetare PTM a fost utilizată în calitate de înlocuitor al zahărului cristal în rețeta biscuiților. În tabelul 4.14 se prezintă rețeta de fabricare a biscuiților cu diferite substituiri al zahărului cu PTM. Probele de biscuiți au fost codificate în felul următor: PM - proba-martor cu zahăr 100%; PTM1 - substituirea zahărului de 25% cu PTM; PTM2 - substituirea zahărului de 50% cu PTM; PTM3 - substituirea zahărului de 75% cu PTM; PTM4 - proba cu PTM 100%.

Tabelul 4.14. Rețeta de fabricare a biscuiților cu pudră din tescovină de mere

Materia primă	Consumul de materie la 1 tonă de produs finit, kg				
	PM	PTM1	PTM2	PTM3	PTM4
Făină de grâu de calitate superioară	447,89	447,89	447,89	447,89	447,89
Zahăr cristal	279,29	209,5	139,6	69,8	-
Tescovina de mere	-	69,8	139,6	209,5	279,29
Unt	206,8	206,8	206,8	206,8	206,8
Sare alimentară	2,51	2,52	2,53	2,5	2,5
Praf de copt	1,3	1,31	1,32	1,3	1,3
Total	937,8	937,8	937,8	937,8	937,8

Procesul tehnologic de fabricare a biscuiților cu substituirea zahărului cu PTM este prezentat în schema-bloc, fig. 4.11.

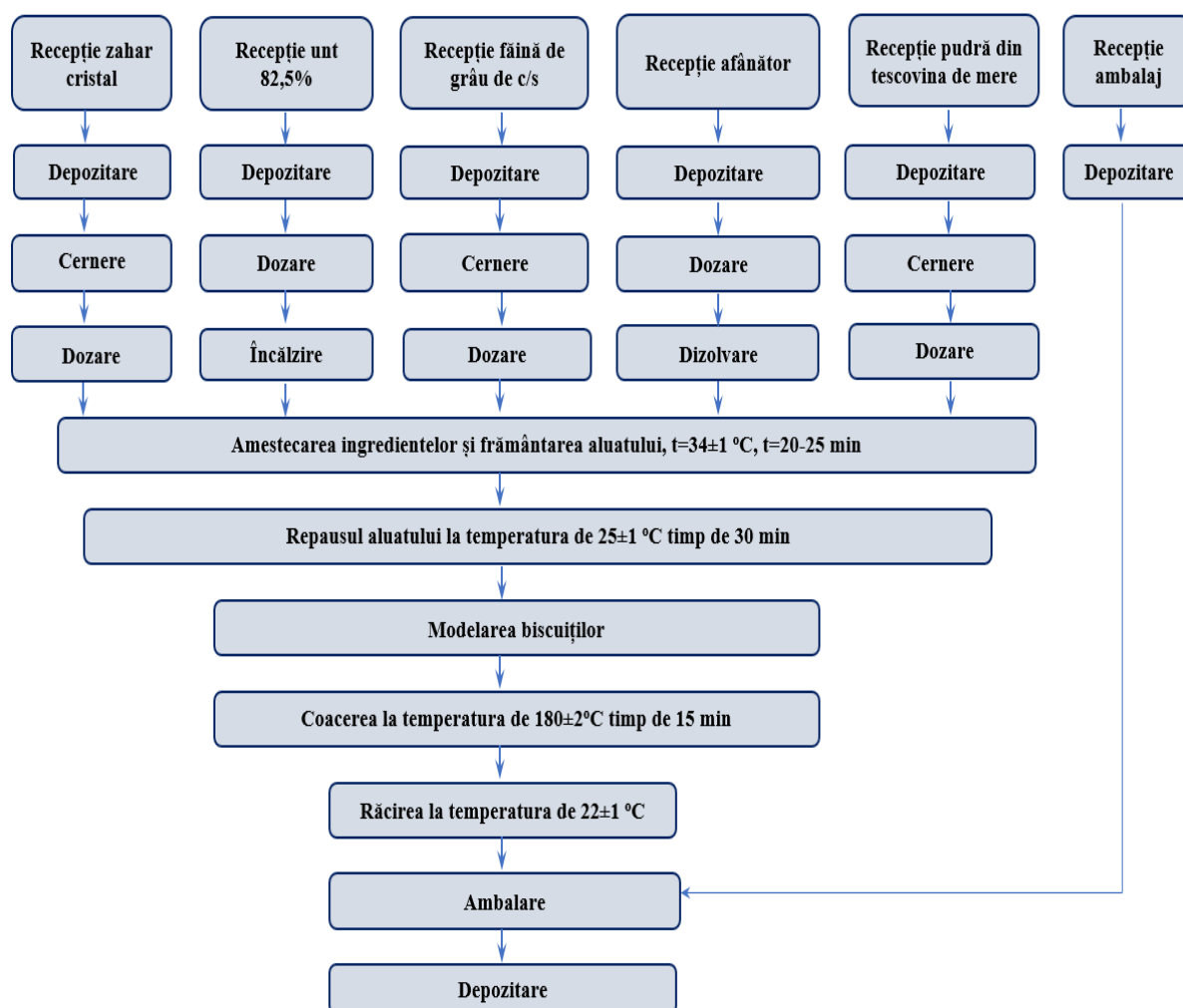


Fig. 4.11 Schema-bloc a procesului de fabricare a biscuiților.

Probele de biscuiți au fost evaluate în prima zi de la producere și în a 30-a zi de păstrare.

Analiza probelor de biscuiți în prima zi de la producere. Au fost evaluate caracteristicile senzoriale ca aspect exterior și în secțiune, culoare, aromă și gust. Caracteristicile senzoriale ale biscuiților corespund cerințelor de calitate pentru produsele de cofetărie (HG nr. 204 din 11.03.2009), tabelul 4.15.

Tabelul 4.15. Analiza calității senzoriale a biscuiților cu adaos de pudră din tescovina de mere prin înlocuirea zahărului

Probe	Caracteristica senzorială					Acceptabilitate generală
	Culoare	Aromă	Gust	Vedere în secțiune	Suprafața	
PM	5,0±0,0 ^c	5,0±0,0 ^b	5,0±0,0 ^c	5,0±0,0 ^d	5,0±0,0 ^d	5,0±0,0 ^c
PTM1	5,0±0,0 ^c	5,0±0,0 ^b	5,0±0,0 ^c	5,0±0,0 ^d	5,0±0,0 ^d	5,0±0,0 ^c
PTM2	5,0±0,0 ^c	5,0±0,0 ^b	5,0±0,0 ^c	4,91±0,01 ^b	4,93±0,01 ^c	4,96±0,01 ^c
PTM3	4,61±0,02 ^b	4,60±0,01 ^a	4,84±0,01 ^{a,b}	4,94±0,01 ^c	4,90±0,01 ^{b,c}	4,76±0,01 ^b
PTM4	4,53±0,01 ^a	4,52±0,01 ^a	4,82±0,01 ^a	4,87±0,01 ^a	4,82±0,01 ^a	4,68±0,01 ^a

*Valorile din tabel reprezintă mediile a trei încercări replicare ± abaterea standard. Litere (^{a-d}) desemnează rezultate diferite din punct de vedere statistic ($p \leq 0,05$).



Fig. 4.12 Aspectul biscuiților cu adaos de pudră din tescovina de mere.

Analiza senzorială a biscuiților a menționat că adaosul de pudră de mere prin înlocuirea zahărului în probele de biscuiți PTM1 și PTM2 nu s-au deosebit esențial de PM. Culoarea a căpătat doar o nuanță puțin mai întunecată fără schimbări esențiale (fig. 4.12).

Celelalte caracteristici senzoriale au avut schimbări neesențiale. Gustul a fost cu o nuanță fină de mere, iar mirosul a fost nepronunțat. În probele de biscuiți PTM3 și PTM4 au avut loc modificarea culorii, aceasta fiind mai închisă, iar în gustul acestora a prelevat o notă de fructe de mere cu scăderea din dulceața inițială. Mirosul a fost pronunțat de mere. În aspectul exterior și în secțiune deosebiri esențiale nu au fost evidențiate.

Culoarea este un indicator important al calității, care este atribuită principalelor semne a însușirilor organoleptice pentru biscuiți. Schimbările parametrilor CEILab sunt prezentate în tabelul 4.16. S-a constatat că valorile luminozității (L^*) biscuiților a prezentat o tendință de scădere de la 78,87 (PM) până la 58,08 (PTM4), adică cu 26,3% odată cu creșterea nivelului de înlocuire a zahărului cu PTM. Valorile mai mici ale L^* au indicat că biscuiții au avut o culoare mai închisă

la niveluri mai ridicate de substituire a zahărului cu pudră din tescovină de mere în comparație cu PM.

Valorile parametrilor a^* au fost între 2,45 (PM) și 10,72 (PTM4), iar valorile b^* au variat de la 29,83 (PM) până la 34,96 (PTM4), demonstrând predominanța culorii roșii față de verde și culorii galbene, în defavoarea albastrului, respectiv. Culoarea rezultată a biscuiților a fost galben deschis (PTM 1) și galben închis (PTM 2, PTM 3 și PTM 4). Probele PTM 3 și PTM 4 au avut un conținut mai mare de tescovină de mere, ceea ce a facilitat rumenirea lor. Modificarea valorilor cromatici C^* de la 29,93 (PM) până la 36,57 (PTM4) a demonstrat creșterea intensității culorii biscuiților odată cu mărirea concentrației pudrei din tescovina de mere. Valorile unghiului de nuanță H^* pentru toate probele se află în primul cadran trigonometric, dar pentru probele PM și PTM1 predomină tonalitatea culorii galbene deschise, iar pentru PTM2, PTM3 și PTM4 - tonalitatea culorii galbene închise.

Tabelul 4.16 Evoluția culorii a probelor de biscuiți cu adaos de pudră din tescovina de mere *

Indicatorii cromatici CIELaB	Probe de biscuiți				
	PM	PTM 1	PTM 2	PTM 3	PTM 4
Luminozitate, L^*	78,87± 0,31 ^d	69,80± 0,65 ^c	67,14± 0,54 ^{b,c}	65,66± 0,78 ^b	58,08± 0,45 ^a
Componenta roșu-verde, a^*	2,45± 0,06 ^a	5,59± 0,14 ^b	6,90± 0,09 ^{b,c}	7,29± 0,16 ^c	10,72± 0,24 ^d
Componenta galben-albastru, b^*	29,83± 0,25 ^a	32,53± 0,08 ^b	32,65± 0,05 ^b	33,93± 0,13 ^c	34,96± 0,18 ^d
Cromaticitate, C^*	29,93± 0,11 ^a	33,01± 0,43 ^b	33,37± 0,51 ^{b,c}	34,70± 0,01 ^c	36,57± 0,18 ^d
Unghiul de nuanță, H^*	85,3± 0,6 ^d	80,2± 0,3 ^c	78,1± 0,2 ^b	77,9± 0,1 ^b	73,0± 0,1 ^a
Diferența globală de culoare, ΔE^*	-	9,84± 0,34 ^a	25,91± 0,28 ^b	26,45± 0,31 ^b	28,70± 0,18 ^{b,c}

*Valorile din tabel reprezintă mediile a trei încercări replicare ± abaterea standard. Litere (^{a-d}) desemnează rezultate diferite din punct de vedere statistic ($p \leq 0,05$).

ΔE^* reprezintă un parametru adimensional, rezultat din combinarea valorilor L^* , a^* și b^* ale perechilor de probe, care indică dacă există sau nu diferențe în culorile percepute de ochiul uman. Lo Faro et al., (2022) au demonstrat diferența dintre culori după valorile ΔE^* în felul următor: dacă $\Delta E^* < 0,2$ este o diferență imperceptibilă; dacă $0,2 < \Delta E^* < 0,5$ - o diferență foarte mică; dacă $0,5 < \Delta E^* < 1,5$ - o mică diferență; dacă $2 < \Delta E^* < 3$ - o diferență distinsă; dacă $3 < \Delta E^* < 6$ - o diferență vizibilă; dacă $6 < \Delta E^* < 12$ - o diferență mare de culoare; dacă $\Delta E^* > 12$ - culori complet diferite. Pentru PTM1, valoarea ΔE^* a fost în intervalul $6 < \Delta E^* < 12$, demonstrând o diferență mare de culoare, iar pentru probele PTM2- PTM4 valorile ΔE^* au fost > 12 , adică culori complet diferite. Valorile ΔE^* ale biscuiților au fost influențate de prezența

puddrei din tescovină de mere, înregistrând valori mai mari odată cu mărirea concentrației de pudră din tescovină de mere datorită caramelizării zaharurilor și reacției Maillard. Compoziția tescovinei de mere a influențat semnificativ valorile ΔE^* , deoarece condițiile de coacere au fost aceleași pentru toate probele obținute.

Alți cercetători au evaluat senzorial biscuiții cu adaos din tescovină de coacăză neagră în raport cu PM și au constatat că aroma a fost pronunțată de coacăză, iar gustul a fost mai acrișor. Studiul a arătat că tescovina din fructe a îmbunătățit valoarea nutrițională a biscuiților, iar culoarea netipică a acestui produs nou poate fi atractivă pentru consumatori (Tańska et al., 2016). Khalil et al., (2023) au studiat influența adaosului de 5%, 10%, 15% de pudră din tescovină de curmale în biscuiți asupra parametrilor senzoriali. Ei au demonstrat întunecarea culorii probelor cu tescovină de curmale față de PM. Ghadam et al., (2023) au utilizat tescovina de mere (20%) pentru a înlocui făina de grâu în compoziția brișelor sporind, astfel, valoarea nutritivă fără a prezenta modificări semnificative în profilul senzorial al probelor. Usman et al., (2020) au demonstrat că tescovina de mere, adăugată în făină de grâu în cantități de 5, 10, 15, 20 și 25%, pentru prepararea biscuiților, a manifestat o îmbunătățire a valorii nutritive a produsului finit.

Analiza calității fizico-chimice (conținut de umiditate, indice de îmbibare și alcalinitate) s-a făcut pentru a cerceta influența înlocuirii zahărului cu pudră din TM asupra acestor indicatori. Conținutul de umiditate a biscuiților cu pudră de mere a scăzut de la 10,12% (PM) până la 8,08 (PTM 4), fig. 4.13.

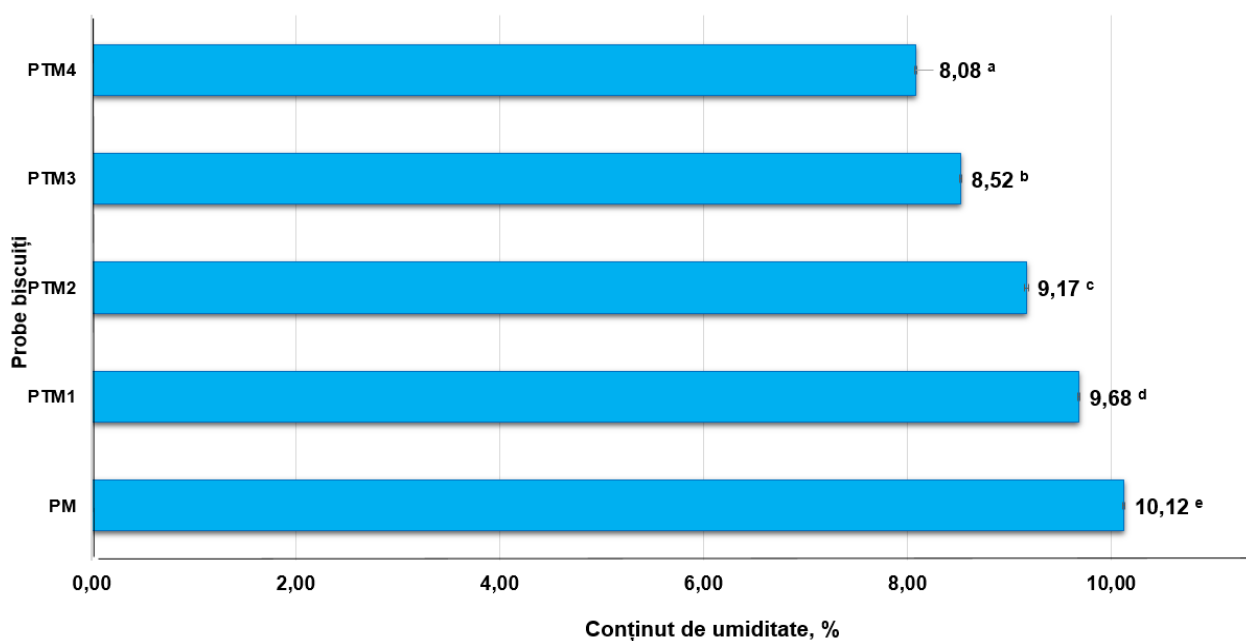


Fig. 4.13. Evoluția conținutului de umiditate a biscuiților cu pudră din tescovină de mere.

Probabil, această scădere a fost influențată de timpul de coacere, care a crescut odată cu mărirea concentrației de substituere a zahărului cu pudră din TM. Astfel, la PM timpul de coacere a fost de 12 min, iar la PTM 4 de 18 min. Conform documentelor normative, umiditatea biscuiților variază de la 5 la 16% în funcție de tipul lor și de calitatea făinii din care se obțin.

Indicele de îmbibare reflectă aspecte legate de calitatea, funcționalitatea și acceptabilitatea produsului. Indicele de îmbibare reprezintă capacitatea biscuiților de a absorbi apa, influențând integritatea probelor, iar fibrele din tescovina de mere în baza reținerii apei pot provoca saturarea produsului (Gorjanovic et al., 2020).

Indicele de îmbibare a probelor de biscuiți a crescut de la 114 % (PM) până 132 % (PTM 4), adică cu 15,8%. Conform documentelor normative, pentru biscuiții zaharoși indicele de îmbibare nu va depăși 150 % (ISO 24901-2014). Substituirea zahărului cu pudră din TM în cantitate de 25%, 50%, 75% și 100%, mărește conținut de fibre alimentare în biscuiți, reprezentați de celuloză, hemiceluloză și de substanțe pectice, care au capacitatea de a absorbi și de a reține apa în interiorul biscuiților, mărind masa produsului (fig. 4.14). Dacă valorile indicelui de îmbibare sunt peste 200%, biscuiții se înmoaie și își pierd forma și structura, iar dacă sunt prea mici, apa nu va fi absorbită uniform, influențând astfel calitatea biscuiților.

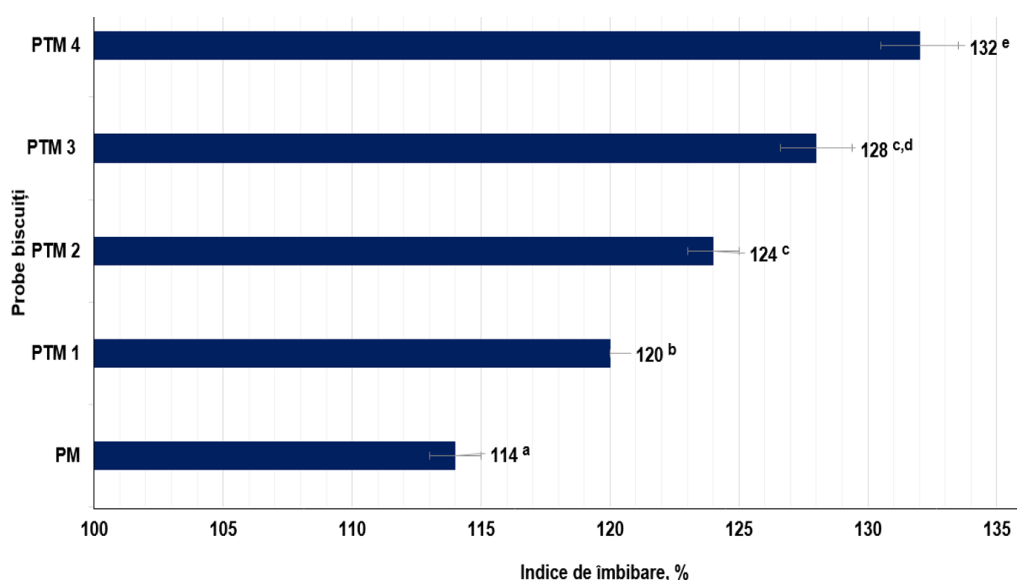


Fig.4.14 Dinamica creșterii valorilor indicelui de îmbibare a biscuiților în funcție de substituirea zahărului cu pudră din tescovină de mere.

Valorile obținute pentru alcalinitate au fost sub limita admisibilă și nu au depășit normele prevăzute în actele normative (<2,0 grade) (ISO 24901-2014). Scăderea ușoară a valorilor alcalinității a fost probabil legată de prezența acizilor organici (malic, lactic, succinic) din tescovina de mere (fig.4.15).

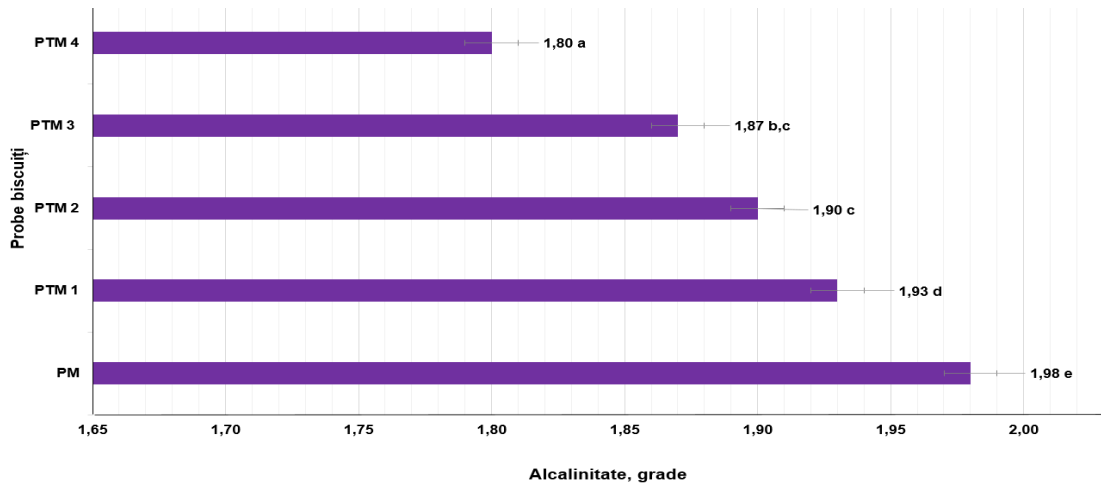


Fig. 4.15 Evoluția alcalinității biscuiților în funcție de substituirea zahărului cu pudră din tescovină de mere

Literatura de specialitate menționează că procesul îndelungat de coacere provoacă reacția Maillard și caramelizarea zaharurilor, influențând reducerea esențială a valorilor alcalinității (Kohajdová et al., 2014). În conformitate cu datele obținute se atestă că valorile alcalinității scad odată cu mărirea cantității de pudră de tescovină de mere de la 1,98 (PM) până la 1,8 grade (PTM 4).

Influența duratei de păstrare asupra calității biscuiților cu pudra din tescovina de mere. Pe perioada de păstrare a biscuiților în vid, timp de 30 de zile, probele PTM 1 și PTM 2 nu au manifestat schimbări semnificative a caracteristicilor senzoriale, iar PTM 3 și PTM 4 au devenit mai sfărâmicioși, fig. 4.16.

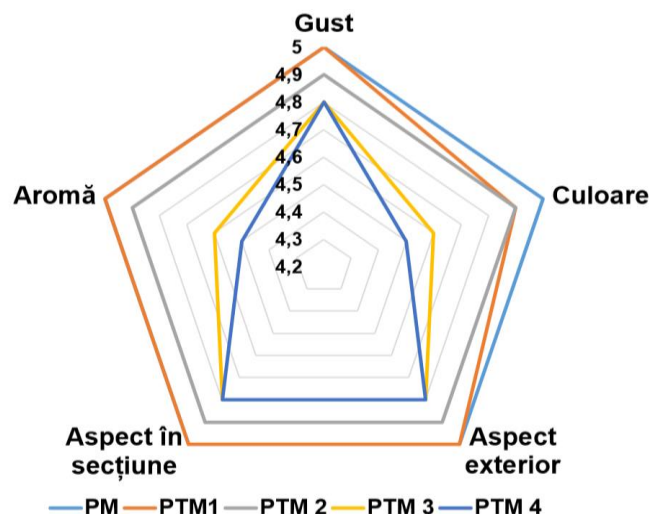


Fig. 4.16 Profilul senzorial al biscuiților păstrați 30 de zile în care zahărul a fost substituit cu pudră de tescovină de mere.

Probabil, în timpul păstrării (30 zile), conținutul ridicat de fibre alimentare din tescovina de mere au eliberat apa legată fizico-chimic, influențând structura produsului finit. De asemenea,

activitatea antioxidantă a CBA din tescovina de mere poate prelungi perioada de păstrare a biscuiților prin încetinirea procesului de oxidare a grăsimilor (Usman et al., 2020). Pentru a mări durata de păstrare a biscuiților este esențial de a controla condițiile de păstrare și utilizarea ambalajelor respective pentru acest tip de produs. Astfel, se recomandă păstrarea biscuiților în ambalaje de hârtie, în locuri uscate și ferite de pătrunderea luminii solare.

Durata de păstrare a influențat valorile conținutului de umiditate în probele studiate. În PM acest indicator s-a redus cu 0,6% în raport cu valorile determinate în prima zi de la producere. În cazul probelor, în care zahărul a fost substituit cu TM, conținutul de umiditate a crescut în raport cu valorile determinate în prima zi de la producere: PTM 1 cu 0,21%, PTM 2 cu 1,19%, PTM 3 cu 2,93% și PTM 4 cu 2,97 %, probabil, datorită fibrelor alimentare din compoziția pudrei vegetale, care au reținut apa în interiorul produsului, fig. 4.17.

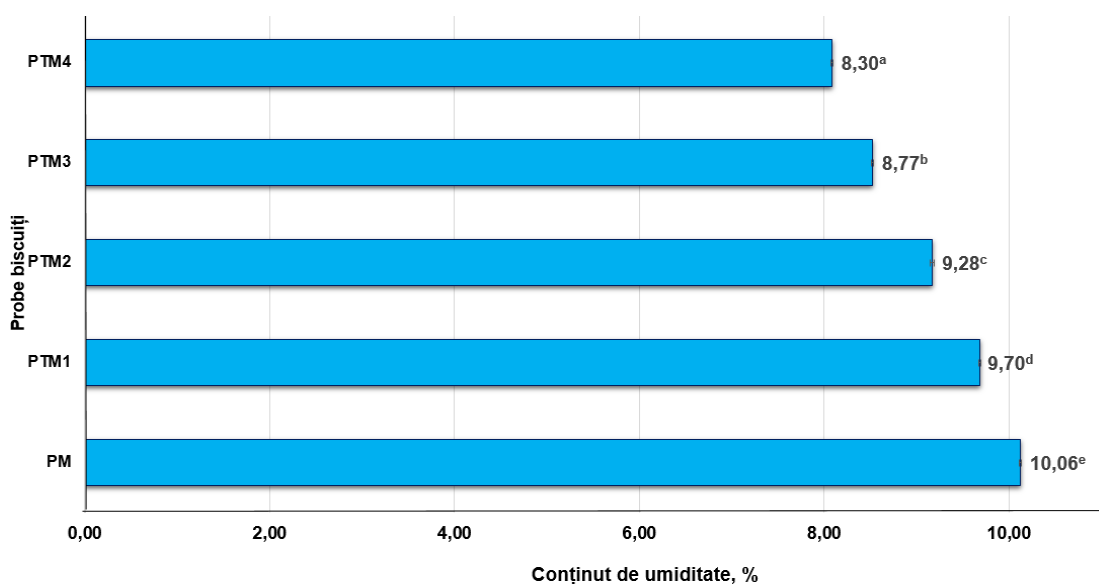


Fig.4.17. Conținutul de umiditate a biscuiților păstrați 30 de zile în care zahărul a fost substituit cu pudră din tescovină de mere.

În perioada de păstrare alcalinitatea biscuiților a scăzut de la 1,96 (PM) până la 1,78 grade (PTM 4), fig. 4.18. Probabil, creșterea conținutului de umiditate și prezența acizilor organici din TM au condus la neutralizarea prafului de copt în timpul păstrării biscuiților. Aceasta reacție a continuat și după coacerea biscuiților datorită acizilor ce se conțin în TM (Alongi et al., 2019).

Reducerea alcalinității în biscuiți cu pudră din tescovină de mere asigură calitatea și stabilitatea biscuiților pe perioada de depozitare păstrând, valoarea lor nutrițională (Ceško et al., 2021).

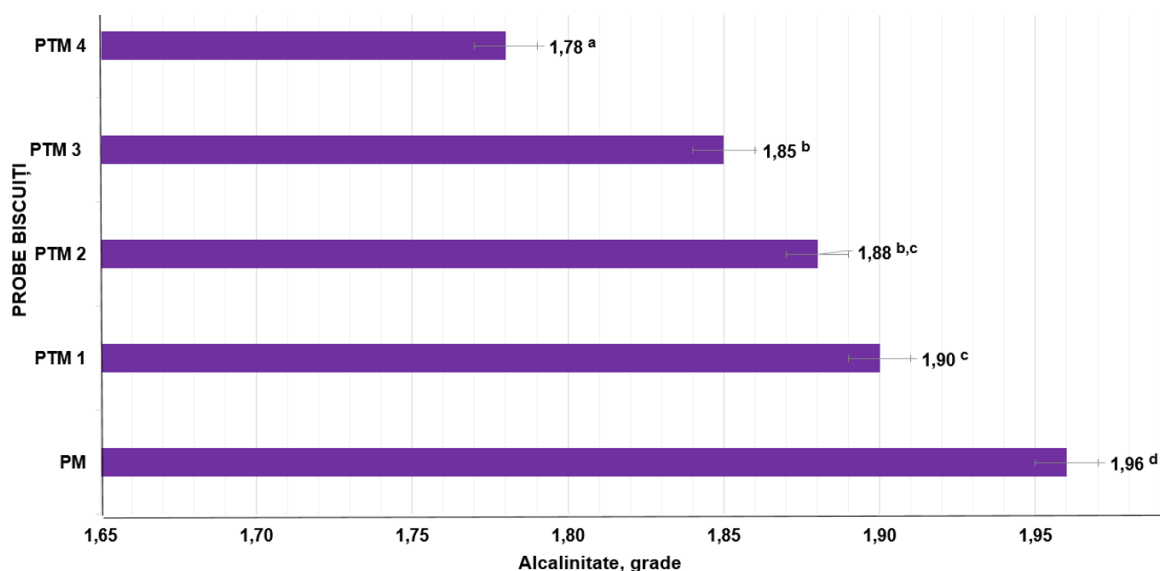


Fig. 4.18 Evoluția alcalinității biscuiților păstrați 30 de zile în care zahărul a fost substituit cu pudră din tescovină de mere.

În timpul păstrării biscuiților, indicele de îmbibare s-a redus în toate probele cercetate în raport cu valorile determinate în prima zi de la producere. În cazul PM indicele de îmbibare s-a redus cu 2,63%, PMT 1 cu 3,33%, PMT 2 cu 4,03%, PMT 3 cu 4,69% și PMT 4 cu 5,30 %, fig. 4.19. Jung et al., (2015) au demonstrat că indicele de îmbibare poate fi influențat de conținutul de umiditate al biscuiților, deoarece apa reținută de fibrele alimentare poate satura produsul, astfel, mai puțină apă a putut fi absorbită de biscuiți și valorile indicilor de îmbibare s-au redus.

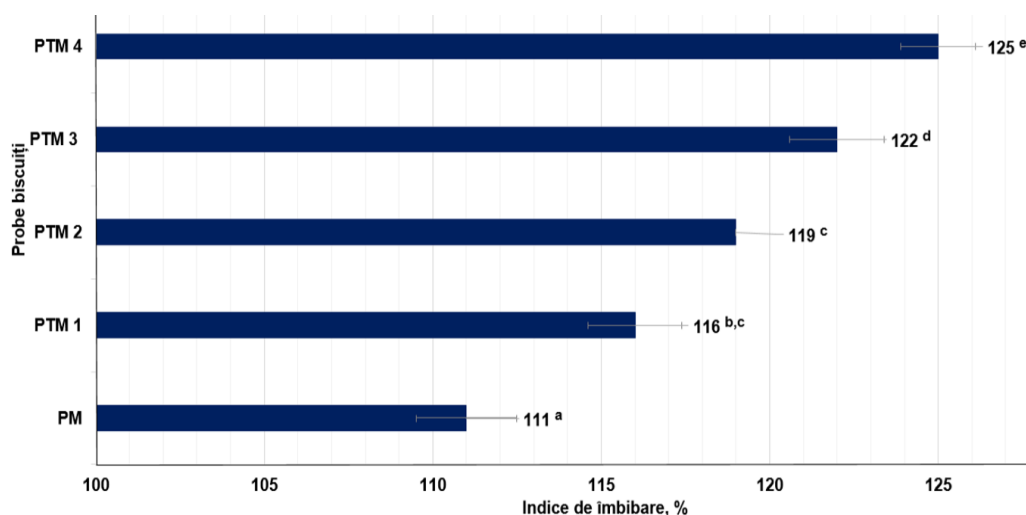


Fig.4.19 Modificarea indicelui de îmbibare al biscuiților în care zahărul a fost substituit cu pudră din tescovină de mere păstrați 30 de zile.

Valorile a_w , a probelor de biscuiți, păstrați 30 de zile, au variat în intervalul 0,249 - 0,337 u.c., fig. 4.20. Acest fapt a indicat că nu a existat nici o probabilitate de dezvoltare microbiană și a proceselor de descompunere a produsului (Kashmir et al., 2017). Ghendov-Mosanu et al., (2023)

au demonstrat că valorile a_w mai mici de 0,60 previn deteriorarea microbiană, demonstrând stabilitatea microbiologică a produsului.

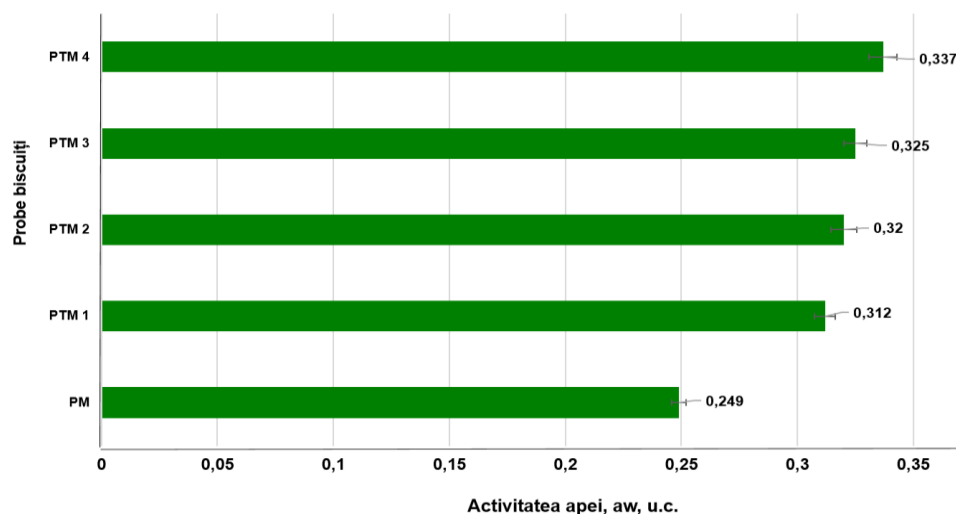


Fig. 4.20 Evoluția activității apei în biscuiții în care zahărul a fost substituit cu pudră din tescovină de mere, păstrați 30 de zile.

Analiza microbiologică a probelor de biscuiți păstrați timp de 30 de zile este prezentată în tabelul 4.17.

Tabelul 4.17 Stabilitatea microbiologică a biscuiților păstrați timp de 30 de zile

Indicatori microbiologici	Nivel admis*	Probe de biscuiți				
		PM	PTM 1	PTM 2	PTM 3	PTM 4
QMAFAnM, UFC, max.	1×10^4	$<5 \times 10^3$	$<4 \times 10^3$	$<6 \times 10^3$	$<7 \times 10^3$	$<7 \times 10^3$
Bacterii coliforme	Nu este permis în 0,1 g	Nu s-au găsit				
Ciuperci, UFC, max.	50	<30	<25	<15	<10	<10
Drojdii, UFC, max.	50	<30	<20	<10	<10	<10

QMAFAnM - cantitate de microorganisme mezofil aerobe și facultativ anaerobe. *Conform Uniform Sanitary and Epidemiological and Hygienic Requirements, 2010.

Analiza numărului total de microorganisme din biscuiți a evidențiat valori acceptabile pentru perioada de păstrare de 30 de zile, care s-au încadrat în limitele admise. Acest fapt a confirmat că parametrii utilizați în tehnologia de fabricare a biscuiților au fost adecvați, ceea ce a permis obținerea unui produs sigur, din punct de vedere microbiologic, pentru consumatori.

Rezultatele cercetării denotă că înlocuirea zahărului cu pudra din tescovina de mere în concentrații optime de 25 și 50% (PTM 1 și PTM 2) au permis obținerea biscuiților în conformitate cu documentele normative. Biscuiții bogăți în fibre alimentare cu conținut redus de zahăr pot fi recomandați consumatorilor, în special celor care suferă de unele maladii netransmisibile și copiilor.

Concluzii la capitolul 4

S-a demonstrat, că utilizarea pectinei ca agent de legare și acoperire, prezintă un avantaj în formarea unui produs nou (batoane) cu o stabilitate microbiologică și conținut de CBA ridicat. În batoanele din fructe uscate pe perioada de păstrare de 360 de zile nu s-au manifestat schimbări esențiale în calitatea senzorială, doar s-a intensificat gustul de fructe de vișine. Pe parcursul a 360 de zile, conținutul de umiditate și AA a batoanelor a scăzut de 1,4 ori și 1,23 ori, respectiv, pH-ul a crescut de 1,08 ori, iar activitatea apei nu s-a schimbat esențial. Pectina a influențat pozitiv parametrii fizico-chimici și stabilitatea microbiologică a batoanelor având un rol de stabilizator și de barieră de protecție împotriva microorganismelor patogeni.

Analiza calității senzoriale a iaurtului fortificat cu pudră din tescovină de mere, în timpul depozitării (20 de zile), a demonstrat o consistență fermă, cremoasă, un miros și gust specific de iaurt și măr având o acceptabilitate generală ridicată pentru probele ITM 0,6% și ITM 0,8%. Totodată, mărirea procentuală a adaosului de tescovină de mere a condus la reducerea timpului de fermentare de la 8 (PM) la 7 ore (ITM 1,0 %); la creșterea valorilor fermității de 1,61 ori, coeziunii 2,43 ori și elasticității de 2,06 ori și reducerea semnificativă a sinerezei de 1,17 ori, adezivității de 1,15 ori și gumenozității de 2,5 ori în comparație cu PM. S-a demonstrat creșterea remarcabilă a AA a provocat o sporire de 0,3 ori pentru ITM 0,2% și de 56 ori pentru ITM 1,0% în comparație cu PM.

Analiza calității senzoriale al biscuiților la înlocuirea zahărului în proporție de 25 și 50% cu PTM a demonstrat că nu există schimbări esențiale în culoare, gust, miros și aspect. Analiza CEILab a demonstrat creșterea valorilor parametrilor a^* și b^* demonstrând predominanța culorii roșii față de verde și culorii galbene, în defavoarea albastrului, iar valorile luminozității au scăzut de 1,3 ori. În timpul păstrării de 30 de zile, umiditatea și alcalinitatea au scăzut de 1,25 și 1,12 ori respectiv, iar indicile de îmbibare a crescut de 1,08 ori datorită proprietății fibrelor din tescovină de mere de a reține umiditatea. Stabilitatea microbiologică pe perioadă de păstrare a indicat valori care s-au încadrat în limitele admise.

CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI

Problemele abordate în teză au vizat valorificarea rațională a deșeurilor agro-industriale, în special a tescovinei de mere și obținerea pectinei cu scopul utilizării în formularea unor produse alimentare noi. În baza principalelor rezultate ale cercetărilor au fost formulate următoarele concluzii:

1. În procesul de uscare convectivă a tescovinei de mere creșterea temperaturii agentului termic în intervalul 60-80 °C a condus la reducerea timpului de uscare de 1,6 ori. Analiza curbelor de uscare a demonstrat reducerea duratei de uscare în prima perioadă cu 15,4%, iar în a doua – cu 45,4%. Valorile vitezei de uscare s-au majorat de 1,36 ori, iar coeficientul de uscare K_{II} a crescut de 1,49 ori (Ceško et al., 2023a; subcapitolul 3.1).

2. Au fost aplicate 7 modele matematice empirice care au descris cinetica procesului de uscare convectivă a TM pe baza modificărilor MR. Fidelitatea maximă față de datele experimentale a fost obținută prin modelul Midilli, valoarea R^2 a constituit 0,9996 (60 și 70 °C) și modelul Wang și Singh, R^2 fiind 0,9937 (80 °C) (subcapitolul 3.1).

3. Temperatura agentului termic a influențat conținutul CBA și AA a tescovinei de mere uscate. Cele mai optime valori ale CBA s-au înregistrat la temperatura de uscare de 70 °C. Corelațiile între CBA și AA sunt ridicate, coeficientul de determinare R^2 fiind de 0,983 (CTP-AA), 0,984 (CT-AA) și 0,915 (CTC-AA) (Ceško et al., 2023a; subcapitolul 3.2).

4. Parametrii fizico-chimici și valoarea biologică a pectinei extrase prin metode neconvenționale au fost influențați semnificativ de valoarea pH, de hidromodulul (RSL) și durata de extracție (τ). Randamentul maxim de extracție a fost obținut în cazul MAE - 19,88 %, iar în cazul UAE - 9,91%. În metoda MAE cele mai mari valori au fost determinate pentru ME (2261 g/mol) și CTP (13,05 mg GAE/g s.u.), iar AA a constituit 16,39 $\mu\text{mol TE/g s.u.}$ La extracția pectinei prin UAE, valori mai ridicate au avut OMe (6,81%), AUA (78,71 %), GE (73,78 %) și AA (18,86 $\mu\text{mol TE/g s.u.}$) (Gurev, Ceško et al., 2023a; subcapitolul 3.2 și 3.3).

5. Analiza informației mutuale a influenței pH a mediului de extracție în metoda UAE cu τ_{UAE} 15 min și 30 min la toate RSL a demonstrat că ME și GE au fost influențate considerabil, valorile variind în intervalul (0,995-0,998 biți), iar CTP a fost influențat moderat, valorile variind între (0,491 – 0,812 biți). În cazul MAE cu aplicarea microundelor τ_{MAE} 5 min și 10 min, pH a influențat semnificativ randamentul – (0,998 biți), însă mai puțin AA (0,101-0,325 biți) (Gurev, Ceško et al., 2023b; subcapitolul 3.2 și 3.3).

6. Metoda și durata de extracție au influențat în mod diferit AA a pectinei. Valorile AA obținute prin UAE timp de 15 și 30 min au crescut proporțional cu CTP, $R^2=0,8316$ și $R^2=0,8961$.

În cazul MAE, la aplicarea microundelor de 5 min, AA a crescut proporțional cu concentrația polifenolilor $R^2=0,8209$, iar pentru 10 min, nu s-a evidențiat o corelație directă dintre AA și CTP ($R^2=0,2779$). (Gurev, Češko et al., 2023b; subcapitolul 3.5).

7. S-a demonstrat aplicabilitatea pectinei drept agent de legare și acoperire a batoanelor vegetale. Pe o durată de păstrare de 360 zile nu s-au manifestat schimbări esențiale în calitatea senzorială; conținutul de umiditate și AA a batoanelor s-au redus de 1,4 ori și 1,23 ori, respectiv; pH a crescut de 1,08 ori, iar activitatea apei practic nu s-a modificat. Pectina a influențat pozitiv parametrii fizico-chimici și stabilitatea microbiologică a batoanelor. (Gurev, Češko et al., 2023a; Češko et al., nr.10140 din 06.10.2022a, subcapitolul 4.1).

8. Analiza calității senzoriale a iaurtului fortificat cu pudră din tescovină de mere (ITM 0,6% și 0,8%) în timpul păstrării (20 de zile) a demonstrat o consistență fermă, cremoasă, cu miros și gust specific de iaurt și măr. Creșterea conținutului de TM a condus la reducerea timpului de fermentare cu 1 h; la majorarea valorilor fermității de 1,61 ori, coeziunii - de 2,43 ori, elasticității de 2,06 ori și la reducerea semnificativă a sinerezei - de 1,17 ori, adezivității de 1,15 ori și gumenozității de 2,5 ori în raport cu PM. S-a demonstrat creșterea semnificativă a AA, de 56 ori pentru ITM 1,0% în raport cu PM (Popescu, Češko et al., 2022; subcapitolul 4.2).

9. Pudră din TM a fost aplicată la producerea biscuiților cu înlocuirea zahărului în proporție de 25 și 100%. În timpul păstrării biscuiților (30 de zile) nu au fost atestate schimbări esențiale în culoare, gust, miros și aspect, umiditatea și alcalinitatea au scăzut de 1,25 și 1,12 ori respectiv, iar indicele de îmbibare a crescut de 1,08 ori datorită proprietății fibrelor din tescovină de mere de a reține umiditatea. Stabilitatea microbiologică în perioada de păstrare a indicat valori care s-au încadrat în limitele admise. (Češko, 2021; subcapitolul 4.3).

RECOMANDĂRI PRACTICE

Pe baza cercetărilor efectuate au fost formulate următoarele recomandări:

- **Condițiile optime de conservare prin uscare convectivă** a tescovinei de mere, care asigură păstrarea valorii biologice și potențialului antioxidant, cu reducerea timpului de uscare de 1,6 ori.
- **Extracția pectinei** din tescovina de mere poate fi realizată prin metode neconvenționale UAE și MAE. Pentru obținerea unui randament sporit de pectină prin UAE sunt recomandați următorii parametri de extracție: frecvența 37 kHz, pH~1,5; RSL 1:20 (*m/v*), τ_{UAE} 30 min, iar pentru MAE se recomandă puterea magnetronului de 450 W, pH~1,5 sau 2; RSL 1:20 (*m/v*), τ_{MAE} 10 min, care permit extracția pectinei cu randament ridicat și valoare biologică corespunzătoare.
- În cadrul tezei au fost elaborate o serie de procedee de fabricare a produselor alimentare noi, recomandate pentru implementare în industria alimentară.
- **Tehnologia de fabricare a batoanelor vegetale cu utilizarea pectinei ca agent de legare și acoperire** – conform brevetului de invenție.
- **Tehnologia de fabricare a iaurtului cu adaos de pudră din tescovina de mere.** Se recomandă concentrațiile optime de 0,6 și 0,8 % de pudră din tescovina de mere pentru a obține un iaurt cu o consistență fermă, cremoasă, un miros și gust specific de iaurt și măr.
- **Tehnologia de fabricare a biscuiților.** Înlocuirea zahărului cu pudră din tescovina de mere în cantitate de 25 și 100 % permite obținerea unui produs cu un nivel scăzut de calorii, dar bogat în fibre alimentare, fiind recomandat consumatorilor afectați de unele maladii netransmisibile și copiilor.

BIBLIOGRAFIE

- ADAMCZAK, A., BUCHWALD, W., ZIELIŃSKI, J., MIELCAREK, S. Flavonoid and Organic Acid Content in Rose Hips (*Rosa L., Sect. Caninae Dc. Em. Christ.*). In *Acta biologica Cracoviensia. Series botanica*. 2012 54(1), pp.105-112, DOI: 10.2478/v10182-012-0012-0, ISSN 1898-0295.
- ADETUNJI L. R., ADEKUNLE A., ORSAT V., RAGHAVAN V. Advances in the pectin production process using novel extraction techniques. In *Food Hydrocolloids*. 2017, 62, pp. 239–250, DOI:10.1016/j.foodhyd.2016.08.015, ISSN: 1873-7137.
- AHMADINEJAD, M., MORTAZAVI, A., SAFEKORDI, A., TABIL, L.G. Thin-layer drying characteristics and modeling of pistachio nuts. In *Journal of Food Engineering*. 2007, Volume 78, Issue 1, pages 98-108, DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2005.09.007, ISSN: 1873-5770.
- AHMED, M., ALI, A., SARFRAZ, A., HONG, Q., BORAN, H. Effect of Freeze-Drying on Apple Pomace and Pomegranate Peel Powders Used as a Source of Bioactive Ingredients for the Development of Functional Yogurt. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2022, pp. 9, DOI:10.1155/2022/3327401.
- AKBARI-ADERGANI, B., POURAHMAD, P. R., SHAYESTEHE, Z. Evaluation of Some Functional Properties of Extracted Pectin from Pomegranate Peel by Microwave Method. In *Journal of Food Technology and Nutrition*. 2021, Volume 18, pages 5-16, ISSN: 2754-477X.
- AL DACCACHE, M., KOUBAA, M., MAROUN, R.G., SALAMEH, D., LOUKA, N., VOROBIEV, E. Impact of the Physicochemical Composition and Microbial Diversity in Apple Juice Fermentation Process: A Review. In *Molecules* 2020, 25, pp. 3698. doi: 10.3390/molecules25163698, ISSN: 1420-3049.
- ALBA, K. & KONTOGIORGOS, V. Pectin at the oil-water interface: Relationship of molecular composition and structure to functionality. In *Food Hydrocolloids*. 2017, 68, pp.211-218. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2016.07.026, ISSN: 1873-7137.
- ALONGI, M., MELCHIOR, S., ANESE, M. Reducing the Glycemic Index of Short Dough Biscuits by Using Apple Pomace as a Functional Ingredient. In *LWT- Food Science and Technology*. 2019, 100, pp. 300–305. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.10.068, ISSN: 1096-1127.
- ALTEMIMI A., WATSON D.G., CHOUDHARY R., DASARI M.R., LIGHTFOOT D.A. Ultrasound Assisted Extraction of Phenolic Compounds from Peaches and Pumpkins. In *PLoS ONE*. 2016, pp. 11, DOI:10.1371/journal.pone.0148758, ISSN: 1932-6203.
- ANGELI, L., POPULIN, F., MOROZOVA, K., DING, Y., ASMA, U., BOLCHINI, S., CEBULJ, A., BUSATTO, N., COSTA, F., FERRENTINO, G., SCAMPICCHIO M. Comparative analysis of antioxidant activity and capacity in apple varieties: Insights from stopped flow DPPH• kinetics, mass spectrometry and electrochemistry. In *Food Bioscience*. 2024, Volume 58, 103729, <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.103729>, ISSN: 2212-4306.
- ANTONIC, B., JANKIKOVA, S., DORDEVIC, D., TREMLOVA, B. Apple pomace as food fortification ingredient: A systematic review and meta-analysis. In *Journal of Food Science*. 2020, 85 (10), pp. 2077-2985. doi: 10.1111/1750-3841.15449, ISSN: 1750-3841.
- AOAC 985.29 *Total Dietary Fibre in Foods. Enzymatic-Gravimetric Method*.
- AOAC 991.42 *Insoluble Dietary Fibre in Foods and Food Products. Enzymatic-Gravimetric Method*.
- AOAC. *Official Methods of Analysis*, 18th ed.; Association of Official Analytical Chemists: Washington, DC, USA, 2010.
- ARAYA-FARIAS, M., MONDOR, M., LAMARCHE, F., TAJCHAKAVIT, S., MAKHLOUF, J. Clarification of apple juice by electroflotation. In *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2008. 9(3), pp. 320-327, DOI: 10.1016/j.ifset.2007.08.002, ISSN: 1878-5522.
- ARENDSE, W., JIDEANI V. Storage Stability and Consumer Acceptability of Dried Apple: Impact of Citric Acid, Potassium Sorbate and Moringa oleifera Leaf Extract Powder. In *Foods*. 2022, 11, p. 984, DOI: 10.3390/foods11070984, ISSN: 2304-8158.
- AZAD, A., ALI, M., AKTER, M. S., RAHMAN, M.J., AHMED, M. Isolation and characterization of pectin extracted from lemon pomace during ripening. *Journal Food Nutrition Sciences*. 2014, 2(2), pp. 30-35, ISSN:2048-7177.
- BABUC, V., GUDUMAC, E., PEȘTEANU, A., CUMPANICI, A. Ghid privind producerea merelor în sistemul superintensiv de cultură. Chișinău, Print-Caro SRL 2009, ISBN 978-9975-4044-1-9, p. 188.

BAI X.-L., YUE T.-L., YUAN Y.-H., ZHANG H.-W. Optimization of Microwave-Assisted Extraction of Polyphenols from Apple Pomace Using Response Surface Methodology and HPLC Analysis: Sample Preparation. In *Journal of Separation Science*. 2010. 33, pp. 3751–3758, DOI: 10.1002/jssc.201000430, ISSN: 1615-9314.

BALAN M. Procesul de uscare a semințelor de struguri în strat suspendat. Teză de doctor în științe ingineresti. Chișinău 2022, C.Z.U. 66.047.31.5:663.26(043) accesat (18.07.2023) http://www.cnaa.md/files/theses/2022/58311/mihail_balan_thesis.pdf.

BANERJEE, J., VIJAYARAGHAVAN, R., ARORA, A., MACFARLANE, D.R., PATTI, A.F. Lemon juice based extraction of pectin from mango peels: Waste to wealth by sustainable approaches. In *Acs Sustainable Chemistry & Engineering*. 2016, 4 (11), pp. 5915-5920, DOI: 10.1021/acssuschemeng.6b01342.

BANU, C., *Manualul inginerului de industrie alimentara*, Bucuresti: 2002, Vol II, Tipografia Editura Tehnica, p.1615, ISBN: 978-973-720-165-2.

BEGIĆ-AKAGIĆ, A., SPAHO, N., GAŠI, F., DRKENDA, P., VRANAC, A., MELAND, M., SALKIĆ, B., Sugar and organic acid profiles of the traditional and international apple cultivars for processing. In *Journal of Hygienic Engineering and Design*. 2020. pp 190-196, DOI: 10.14720/aas.2019.113.2.5, ISSN 15819175.

BESSON V., YAPO B., MAXWELL G.A., KOFFI K., GNAKRI D. Cinnamon Apple Pectins: Structural and Rheological Properties. In *Journal of Food Studies*. 2014,3, pp. 1–14, ISSN 2166-1073.

BHUSHAN, S., KALIA, K., SHARMA, M., SINGH, B., AHUJA, P.S. Processing of apple pomace for bioactive molecules. In *Critical Reviews in Biotechnology*. 2008, 28 (4), pp. 285-296.

Biroul Regional al FAO pentru Europa și Asia Centrală (REU) "Evaluarea situației privind agricultura și dezvoltarea rurală în țările parteneriatului estic " Programul de Vecinătate al Uniunii Europene, GCP/RER/041/EC ENPI 2012/298-262, 31.12.2012. accesat (12.07.2023).

BOUYAHYA, A., DAKKA, N., TALBAOUI, A., MOUSSAOUI, N.E., ABRINI, J., BAKRI, Y. Phenolic contents and antiradical capacity of vegetable oil from Pistacia lentiscus (L). In *Journal of Materials and Environmental Science*. 2018, 9(5), 1518-1524. DOI: <https://doi.org/10.26872/jmes.2018.9.5.167>, ISSN: 2028-2508.

BROOKFIELD DIGITAL RHEOMETER MODEL DV-III. *Operating Instructions*. Manual No.M/98-211-A0701.

BROUNS, F., THEUWISSEN, E., ADAM, A., BELL, M., BERGER, A., MENSINK, R.P. Cholesterol-lowering properties of different pectin types in mildly hyper-cholesterolemic men and women. In *European Journal of Clinical Nutrition*. 2012, 66, pp. 591–599. doi: 10.1038/ejcn.2011.208, ISSN: 0954-3007.

BUSTOS, M.C., ROCHA-PARRA, D., SAMPEDRO, I., DE PASCUAL-TERESA, S., LEÓN, A.E. The influence of different air-drying conditions on bioactive compounds and antioxidant activity of berries. In *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2018, 66 (11), pp. 2714-2723, 10.1021/acs.jafc.7b05395.

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 (capitolul 6). In: *Ameliorarea calității și siguranței alimentelor prin biotehnologie și inginerie alimentară*. Tehnica-UTM, Chișinău, 2023, pp. 136-165, ISBN 978-9975-45-988-4.

CALÍN-SÁNCHEZ, A., LIPAN, L., CANO-LAMADRID, M., KHARAGHANI, A., MASZTALERZ, K., CARBONELL-BARRACHINA, A., FIGIEL A. Comparison of Traditional and Novel Drying Techniques and Its Effect on Quality of Fruits, Vegetables and Aromatic Herbs. In *Foods*. 2020 Sep; 9(9), 1261, ISSN: 2304-8158.

CALVETE -TORRE, I., MUÑOZ-ALMAGRO, N., PACHECO, M.T., ANTION, M.J., DAPENA, E., RUIZ, L., MARGOLLES, A., VILLAMIEL, M., MORENO, F.J. Apple pomaces derived from mono-varietal Asturian ciders production are potential source of pectins with appealing functional properties. In *Carbohydrate Polymers*. 2021, 264, 117980. DOI: 10.1016/j.carbpol.2021.117980, ISSN: 1879-1344.

CAPARINO, O.A., TANG, J., NINDO, C.I., SABLANI, S.S., POWERS, J.R., FELLMAN, J.K. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine "Carabao" var.) powder. In *Journal of Food Engineering*. 2012;111:1pp.35–48. ISSN: 1873-5770.

CAMPEANU, G., NEATA, G., DARJANSCHI, G. Compoziția chimică a fructelor mai multor culturi de mere Creșterea ca cultură biologică. In *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2009 , 37 , 161–164, ISSN 20698275.

CANDRAWINATA, V. I., GOLDING, J. B., ROACH, P. D., STATHOPOULOS, C. E. Total phenolic content and antioxidant activity of apple pomace aqueous extract: effect of time, temperature and water to pomace ratio. In *International Food Research Journal*. 2014, 21(6), 2337-2344, ISSN: 2231 7546.

CANTERI-SCHEMIN, M.H., FERTONANI, H.C.R., WASZCZYNSKYJ N., WOSIACKI, G. Extraction of pectin from apple pomace. In *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 2005, 48, pp. 259-266. DOI:10.1590/S1516-89132005000200013, ISSN: 1678-4324.

CEȘKO, T., DICUSAR, G., STURZA, R., GHENDOV-MOȘANU, A. The influence of the heating agent temperature on the kinetics of the convective drying process and the content of bioactive compounds in apple pomace. In *Journal of Engineering Science*. 2023a, 30(3), pp. 134 – 144, ISSN 2587-3474.

CEȘKO, T. Tendințe moderne de utilizare a fibrelor alimentare din surse horticoale pentru fortificarea produselor alimentare In *Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor*. 2020, pp. 473-476.

CESKO, T., STURZA, R., GUREV, A., GHENDOV-MOȘANU A. Procedeu de fabricare a batoanelor din fructe uscate. Brevet de invenție de scurtă durată. MD 1653 Y 2022.12.31. BOPI 12/2022a.

CEȘKO, T., CEBOTAREAN, V. Influența tescovinei de mere asupra caracteristicilor organoleptici, fizico-chimici și reologici a iaurtului. In: *Conferința Tehnico-Științifică a Studenților, Masteranzilor și Doctoranzilor, Universitatea Tehnică a Moldovei*, 2023b, Chișinău, Republic of Moldova, vol. II., p. 485. ISBN: 978-9975-45-956-3.

CEȘKO, T., GUREV, A., DRAGANCEA , V., GHENDOV-MOSANU, A. Yield and physico-chemical properties of pectin obtained from apple pomace in non-traditional ways. In: *International Conference "Modern Technologies, in the Food Industry – 2022"*, MTFI – 2022 b, p. 107.

CEȘKO, T., DASCAL, A. Efectul utilizării pectinei de mere în tehnologia fabricării batoanelor vegetale. In: *Conferința Tehnico-Științifică a Studenților, Masteranzilor și Doctoranzilor, Universitatea Tehnică a Moldovei*. Chișinău, Republic of Moldova, 2022 c, vol. I, p. 461. ISBN 978-9975-45-828-3.

CEȘKO, T. Utilizarea pudrei din coaja de mere în fabricarea biscuiților zaharoși. *Conferința Tehnico-Științifică a Studenților, Masteranzilor și Doctoranzilor, Universitatea Tehnică a Moldovei*. 2021a, Chișinău, Republic of Moldova, Vol. I, pag.409. ISBN 978-9975-45-700-2.

CESKO, T., DICUSAR, G., GHENDOV – MOSANU, A. Kinetics of the drying process of apple pomace by convective method. In: *Conferință Științifică Internațională "Perspectivele și Problemele Integrării în Spațiul European al Cercetării și Educației" USC*, Cahul, 2022d, pp. 345-346.

CEȘKO, T., GHENDOV-MOȘANU A., STURZA, R., ȚISLINSCAIA, N., TURCULEȚ, N. Influence of heat treatment on the yield of extraction of bioactive compounds in apple pomace. In: *Proceedings of the International Conference Intelligent valorisation of agro-industrial wastes*, 7-8 October 2021b, p. 69.

CEȘKO, T. Possibilities for valorization of grape food in the food industry. In: *VI Міжнародна науково-технічна конференція ТК-2020* , Ucraina, iunie 2020, p. 54.

ĆETKOVIĆ G., ČANADANOVIĆ-BRUNET J., DJILAS S., SAVATOVIĆ S., MANDIĆ A., TUMBAS V. Assessment of Polyphenolic Content and in Vitro Antiradical Characteristics of Apple Pomace. In *Food Chemistry*. 2008, 2, pp.340–347. doi: 10.1016/j.foodchem.2007.12.046., ISSN: 1873-7072.

CHALAPUD, M.C., MA, DE SALGADO-CRUZ, BAÜMLER, E.R., CARELLI, A.A., MORALES-SÁNCHEZ, E., CALDERÓN-DOMÍNGUEZ, G., GARCÍA-HERNÁNDEZ, A.B. Study of the physical, chemical, and structural properties of low- and high-methoxyl pectin-based film matrices including Sunflower Waxes. In *Membranes*. 2023, 13, p. 846. ISSN: 2077-0375.

CHAN S.-Y., CHOO W.-S. Effect of extraction conditions on the yield and chemical properties of pectin from cocoa husks. In *Food Chemistry*. 2013, 141, pp. 3752–3758. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.06.097, ISSN: 1873-7072.

CHANDEL, V., BISWAS, D., ROY, S., VAIDYA, D., VERMA, A., GUPTA, A. Current Advancements in Pectin: Extraction, Properties and Multifunctional Applications. In *Foods*. 2022, 11, pp. 2683. <https://doi.org/10.3390/foods11172683>, ISSN: 2304-8158.

CHAU, C.F., HUANG, Y.L. Comparison of the chemical composition and physicochemical properties of different fibres prepared from peel of the *Citrus sinensis* L. Cv. Liucheng. In *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2003, 51, pp. 2615–2618. DOI:10.1021/jf025919b.

CHEMAT, F., VIAN, M.A., CRAVOTTO, G. Green extraction of natural products: Concept and principles. In *International Journal of Molecular Sciences*. 2012, 13, pp. 8615-8627, PMID: PMC3430255, DOI: 10.3390/ijms13078615, ISSN: 1422-0067.

CHEMAT, F., ROMBAUT, N., SICAIRE, A.G., MEULLEMIESTRE, A., FABIANO-TIXIER, A.S., ABERT-VIAN, M. Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications. A review. In *Ultrasonete Sonochimie*. 2017, 34, pp. 540–560. doi: 10.1016/j.ultsonch.2016.06.035, ISSN: 1873-2828.

CHEN, B., MCCLEMENTS, D.J., DECKER, E.A. Role of continuous phase anionic polysaccharides on the oxidative stability of menhaden oil-in-water emulsions. In *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2010;58:3779–3784. doi: 10.1021/jf9037166.

CHEN, H. Optimization of microwave-assisted extraction of resveratrol from *Polygonum cuspidatum* Sieb et Zucc by orthogonal experiment. In *Natural Products*. 2013, 9, pp. 138–142, ISSN : 0974 – 7508.

CIMPOIEȘ, Gh. *Cultura mărului*. Chișinău: 2012, p. 382 Editura Bonus Offices.

COLODEL, C., PETKOWICZ, C. L. O. Acid extraction and physicochemical characterization of pectin from cubiu (*Solanum sessiliflorum* D.) fruit peel. In *Food Hydrocoll.* 2019, 86, pp.193–200. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2018.06.013, ISSN: 1873-7137.

CORNEANU, M., IUREA, E., SIRBU, S. Comparison of Five New Sweet Cherry Cultivars Bred in Romania, with their Parental Forms. In *Journal of Horticultural Research*. 2021, 29(1), DOI:10.2478/johr-2021-0008, ISSN:2353-3978.

CUI, S.W., CHANG, Y.H. Emulsifying and structural properties of pectin enzymatically extracted from pumpkin. In *LWT- Food Science and Technology*. 2014;58:396–403. doi: 10.1016/j.lwt.2014.04.012. ISSN: 1096-1127.

DALGLEISH, D.G., CORREDIG, M. The Structure of the Casein Micelle of Milk and Its Changes during Processing. In *Annual Review of Food Science and Technology*. 2012, 3, pp. 449–467, ISSN: 0975-8402.

DE OLIVEIRA, C.F., GIORDANI, D., GURAK, P.D., CLADERA-OLIVERA, F., MARCZAK, L.D.F. Extraction of pectin from passion fruit peel using moderate electric field and conventional heating extraction methods. In *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2015, 29, 201–208, DOI: 10.1016/j.ifset.2015.02.005, ISSN: 1878-5522.

DELIKANLI, B., OZCAN, T. Improving the Textural Properties of Yogurt Fortified with Milk Proteins: Textural Properties of Yogurt. In *Journal of Food Processing and Preservation*. 2017, 41, pp. 13101, ISSN: 1745-4549.

DENG, L., MUJUMDAR, A.S., YANG, WEN-XIA, ZHANG, Q. Hot air impingement drying kinetics and quality attributes of orange peel. In *Journal of Food Processing and Preservation*. 2020, 44(1), DOI:10.1111/jfpp.14294, ISSN: 1745-4549.

DHILLON, G.S., KAUR, S., BRAR, S.K. Perspective of Apple Processing Wastes as Low-Cost Substrates for Bioproduction of High Value Products: A Review. *Renew. Energy Rev.* 2013, 27, 789–805. DOI: 10.1016/j.rser.2013.06.046.

DHINGRA, D., MICHAEL, M., RAJPUT, H., PATIL, R. T. Dietary fibre in foods. In: *Journal of Food Science and Technology*. 2012, 49(3), pp. 255–266, doi: 10.1007/s13197-011-0365-5, ISSN: 0975-8402.

DIVYANI, P., PARMJIT, S. P., HARISH, K. CHOPRA, P. Ultrasound-assisted extraction of pectin from *Citrus limetta* peels: Optimization, characterization, and its comparison with commercial pectin. In *Food Bioscience*. 2023, Volume 51, 102231, ISSN: 2212-4306.

DRANCA, F., VARGAS, M., OROIAN, M. Physicochemical properties of pectin from *Malus domestica* ‘Fälticeni’ apple pomace as affected by non-conventional extraction techniques. In *Food Hydrocolloids*. 2020, 100, pp. 1-14, DOI: 10.1016/j.foodhyd.2019.105383.

DRANCA, F., TALON, E., VARGAS, M., OROIAN, M. Microwave vs. conventional extraction of pectin from *Malus domestica* “Falticeni” pomace and its potential use in hydrocolloid-based films. In *Food Hydrocolloids*. 2021, 121 pp. 1-12, DOI: 10.1016/j.foodhyd.2021.107026, ISSN: 1873-7137.

DRAGANCEA, V., GUREV, A., **CEȘKO, T.**, GHENDOV-MOSANU, A. The antioxidant properties of pectin obtained from fresh, frozen, and dried apple pomace. In: *International Conference "Modern Technologies, in the Food Industry – 2022"*, MTFI – 2022, p. 93. ISBN 978-9975-45-851-1.

EÇA, K.S.; MACHADO, M.T.C.; HUBINGER, M.D.; MENEGALLI, F.C. Development of active films from pectin and fruit extracts: Light protection, antioxidant capacity, and compounds stability. In *Journal of Food Science*. 2015, 80, pp. 2389–2396, DOI: 10.1111/1750-3841.13074, ISSN: 1750-3841.

EGÜÉS, I., HERNANDEZ-RAMOS, F., RIVILLA, I., LABIDI, J. Optimization of Ultrasound Assisted Extraction of Bioactive Compounds from Apple Pomace. In *Molecules*. 2021, 26(13), 3783, ISSN: 1420-3049.

ELGAMAL, R., SONG, C., RAYAN, AHMED M., LIU, C., AL-REJAIE, S., ELMASRY, G. Thermal Degradation of Bioactive Compounds during Drying Process of Horticultural and Agronomic Products: A Comprehensive Overview. In *Agronomy*. 2023, 13(6), pp.1580; ISSN: 2073-4395.

ERȘOVA, S.; SUHOVICI, D.; **CEȘKO, T.**; BARBAROȘ, M.-M.; POPESCU, L.; GHENDOV-MOSANU, A. Possibilities of obtaining and valorizing dietary fibers in the context of the circular bioeconomy. In *Journal of Engineering Science*. 2024, XXXI (1), pp. 75-96, ISSN 2587-3474.

ESKILSSON, C. S., BJÖRKLUND, E. Analytical-scale microwave-assisted extraction. In *Journal of Chromatography*. 2000, V. 902, Issue 1, pp. 227-250, PII: S0021-9673(00)00921-3.

FARRIS, S., SCHAICH, K.M., LIU, L., PIERGIOVANNI, L., YAM., K.L. Development of polyion-complex hydrogels as an alternative approach for the production of bio-based polymers for food packaging applications: a review. In *Trends in Food Science & Technology*. 2009, 20 (8), pp. 316-332, DOI: 10.1016/j.tifs.2009.04.003, ISSN: 1879-3053.

FERRETTI, G., TURCO, I., BACCHETTI, T. Apple as a Source of Dietary Phytonutrients: Bioavailability and Evidence of Protective Effects against Human Cardiovascular Disease. In *Food Nutrition Sciences*. 2014, 5, pp. 1234–1246. doi: 10.4236/fns.2014, ISSN:2048-7177.

FERRETTI, G., BACCHETTI, T., BELLEGGIA, A., NERI, D., Cherry Antioxidants: From Farm to Table. In *Molecules*. 2010, 15, pp. 6993-7005; doi:10.3390/molecules15106993.

FIGUEROLA, F., HURTADO, M. L., ESTÉVEZ, A. M., CHIFFELLE, I., ASENJO, F. Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. In *Food Chemistry*. 2005, 91, pp. 395-401, DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.04.036, ISSN: 1873-7072.

GEERKENS, C.H., NAGEL, A., MEIKE, K., MILLER-ROSTEK, P., ROLF, D., SCHWEIGGERT, R., CARLE, R. Mango Pectin Quality as Influenced by Cultivar, Ripeness, Peel Particle Size, Blanching, Drying, and Irradiation. In *Food Hydrocolloids*. 2015, 51, pp. 241–251. doi: 10.1016/j.foodhyd.2015.05.022, ISSN: 1873-7137.

GHADAM, M., SABET, A., MOHAMMAD, R., SAEEDI, S., AKRAM, N., AHMAD, P., ARMIN, M. Effect of Apple Pomace Powder Addition on the Physicochemical Properties of Oily Cakes and Ranking Samples by Delphi Fuzzy Approach. In *Journal of Food Quality*. 2023, DOI: 10.1155/2023/8111233, ISSN: 1745-4557.

GHENDOV-MOSANU, A., CRISTEA, E., PATRAS, A., STURZA, R., NICULAU, R. Rose Hips, a Valuable Source of Antioxidants to Improve Gingerbread Characteristics. In *Molecules*. 2020, 1, 25(23), 5659. doi: 10.3390/molecules25235659, ISSN: 1420-3049.

GHENDOV-MOSANU, A., NETREBA, N., BALAN, G., COJOCARI, D., BOESTEAN, O., BULGARU, V., GUREV, A., POPESCU, L., DESEATNICOVA, O., RESITCA, V. Effect of Bioactive Compounds from Pumpkin Powder on the Quality and Textural Properties of Shortbread Cookies. In *Foods*. 2023, 12, 3907. <https://doi.org/10.3390/foods12213907>, ISSN: 2304-8158.

GHENDOV-MOȘANU, A., COJOCARI, D., BALAN, G., STURZA, R. Antimicrobial activity of rose hip and hawthorn powders on pathogenic bacteria. In *Journal of Engineering Science*. 2018, Vol. XXV, no. 4, pp. 100 – 107, ISSN 2587-3482.

GHINEA, C., PRISACARU, A.E., LEAHU, A. Physico-Chemical and Sensory Quality of Oven-Dried and Dehydrator-Dried Apples of the Starkrimson, Golden Delicious and Florina Cultivars. In *Applied Sciences*. 2022, 12, 2350. <https://doi.org/10.3390/app12052350>, ISSN: 2076-3417.

GHOSHAL G., NEGI P. Isolation of pectin from kinnow peels and its characterization. In *Food and Bioproducts Processing*. 2020, 124, pp.342–353. doi: 10.1016/j.fbp.2020.09.008, ISSN: 1744-3571.

GHINZBURG, A. S., SAVINA, I. M. *Mass Transfer Characteristics of Food Products*. Moscow. 1982, p 280, УДК664.021.3/4.002.64(035).

GIRÓN-HERNÁNDEZ, J., PAZMINO, M., BARRIOS-RODRÍGUEZ, Y. F., TONDA, T.C., WILLS, C., CUCINOTTA, F., BENLLOCH-TINOCO, M., GENTILE, P. Exploring the effect of utilising organic acid solutions in ultrasound-assisted extraction of pectin from apple pomace, and its potential for biomedical purposes. In *Heliyon*. 2023, V.9 (7), p. 17736. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e17736.

GÓMEZ-GALLEGO, C., GUEIMONDE, M., SALMINEN, S. The Role of Yogurt in Food-Based Dietary Guidelines. In *Nutritional Review*. 2018, 76, pp. 29–39, DOI: 10.1093/nutrit/nuy059.

GORJANOVIC, S., MICIĆ, D., PASTOR, F., TOSTI, T., KALUŠEVIĆ, A., RISTIĆ, S., ZLATANOVIĆ, S. Evaluation of apple pomace flour obtained industrially by dehydration as a source of biomolecules with antioxidant, antidiabetic and antiobesity effects. In *Antioxidants*. 2020, 9 (5), p. 413, <https://doi.org/10.3390/antiox9050413>, ISSN: 2076-3921.

GOST 10114-80. *Biscuits. Method for Determination of Sweeling in Water; Federal Agency for Technical Regulation and Metrology*: Moscow, Russian, 2015.

GOST 27839-88. *Făina de grâu. Metode de determinare a cantităţii și calităţii glutenului*. Moscow, Russian, 2013.

GOST 5898-87. *Confectionery. Methods for Determination of Acidity and Alkalinity; Federal Agency for Technical Regulation and Metrology*: Moscow, Russian, 2015.

GUILLON, F., CHAMP, M. Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology. In *Food Research International*. 2000, 33, pp. 233–245. DOI:10.1016/S0963-9969(00)00038-7, ISSN: 1873-7145.

GULLÓN, B., GÓMEZ, B., MARTÍNEZ-SABAJANES, M., YÁÑEZ, R., PARAJO, J.C., ALONSO, J.L. Pectic oligosaccharides: Manufacture and functional properties. In *Trends in Food Science & Technology*, 30 (2) (2013), pp. 153-161., DOI: 10.1016/j.tifs.2013.01.006, ISSN: 1879-3053.

GUMUL, D.; KRUCZEK, M.; IVANIŠOVÁ, E.; SŁUPSKI, J.; KOWALSKI, S. Apple Pomace as an Ingredient Enriching Wheat Pasta with Health-Promoting Compounds. In *Foods*. 2023, 12, 804. <https://doi.org/10.3390/foods12040804>, ISSN: 2304-8158.

GUNNESS, P., GIDLEY, M.J. Mechanisms underlying the cholesterol-lowering properties of soluble dietary fibre polysaccharides. In *Food Funct*. 2010;1:149–155. doi: 10.1039/c0fo00080a.

GUREV, A.; CESCO, T.; DRAGANCEA, V.; GHENDOV-MOSANU, A.; PINTEA, A.; STURZA, R. Ultrasound- and Microwave-Assisted Extraction of Pectin from Apple Pomace and Its Effect on the Quality of Fruit Bars. In *Foods*. 2023a, 12, 2773. <https://doi.org/10.3390/foods12142773>, ISSN: 2304-8158.

GUREV, A., CESCO, T., BAERLE, A., DRAGANCEA, V., GHENDOV-MOȘANU A., STURZA, R., NETREBA, N., BOEȘTEAN, O., HARITONOV, S. Valorificarea substanțelor biologice active și a biopolimerilor din deșeuri agroindustriale (capitolul 3). In: *Ameliorarea calității și siguranței alimentelor prin biotehnologie și inginerie alimentară*. Tehnica-UTM, Chișinău, 2023b, pp. 58-80, ISBN 978-9975-45-988-4.

HARHOLT, J., SUTTANGKAKUL, A., SCHELLER, H.V. Biosynthesis of Pectin. In *Plant Physiology*. 2010, 153, pp. 384–395, PMID: PMC2879803, DOI: 10.1104/pp.110.156588.

HENDERSON, S.M.; PABIS, S. Grain drying theory (I) temperature effect on drying coefficient. In *American Journal of Plant Sciences*. 1961, 6, pp. 169–174, ISSN:2353-3978.

HERAS-RAMÍREZ, M.E., QUINTERO-RAMOS, A., CAMACHO-DÁVILA, A. A., BARNARD J., TALAMÁS-ABBUD, R., TORRES-MUÑOZ, J. V., SALAS-MUÑOZ, E. Effect of Blanching and Drying Temperature on Polyphenolic Compound Stability and Antioxidant Capacity of Apple Pomace. In *Food Bioprocess Technol*. 2012, 5, pp. 2201–2210 DOI 10.1007/s11947-011-0583-x, ISSN: 1935-5149.

Hotărârea de Guvern nr. 204 din 11.03.2009 cu privire la aprobarea *Reglementării tehnice „Produce de cofetărie”*. Publicat: 20-03-2009 în Monitorul Oficial Nr. 57-58 art. 254.

Hotărârea Guvernului Republicii Moldova nr. 68 din 29.01.2009 cu privire la aprobarea *Reglementării tehnice „Făina, grișul și tărîța de cereale”*. Publicat: 06-02-2009 în Monitorul Oficial Nr. 23-26 art. 10.

Hotărârea Guvernului a RM nr. 1523 din 29.12.2007 cu privire la aprobarea *Reglementărilor tehnice „Fructe și legume uscate (deshidratate)”*. Publicat: 18-01-2008 în Monitorul Oficial Nr. 11-12 art. 65.

Hotărârea Guvernului Republicii Moldova nr. 158 din 07.03.2019 cu privire la aprobarea *Cerințelor de calitate pentru lapte și produse lactate*. Publicat: 29-03-2019 în Monitorul Oficial Nr. 111-118 art. 218.

Hotărârea Guvernului a RM 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 a RM nr. 434 din 27.05.2010 cu privire la aprobarea *Reglementărilor tehnice „Uleiuri vegetale comestibile”*, publicată: 04.06.2010 în Monitorul Oficial, nr. 87–90, art. nr. 510.

Hotărârea Guvernului a RM nr.775 din 03.07.2007 cu privire la aprobarea *cerințelor Produse de panificație și paste fainoase*, Publicat : 20.07.2007 în Monitorul Oficial Nr. 103-106 art. nr: 822.

HUANG, Y.X., QI, J.R., LIAO, J.S., JIANG, W.X., CAO, Y., XIAO, J., YANG, X.Q. Oxalic extraction of high methoxyl pectin and its application as a stabiliser. In *International Journal of Food Science and Technology*. 2021, 56 (10) pp. DOI: 10.1111/ijfs.15135, ISSN: 1365-2621.

HUSSAIN,S., JÖUDU, I., BHAT. R. Dietary Fiber from Underutilized Plant Resources—A Positive Approach for Valorization of Fruit and Vegetable Wastes. In *Sustainability*. 2020, 12(13), pp. 5401, <https://doi.org/10.3390/su12135401> , ISSN: 2071-1050.

HUSSEIN, A.M.S.; KAMIL, M.M.; HEGAZY, N.A.; MAHMOUD, K.F.; IBRAHIM, M.A. Utilization of Some Fruits and Vegetables By-Products to Produce High Dietary Fiber. In *Food Science and Quality Management*. 2015, 37, pp. 39–45. ISSN 2225-0557.

IBRAHIM, O., MENKOVSKA, M. Dietary Fibers-Classification, Properties, Analysis and Function: A Review. In *Advances in Bioscience and Biotechnology*. 2022, 13, pp. 527-544. doi: 10.4236/abb.2022.1312036.

IGLESIAS, M.T., LOZANO, J.E. Extraction and Characterization of Sunflower Pectin. In *Journal of Food Engineering*. 2004, 62, pp.215–223, DOI: 10.1016/S0260-8774(03)00234-6, ISSN: 1873-5770.

IGUAL, M., GARCÍA-HERRERA, P., CÁMARA, R.M., MARTÍNEZ-MONZÓ, J., GARCÍA-SEGOVIA, P., CÁMARA, M. Bioactive Compounds in Rosehip (*Rosa canina*) Powder with Encapsulating Agents. In *Molecules*. 2022, 27, 4737. <https://doi.org/10.3390/molecules27154737>, ISSN: 1420-3049.

ISO 1026:1982 *Fructe și legume procesate. Metode de determinare a substanței uscate sau a umidității*. 2011.

ISO 10523:2008 *Water quality - Determination of pH* ISO 10523:2012, European Standard, 2012.

ISO 18787:2017 *Foodstuffs — Determination of water activity*. International Standard confirmed, 2017.

ISO 1994-93. *Produse din maceșe. Condiții tehnice. Fruits of sweet-brier. Specifications* <https://docs.cntd.ru/document/1200022906>.

ISO 20483:2013; *Cereals and Pulses—Determination of the Nitrogen Content and Calculation of the Crude Protein Content—Kjeldahl Method*. International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland, 2013.

ISO 24901-2014. *Biscuits. General specifications*. 06.04.2015.

ISO 25555.4-91 *Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения золы и щелочности общей и водорастворимой золы*. 2011.

ISO 4833-2:2013/COR 1:2014. In *Microbiology of the Food Chain—Horizontal Method for the Enumeration of Microorganisms—Part 2: Colony Count at 30°C by the Surface Plating Technique—Technical Corrigendum 1*; International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland, 2014.

ISO 659:2009; *Oilseeds—Determination of Oil Content (Reference Method)*. International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland, 2009.

ISO 6658:2017. *Sensory Analysis. Methodology. General Guidance*; International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland, 2017.

ISO 750:1998 *Fruit and vegetable products — Determination of titratable acidity*, International Standard confirmed 90.93.

ISO/CIE 11664-4:2019. *Colorimetry — Part 4: CIE 1976 L*a*b* colour space*. International Organization for Standardization:2019.

ISSAR, K., SHARMA, P.C., GUPTA, A. Utilization of Apple Pomace in the Preparation of Fiber-Enriched Acidophilus Yoghurt. In *Journal of Food Processing and Preservation*. 2017, V. 41, DOI: 10.1111/jfpp.13098 , ISSN: 1745-4549.

JAYEOLA, V, FARBER, J. Induction of the Viable but Non-Culturable State in Salmonella Contaminating Dried Fruit. In *Applied and Environmental Microbiology*. 2021, 88(2). DOI: 10.1128/AEM.01733-21, ISSN: 2076-3417.

JOVANOVIĆ, M., PETROVIĆ, M., MIOČINOVIĆ, J., ZLATANOVIĆ, S., PETRONIJEVIĆ, J. L., MITIĆ-ĆULAFIĆ, D., GORJANOVIĆ, S. Bioactivity and Sensory Properties of Probiotic Yogurt Fortified with Apple Pomace Flour. In *Foods*. 2020, 9(6), p. 763, <https://doi.org/10.3390/foods9060763>, ISSN: 2304-8158.

JOYE, D.D., LUZIO, G.A. Process for selective extraction of pectins from plant material by differential pH. In *Carbohydrate Polymers*. 2000, 43, pp.337–342. doi: 10.1016/S0144-8617(00)00191-0, ISSN: 1879-1344.

JUNG, J., CAVENDER, G., ZHAO, Y. Impingement drying for preparing dried apple pomace flour and its fortification in bakery and meat products. In *Journal of Food Science and Technology*. 2015, 52, pp. 5568–5578. doi: 10.1007/s13197-014-1680-4. PMID: PMC4554622.

KAMMERER, D. R., KAMMERER, J., VALET, R., & CARLE, R. Recovery of polyphenols from the by-products of plant food processing and application as valuable food ingredients. In *Food Research International*. (2014). 65, pp. 2–12, ISSN: 1873-7145.

KARAKASOVA, L., STEFANOSKI, A., RAFAJLOVSKA, V., KLOPCEVSKA, J. Technological characteristics of some apple cultivars. In *Acta Horticulturae*. 2009, 825(825), pp. 559-564, DOI:10.17660/ActaHortic.2009.825.89.

KARBUZ P., TUGRUL N. Microwave and ultrasound assisted extraction of pectin from various fruits peel. In *Journal of Food Science and Technology*. 2021, 58, pp. 641–650. doi: 10.1007/s13197-020-04578-0, ISSN: 0975-8402.

KAVEH, M., TAGHINEZHAD, E., AZIZ, M. Effects of physical and chemical pretreatments on drying and quality properties of blackberry (*Rubus* spp.) in hot air dryer. In *Food Science & Nutrition*. 2020, 8, 3843–3856, ISSN: 2048-7177.

KHALIL, N., ELBELTAGY, A. EL D., ALJUTAILY, T., ALI, A. , GADALLAH, M., Organoleptic, antioxidant activity and microbial aspects of functional biscuit formulated with date fruit fibers grown in Qassim Region. In *Journal of Food Science and Technology*. 2023, 43, DOI: 10.1590/fst.95222, ISSN: 0975-8402.

KHAN, M., NANDKISHOR , S. Optimization of extraction condition and characterization of low methoxy pectin from wild plum. In *Journal of Packaging Technology and Research*. 2019,3, pp. 215–221. doi: 10.1007/s41783-019-00070-z.

KIM, J., KIM, M., CHO, I. Physicochemical Characteristics, Antioxidant Properties and Consumer Acceptance of Greek Yogurt Fortified with Apple Pomace Syrup. In *Foods*. 2023, 12(9), pp. 1856; <https://doi.org/10.3390/foods12091856>, ISSN: 2304-8158.

KIM, S., PARK, J., HWANG, I. K. Quality attributes of various varieties of Korean red pepper powders (*Capsicum annuum* L.) and color stability during sunlight exposure. In *Journal of Food Science*. 2002, 67, pp. 2957–2961, DOI: 10.1111/j.1365-2621.2002.tb08845.x, ISSN: 1750-3841.

KINGSLEY, R. P., GOYAL, R. K., MANIKANTAN, M. R., ILYAS, S. M. Effects of pretreatments and drying air temperature on drying behaviour of peach slice. In *International Journal of Food Science & Technology*. 2007, 42(1), pp. 65-69. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2006.01210.x, ISSN: 0975-8402.

KOH, P. C., LEONG, C. M. AND NORANIZAN, M. A. Microwave-assisted extraction of pectin from jackfruit rinds using different power levels. In *International Food Research Journal*. 2014, 21(5), pp. 2091-2097, ISSN: 2231 7546.

KOHAJDOVÁ, Z., KAROVIČOVÁ, J., MAGALA, M., & KUČTOVÁ, V. Effect of apple pomace powder addition on farinographic properties of wheat dough and biscuits quality. In *Chemical Papers*. 2014, 68, 1059–1065. DOI: 10.2478/s11696-014-0567-1.

KOŁODZIEJCZYK, K., MARKOWSKI, J., KOSMALA, M., KRÓL, B., PŁOCHARSKI, W. Apple pomace as a potential source of nutraceutical products. In *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 2007, 57 (4 B) pp. 291-295, ISSN:1230-0322.

KOUBALA, B.B., KANSCI, G., MBOME, L.I., CRÉPEAU, M.-J., THIBAUT, J.-F., RALET, M.-C. Effect of Extraction Conditions on Some Physicochemical Characteristics of Pectins from “Améliorée” and “Mango” Mango Peels. In *Food Hydrocolloids*. 2008, 22, pp. 1345–1351. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2007.07.005, ISSN: 1873-7137.

KOUTSOS, A., TUOHY, K.M., LOVEGROVE J.A. Apples and Cardiovascular Health—Is the Gut Microbiota a Core Consideration? In *Nutrients*. 2015, 7(6), pp, 3959–3998. doi: 10.3390/nu7063959, ISSN: 2072-6643.

- KRAJEWSKA, A., DZIKI, D., YILMAZ, M.A., ÖZDEMİR, F.A. Physicochemical Properties of Dried and Powdered Pear Pomace. In *Molecules*. 2024, 29, 742. <https://doi.org/10.3390/molecules29030742>, ISSN: 1420-3049.
- KRASNOVA, I., SEGLIŃA, D. Content of phenolic compounds and antioxidant activity in fresh apple, pomace and pomace water Extract — effect of cultivar. In *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences Section B Natural Exact and Applied Sciences*. 2019, 73 (6), pp. 513–518, DOI:10.2478/prolas-2019-0078.
- KRUCZEK, M., GUMUL, D., KAČÁNIOVÁ, M., IVANIŠHOVÁ, E., MAREČEK, J., & GAMBUŠ, H. Industrial apple pomace by-products as a potential source of pro-health compounds in functional food. In *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2017, 7(1), pp. 22–26. DOI: 10.15414/jmbfs.2017.7.1.22-26, ISSN 1338-5178.
- KULKARNI, S.G., VIJAYANAND, P. Effect of extraction conditions on the quality characteristics of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis f. flavicarpa* L.) In *LWT- Food Science and Technology*. 2010, 43, pp.1026–1031. doi: 10.1016/j.lwt.2009.11.006, ISSN: 1096-1127.
- KUMAR, K. , SHIVMURTI, S., VIJAY SINGH, S. Ultrasound assisted extraction (UAE) of bioactive compounds from fruit and vegetable processing by-products: A review. In *Ultrason Sonochem*. 2021, 70: p.105325. doi: 10.1016/j.ultsonch.2020.105325.
- KUMAR, N., BINDU, R., VIJAY, CH., SHEIKH, M., KUMAR, G., RUSTAGI, A., KUMAR, S., VIVEK, G. S. Agro-industrial waste: a cost-effective and eco-friendly substrate to produce amylase. In *Food Production, Processing and Nutrition*. 2023 pp.2-12, <https://doi.org/10.1186/s43014-023-00143-2> , ISSN: 2661-8974.
- KUMAR, A., CHAUHAN, G.S. Extraction and characterization of pectin from apple pomace and its evaluation as lipase (steapsin) inhibitor. In *Carbohydrate Polymers*. 2010, 82 (2), pp. 454-459, 10.1016/j.carbpol.2010.05.001, ISSN: 1879-1344.
- KUMAR, N., SARKAR B. C., AND SHARMA, H. K. Mathematical modelling of thin layer hot air drying of carrot pomace. In *Journal of Food Science and Technology*. 2012, 49(1), pp.33–41. doi: 10.1007/s13197-011-0266-7, ISSN: 0975-8402.
- LARA-ESPINOZA, C., CARVAJAL-MILLÁN, E., BALANDRÁN-QUINTANA, R., LÓPEZ-FRANCO, Y. , RASCÓN-CHU, A. Pectin and pectin-based composite materials: beyond food texture. In *Molecules*. 2018, (4), p. 23, <https://doi.org/10.3390/molecules23040942>, ISSN: 1420-3049.
- LASUNON, P., SENGKHAMPARN, N. Effect of Ultrasound-Assisted, Microwave-Assisted and Ultrasound-Microwave-Assisted Extraction on Pectin Extraction from Industrial Tomato Waste. In *Molecules*. 2022, 27, pp. 1157. <https://doi.org/10.3390/molecules27041157>, ISSN: 1420-3049.
- LAVELLI, V., CORTI, S. Phloridzin and other phytochemicals in apple pomace: stability evaluation upon dehydration and storage of dried product. In *Food Chemistry*. 2011, 129, pp. 1578–1583, ISSN: 1873-7072.
- LEYVA-CORRAL, J., QUINTERO-RAMOS, A., CAMACHO-DAVILA, A., DE JESÚS ZAZUETA-MORALES, J., AGUILAR-PALAZUELOS, E., RUIZ-GUTIÉRREZ, M.G., MELÉNDEZ-PIZARRO, C.O., DE JESÚS RUIZ-ANCHONDO, T. Polyphenolic Compound Stability and Antioxidant Capacity of Apple Pomace in an Extruded Cereal. In *LWT- Food Science and Technology*. 2016, 65, pp. 228–236. doi: 10.1016/j.lwt.2015.07.073, ISSN: 1096-1127.
- LIANG, L.; LUO, Y. Casein and Pectin: Structures, Interactions, and Applications. In *Trends in Food Science & Technology* 2020, 97, pp. 391–403, ISSN: 1879-3053.
- LI, B.W., ANDREWS, K.W., PEHRSSON, P.R. Individual sugars, soluble, and insoluble dietary fiber contents of 70 high consumption foods. In *Journal of Food Composition and Analysis*. 2002, 15, pp. 715–723. doi: 10.1006/jfca.2002.1096., ISSN: 1096-0481.
- LI, D.-Q., JIA, X., WEI, Z., LIU, Z.-Y. Box-behnken experimental design for investigation of microwave-assisted extracted sugar beet pulp pectin. In *Carbohydrate Polymers*, 2012, 88 (1), pp. 342-346. ISSN: 1879-1344.
- LIAVATA, B., PICINELLI, A., SIMA, S., CARCEL, A. Cider apple pomace as a source of nutrients: Evaluation of the polyphenolic profile, antioxidant and fiber properties after drying process at different temperatures. In *Food Chemistry*. 2022, Volume 15, 100403, ISSN: 1873-7072.
- LIEW, S.Q., NGOH, G.C., YUSOFF, R., TEOH, W.H. Sequential ultrasound-microwave assisted acid extraction (UMAE) of pectin from pomelo peels. In *International Journal of Biological Macromolecules*. 2016, 93, pp. 426–435, DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2016.08.065, ISSN: 1879-0003.

LIU, B., MA, Y., LIU, Y., YANG, Z., ZHANG, L. Ultrasonic-assisted extraction and antioxidant activity of flavonoids from *Adinandra nitida* leaves. In *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. 2013, 12, pp. 1045–1051. doi: 10.4314/tjpr.v12i6.27.

LIU, H., XU, X.M., GUO, S.D. Rheological, texture and sensory properties of low-fat mayonnaise with different fat mimetics. In *Food Science and Technology*. 2007, 40, pp. 946-954. DOI: 10.1016/j.lwt.2006.11.007.

LIU, Y., DONG, M., YANG, Z., PAN, S. Anti-diabetic effect of citrus pectin in diabetic rats and potential mechanism via PI3K/Akt signaling pathway. In *International Journal of Biological Macromolecules*. 2016, 89, pp. 484-488, DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2016.05.015, ISSN: 0141-8130.

LO FARO, E., SALERNO, T., MONTEVECCHI, G., FAVA, P. Mitigation of Acrylamide Content in Biscuits through Combined Physical and Chemical Strategies. In *Foods*. 2022, 11, pp.2343. ISSN: 2304-8158.

LU, Y., FOO, L.Y. Antioxidant and Radical Scavenging Activities of Polyphenols from Apple Pomace. In *Food Chemistry*. 2000, 68, 81–85. DOI: 10.1016/S0308-8146(99)00167-3.

LUCEY, J. Cultured Dairy Products: An Overview of Their Gelation and Texture Properties. In *International Journal of Dairy Technology*. 2004, 57, pp. 77-84. DOI: 10.1111/j.1471-0307.2004.00142.x, ISSN:1471-0307.

LUPU, O. *Contribuții teoretice și experimentale privind procesul de uscare a caiselor cu folosirea curentilor de înaltă frecvență*. Autoreferat. 2005(accesat online 26.02.2023).

LUQUE-GARCÍA J., DE CASTRO M. L. Ultrasound: A powerful tool for leaching. In *Trends in Analytical Chemistry*. 2003, 22, pp. 41–47. 10.1016/S0165-9936(03)00102-X.

MA, Y., LUO, J., XU, Y. Co-preparation of pectin and cellulose from apple pomace by a sequential process. In *Journal of Food Science and Technology*. 2019, 56(9), pp. 4091–4100, DOI: 10.1007/s13197-019-03877-5, ISSN: 0975-8402.

MADA, T., DURAISAMY, R., ABERA, A., GUESH, F. Effect of mixed banana and papaya peel pectin on chemical compositions and storage stability of Ethiopian traditional yoghurt (ergo). In *International Dairy Journal*, 2022, 131, <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2022.105396>.

MAGYAR, M., DA COSTA SOUSA, L., JIN, M., SARKS, C., BALAN, V. Conversion of apple pomace waste to ethanol under relevant industrial conditions. In *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2016, 100, pp. 7349–7358. DOI: 10.1007/s00253-016-7665-7, ISSN 1432-0614.

MAHMUD, M.M., BELAL, M., AHMED, S., HOQUE, M.M. AND ZZAMAN, W. Microwave-assisted extraction and characterization of pectin from citrus fruit wastes for commercial application. In *Food Research*. 2021, 5 (5) pp. 80 – 88, ISSN: 1873-7145.

MAKAROVA, E., GÓRNAS, P., KONRADE, I., TIRZITE, D., CIRULE, H., GULBE, A., DAMBROVA, M. Acute anti-hyperglycaemic effects of an unripe apple preparation containing phlorizin in healthy volunteers: A preliminary study. In *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2015, 95(3), pp. 560–568. PMID: 24917557, DOI: 10.1002/jsfa.6779.

MARAN, J. P., VENKATACHALAM, S., THIRUGNANASAMBANDHAM, K., SRIDHAR, R. Microwave assisted extraction of pectin from waste *Citrullus lanatus* fruit rinds. *Carbohydrate Polymers* 2014, 101, pp. 786-791, ISSN: 1879-1344.

MARCON, M. V., VRIESMANN, L. C., WOSIACKI, G., BELESKI-CARNEIRO, E., & PETKOWICZ, C. L. Pectins from apple pomace. In *Polímeros*. 2005, 15, pp. 127–129, DOI: 10.1590/S0104-14282005000200012.

MARIĆ, M., GRASSINO, A.N., ZHU, Z., BARBA, F.J., BRNČIĆ, M., BRNČIĆ, S.R. An overview of the traditional and innovative approaches for pectin extraction from plant food wastes and by-products: Ultrasound-, microwaves-, and enzyme-assisted extraction. In *Trends in Food Science & Technology*. 2018, 76, pp. 28–37, DOI: 10.1016/j.tifs.2018.03.022, ISSN: 1879-3053.

MAROZIENE, A. Interaction of Pectin and Casein Micelles. In *Food Hydrocoll*. 2000, 14, pp. 391–394. ISSN: 1873-7137.

MARTAU, G.A., TELEKY, B.-E., RANGA, F., POP I.D., VODNAR D.C. Apple Pomace as a Sustainable Substrate in Sourdough Fermentation. In *Frontiers in Microbiology*. 2021, 12, 742020, DOI: 10.3389/fmicb.2021.742020, ISSN: 1664302X.

MARCHIANI, R., BERTOLINO, M., BELVISO, S., GIORDANO, M., GHIRARDELLO, D., TORRI, L., PIOCHI, M., ZEPPA, G. Yogurt enrichment with grape pomace: effect of grape cultivar on physicochemical, microbiological and sensory properties. In *Journal of Food Quality*. 2016;39:77–89. doi: 10.1111/jfq.12181, ISSN: 1745-4557.

MASOODI, F.A., SHARMA, B., CHAUHAN, G.S. Use of Apple Pomace as a Source of Dietary Fiber in Cakes. In *Journal of Food Processing and Preservation*. 2007, 57, pp. 121–128. DOI:10.1111/j.1745-4549.1998.tb00349.x, ISSN: 1745-4549.

MENDES, J.F., NORCINO, L.B., MANRICH, A., PINHEIRO, A.C.M., OLIVEIRA, J.E., MATTOSO, L.H.C. Characterization of pectin films integrated with cocoa butter by continuous casting: Physical, thermal and barrier properties. In *Journal of Polymers and the Environment*. 2020, 28, pp. 2905–2917, DOI:10.1007/s10924-020-01829-1.

MEROUANI, S., HAMDAROU, O., REZGUI, Y., GUENINI, M. Effects of ultrasound frequency and acoustic amplitude on the size of sonochemically active bubbles – theoretical study. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2013, 20, pp. 815–819, DOI: 10.1016/j.ultsonch.2012.10.015.

MICHALSKA, A., WOJDYŁO, A., MAJERSKA, J., LECH, K., BRZEZOWSKA, J. Qualitative and Quantitative Evaluation of Heat-Induced Changes in Polyphenols and Antioxidant Capacity in *Prunus domestica* L. By-products. In *Molecules*. 2019, 24, 3008; doi:10.3390/molecules24163008, ISSN: 1420-3049.

MIDILLI, H., KUCUK, Z., YAPAR, A. A new model for single-layer drying. In *Drying Technology*. 2002, 20 (7), pp.1503- 1513, DOI: 10.1081/DRT-120005864.

MILETIĆ, N., MITROVIĆ, O., POPOVIĆ, B., MAŠKOVIĆ, P., MITIĆ, M. AND PETKOVIĆ, M. Chemical changes caused by air drying of fresh plum fruits. In *International Food Research Journal*. 2019, 26(4), pp.1191-1200, ISSN: 1873-7145.

MINJARES-FUENTES, R., FEMENIA, A., GARAU, M.C., MEZA-VELÁZQUEZ, J.A., SIMAL, S., ROSSELLÓ, C. Ultrasound-assisted extraction of pectins from grape pomace using citric acid: A response surface methodology approach. In *Carbohydrate Polymers*. 2014, Volume 106, pages 179-189, ISSN: 1879-1344.

MOHAMED, S.A.A., EL-SAKHAWY, M., EL-SAKHAWY, M.A.-B. Polysaccharides, protein, and lipid-based natural edible films in food packaging: A review. In *Carbohydrate Polymers*. 2020, 238, DOI: 10.1016/j.carbpol.2020.116178, ISSN: 1879-1344.

MORALES-CONTRERAS, B. E., WICKER, L., ROSAS-FLORES, W., CONTRERAS-ESQUIVEL, J. C., GALLEGOS-INFANTE, J. A., REYES-JAQUEZ, D., MORALES-CASTRO, J. Apple pomace from variety “Blanca de Asturias” as sustainable source of pectin: Composition, rheological, and thermal properties. In *LWT-Food Science and Technology*. 2020, 117, 108641. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108641>, ISSN: 1096-1127.

MOSAYEBI, V., YAZDI, F. T. Optimization of microwave assisted extraction (MAE) of pectin from black mulberry (*Morus nigra* L.) pomace. In *Journal of Food and Bioprocess Engineering*. 2018, Volume 1, pages 57-66, ISSN: 2676-3494.

MOŞANU, A. Contributii teoretice si experimentale privind procesul de uscarea a visinelor cu folosirea microundelor. Autoreferat, 2005.

MOTEVALI, A., MINAEI, S., BANAKAR, A., GHOBADIAN, B. Energy analyses and drying kinetics of chamomile leaves in microwave-convective dryer. In *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 2014., pp.26 DOI:10.1016/j.jssas.2014.11.003.

MOURA, F., A., MACAGNAN, F. T., RODRIGUES DOS SANTOS, L., BIZZANI, M., DE OLIVEIRA, L., PETKOWICZ, M., PICOLLI DA SILVA, L. Characterization and physicochemical properties of pectins extracted from agroindustrial by-products. In *Food Scientists & Technologists*. 2017, 54(10), pp. 3111–3117, DOI 10.1007/s13197-017-2747-9, ISSN:2048-7177.

MOURA, H.V., DE FIGUEIRÊDO, R.M.F., DE MELO QUEIROZ, A.J., DE VILELA SILVA, E.T., ESMERO, J.A.D., LISBÔA, J.F. Mathematical modeling and thermodynamic properties of the drying kinetics of trapiá residues. In *Journal of Food Process Engineering*. 2021, 44, pp. 13768, DOI: 10.1111/jfpe.13768, ISSN:1745-4530.

MUÑOZ-ALMAGRO, N., MONTILLA, A., VILLAMIEL, M. Role of pectin in the current trends towards low-glycaemic food consumption. In *Food Research International*. 2021, 140, DOI: 10.1016/j.foodres.2020.109851, ISSN: 1873-7145.

MURLIDHAR I., RADHIKA N., SHRIRAM G. Drying Kinetics and Mathematical Modeling of Beetroot. In *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2019, 8(10): pp. 1926-1934, ISSN: 2319-7706.

NAJGEBAUER-LEJKO, D.; WITEK, M.; ŻMUDZIŃSKI, D.; PTASZEK, A. Changes in the viscosity, textural properties, and water status in yogurt gel upon supplementation with green and Pu-erh teas. In *Journal of Dairy Science*. 2020, 103 (12), 11039-11049, ISSN: 1525-3198.

NASROLLAHZADEH, M., NEZAFAT, Z., SHAFIEI, N., SOLEIMANI F. Polysaccharides in food industry. In *Biopolymer-Based Metal Nanoparticle Chemistry for Sustainable Applications*. 2021, pp. 47-96, DOI: 10.1016/B978-0-323-89970-3.00002-0.

National Academy of Sciences Food Chemical Codex. *IV monographs (according to the specifications on purity characteristics of the Joint FAO/WHO Expert 302 Committee on Food Additives and the European Commission)*; National Academy Press. Washington, DC, 1996, p. 882.

NGUYEN, N. H. K., DUONG, H., LONG, H., NHI, T. T. Y., PHAT, D. T., Effects of microwave extraction conditions on polyphenol content and antioxidant activity of pomelo extract (*Citrus maxima* (Burm.) Merr.). In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020. DOI: 10.1088/1757-899X/991/1/012035.

NGUYEN, N., BAO, M., PIRAK, T., YILDIZ, F. Physicochemical properties and antioxidant activities of white dragon fruit peel pectin extracted with conventional and ultrasound-assisted extraction. In *Cogent Food & Agriculture*. 2019, 1633076, ISSN: 2331-1932.

NUNES, J., SILVA, P., GASPAR, P., PIRES, L., ANDRADE, L. The cherry drying as a complementary conservation process to conservation in cold. In *CYTEF 2016 – VIII Congresso Ibérico | VI Congresso Ibero-Americano de Ciências e Técnicas do Frio Coimbra-Portugal*, 3-6 maio, 2016, <https://www.researchgate.net/publication/302404958> [online, accesat 03.04.2022].

NÚÑEZ-GASTÉLUM, J.A., ALVAREZ-PARRILLA, E., DE LA ROSA L.A., MARTÍNEZ-RUIZ, N.R., GONZÁLEZ-AGUILAR, G.A., RODRIGO-GARCÍA, J. Effect of harvest date and storage duration on chemical composition, sugar and phenolic profile of ‘Golden Delicious’ apples from northwest Mexico. In *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 2015, DOI: 10.1080/01140671.2015.1026358.

OLIVEIRA, A., ALEXANDRE, E. M., COELHO, M., LOPES, C., ALMEIDA, D. P., PINTADO, M. Incorporation of strawberries preparation in yoghurt: Impact on phytochemicals and milk proteins. In *Food Chemistry*. 2015, 171, 370-378. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.08.107>, ISSN: 1873-7072.

OLIVEIRA, T.I.S., REDONDO, L., MOATES, ZEA - G.K., WELLNER, N., CROSS, K., WALDRON, K.W., AZERADO, H.M.C. Pomegranate peel pectin film as affected by montmorillonite. In *Food Chemistry*. 2016, 198, pp. 107-112, DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.09.109, ISSN: 1873-7072.

ONIVOGUI, G., ERASTO, S. M., HUAIYUAN, Z. Chemical Composition, Nutritional Properties and Antioxidant Activity of Monkey Apple (*Anisophyllea laurina* R. Br. ex Sabine) In *Scandinavian Journal of Food & Nutrition* 2(2):281-287, June 2014, DOI: 10.12691/jfnr-2-6-3.

OPRIŞ, O., LUNG, I., SORAN, M.-L., STEGARESCU, A., CESCO, T., GHENDOV-MOSANU, A., PODEA, P., STURZA, R. Efficient Extraction of Total Polyphenols from Apple and Investigation of Its SPF Properties. In *Molecules* 2022, 27, 1679. doi.org/10.3390/molecules27051679, ISSN: 1420-3049.

ORNELAS-PAZ, J.J., QUINTANA-GALLEGOS, B.M., ESCALANTE-MINAKATA, P., REYES-HERNÁNDEZ, J., PÉREZ-MARTÍNEZ, J.D., RIOS-VELASCO, C., RUIZ-CRUZ, S. Relationship between the firmness of Golden Delicious apples and the physicochemical characteristics of the fruits and their pectin during development and ripening. In *Journal of Food Science and Technology*. 2018, 55(1), pp. 33–41. doi: 10.1007/s13197-017-2758-6.

O'SHEA, N., KTENIOUDAKI, A., SMYTH, T.P., MCLOUGHLIN, P., DORAN, L., AUTY, M.A.E., GALLAGHER, E. Physicochemical assessment of two fruit by-products as functional ingredients: Apple and orange pomace. In *Journal of Food Engineering*. 2015, 153, pp. 89-95, DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2014.12.014, ISSN: 1873-5770.

OSZMIANSKI, J., LACHOWICZ, S., GAMSJÄGER, H. Phytochemical analysis by liquid chromatography of ten old apple varieties grown in Austria and their antioxidative activity. In *European Food Research and Technology*. 2019, 246, pp. 437–448, DOI: 10.1007/s00217-019-03411-z, ISSN: 1438-2385.

PAGE, G. E. Factors influencing the maximum rates of air drying shelled corn in thin layers. In *Materials Sciences and Applications*. 2016. V.7, <https://docs.lib.purdue.edu/dissertations/AAI1300089>.

PANIAGUA, C., POSE, S., MORRIS, V.J., KIRBY, A.R., QUESADA, M.A., MERCADO, J.A. Fruit softening and pectin disassembly: an overview of nanostructural pectin modifications assessed by atomic force microscopy. In *Annals of Botany*. 2014, 114, pp. 1373-1383. DOI: 10.1093/aob/mcu149.

PATIENCE, N.A., SCHIEPPATI, D., BOFFITO, D.C. Continuous and pulsed ultrasound pectin extraction from navel orange peels. In *Ultrasonics Sonochemistry*. 2021, 73, p. 105480, doi:10.1016/j.ultsonch.2021.105480.

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 Bio Innovation*. 2015, 4(6), pp. 257-268. ISSN 2277-8330.

PEREIRA, P.H., OLIVEIRA, T. Í., ROSA, M.F., CAVALCANTE, F.L., MOATES, G.K., WELLNER, N., WALDRON, K.W., AZEREDO, H.M.C. Pectin extraction from pomegranate peels with citric acid. In *International Journal of Biological Macromolecules*. 2016, 88, pp. 373-379, DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2016.03.074.

PERSIC, M., MIKULIC-PETKOVSEK, M., SLATNAR, A., VEBERIC, R. Chemical Composition of Apple Fruit, Juice and Pomace and the Correlation between Phenolic Content, Enzymatic Activity and Browning. In *LWT-Food Science and Technology*. 2017, 82, pp. 23-31, doi: 10.1016/j.lwt.2017.04.017, ISSN: 1096-1127.

POLLINI, L., BLASI, F., IANNI, F., GRISPOLDI, L., MORETTI, S., DI VEROLI, A., COSSIGNANI, L., TERZO CENCI-GOGA, B. Ultrasound-Assisted Extraction and Characterization of Polyphenols from Apple Pomace, Functional Ingredients for Beef Burger Fortification. In *Molecules*. 2022, 27(6), 1933, ISSN: 1420-3049.

POLOVIC, N., BLANUSA, M., GAVROVIC-JANKULOVIC, M., ATANASKOVIC-MARKOVIC, M., BURAZER, L., JANKOV, R., CIRKOVIC, V.T. A matrix effect in pectin-rich fruits hampers digestion of allergen by pepsin in vivo and in vitro. In *Clinical & Experimental Allergy*. 2007;37:764-771. doi: 10.1111/j.1365-2222.2007.02703.x.

POP, R.M., WEESEPOEL, Y., SOCACIU, C., PINTEA, A. et al., Carotenoid composition of berries and leaves from six Romanian sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) varieties. In *Food Chemistry*, 2014, 147, 1-9, ISSN: 1873-7072.

PEPEL, S., DRAGANOVA, E., CROPOTOVA, J., PÎRGARI, E. Fibrele alimentare utilizate pentru fabricarea produselor funcționale. În: *Pomicultura, Viticultura și Vinificația*, 2016, nr. 3 [63], pp 35-38, IDNO 247273.

POPESCU, L., CEȘKO, T., GUREV, A., GHENDOV-MOSANU, A., STURZA, R., TARNA, R. Impact of Apple Pomace Powder on the Bioactivity, and the Sensory and Textural Characteristics of Yogurt. In *Foods*. 2022, 11(22), 3565. doi: 10.3390/foods11223565, ISSN: 2304-8158.

PRAKASH, M.J., SIVAKUMAR, V., THIRUGNANASAMBANDHAM, K., SRIDHAR, R. Optimization of microwave assisted extraction of pectin from orange peel. In *Carbohydrate Polymers*. 2013, 97, pp.703-709, DOI: 10.1016/j.carbpol.2013.05.052.

Publicația periodică "Monitorul Oficial.MD", Guvernul Republicii Moldova 06/03/2019 <https://infomarket.md/> [online, accesat 21.03.2022].

RAD, AMIR H. K., FALAHI, EBRAHIM, EBRAHIMZADEH, FARZAD. Recent patents on physical, mineral & organic Acid composition of golden delicious and red delicious apples (*malus×domestica* borkh) grown in the west of Iran. In *Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture*. 2014, 6(2), pp. 93-99 DOI: 10.2174/2212798407666150126111842, ISSN: 1876-1429.

RADENKOV, V., KVIESIS, J., JUHNEVICA-RADENKOVA, K., VALDOVSKA, A., PÜSSA, T., KLAVINS, M., DRUDZE, I. Valorization of Wild Apple (*Malus* spp.) By-Products as a Source of Essential Fatty Acids, Tocopherols and Phytosterols with Antimicrobial Activity. In *Plants* 2018, 7, 90, pp. 1-18, doi: 10.3390/plants7040090, ISSN: 2223-7747.

RAJI, Z., KHODAIYAN, F., REZAEI, K., KIANI, H., SCHULTZ, M., ZANGANEH, S. The influence of particle size and acid type on pectin extraction. In *International Journal of Farming and Allied Sciences* 2020, 9, 1-4, ISSN 2322-4134.

RAM LI, N., ASMAWATI. Effect of ammonium oxalate and acetic acid at several extraction time and pH on some physicochemical properties of pectin from cocoa husks (*Theobroma cacao*). In *African Journal of Food Science*. 2011, 5(15), pp. 790-798. DOI: 10.5897/AJFS11.107, ISSN 1996-0794.

RANA, S., GUPTA, S., RANA, A., BHUSHAN, S. Functional properties, phenolic constituents and antioxidant potential of industrial apple pomace for utilization as active food ingredient. In *Food Science and Human Wellness*. 2015, 4, pp. 180–187, DOI: 10.1016/j.fshw.2015.10.001, ISSN: 2213-4530.

RANGANNA, S. *Handbook of Analysis and Quality Control of Fruit and Vegetable Products* 2nd ed. New Delhi; Tata McGraw Hill Publishing Co Ltd. 2007.

RASCÓN-CHU, A., MARTÍNEZ-LÓPEZ, A., CARVAJAL-MILLÁN, E., PONCE DE LEÓN-RENOVA, N., MÁRQUEZ-ESCALANTE, J., ROMO-CHACÓN, A. Pectin from Low Quality “Golden Delicious” Apples: Composition and Gelling Capability. In *Food Chemistry*. 2009, 116, pp. 101–113, doi:10.1016/j.foodchem.2009.02.016, ISSN: 1873-7072.

Ramirez-Rodrigues, M.M., Plaza, M.L., Azeredo, A., Balaban, M.O., Marshall, M.R. Physicochemical and Phytochemical Properties of Cold and Hot Water Extraction from Hibiscus Sabdariffa In *Journal of Food Science*. 2011, 76, C428-C435, ISSN: 1750-3841.

RASHEED, A.M. Effect of different acids, heating time and particle size on pectin extraction from watermelon rinds. In *Journal of Kerbala University*. 2008, 6, pp. 234–243, ID: 102503283

RAUT, S., SALEH, R. MD, KIRCHHOFER, P., KULIG, B., S, HENSEL, O., STURM B. Investigating the Effect of Different Drying Strategies on the Quality Parameters of *Daucus carota* L. Using Dynamic Process Control and Measurement Techniques. In *Food and Bioprocess Technology*. 2021. volume 14, pp.1067–1088, DOI: 10.1007/s11947-021-02609-y, ISSN: 1935-5149.

RO, J., KIM, Y., KIM, H., JANG, S.B., LEE, H.J., CHAKMA, S., JEONG, J.H., LEE, J. Anti-Oxidative Activity of Pectin and Its Stabilizing Effect on Retinyl Palmiate. In *Korean Journal of Physiology & Pharmacology*. 2013, 17, 197-201. doi: 10.4196/kjpp.2013.17.3.197.

RODSAMRAN, P., SOTHORNVIT, R. Microwave heating extraction of pectin from lime peel: Characterization and properties compared with the conventional heating method. In *Food Chemistry*. 2019, 278, pp. 364–372, DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.11.067, ISSN: 1873-7072.

ROHASMIZAH, H., AZIZAH, M. Pectin-based edible coatings and nanoemulsion for the preservation of fruits and vegetables: A review. In *Applied Food Research*. 2022, 2, 100221, <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100221>, ISSN: 2076-3417.

ROMAN, M.C., FABANI, M.P., LUNA, L.C., FERESIN, G.E., MAZZA, G., RODRIGUEZ, R. Convective drying of yellow discarded onion (*Angaco INTA*): Modelling of moisture loss kinetics and effect on phenolic compounds. In *Information Processing in Agriculture*. 2020, 7, pp. 333–341. DOI: 10.1016/j.inpa.2019.07.002, ISSN: 2214-3173.

ROMAN-BENN, A., CONTADOR, C., LI, M.-W., LAM, H.-M., AH-HEN, K., ULLOA, P., RAVANAL, M.-C. Pectin: An overview of sources, extraction and applications in food products, biomedical, pharmaceutical and environmental issues. In *Food Chemistry Advances*. 2023, Volume 2, 100192, <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100192>.

ROPELEWSKA, E., KONOPACKA, D., PIECKO, J. The Quality Assessment of Sour Cherries Dried Using an Innovative Simultaneous Osmotic–Microwave–Vacuum Approach Based on Image Textures, Color Parameters, and Sensory Attributes. In *Agriculture*. 2024, 14, 54. <https://doi.org/10.3390/agriculture14010054>, ISSN 2077-0472.

ROUTRAY W, ORSAT V. Microwave-assisted extraction of flavonoids: A review. *Food and Bioprocess Technology*. 2012, 5, pp. 409-424. DOI: 10.1007/s11947-011-0573-z, ISSN: 1935-5149.

ROY, H., DESNOUX, T., Valorisation des coproduits d'industries agroalimentaires bretonnes. Rapport d'étude. In *Chambre d'agriculture Bretagne, Pôle Porcs*. 2013. pp. 8. R 543-225.

ROY, S., PRIYADARSHI, R., HIM, J.-W. Gelatin/agar-based multifunctional film integrated with copper-doped zinc oxide nanoparticles and clove essential oil Pickering emulsion for enhancing the shelf life of pork meat. In *Food Research International*. 2022, 160, 111690, DOI: 10.1016/j.foodres.2022.111690, ISSN: 1873-7145.

RUBIO-SENENT, F., RODRÍGUEZ-GUTIÉRREZ, G., LAMA-MUÑOZ, A., FERNÁNDEZ-BOLAÑO J. Pectin extracted from thermally treated olive oil by-products: characterization, physico-chemical properties, in vitro bile acid and glucose binding. In *Food Hydrocolloids*. 2015, 43, pp. 311–321. doi: 10.1016/j.foodhyd.2014.06.001, ISSN: 1873-7137.

SABATER, C., ABAD-GARCÍA, C., DELGADO-FERNÁNDEZ, P., CORZO, N., MONTILLA, A. Carbohydrate Fraction Characterisation of Functional Yogurts Containing Pectin and Pectic Oligosaccharides through Convolutional Networks. In *Journal of Food Composition and Analysis*. 2020, 90, 103484. DOI: 10.1016/j.jfca.2020.103484.

SAHARI, M.A., ALI, A.M., MANUCHEHR, H. Effect of Variety and Acid Washing Method on Extraction Yield and Quality of Sunflower Head Pectin. In *Food Chemistry*. 2003, 83, pp. 43–47. doi: 10.1016/S0308-8146(03)00034-7., ISSN: 1873-7072.

SAINI, A., PANESAR ,P.S., BERA, M.B. Valorization of fruits and vegetables waste through green extraction of bioactive compounds and their nanoemulsions-based delivery system. In *Bioresources and Bioprocessing*. 2019, 6, pp. 26. doi: 10.1186/s40643-019-0261-9.

SÁNCHEZ-CAMARGO, A. P., BALLESTEROS-VIVAS, D., BUELVAS-PUELLO, L. M., MARTINEZ-CORREA, H. A., ARADA-ALFONSO, F., CIFUENTES, A., FERREIRA, S.R.S., GUTIÉRREZ, L.-F. Microwave-assisted extraction of phenolic compounds with antioxidant and anti-proliferative activities from supercritical CO₂ pre-extracted mango peel as valorization strategy. In *LWT- Food Science and Technology*. 2021, Volume 137, 110414, ISSN: 1096-1127.

SANDARANI M. A Review: Different Extraction Techniques of Pectin. In *Journal of Pharmacognosy & Natural Products*. 2017, 3, pp. 143. doi: 10.4172/2472-0992.1000143.

SANGNARK, A. NOOMHORM, A.: Chemical, physical and baking properties of dietary fiber prepared from rice straw. In *Food Research International*. 2004, 37, pp. 66-74, DOI: 10.1016/j.foodres.2003.09.007, ISSN: 1873-7145.

SANTO - DO ESPÍRITO, A. P., PEREGO, P., CONVERTI, A., OLIVEIRA, M. N. D. Influence of milk type and addition of passion fruit peel powder on fermentation kinetics, texture profile and bacterial viability in probiotic yoghurts. In *LWT - Food Science and Technology*. 2012, 47, pp. 393–399, DOI: 10.1016/j.lwt.2012.01.038, ISSN: 1096-1127.

SARAH, M., HANUM, F., RIZKY, M., HISHAM, F.M. Microwave-assisted extraction of pectin from cocoa peel. In *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*. 2018, 122, 012079, DOI:10.1088/1755-1315/122/1/012079.

SATO, M. F., RIGONI, D. C., GIOVANETTI - CANTERI, M. H., PETKOWICZ, C. L. O., NOGUEIRA, A., WOSIACKI, G. Chemical and instrumental characterization of pectin from dried pomace of eleven apple cultivars. In *Acta Scientiarum. Agronomy*. 2011, 33 (3), 383-389. DOI: 10.4025/actasciagron.v33i3.7125.

SAYAH, M.Y., CHABIR, R., BENYAHIA, H., RODI KANDRI, Y., OUAZZANI CHAHDI, F., TOUZANI, H., ERRACHIDI, F. Yield, esterification degree and molecular weight evaluation of pectins isolated from orange and grapefruit peels under different conditions. In *PLoS One*. 2016, 11(9), PMID: PMC5028049, DOI: 10.1371/journal.pone.0161751.

SCHMIDT, U.S., SCHMIDT, K., KURZ, T., ENDREß, H.-U., SCHUCHMANN, H.P. Pectins of different origin and their performance in forming and stabilizing oil-in-water-emulsions. In *Food Hydrocolloids*. 2015, 46, pp. 59-66, DOI:10.1016/j.foodhyd.2014.12.012, ISSN: 1873-7137.

SCHMITT-KOPPLIN, P. *Methods in Molecular Biology. Capillary Electrophoresis: Methods and Protocols Totowa, NJ: Humana Press, USA*. 2008.; p. 384. ISBN: 978-1-58829-539-2

SEIXASA, F.L., TURBIANI, F.R.B., SALOMÃO, P.G., SOUZA R.P., GIMENES, M.L. Biofilms Composed of Alginate and Pectin: Effect of Concentration of Cross Linker and Plasticizer Agents. In *Chemical Engineering Transactions*. 2013,32, pp. 1693–1698. <https://doi.org/10.3303/CET1332283>.

SHAH, S. T., BASIT, A., ULLAH, I., SAJID, M., AHMAD, I., AHMAD, I., KHALID, M. A., SANAULLAH, ULLAH, I., BASHIR, M. Influence of edible coatings and storage duration on post-harvest performance of plum. In *Pure Appl. Biol*. 2021, 10(1), pp. 81-96, DOI: 10.19045/bspab.2021.100010.

SHALINI, R., GUPTA, D.K. Utilization of pomace from apple processing industries: A review. In *Journal of Food Science and Technology*. 2010, 47, 365–371. doi: 10.1007/s13197-010-0061-x.

SHANMUGAM, S., MONIS, S.A., ROY, N., GABRIELA JOHN, S. Effects of Antioxidants and Dietary Fiber from Apple and Strawberries on Value Addition into Mutton Patties. In *The Annals of the University Dunarea De Jos of Galati. Fascicle VI - Food Technology*. 2017, 41, pp. 95–105. ISSN: 1843-5157.

SKINNER, R. C., GIGLIOTTI, J. C., KU, K.-M., TOU, J.C. A comprehensive analysis of the composition, health benefits, and safety of apple pomace. In *Nutrition Reviews*. 2018 Dec 1;76(12):893-909. PMID: 30085116, DOI: 10.1093/nutrit/nuy033.

SKINNER, R. C., WARREN, D. C., NAVEED, M., AGARWAL, G., BENEDITO, V. A., & TOU, J. C. Apple pomace improves liver and adipose inflammatory and antioxidant status in young female rats consuming a Western diet. In *Journal of Functional Foods*. 2019, 61, 103471. DOI: 10.1016/j.jff.2019.103471.

SOKAČ, C., GUNJEVIĆ, V., PUŠEK, A., TUŠEK, A. J., DUJMIĆ, F., BRNČIĆ, M., GANIC, K., JAKOVLJEVIĆ, T., UHER, D., MITRIĆ, G., REDOVNIKOVIĆ, I. R. Comparison of Drying Methods and Their Effect on the Stability of Graševina Grape Pomace Biologically Active Compounds. In *Foods*. 2022 Jan; 11(1): 112. doi: 10.3390/foods11010112, ISSN: 2304-8158.

SPINEI, M., OROIAN, M. The Influence of Extraction Conditions on the Yield and Physico-Chemical Parameters of Pectin from Grape Pomace. *Polymers*. 2022, 14(7): pp. 1378. doi: 10.3390/polym14071378.

SPRANGER, I., SUN, B., MATEUS A. M., DE FREITAS, V. Chemical characterization and antioxidant activities of oligomeric and polymeric procyanidin fractions from grape seeds. In *Food Chemistry*. 2008, 108, pp.519-532, ISSN: 1873-7072.

SRIVASTAVA P., MALVIYA R. Sources of Pectin, Extraction and its Applications in Pharmaceutical Industry- An Overview. In *Indian Journal of Natural Products and Resources*. 2011, 2., pp.10–18, ISSN: 09760504.

STACEWICZ-SAPUNTZAKIS, M., BOWEN, P. E., HUSSAIN, E. A., DAMAYANTI-WOOD, B. I., FARNSWORTH, N. R. Chemical Composition and Potential Health Effects of Prunes: A Functional Food? In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 41:4, 251-286, DOI: 10.1080/20014091091814.

STAFFOLO, M. D., BERTOLA, N., MARTINO, M. Influence of dietary fiber addition on sensory and rheological properties of yogurt. In *International Dairy Journal*. 2004, 14, pp. 263–268, DOI:10.1016/j.idairyj.2003.08.004, ISSN: 1879-0143.

STURZA, R., GUREV, A., CEȘKO T., PATRAȘ, A., GHENDOV-MOȘANU, A. Optimizing the extraction of pectin from apple pomace. In: *13th International Conference Processes in Isotopes and Molecules*, 22-24 September 2021, Cluj-Napoca, România, p. 45.

SUDHA, M. L., BASKARAN, V., LEELAVATHI, K. Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making. In *Food Chemistry*. 2007, 104, pp. 686–692. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.12.016, ISSN: 1873-7072.

SUHAILA, M. AND ZAHARIAH, H. Extraction and characterisation of pectin from various tropical agrowastes. In *ASEAN Food Journal*, 1995, 2, pp.43–50, ISSN: 1505-5337.

SUHODOL, N., CEȘKO, T., DESEATNICOVA, O., RUSEVA, O., REȘITCA, V., GHENDOV-MOȘANU, A., STURZA R. *Procedeu de fabricare a produselor gelatinoase dulci cu valoare biologică înaltă. Brevet de invenție de scurta durată*. MD 1661 Y 2023.01.31 BOPI NR.1/2023.

SUKMAWATY, S., GUYUP, M.P., DIAH, A.S., KURNIAWAN, H., PRASETYANING REINHAR, I.E. The Application of Mathematical Model Drying of Galangal (*Alpinagalanga L.*) Using Hybrid Dryer Equipment with Rotary Type of Rack. In *AIP Conf. Proc.* 2019, pp.030001, DOI: 10.1063/1.5141284.

SUN, S.J., DENG, P., PENG, C.E., JI, H.Y., MAO, L.F., PENG, L.Z. Extraction, Structure and Immunoregulatory Activity of Low Molecular Weight Polysaccharide from *Dendrobium Officinale*. In *Polymers* 2022, 14, pp. 2899, <https://doi.org/10.3390/polym14142899>.

SUNDAR, A., RUBILA, S., JAYABALAN, R., RANGANATHAN, T.V. A Review on Pectin: Chemistry due to General Properties of Pectin and its Pharmaceutical Uses. In *Scientific Reports*. 2012; 1 :1–4. doi:10.4172/scientificreports.550.

TAŃSKA, M., ROSZKOWSKA, B., CZAPLICKI, S., BOROWSKA, J.E., BOJARSKA, J., AND DAJBROWSKA, A. Effect of Fruit Pomace Addition on Shortbread Cookies to Improve Their Physical and Nutritional Values. In *Plant Foods for Human Nutrition*. 2016, 71(3), pp. 307–313, doi: 10.1007/s11130-016-0561-6, ISSN 1573-9104.

TASKIN, O. Evaluation of freeze drying for whole, half cut and puree black chokeberry (*Aronia melanocarpa L.*). In *Heat and Mass Transfer*. 2020, 56, pp. 2503–2513, DOI: 10.1007/s00231-020-02867-0.

THILAKARATHNA, W.W., LANGILLE, M.G., RUPASINGHE, H.V. Polyphenol-Based Prebiotics and Synbiotics: Potential for Cancer Chemoprevention. In *Current Opinion in Food Science*. 2018, 20, pp. 51–57, DOI: 10.1016/j.cofs.2018.02.011.

TOMA, M., VINATORU, M., PANIWNKY, L., MASON, T.J. Investigation of the effects of ultrasound on vegetal tissues during solvent extraction. In *Ultrasonics Sonochemistry*. 2001, 8 (2), pp. 137-142, 10.1016/S1350-4177(00)00033-X.

TULEJ, W., GŁOWACKI, S. Modeling of the Drying Process of Apple Pomace. In *Applied Sciences*. 2022, 12(3), 1434; <https://doi.org/10.3390/app12031434>.

Uniform Sanitary and Epidemiological and Hygienic Requirements for Products Subject to Sanitary and Epidemiological Supervision (Control). Approved by Decision of the Customs Union Commission No. 299. 28 May 2010. Available online: https://food.ec.europa.eu/document/download/c032397b-b4cf-4537-b657-ad0e3a04c13a_en?filename=ia_eu-ru_sps-req_req_san-epi_chap-2_1_en.pdf.

USMAN, M., AHMED, S., MEHMOOD, A., BILAL, M., PATIL, P.J., AKRAM, K., AND FAROOQ U. Effect of apple pomace on nutrition, rheology of dough and cookies quality. In *Journal of Food Science and Technology*. 2020, 57(9): pp. 3244–3251, ISSN: 0975-8402.

VARNAITĖ, L., KERŠIENĖ, M., ŠIPAILIENĖ, A., KAZERNAVIČIŪTĖ, R., VENSKUTONIS, P.R., LESKAUSKAITĖ, D. Fiber-Rich Cranberry Pomace as Food Ingredient with Functional Activity for Yogurt Production. In *Foods*. 2022, 11, 758. doi: 10.3390/foods11050758, ISSN: 2304-8158.

VENDRUSCOLO, F., ALBUQUERQUE, P. M., STREIT, F., ESPOSITO, E., NINOW, J. L. Apple pomace: a versatile substrate for biotechnological applications. In *Critical Reviews in Biotechnology*. 2008. 28(1), pp. 1–12. DOI: 10.1080/07388550801913840.

VERMA, A.K., SHARMA, B.D., BANERJEE, R. Effect of Sodium Chloride Replacement and Apple Pulp Inclusion on the Physico-Chemical, Textural and Sensory Properties of Low Fat Chicken Nuggets. In *LWT-Food Science and Technology*. 2010, 43, pp. 715–719. doi:10.1016/j.lwt.2009.12.006, ISSN: 1096-1127.

VIANNA, F.S., CANTO, A. C. V. C. S., DA COSTA-LIMA, B. R. C., SALIM, A. P. A. A., COSTA, M. P., BALTHAZAR, C. F., OLIVEIRA, B. R., RACHID, R. P., FRANCO, R. M., CONTE-JUNIOR, C. A., SILVA, A. C. O. Development of New Probiotic Yoghurt with a Mixture of Cow and Sheep Milk: Effects on Physicochemical, Textural and Sensory Analysis. In *Small Ruminant Research*. 2017, 149, pp. 154-162, DOI:10.1016/j.smallrumres.2017.02.013.

VIRK, B. S., SOGI, D. S.. Extraction and Characterization of Pectin from Apple (*Malus Pumila*. Cv Amri) Peel Waste. In *International Food of Food Proprietaris*. 2004, 7(3), 693-703, DOI: 10.1081/JFP-200033095.

VIȘANU, V., ȚISLINSCAIA, N., POPESCU, V., TOFAN, G., BALAN, M., MELENCIUC, M. Metodă de deshidratare a fructelor cu consum redus de energie. In *Intellectus*, 2022, pp.113-117, ISSN 1857-0496.

VIȘANU, Vitali. PEACHES CONVECTIVE DRYING. In *Journal of Engineering Science*. 2018, Vol. XXV. no. 3, pp. 100 – 110, ISSN 2587-3474.

VIUDA-MARTOS, M. RUIZ-NAVAJAS, Y. FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A. Effect of orange dietary fibre, oregano essential oil and packaging conditions on shelf-life of bologna sausages. In *Food Control*. 2010, 21, No. 4, pp. 436-443, DOI: 10.1016/j.foodcont.2009.07.004.

WALDBAUER, K., MCKINNON, R., KOPP, B. Apple Pomace as Potential Source of Natural Active Compounds. In *Planta Medica*. 2017, 83, pp. 994–1010. doi: 10.1055/s-0043-111898.

WANG, X., KRISTO, E., LAPOINTE, G. The Effect of Apple Pomace on the Texture, Rheology and Microstructure of Set Type Yogurt. In *Food Hydrocoll*. 2019, 91. pp. 83–91. doi: 10.1016/j.foodhyd.2019.01.004, ISSN: 1873-7137.

WANG, W., MA, X., XU, Y., CAO, Y., JIANG, Z., DING, T., LIU, D. Ultrasound-assisted heating extraction of pectin from grapefruit peel: optimization and comparison with the conventional method. In *Food Chemistry*. 2015, 178, pp. 106-114, DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.01.080, ISSN: 1873-7072.

WATERMAN, P.G.; MOLE, S. *Analysis of Phenolic Plant Metabolites*; Blackwell Scientific Publication: Oxford, UK, 1994, p.248.

WICKLUND, T., GUYOT, S., LE QUÉRÉ, JEAN-MICHEL. Chemical Composition of Apples Cultivated in Norway. In *Crops*. 2021, 1(1), pp. 8-19, <https://doi.org/10.3390/crops1010003>.

WILL, F., OLK, M., HOPF, I., DIETRICH, H. Characterization of Polyphenol Extracts from Apple Juice. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau: Zeitschrift für Lebensmittelkunde und Lebensmittelrecht*. 2006, 102, pp. 297–302. DOI: 102(7):297-302.

WONGKAEW, M., SARANA R. S., TIBET, T., PORNCHAI R., KITTISAK, J. W. Mango Peel Pectin by Microwave-Assisted Extraction and Its Use as Fat Replacement in Dried Chinese Sausage. In *Foods*. 2020, 9(4), 450, ISSN: 2304-8158.

WUSIGALE, N.A., LIANG, L., LUO, Y. Casein and Pectin: Structures, Interactions, and Applications. In *Trends in Food Science & Technology*. 2020, 97, 391–403. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.01.027, ISSN: 1879-3053.

XU, F. The role of pectin in the food industry: Enhancing texture and shelf life. In *Journal of Food Processing and Preservation*. 2023, 7(5), pp. 197, DOI:10.35841/2591-796X-7.5.197, ISSN: 1745-4549.

XU, Y., ZHANG, L., BAILINA, Y., GE, Z., DING, T., YE, X. Effects of ultrasound and/or heating on the extraction of pectin from grapefruit peel. In *Journal of Food Engineering*. 2014, 126, pp. 72-81, ISSN: 1873-5770.

YAHIA, E.M. The contribution of fruit and vegetable consumption to human health. In *Fruit and Vegetable Phytochemicals- Chemistry and Human Health*. In *Wiley-Blackwell: Hoboken, NJ, USA*, 2010; pp. 3–51. doi.org/10.1002/9781119158042.ch1.

YADAV, V.K., GUPTA, N., KUMAR, P., DASHTI, M.G., TIRTH, V., KHAN, S.H., YADAV, K.K., ISLAM, S., CHOUDHARY, N., ALGAHTANI, A. Recent Advances in Synthesis and Degradation of Lignin and Lignin Nanoparticles and Their Emerging Applications in Nanotechnology. In *Materials*. 2022, 15, pp. 953. doi:10.3390/ma15030953.

YAO, Y., Enhancement of mass transfer by ultrasound: Application to adsorbent regeneration and food drying/dehydration. In *Ultrasonics Sonochemistry*. 2016, 31, pp. 512-531, DOI:10.1016/j.ultsonch.2016.01.039.

YAPO, B.M. Biochemical characteristics and gelling capacity of pectin from yellow passion fruit rind as affected by acid extractant nature. In *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2009, 57, pp. 1572–1578, doi: 10.1021/jf802969m.

YEOH, S., ZHANG, S., SHI, J., LANGRISH, T.A.G. A comparison of different techniques for water-based extraction of pectin from orange peels. In *Chemical Engineering Communications*. 2008, 195, pp. 511–520. doi: 10.1080/00986440701707479.

YILMAZ-ERSAN, L., TOPCUOGLU, E. Evaluation of Instrumental and Sensory Measurements Using Multivariate Analysis in Probiotic Yogurt Enriched with Almond Milk. In *Journal of Food Science and Technology*. 2022, 59, 133–143, ISSN: 0975-8402.

YING, X., MINGTAO, F., JUNJIAN, R., TINGJING, Z., HUIYE S., MEI DONG, Z. Z., HAIYAN. Z. Variation in phenolic compounds and antioxidant activity in apple seeds of seven cultivars. In *Journal of Biological Sciences*, 2016, Volume 23, Issue 3, pp. 379-388, doi: 10.1016/j.sjbs.2015.04.002.

YOUN, K.S., HONG, J.H., BAE, D.H., KIM, S.J., AND KIM, S.D. Effective clarifying process of reconstituted apple juice using membrane filtration with filter-aid pretreatment. In *Journal of Membrane Science*. 2004. 228(2): pp.179- 186, ISSN: 1873-3123.

YOUNIS, K., AHMAD, S. Quality Evaluation of Buffalo Meat Patties Incorporated with Apple Pomace Powder. *Buffalo Bulletin*. 2018, 37, pp. 389–401. ID corpus: 92613337.

YOUSSEF, M. A., EL KADY, A. A. Evaluation the Activity of Edible Coating for Maintenance the Shelf life of Raisins and Prunes. In *Current Science International*. 2016, V. 05 p.103-110, ISSN: 2077-4435.

YOUSUF, O., SINGH, A., SHAHI, N. C., KUMAR, A. Ultrasound Assisted Extraction of Pectin from Orange Peel. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*. 2019, Vol 7 (12), pp. 48-60, ISSN 2277-1808.

ZAREI, M., AHMADI ZENOUI, A., SAARI, N., GHANBARI, R., NIKKHAH, M. AND VAZIRI, M. Effect of microwave-assisted extraction on the yield and quality of apple pomace and lemon peel pectins. In *International Food Research Journal*. 2017, 24(6), pp. 2402-2407. ISSN 1985-4668.

ZDUNEK, A.; PIECZYWEK, P.M.; CYBULSKA, J. The primary, secondary and structures of higher levels of pectin polysaccharides. In *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2021, 20, pp. 1101– 1117. PMID: 33331080, DOI: 10.1111/1541-4337.12689.

ZHU, R.-G., SUN, Y.-D., HOU, Y.-T., FAN, J.-G., CHEN, G., LI, T.-P. Pectin pentagalacturonide reduces cholesterol accumulation by promoting bile acid biosynthesis and excretion in high-cholesterol-fed mice. In *Chemico-Biological Interactions*. 2017, 272, pp. 153-159, DOI: 10.1016/j.cbi.2017.05.018, ISSN: 1872-7786.

ZISOPOULOS, F.K., ROSSIER-MIRANDA, F.J., VAN DER GOOT, A.J., et al. The use of exergetic indicators in the food industry—A review. In *Food Science and Nutrition*. 2017;57(1), pp. 197-211. DOI: 10.1080/10408398.2014.975335.

COORDONAT
Director
SC "Stropșa Alexandra" SRL
Alexandra STROPȘA
4 septembrie 2022



APROB
Prorector pentru cercetare și doctorata
Universității Tehnice a Moldovei
prof. univ., dr. hab. Vasile TRONCIU
4 septembrie 2022



ACT DE IMPLEMENTARE

**a tehnologiei de fabricare industrială a biscuiților zaharoși cu
 tescovina de mere**

Prin prezenta subsemnații: T. Ceșco, doctoranda DTPA; A. Ghendov-Moșanu, dr.hab., conf. univ., DTPA; A. Gurev, dr., conf. univ., DOeC; R. Sturza, șef DOeC, dr. hab., prof. univ., reprezentanți ai UTM, și V. Cozma, șef de producere al întreprinderi SC "Stropșa Alexandra" SRL, confirmă recepționarea:

1. Pulberii de tescovina de mere cu conținut de umiditate max. 8 %, în cantitate de 5 kg.
2. Tehnologiei de fabricare abiscuiților zaharoși cu tescovina de mere cu următorii indicatori de calitate: conținut de umiditate $9,68 \pm 0,5\%$; alcalinitate $1,89 \pm 0,1$ grad.; indice de îmbibare $214 \pm 5\%$.

Actul a fost îndeplinit la data de 26 august 2022, în urma realizării a unui lot experimental a biscuiților zaharoși cu adaos de borhot de malț- 30 kg.

Întreprinderea SC "Stropșa Alexandra" SRL își asumă responsabilitatea de a respecta rigorile tehnologice în vederea fabricării produselor de origine vegetală cu valoare biologică ridicată.

Semnături:

Din partea autorilor:

T. Ceșco

A. Ghendov-Moșanu

A. Gurev

R. Sturza

Din partea întreprinderii:

V. Cozma



REPUBLICA MOLDOVA

Agenția de Stat pentru
Proprietatea Intelectuală

BREVET DE INVENȚIE DE SCURTĂ DŪRATĂ

Nr. 1653

eliberat în temeiul Legii nr. 50/2008 privind protecția invențiilor

Titlul: Procedeu de fabricare a batoanelor din fructe uscate

Titular: UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI, MD

Data depozit: 2022.03.31

Durata brevetului : 6 ani

Descrierea invenției, revendicările și desenele constituie parte
integrantă a prezentului brevet de invenție de scurtă durată



Director general

COPIE

CHIȘINĂU



REPUBLICA MOLDOVA

Agenția de Stat pentru
Proprietatea Intelectuală

BREVET

DE INVENȚIE DE SCURTĂ DURATĂ

Nr. 1661

eliberat în temeiul Legii nr. 50/2008 privind protecția invențiilor

**Titlul: Procedeu de fabricare a produselor gelatinoase
dulci cu valoare biologică înaltă**

Titular: UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI, MD

Data depozit: 2022.04.12

Durata brevetului : 6 ani

Descrierea invenției, revendicările și desenele constituie parte
integrantă a prezentului brevet de invenție de scurtă durată



Director general

CHIȘINĂU

DIPLOMĂ

PREMIILE SENATULUI

SE DECERNEAZĂ

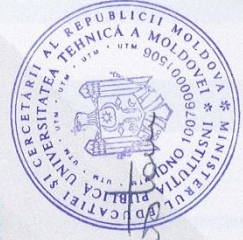
CEȘCO Tatiana

FACULTATEA TEHNOLOGIA ALIMENTELOR

categoria

**„Cel mai bun doctorand al anului”
în anul calendaristic 2022**

președintele Senatului UTM,
rector, prof. univ., dr. hab.
Viorel Bostan



DECLARAȚIA PRIVIND ASUMAREA RĂSPUNDERII

Subsemnata, CEȘKO Tatiana, declar pe răspundere personală 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

CEȘKO Tatiana

Semnătura

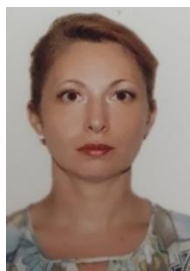


Data

01.01.2025

INFORMAȚII PERSONALE

CEȘKO Tatiana



📍 raionul Drochia, satul Pelinia
☎ 025258764 📠 060162941
✉ ceskotatiana14@gmail.com

Sexul Feminin | Data nașterii 03/05/1977 | Naționalitatea Moldoveancă

EXPERIENȚA PROFESIONALĂ

Decembrie 2019- prezent	Doctorandă Facultatea Tehnologia Alimentelor, Universitatea Tehnică a Moldovei
Septembrie 2016 – in prezent	Profesoară de chimie Centrul de Excelență în Servicii și Prelucrarea Alimentelor, Bălți
Septembrie 2015 – 2016	Profesoară de chimie Școala profesională Nr.1, Bălți
August 2005-2008	Profesoară de biologie și chimice Liceul Teoretic „George Meniuc”, Chișinău
Decembrie 2003 – august 2005	Profesoară de biologie Liceul Academic Român – Englez „Mircea Eliade”
August 1999 – 2003	Profesoară de biologie Gimnaziul privat „Petrenco”, Chișinău

EDUCAȚIE

Decembrie 2019- prezent	doctorat - Facultatea Tehnologia Alimentelor Universitatea Tehnică a Moldovei
Septembrie 2017- iulie 2019	Masterat Tehnologii de instruire și producere Universitatea de Stat „Alec Russo” Bălți
Octombrie 2016 – decembrie 2017	Recalificare chimie Universitatea de Stat din Moldova
Septembrie 1994 — iulie 1999	Licența Biologie și pedologie Universitatea de Stat din Moldova

FORMARE

03.05.2024	Formare profesională continuă „Instrumente digitale pentru elaborarea produselor de design grafic”
aprilie 2024	A.O. INOVAȚIE ÎN EDUCAȚIE DE PERFORMANȚĂ Managmentul activității de cercetare în sistemul educațional
martie 2024	A.O. INOVAȚIE ÎN EDUCAȚIE DE PERFORMANȚĂ Metode și tehnici eficiente de învățare
06.05-20.05.2022	Seminar metodic – științific Chimia: Aspecte ale însușirii disciplinei, Universitatea de Stat „Alec Russo”, Bălți
28.12.2021	Activitate de instruire „Împreună spre succesul incluziunii” OeAD
01.10 -19.12.2020	Cursuri Protecție Intelectuală și transfer Tehnologic, UTM
4-6.02.2020	Program de formare „ Dezvoltarea Competențelor Antreprenoriale și a Spiritului de Inițiativă la Disciplinele Generale și Tehnice”, LED, CEDA

07.02.2020	Activitate educațională „Educație interactivă cu elevii în online” Professional Speaker SRL
Mai 2019 - 2020	Cursuri Organizarea procesului educațional centrat pe elev, Ministerul Educației, Culturii și Cercetării, AED, LED
17-19.06.2020	Program de formare profesională „Managementul Carieiei”, AED, CEDA
02.05.2019	Seminar de formare „Incluziunea educațională a tinerilor cu CES/dizabilități în instituțiile de învățământ profesional tehnic din Republica Moldova, IVET
07.03.2019	Seminar metodic-didactic republican „Modalități de sporire a calității procesul educațional la disciplina Chimie în învățământul profesional tehnic” IP Centrul de Excelență în Economie și Finanțe.

PARTICIPĂRI LA PROIECTE DE CERCETAREDEZVOLTARE, INOVARE ȘI TRANSFER TEHNOLOGIC

2020-2023	20.80009.5107.09 Proiect de Stat „Ameliorarea calității și siguranței alimentelor prin biotehnologie și inginerie alimentară”.
2021-2022	AUF-ECO_ RI_SRI_2021_20_USAMVIIBI_ZERODECHET ”Deșeuri horticoale în beneficiul sănătății și al mediului, o nouă abordare a principiului ”zero deșeuri””.
	AUF - DRECO-7863_SER-ECO_USVIIBI_DECHETJUS - Reutilizarea totală a deșeurilor de fructe și legume din producția de suc: pigmenți și antioxidanți pentru alimente funcționale și biomateriale pentru purificarea apei (2023-2024).

DATE STATISTICE PRIVIND LUCRĂRILE PUBLICATE

Capitole în monografie – 2; articole în reviste: Web of Science și SCOPUS – 3, tipul B+ – 2, în lucrările conferințelor – 1; teze în lucrările conferințelor științifice naționale – 3; teze în lucrările conferințelor științifice internaționale (RM) – 4; teze în lucrările conferințelor internaționale - 2; brevete de invenție – 2.

PREMII ȘI DISTICȚII

Bursa pe domenii: Cel mai bun doctorand în domeniu, 2022.
Diplomă de gradul II, UTM, 2022.
Diplomă de Excelență - European Exhibition of Creativity and Innovation „EUROINVENT”, Iași, Romania 2023.
Medalia de aur - International Exhibition of Inventics “INVENTICA”, Iași, Romania 2023.
Medalia de argint - Exhibition of Innovation and Research – UGAL, Galați, România 2023.

Limbi matern Alte limbi străine cunoscute	Româna				
	INTELEGERE		VORBIRE	SCRIERE	
	Ascultare	Citire	Participare la conversație	Discurs oral	
Engleză	Bine	Slab	Slab	Slab	Slab
Rusă	Bine	Bine	Bine	Bine	Bine

Competențe informatice	- Windows - Power Point - Platforme educaționale
-------------------------------	--