

**UNIVERSITATEA „ȘTEFAN CEL MARE” DIN SUCEAVA
FACULTATEA DE INGINERIE ALIMENTARĂ
DOMENIUL: INGINERIA PRODUSELOR ALIMENTARE**

**REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT
CERCETĂRI PRIVIND ÎMBUNĂTĂȚIREA
CARACTERISTICILOR FIZICE, TEXTURALE ȘI
SENZORIALE ALE PRODUSELOR DE PATISERIE CU
CONȚINUT SCĂZUT DE ZAHARURI ȘI GRĂSIMI**

COORDONATOR ȘTIINȚIFIC:

Prof. univ. dr. ing. Sonia AMARIEI

DOCTORAND:

Ing. Dana HUȚU

SUCEAVA

2024

Cuprins

Listă de abrevieri

Scopul și obiectivele tezei de doctorat

CAPITOLUL I. Studiul influenței zahărului asupra proprietăților reologice ale aluatului și ale proprietăților texturale ale produselor de patiserie

- I.1. Introducere
- I.2. Metodologie pentru căutarea sistematică a literaturii și analiza bibliometrică
- I.3. Efectele zahărului asupra sănătății
- I.4. Rolul zahărului în produsele de patiserie
- I.5. Substituenți ai zahărului
- I.6. Efectele substituirii zahărului asupra proprietăților produselor finite
- I.7. Tendințe viitoare
- I.8. Concluzii parțiale

CAPITOLUL II. Studiu privind caracterizarea piureurilor de mere și a extractului de coajă ca potențiali substituenți ai zahărului în produsele de patiserie

- II.1. Introducere
- II.2. Materiale, reactivi, aparatură
- II.3. Metode
- II.4. Rezultate
- II.5. Concluzii parțiale

CAPITOLUL III. Studiu experimental privind utilizarea piureul de mere ca substituent al zahărului în creșterea valorii nutriționale și scăderea valorii energetice a produselor de patiserie

- III.1. Introducere
- III.2. Materiale și metode
- III.3. Rezultate
- III.4. Concluzii parțiale

CAPITOLUL IV. Studiul proprietăților fizice, texturale și reologice al produselor finite și ale aluaturilor produselor de patiserie cu conținut scăzut de zahăr

- IV.1. Introducere
- IV.2. Materiale și metode
- IV.3. Rezultate

IV.4. Concluzii parțiale

CAPITOLUL V. Studiu experimental privind utilizarea piureului de mere ca substituent al zahărului și a grăsimii din produsele de patiserie

V.1. Introducere

V.2. Materiale si metode

V.3. Rezultate

V.4. Concluzii parțiale

Concluzii generale

Diseminarea rezultatelor cercetării

Listă de tabele

Listă de figuri

Bibliografie selectivă

Scopul și obiectivele tezei de doctorat

Scopul principal al acestei teze de doctorat este de a studia influența substituției zahărului și grăsimilor asupra proprietăților fizice, reologice, texturale și senzoriale ale produselor de patiserie, promovând simultan alimentația sănătoasă prin utilizarea piureurilor de mere ca alternativă funcțională, cu scopul de a contribui la prevenirea obezității și diabetului de tip II și de a educa consumatorii în adoptarea unor alegeri alimentare mai echilibrate și nutritive.

Cercetările efectuate în vederea atingerii scopului au vizat următoarele obiective:

- Elaborarea unui studiu cuprinzător al literaturii de specialitate despre stadiul actual al cercetărilor în domeniul substituirii zahărului și grăsimii, implicat a valorii energetice, respectiv a creșterii valorii nutritive a produselor de patiserie
- Alegerea posibilităților substituente ai zahărului și grăsimii din produsele de patiserie și stabilirea metodelor de analiză a substituenților
- Caracterizarea fizico-chimică și microbiologică a piureului de mere ca substituent al zahărului în produsele de patiserie
- Influența substituirii zahărului cu piure de mere și optimizarea parametrilor procesului de obținere a produselor de patiserie cu conținut scăzut de zahăr
- Influența substituirii zahărului cu piure de mere asupra proprietăților reologice ale aluaturilor și asupra proprietăților texturale ale produselor de patiserie
- Influența substituirii zahărului și grăsimii cu piure de mere asupra proprietăților fizice, texturale, reologice și senzoriale ale produselor de patiserie

Aceste obiective sunt menite să contribuie la dezvoltarea de produse de patiserie sănătoase, cu valoare nutritivă ridicată, respectiv valoare energetică scăzută, menținând totodată caracteristicile senzoriale și calitatea dorită de consumatori.

Cuvinte cheie: zahăr, grăsimi, piure de mere, produse de patiserie

Teza de doctorat intitulată „CERCETĂRI PRIVIND ÎMBUNĂTĂȚIREA CARACTERISTICILOR FIZICE, TEXTURALE ȘI SENZORIALE ALE PRODUSELOR DE PATISERIE CU CONȚINUT SCĂZUT DE ZAHĂRULUI ȘI GRĂSIMI” cuprinde 5 capitole cu concluzii parțiale și un capitol de concluzii generale ale tezei, listă de abrevieri, listă de tabele, listă de figuri, listă de lucrări publicate sau susținute la manifestări științifice și internaționale și bibliografie.

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

Capitolul I, intitulat „*Studiul influenței zahărului asupra proprietăților reologice ale aluatului și ale proprietăților texturale ale produselor finite*”, cuprinde contextul și importanța studiului influenței zahărului asupra proprietăților reologice ale aluatului și ale proprietăților texturale ale produselor finite, metodologie pentru căutarea sistematică a literaturii și analiza bibliometrică, efectele zahărului asupra sănătății, rolul zahărului în produsele de patiserie, substituenți ai zahărului și efectele substituirii zahărului cu aceștia.

La nivel global, peste 1 miliard de oameni suferă de obezitate și peste 300 de milioane de persoane suferă de diabet (conform Federației Internaționale de Diabet), astfel încât se poate lua în considera existența unei duble epidemii de diabet și obezitate. În ultimii 30 de ani, rata de obezitate a crescut cu 40% în SUA (66 milioane de persoane obeze, 74 milioane de persoane supraponderale) și variază între 20-30% în țările europene. Ceea ce este îngrijorător este faptul că se preconizează o dublare a cazurilor de diabet până în anul 2035 și o creștere a cazurilor de obezitate la 1,5 miliarde de persoane până în anul 2030, preconizare bazată pe tendințele alimentare actuale (Rippe & Angelopoulos, 2016). De asemenea, se preconizează că numărul de copii cu boli cardiovasculare cauzate de obezitate va crește peste 1 milion până în 2035 în SUA (Faruque et al., 2019).

Pentru prevenirea comorbidității și mortalității asociate cu obezitatea la copii, trebuie implementate măsuri preventive ce implică atât educarea copiilor și adolescenților în adoptarea unei alimentații sănătoase, cât și trasarea de noi direcții producătorilor din industria alimentară în vederea reducerii și substituirii zahărului din alimente (Faruque et al., 2019).

Analiza literaturii a implicat utilizarea datelor științifice din colecția de bază a Science Citation Index Expanded (SCI-E) - ISI Clarivate Analytics - Web of Science. Operația logică aplicată la căutare a fost: „zahăr” sau „zaharoză” sau „înlocuitori de zahăr” sau „zahăr reducător” sau „inulină” sau „piure de mere” sau „tescovină de mere” sau „curmale” sau „oligofructoză” sau „obezitate” sau „Stevia” sau „tort”. Scopul acestei căutări a fost de a selecta informații specifice, exacte și de încredere pe baza titlului, rezumatului și cuvintelor cheie ale autorului fiecărui document publicat în baza de date (Figura 1.1).

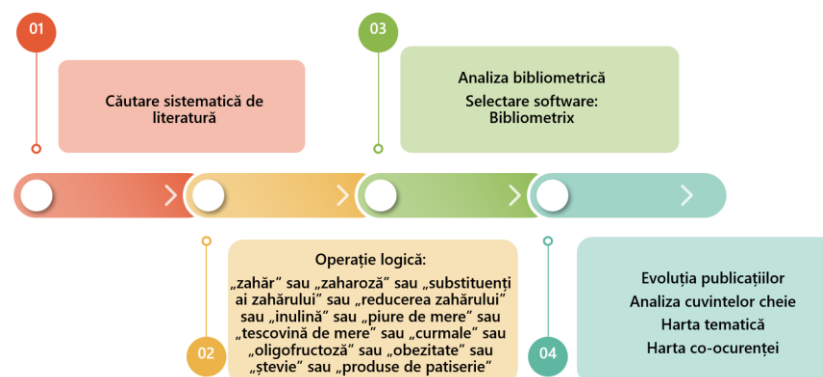
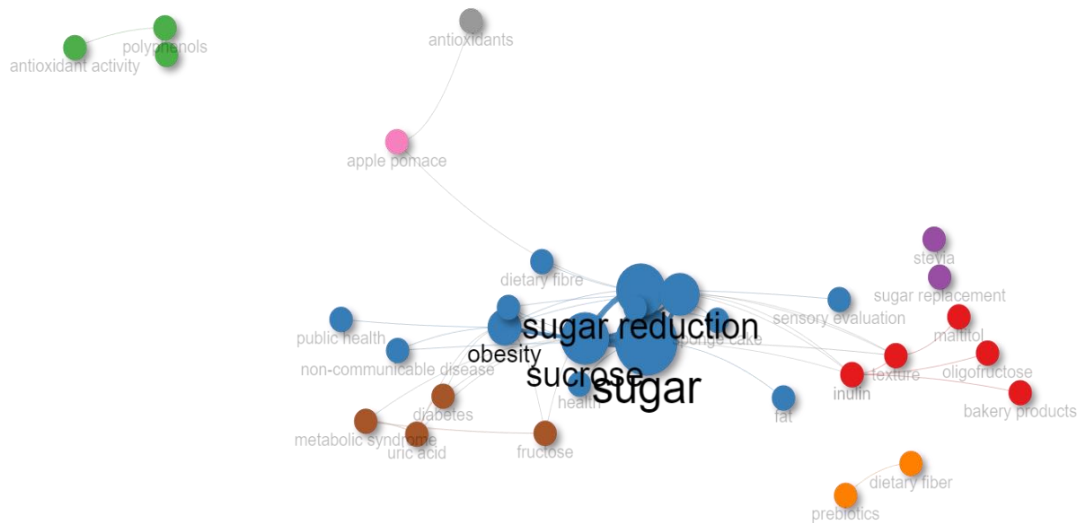


Figura 1.1. Principalii pași în căutarea sistematică a literaturii și analiza bibliometrică

Tehnici multivariate, cum ar fi analiza corespondenței multiple și gruparea ierarhică, au fost folosite pentru a evalua structura conceptuală în software-ul RStudio (versiunea 4.3.3 (2024-

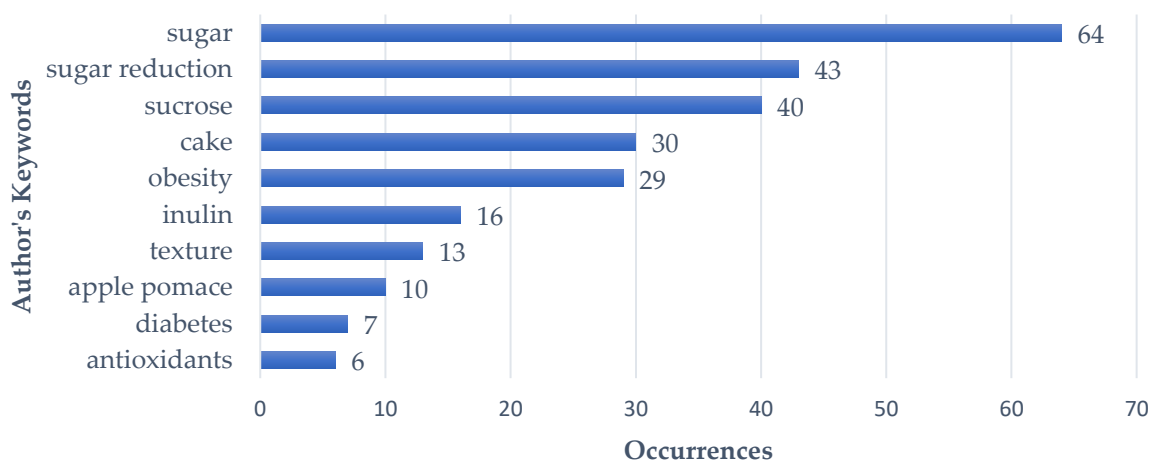
02-29 ucrt)) folosind pachetul bibliometrix. Acest tip de productivitate științifică poate fi evaluată prin maparea bibliometrică a cuvintelor cheie ale autorilor, care ajută la identificarea principalelor subiecte de cercetare și contribuie la descoperirea noilor tendințe de studiu.

Cuvintele cheie sunt extrase ca metadata și, după un tratament matematic, proiectate într-un spațiu euclidian de dimensiuni joase, reprezentând „co-ocurența” lor în diverse studii datorită frecvenței lor simultane. Numărul de apariții se referă la numărul total de cuvinte detectate în articolele utilizate pentru analiză. Harta prezintă o rețea de cuvinte, în care dimensiunea nodurilor este proporțională cu numărul de publicații, separate în grupuri distincte colorate diferit (Figura 1.3).



a)

Most Relevant Words



b)

Figura 1.3. Harta bibliometrică de co-ocurență (a) și cele mai relevante cuvinte cheie legate de reducerea zahărului (b)

De-a lungul anilor, subiectele și domeniile de cercetare au evoluat; unele au devenit depășite, în timp ce altele au câștigat mai multă importanță. Cu această diversitate de teme și interese, termenii cheie variază în consecință. O hartă tematică clasifică clusterelor în funcție de semnificația lor în zona de cercetare, prezentând densitatea și centralitatea lor de-a lungul axelor tematice (Figura 1.4). Hărțile tematice sunt un instrument puternic în analiza bibliometrică oferită de pachetul Bibliometrix în RStudio. Aceste hărți permit vizualizarea structurii tematice a literaturii științifice prin reprezentarea relațiilor dintre termeni (cum ar fi cuvintele cheie sau subiectele) pe baza prezenței lor simultane în documente.

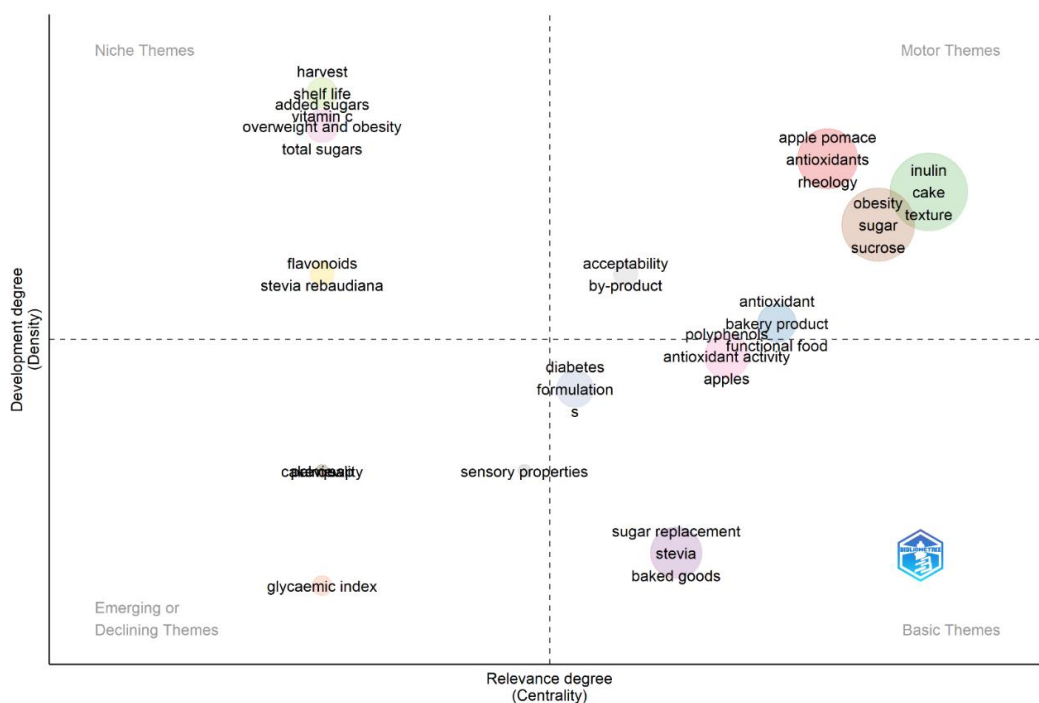


Figura 1.4. Harta tematică a clusterelor după cele mai frecvente cuvinte cheie ale autorilor

Reducerea cantității de zahăr din produsele de patiserie este un pas necesar pentru a reduce numărul de cazuri de obezitate, diabet de tip II, boli cardiovasculare, tulburări cognitive și carii dentare. Scopul acestei cercetări a fost acela de a urmări, din punct de vedere tehnologic, problema înlocuirii parțiale sau totale a zahărului cu ingrediente funcționale. Astfel, înlocuirea totală sau parțială a zahărului cu ingrediente funcționale (piure de mere sau alte fructe, inulină, oligofructoză, stevia, tescovină de mere, polidextroză, permeat de zer, mere uscate, seva *Nypa fruticans*, suc/sirop de struguri, pudră/sirop de curmale, zahăr Jaggery, piure de banane, tescovină de coacăze negre/aronia) este o strategie favorabilă atât pentru producător, obținerea de produse cu caracteristici asemănătoare cu cele ale probelor de control, iar pentru cumpărător în calitate de consumator care beneficiaza de un produs cu caracteristici senzoriale similare, dar cu caracteristici nutritive îmbunătățite: valoare energetică scăzută, valoare nutritivă mare conținut ridicat de minerale (K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu), conținut scăzut de carbohidrați, conținut ridicat de compuși bioactivi (antioxidanți, compuși fenolici), conținut ridicat de proteine, conținut ridicat de fibre și aromă îmbunătățită. De asemenea, înlocuirea unei cantități de lipide cu substituenți din fructe, cum

este piureul de mere, determină scăderea valorii energetice a produsului și micșorarea numărului de calorii consumate zilnic.

Capitolul II, intitulat „*Studiu privind caracterizarea piureurilor de mere și a extractului de coajă de măr ca potențiali substituenți ai zahărului în produsele de patiserie*”, prezintă modul de obținere a piureurilor de mere și a extractului de coajă ca potențiali substituenți ai zahărului în produsele de patiserie și metodele de analiză pentru caracterizarea fizico-chimică și microbiologică a acestora.

În acest scop, pentru obținerea piureurilor și a extractului de coajă s-au folosit mere Champion. Merele au fost achiziționate de la un producător local din Fălticeni, Suceava, România. S-au analizat 3 tipuri de probe: piure crud, piure fiert și extract de coajă. Probele au fost analizate în diferite stadii de maturare a merelor: etapa I (ianuarie), etapa II (februarie).

Parametrii fizico-chimici analizați au fost: conținutul de umiditate - determinat conform Metodei Oficiale AOAC 934.06; conținutul de cenușă - determinat prin calcinarea probei la 550-600°C în cuptorul de calcinare până la obținerea unei mase constante; aciditatea titrabilă – determinată prin titrare până la pH=8.1, iar ml NaOH 0.1N au fost transformați în g acid malic echivalent; pH-ul a fost determinat cu ajutorul unui pH-metru Mettler Toledo (Seven Compact, Germany); conținutul total de substanțe solubile a fost determinat cu ajutorul refractometrului Abbe; activitatea - folosind un aparat de determinare a activității apei AquaLab 4TE (Meter Group, Washington); conținutul total de polifenoli - determinat prin metoda Folin-Ciocalteu; activitatea antioxidantă – metoda DPPH; culoarea - determinată cu Colorimetru Konica Minolta CM 700; conținutul de minerale – determinat cu ajutorul spectrometrului ICP-MS.

Pentru analiza microbiologică au fost folosite plăci compacte de tip uscat cu medii de cultură liofilizate. Capacitatea mare de absorbție a apei de către amidonul din varietățile de mere este responsabilă pentru conținutul lor crescut de umiditate, acest lucru fiind asociat cu forțele slabe de atracție moleculară între granulele de amidon (Mateescu et al., 2022). S-a observat o scădere a umidității odată cu creșterea gradului de maturare a merelor (Figura 2.8).

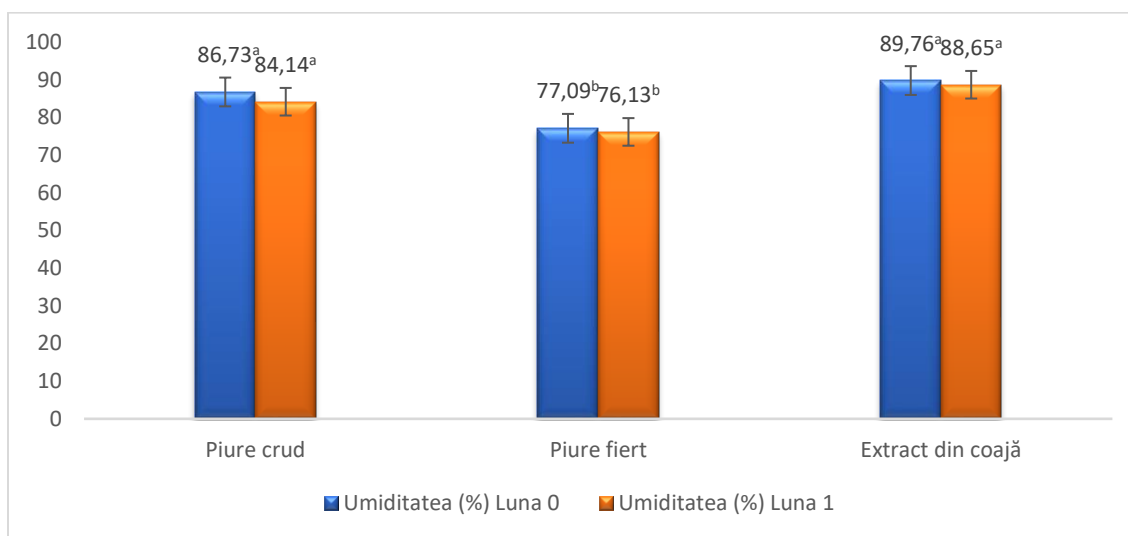


Figura 2.8. Conținutul de umiditate

Procentul de cenușă din mere variază în funcție gradul de maturare și de partea anatomică a mărului. Astfel, odată cu creșterea gradului de maturare a merelor, acestea au pierdut o parte din

conținutul de apă, iar conținutul de cenușă a variat și în funcție de partea anatomică a mărului, astfel, în coaja de măr a fost determinat un conținut semnificativ mai mare față de piureurile de mere, aproximativ dublu față de piureul crud: 2,18 % și 1,05 % (Figure 2.9).

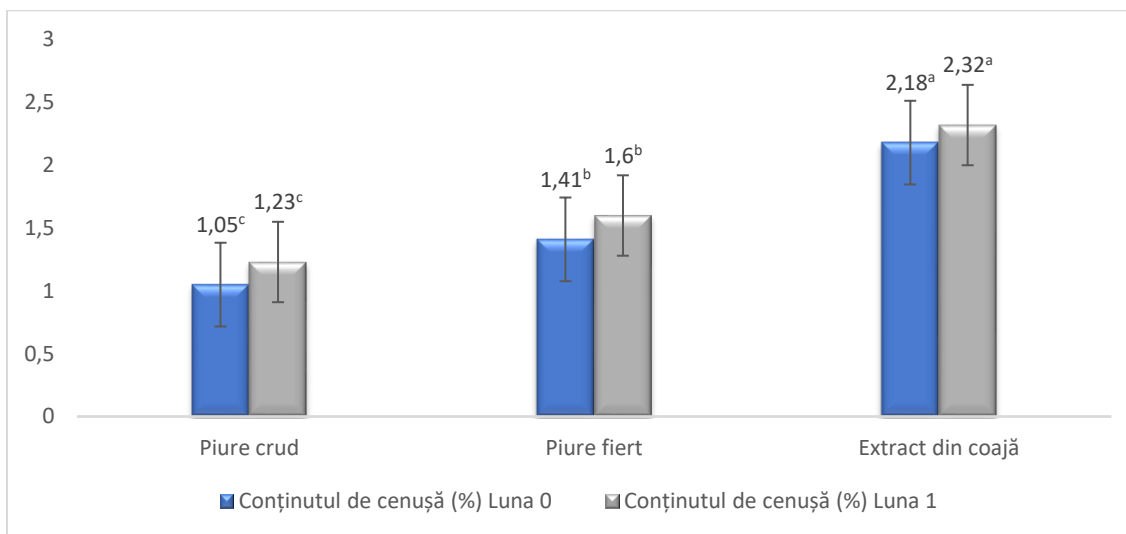


Figura 2. 9. Conținutul de cenușă. Valorile urmate de diferite litere superscript (a, b, c) sunt diferite din punct de vedere statistic la un nivel de încredere de 95%.

În ceea ce privește activitatea apei nu s-au constatat diferențe semnificative (Tabel 2.1).

pH-ul probelor a avut o creștere nesemnificativă pe perioada depozitării merelor. S-au obținut creșteri ale pH-ului de la 2,05% până la 9,98% (Tabel 2.1).

Tabelul 2.1. Conținutul total de solide solubile, activitatea apei și pH-ul

Probă	Conținutul total de solide solubile (°Brix)		Activitatea apei (/)		pH(/)	
	Luna 0	Luna 1	Luna 0	Luna 1	Luna 0	Luna 1
	Piure crud	12.06±0.04 ^b	12.8±0.08 ^c	0.99±0.0 ^b	0.99±0.0 ^a	3.89±0.02 ^b
Piure fiert	18.56±0.09 ^a	18.66±0.04 ^a	0.98±0.0 ^c	0.98±0.0 ^b	3.72±0.0 ^c	3.85±0.01 ^a
Extract coajă	9.46±0.09 ^c	14.7±0.0 ^b	0.99±0.0 ^a	0.99±0.0 ^a	5.01±0.1 ^a	5.51±0.01 ^a

Variațiile conținutului total de polifenoli pe perioada de depozitare a probelor sunt prezentate în Figura 2.11. Conținutul total de polifenoli al probelor analizate a variat de la 600,66 mg GAE/kg până la 972,33 mg GAE/kg (Figura 2.11). Conținutul cel mai ridicat de polifenoli a fost determinat în extractul de coajă (972,33 mg GAE/kg); rezultate similare fiind obținute și de către Loncaric et al. (2014)(Loncaric et al., 2014). Tot în cazul extractului de coajă a fost determinată o creștere pe perioada depozitării a conținutului total de polifenoli.

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

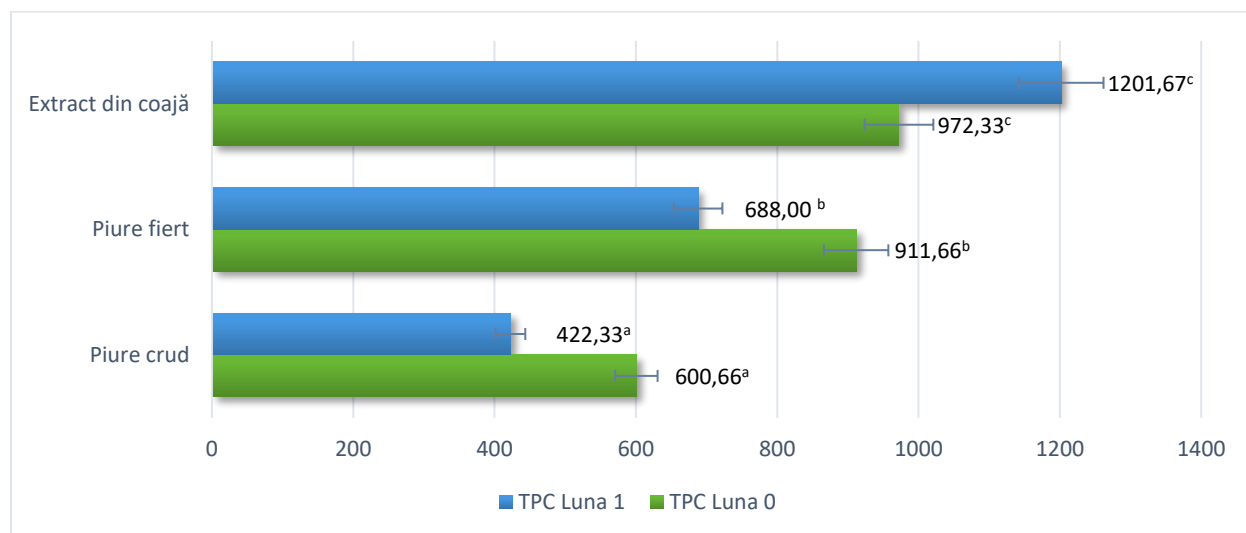


Figura 2.11. Conținutul total de polifenoli

Capacitatea antioxidantă a fost determinată prin metoda DPPH și a variat între 0,77 μM TE/g FM pentru piureul crud și 1,24 μM TE/g FM pentru piureul fiert (Figura 2.12). Aceasta diferență se poate datora procesului termic la care a fost supus piureul fiert, proces ce a dus la schimbarea concentrației probei. Pe perioada depozitării s-a înregistrat o scădere a activității antioxidante pentru toate cele 3 probe.

Factorii principali care influențează activitatea antioxidantă sunt compușii fenolici (Park et al., 2015). Pe baza rezultatelor obținute se poate concluziona că există o corelație între conținutul total de polifenoli și activitatea antioxidantă, concluzie la care au ajuns și Loncaric (2014), Park et al. (2015) și Kampuse et al. (2019); Loncaric et al., 2014; Park et al., 2015). In cazul piureurilor, odată cu scăderea conținutului total de polifenoli a scăzut și activitatea antioxidantă; rezultate similare au fost obținute și de către Loncaric et al. (2014).

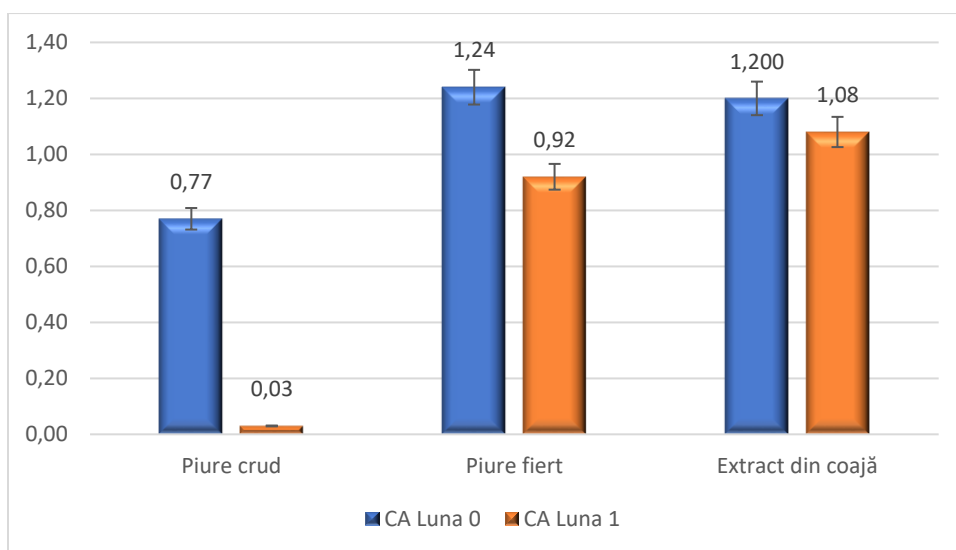


Figura 2.12. Capacitatea antioxidantă

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

În ceea ce privește stabilitatea microbiologică a piureului fiert, acesta se încadrează în limitele stabilite de reglementările standard și de siguranță alimentară (FSSAI), reglementările europene și Administrația pentru Alimente și Medicamente (FDA) (Tabelul 2.2). În cazul piureului crud, acesta se încadrează în limite prevăzute de standarde.

Tabel 2.2. Analiza microbiană a piureurilor de mere și a extractului de coajă de măr

Microorganism	Piure crud cfu	Piure fiert cfu	Extract coajă cfu	Limită cfu
<i>Salmonella</i>	Absent	Absent	Absent	Absent ¹
<i>Costridium botulinum</i>	Absent	Absent	Absent	Absent ¹
<i>Enterococcus</i>	60	8	Absent	< 150 cfu ³
Drojdii și mucegaiuri	18	Absent	Absent	<100 cfu ^{1,2}
Numărul total	Absent	Absent	Absent	< 50 cfu ¹
<i>Bacillus cereus</i>	53	19	Absent	10 ² – 10 ³ cfu ⁴
<i>Escherichia coli</i>	Absent	Absent	Absent	Absent ¹
<i>Coliforms</i>	Absent	Absent	Absent	< 10 cfu ¹ <50 cfu ²

¹ limită microbiologică pentru fructe conform normelor de siguranță alimentară și standard (FSSAI); ² limite microbiologice pentru fructe conform circularei FDA nr. 2013-010 (orientări revizuite pentru evaluarea calității microbiologice a alimentelor procesate); ³ limite microbiologice pentru legume găsite de Julien et al. (2017); ⁴ limite microbiologice găsite de Yu et al. (2019)(Julien et al., 2017; Yu et al., 2019).

Cel mai mare conținut de minerale a fost determinat în extractul de coajă de măr, concentrațiile de elemente minerale majore fiind semnificativ mai mari decât concentrațiile de elemente minerale majore din piureurile de mere ($p < 0,05$) (Tabelul 2.3). Elementul cu cea mai mare concentrație în extractul de coajă de măr a fost Na, urmat de Mg, Ca, K. În toate probele, concentrațiile de elemente minerale (Fe, Cu, Mn, Zn) au fost semnificativ mai mici ($p < 0,05$).

Tabel 2.3. Concentrația elementelor minerale în probele de piure de mere și extract de coajă de mere (mg/kg)

Proba	Ca	Mg	K	Na	Cu	Mn	Zn	Fe
Piure crud	62.67±1.62 ^b	63.00±0.8 ^b	48.00±2.12 ^b	0.18±0.00 ^b	0.19±0.00 ^{ab}	0.11±0.00 ^{ab}	0.06±0.00 ^a	0.03±0.00 ^a
Piure fiert	48.67±0.40 ^c	0.17±0.00 ^c	41.67±0.41 ^c	0.61±0.00 ^b	0.02±0.00 ^b	0.07±0.00 ^b	0.02±0.00 ^b	0.01±0.00 ^b
Extract coajă	72.67±0.16 ^a	273.33±9.4 ^a	64.33±1.6 ^a	563.33±20.5 ^a	0.42±0.11 ^a	0.15±0.00 ^a	0.07±0.00 ^a	0.03±0.00 ^a

Valorile urmate de diferite litere superscripte (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j) sunt diferite din punct de vedere statistic la un nivel de încredere de 95%.

Rezultatele acestei cercetări au confirmat variația în timp a proprietăților fizico-chimice a piureurilor de mere și a extractului din coaja de măr. Astfel, conținutul total de solide solubile, conținutul de cenușă, pH-ul și aciditatea titrabilă au crescut pe perioada depozitării. În schimb,

conținutul total de polifenoli și activitatea antioxidantă a probelor au scăzut pe perioada depozitării, cu excepția conținutului de polifenoli al extractului din coaja.

De asemenea, rezultatele au confirmat variația proprietăților fizico-chimice, a conținutului de polifenoli și a activității antioxidante în funcție de partea anatomică a mărului din care au fost obținute probele. Rezultatele obținute prin analizele microbiologice au arătat ca piureul obținut prin tratament termic are o stabilitate superioară celui proaspăt și poate fi folosit un timp mai îndelungat. Analizele efectuate au permis alegerea celei mai bune variante de utilizare a mărului ca înlocuitor de zahăr, sub formă de piure fiert, cu o stabilitate microbiologică superioară celui crud, precum și utilizarea extractului din coaja de măr (variante bio), în locul apei sau a laptelui în compoziția brișelor.

Capitolul III, intitulat „*Studiu experimental privind utilizarea piureului de mere ca substituent al zahărului în creșterea valorii nutriționale și scăderea valorii energetice a produselor de patiserie*” cuprinde optimizare procesului de obținere a produselor de patiserie cu conținut scăzut de zahăr.

Efectul variabilelor independente (zahăr substituit (ZS%)/piure de mere, timpul de coacere (t), temperatura de coacere (T)), asupra durității, masticabilității, coezivității, înălțimii brișei, volumului, pierderii la coacere a fost monitorizat folosind Proiectarea experimentală a suprafeței de răspuns Box–Behnken. Stabilirea matricelor de experimente a fost realizată folosind Design Expert v11 (versiunea de încercare, Stat-Ease, Minneapolis, Minnesota, MN, SUA), iar pentru modelare a fost utilizată Metodologia suprafeței de răspuns (RMS).

Pentru studiul efectelor celor 3 variabile independente asupra brișelor a fost utilizat experimentul central compozițional, cu trei factori: procentul de piure de mere, variat de la minim 0% la maxim 100%; timpul de coacere, variat de la minim 13 minute la maxim 15 minute și temperatura de coacere de la minim 180 °C la maxim 220 °C (Goswami et al., 2015; Grasso et al., 2020; Nieto-Mazzocco et al., 2022). Rezultatele analizei de varianță demonstrează că modelul ales este predictibil și explică variația durității ($R^2=0,998$), masticabilității ($R^2=0,897$) și coezivității ($R^2=0,973$). Modelul pătratic fost stabilit ca fiind semnificativ statistic în urma analizei de varianță (ANOVA). Corelația dintre valorile experimentale (actuale) și cele predictibile ale variabilelor de răspuns sunt prezentate în Tabelul 3.2.

Având în vedere rezultatele obținute, duritatea brișelor a fost cuprinsă între 7,98 N (în cazul probei cu 100% piure de mere obținută prin coacere la 200°C timp de 14 minute) și 9,99 N (pentru proba cu 0% piure de mere obținută prin coacere la 200°C timp de 15 minute), rezultate similare fiind obținute și de către Belori (2019) and Rodríguez-García et al. (2014) (Belorio et al., 2019; Rodríguez-García et al., 2014a). Totuși, pe măsură ce procentul de substituție a zahărului cu piure de mere a crescut, duritatea a scăzut semnificativ ($p<0,05$), fenomen observat și de alți autori. De exemplu, Martínez-Cervera et al. (2012b) au constatat acest lucru în cazul înlocuirii zahărului cu un amestec de sucraloză/polidextroză în brișe (Martínez-Cervera, Sanz, et al., 2012). De asemenea, Ronda și colab. (2005) au raportat rezultate similare folosind polioli și oligozaharide în sponge cake (Ronda et al., 2005), iar Vatankhah (2015) a obținut o scădere a durității biscuiților prin substituția zahărului cu stevioside (Ronda et al., 2005; Vatankhah et al., 2015). În plus, Zahn și colab. (2013) au observat o scădere a durității la utilizarea rebaundiozidei A în combinație cu mai multe fibre în brișe (Zahn et al., 2013).

Tabel 3.2. Modelul Box-Behnken cu valorile experimentale și predictibile pentru duritatea, masticabilitatea și coezivitatea brișelor

P	Variabile independente			Valori experimentale			Valori predictibile		
	ZS, %	t, min	T, °C	Duritatea, N	Masticabilitatea, N	Coezivitatea, -	Duritatea, N	Masticabilitatea, N	Coezivitatea, -
1	0	13	200	9,99	5,96	0,61	9,99	6,06	0,62
2	100	13	200	8,31	6,71	0,75	8,28	6,55	0,75
3	0	15	200	9,15	5,35	0,64	9,16	5,51	0,63
4	100	15	200	9,22	6,98	0,74	8,99	6,89	0,73
5	0	14	180	9,27	5,55	0,61	9,25	5,40	0,61
6	100	14	180	8,88	5,31	0,81	8,87	5,39	0,82
7	0	14	220	9,51	5,31	0,69	9,50	5,24	0,68
8	100	14	220	7,98	6,95	0,71	7,99	7,11	0,70
9	50	13	180	9,35	6,75	0,68	9,63	6,83	0,67
10	50	15	180	9,41	6,24	0,68	9,41	6,25	0,68
11	50	13	220	9,17	7,15	0,66	9,16	7,14	0,66
12	50	15	220	9,02	7,57	0,64	8,98	7,50	0,65
13	50	14	200	9,15	6,03	0,64	9,17	5,86	0,64
14	50	14	200	9,21	5,33	0,63	9,17	5,86	0,64
15	50	14	200	9,18	5,46	0,65	9,17	5,86	0,64
16	50	14	200	9,22	6,29	0,63	9,17	5,86	0,64
17	50	14	200	9,13	6,18	0,66	9,17	5,86	0,64

ZS – Zahăr substituit, T – temperatura de coacere, t – timpul de coacere

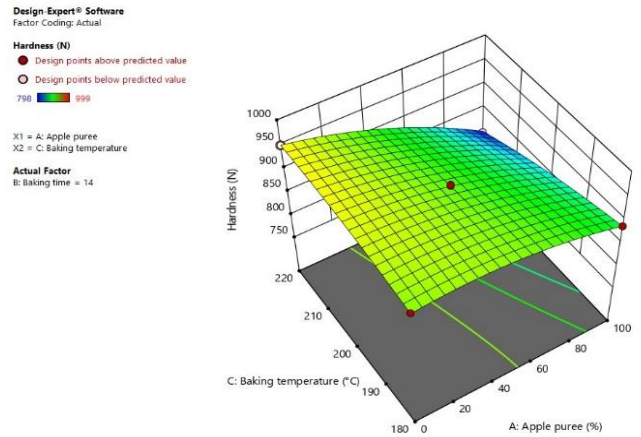
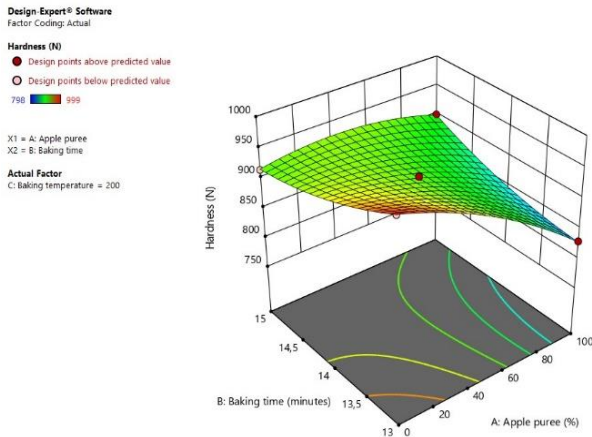
Scăderea masticabilității odată cu creșterea temperaturii de coacere ar putea fi datorată denaturării proteinelor sau modificării structurii granulelor de amidon (Ungureanu-Iuga & Mironeasa, 2023). În plus, masticabilitatea brișelor a crescut odată cu creșterea procentului zahăr substituit cu piure de mere, rezultate similare fiind raportate și de către Martínez-Cervera et al. (2012b), obținând o creștere a masticabilității brișelor odată cu creșterea procentului de zahăr substituit cu erythritol (Martínez-Cervera, de la Hera, et al., 2012a).

Din analiza coezivității, s-a observat o influență semnificativă ($p < 0,01$) a factorilor și a interacțiunilor dintre ei asupra coezivității probelor de brișe (Tabel 3.2). Astfel, coezivitatea a crescut odată cu creșterea procentului de zahăr substituit cu piure de mere, rezultate similare fiind obținute și de către Majzoobi et al. (2018) în urma substituirii zahărului cu rebaudioside A (Majzoobi et al., 2018). De asemenea, creșterea coezivității odată cu creșterea temperaturii de coacere poate fi cauzată de denaturarea structurii proteinelor la temperaturi ridicate (Ungureanu-Iuga & Mironeasa, 2023).

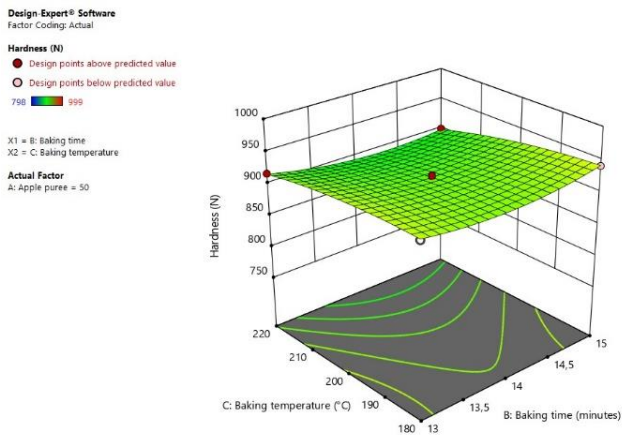
Suprafețele de răspuns din Figura 3.2 (a-c, e-g, i-k) ilustrează influența procentului de piure, timpul de coacere și temperatura de coacere asupra durității, masticabilității și coezivității brișelor. Din graficele din Figura 3.2. (d, h, l) se poate observa o corelație puternică între valorile predictibile și cele experimentale ale durității, masticabilității și coezivității brișelor.

Cercetări privind îmbunătățirea caracteristicilor fizice, texturale și senzoriale ale produselor de patiserie cu conținut scăzut de zaharuri și grăsimi

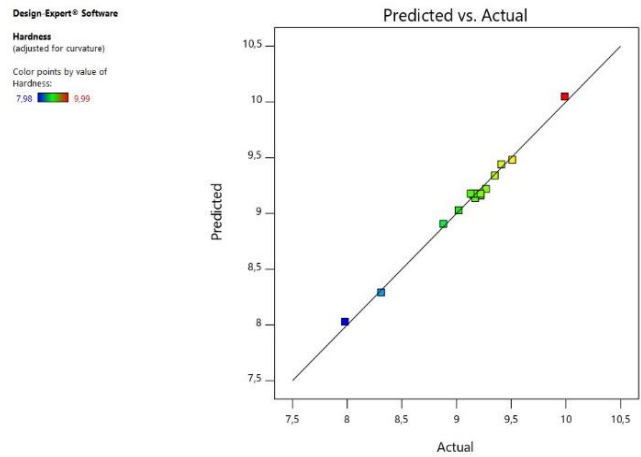
REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT



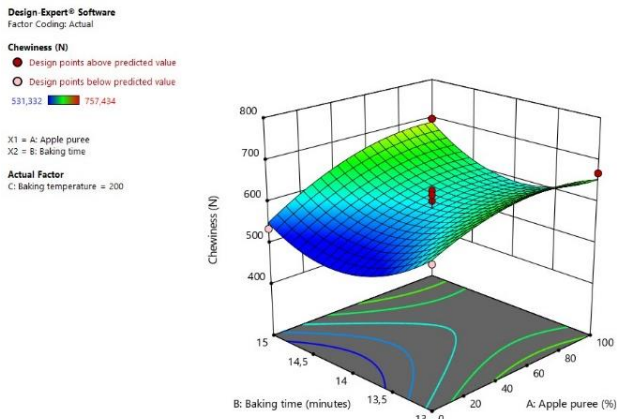
a)



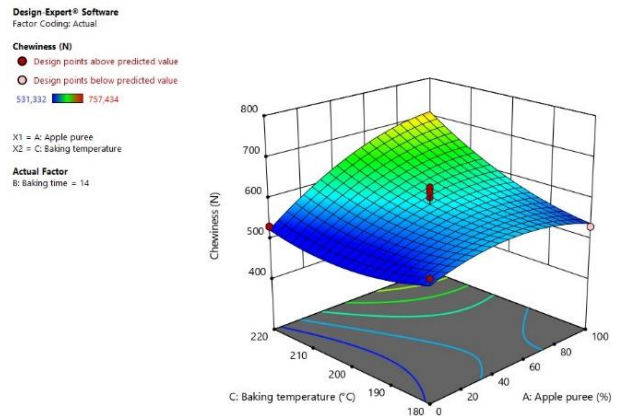
b)



c)



d)

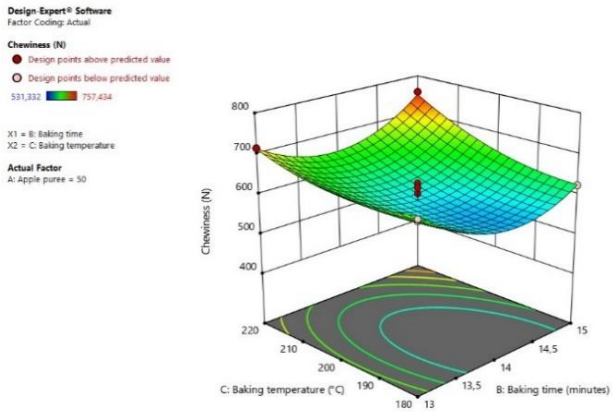


e)

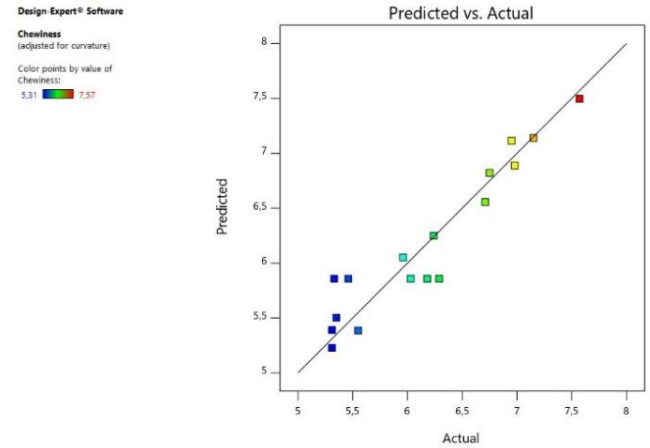
f)

Cercetări privind îmbunătățirea caracteristicilor fizice, texturale și senzoriale ale produselor de patiserie cu conținut scăzut de zaharuri și grăsimi

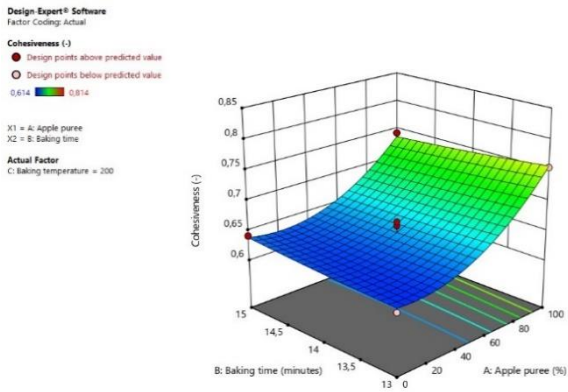
REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT



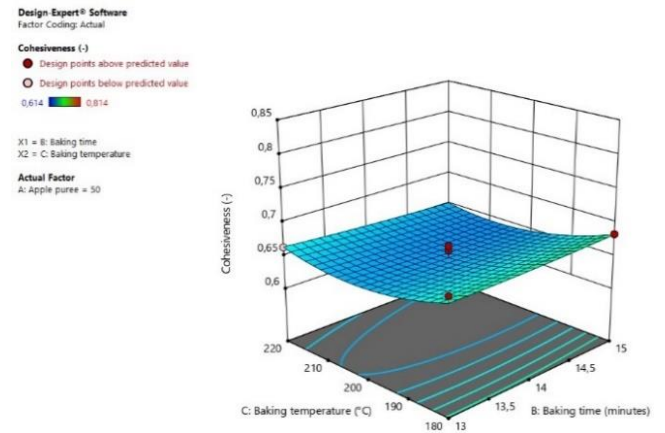
g)



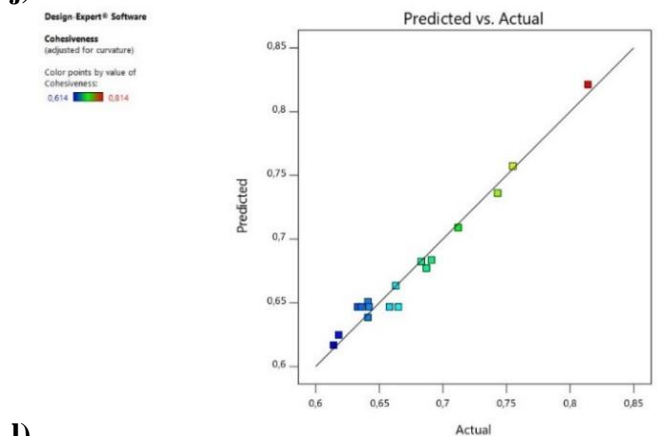
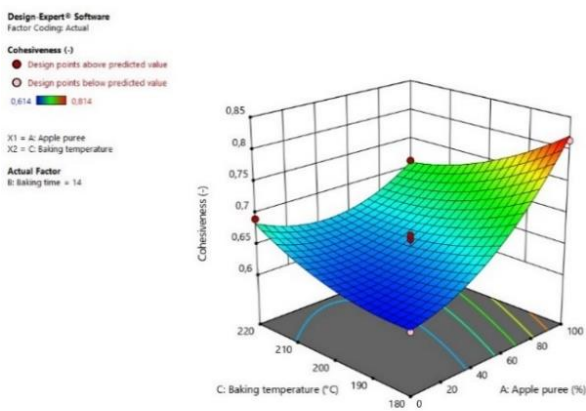
h)



i)



j)



l)

k)

Figura 3.2. Reprezentarea suprafețelor de răspuns a influenței procentului de piure de mere, timpului de coacere și temperaturii de coacere asupra durității (a-c), masticabilității (d-f) și coezivității (g-i) brișurilor; valorile predictibile vs valorile experimentale pentru duritate (d), masticabilitate (h) and coezivitate (l)

Modelele 2FI și linear au fost stabilite ca fiind semnificative statistic în urma analizei de varianță (ANOVA). Rezultatele analizei de varianță demonstrează că modelele alese sunt predictibile și explică cea mai mare parte a variației înălțimii ($R^2=0,978$), volumului ($R^2=0,878$) și pierderii greutateii la coacere ($R^2=0,965$).

Modelul Box-Behnken cu valori experimentale și predictibile pentru înălțimea brișei, volumul și pierderile de coacere sunt prezentate în Tabelul 3.5.

Tabel 3.5. Modelul Box-Behnken cu valorile experimentale și predictibile pentru înălțimea, volumul și pierderea la coacere a brișelor

P	Variabile independente			Valori experimentale			Valori predictibile		
	ZS, %	T, °C	t, min	Înălțimea, mm	Volumul, cm ³	Pierderea la coacere, %	Înălțimea, mm	Volumul, cm ³	Pierderea la coacere, %
1	0	180	14	46,17	55,00	11,28	46,06	55,68	9,60
2	100	180	14	40,82	41,00	14,28	41,59	41,93	11,97
3	0	220	14	51,58	60,00	9,20	51,09	58,43	9,62
4	100	220	14	42,64	44,00	11,6	43,03	44,68	11,99
5	0	200	13	45,44	56,00	11,4	45,99	56,80	11,32
6	100	200	13	42,03	43,00	13,48	41,70	43,05	13,69
7	0	200	15	50,83	56,00	7,68	51,17	57,30	7,90
8	100	200	15	43,46	44,00	9,68	42,92	43,55	10,27
9	50	180	13	41,72	50,00	11,54	41,46	48,55	12,49
10	50	220	13	46,09	54,00	13,00	46,22	51,30	12,51
11	50	180	15	46,24	53,00	7,50	46,19	49,05	9,07
12	50	220	15	47,56	52,00	10,88	47,90	51,80	9,06
13	50	200	14	45,73	48,00	9,94	45,44	50,18	10,79
14	50	200	14	45,77	52,00	9,54	45,44	50,18	10,79
15	50	200	14	44,90	48,00	12,88	45,44	50,18	10,79
16	50	200	14	46,04	47,00	9,78	45,44	50,18	10,79
17	50	200	14	45,52	50,00	9,88	45,44	50,18	10,79

ZS – Zahăr substituit, T – temperatură de coacere, t – timpul de coacere

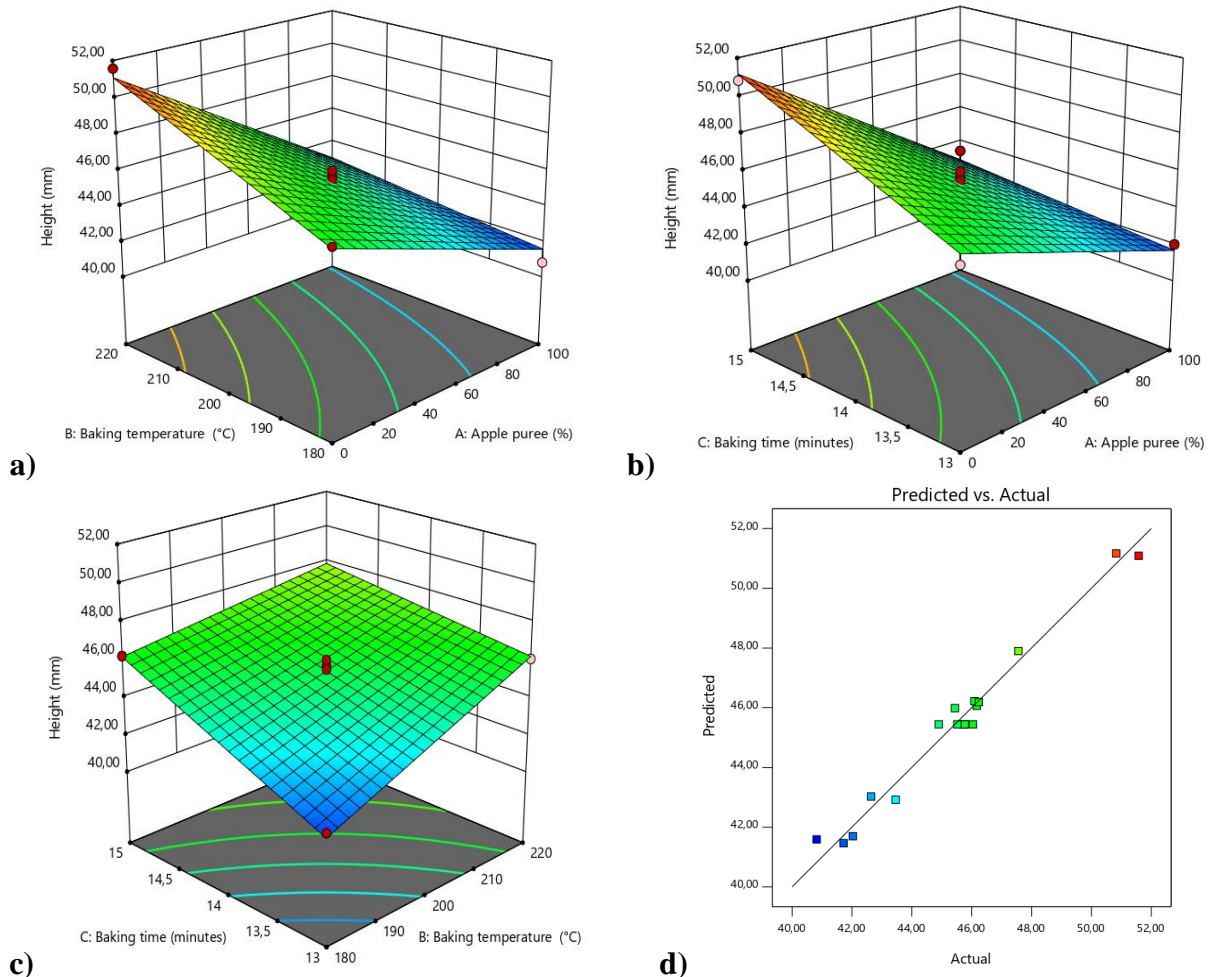
Înălțimea brișelor a scăzut odată cu creșterea procentului de piure de mere și a crescut odată cu creșterea timpului și temperaturii de coacere, în timp ce în cazul volumului brișelor, timpul de coacere și temperatura nu au determinat modificări semnificative ($p<0,01$). Astfel, cea mai mare înălțime pentru brișe (50,83 mm) a fost înregistrată pentru proba obținută prin coacere la 200 °C timp de 15 minute cu 0% piure de mere, iar cea mai mică valoare a înălțimii (40,82 mm) a fost înregistrată pentru brișele obținute prin coacere la 180 °C timp de 14 minute cu 100% piure de mere, rezultând o scădere semnificativă a înălțimii brișelor odată cu creșterea procentului de zahăr substituit cu piure de mere, rezultate similare fiind obținute de către Rodríguez-García et al (2014) care a substituit zahărul din prajituri cu oligofructoză (Rodríguez-García et al., 2014a).

De asemenea, volumul brișelor a variat între 41,00 cm³ (pentru proba obținută prin substituirea zahărului cu 100% piure de mere prin coacere la 180 °C timp de 14 minute) și 60,00

cm³ (pentru proba cu 0% piure de mere obținută prin coacere la 220 °C timp de 14 minute). Volumul brișelor a scăzut semnificativ ($p < 0.01$) odată cu creșterea procentului de zahăr substituit cu piure de mere, rezultatele fiind similare cu cele raportate de Struck et al. (2016) care a substituit zahărul din brișe cu fibre din măr (Struck et al., 2016).

Creșterea timpului de coacere a determinat o mică pierdere a greutateii brișelor la coacere, iar temperatura de coacere nu a determinat modificări semnificative asupra pierderii greutateii la coacere a brișelor ($p < 0,01$). Creșterea pierderii greutateii la coacere odată cu creșterea procentului de zahăr substituit cu piure de mere s-ar putea datora capacității mai mari de legare a apei de către zahăr decât a piureului de mere, rezultate similare fiind raportate de către Rodríguez-García et al. (2014) în urma substituirii zahărului din prăjitură cu oligofructoză (Rodríguez-García et al., 2014a).

Suprafețele de răspuns din Figura 3.3 (a-c, e, g) ilustrează influența procentului de piure, a timpului de coacere și a temperaturii de coacere asupra înălțimii, volumului și pierderii la coacere a brișelor. Din graficele din Figura 3.3 (d, f, h) se poate observa o corelație puternică între predictibil și real.



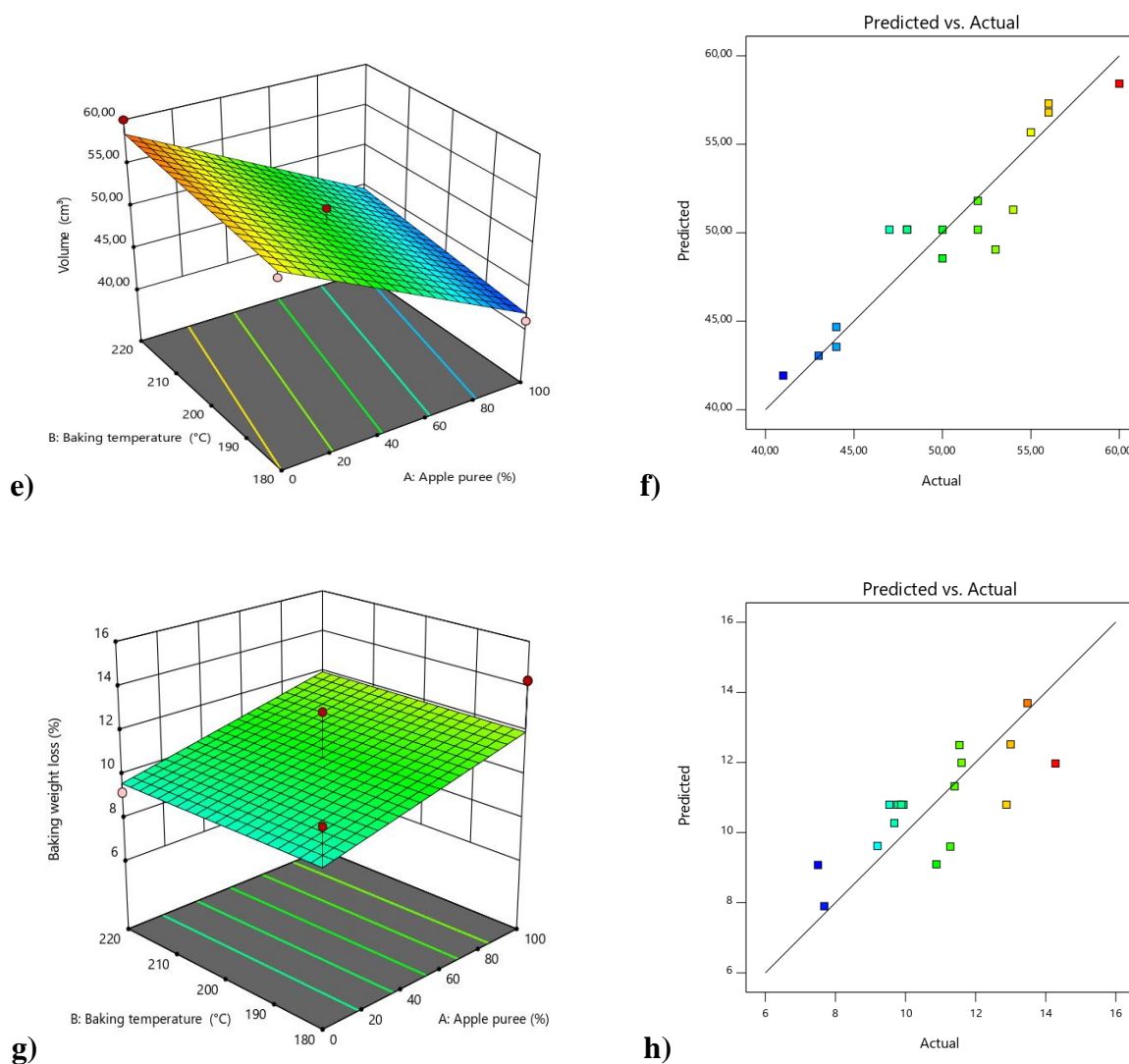


Figura 3.3. Reprezentarea suprafețelor de răspuns a influenței procentului de piure de mere, timpului de coacere (t) și temperaturii de coacere (T) asupra înălțimii (a-c), volumului (e) și pierderii greutateii la coacere (g) ale brișoșelor; valorile predictibile vs. valorile experimentale pentru înălțime (d), volum (f) and pierderea la coacere (h)

În ceea ce privește analiza senzorială și acceptabilitatea consumatorilor pentru brișoșele funcționale, Figura 3.4 prezintă rezultatele celor șase parametri senzoriali evaluați. Pentru acești parametri, nu au existat diferențe semnificative ($p < 0,05$) între brișoșele în care a fost sau nu substituit zahărul cu piure de mere.

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

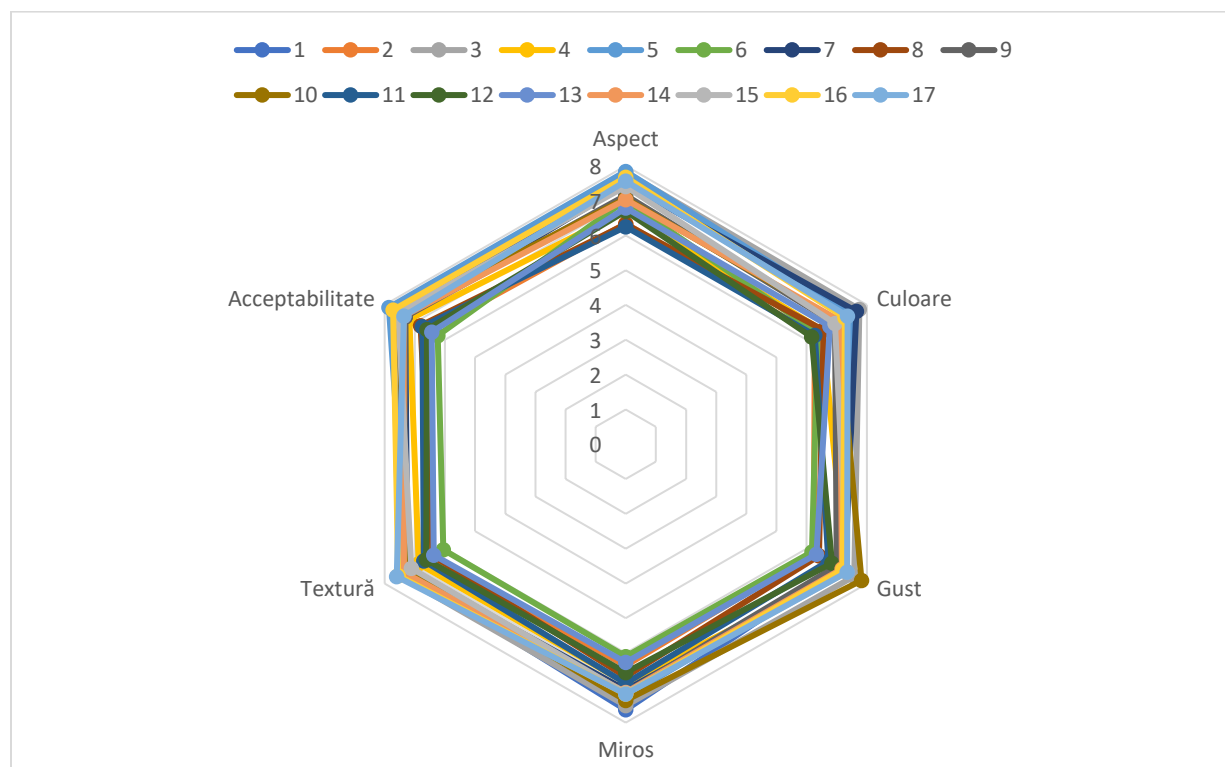


Figura 3.4. Graficul atributelor senzoriale descriptive ale brișoșelor cu sau fără adaos de piure de mere

Optimizarea a fost realizată pentru a obține brișoșe cu proprietăți texturale, fizice și senzoriale acceptabile pentru consumatori. A fost utilizată o funcție de optimizare numerică pentru a găsi compoziția care oferă simultan dezirabilitatea maximă.

Ținând cont de toate caracteristicile de calitate și urmând procedura de optimizare a programului Design Expert în care s-au minimizat nivelurile de substituție a zahărului, s-a prevăzut o formulare de brișoșe cu următorii parametri tehnologici: zahărul poate fi înlocuit în procente între 42,78 – 43,39%, coacere, timp între 14,66 și 14,80 minute, iar temperatura de coacere între 183,83 și 183,99 °C.

Procentul de piure de mere, timpul de coacere și temperatura de coacere a brișoșelor au fost optimizate pentru a obține valori texturale maxime pentru duritate, masticabilității și coezivității. Astfel, valoarea optimă pentru duritate de 9,34N, masticabilitate 5,99N și coezivitate 0,65 a rezultat din înlocuirea zahărului cu 42,78% piure de mere și coacerea la 183,99 °C, timp de 14,80 minute. Brișoșele obținute în condițiile tehnologice menționate sunt calitative din punct de vedere a texturii, proprietăților fizice și senzoriale.

Substituția a aproximativ 50% din zahărul inițial din rețeta de brișoșe cu piure de mere reduce semnificativ valoarea energetică a produsului final și aduce beneficii nutriționale semnificative datorită conținutului său de vitamine, minerale și fibre, transformând brișoșele dintr-un produs bogat în “calorii goale” într-o opțiune mai sănătoasă și mai hrănitoare, păstrând în același timp gustul dulce și textura moale.

Capitolul IV, intitulat „*Studiul proprietăților fizice, texturale și reologice al produselor finite și ale aluaturilor produselor de patiserie cu conținut scăzut de zahăr*” cuprinde studiul influenței substituției zahărului cu piure de mere asupra proprietăților reologice ale aluatului de briose, proprietăților fizice și texturale ale produselor de patiserie.

Au fost preparate 11 aluaturi de briose care conțin 0% (PC – Control sample), 10% (P10), 20% (P20), 30% (P30), 40% (P40), 50% (P50), 60% (P60), 70% (P70), 80% (P80), 90% (P90) și 100% (SP100) piure de mere fiert ca substituent al zahărului (Table 4.1). Făina de grâu, zahărul alb, praful de copt, sarea de masă iodată, laptele, uleiul de floarea soarelui și ouă proaspete au fost achiziționate de la un supermarket local. Piureul de mere fiert utilizat ca substituent al zahărului din briose a fost obținut conform metodei descrise de Huțu și Amariei (2024) (Dana & Sonia, 2024).

Figura 4.3 prezintă efectul înlocuirii zahărului în diferite procente cu piure de mere asupra vâscozității aluatului de briose. Aluatul devine mai puțin vâscos atunci când zahărul a fost înlocuit cu piure de mere, datorită conținutului de umiditate al acestuia. Vâscozitatea aparentă a scăzut semnificativ ($p < 0,05$) odată cu creșterea procentului de zahăr înlocuit cu piure de mere. Alți autori au obținut și o scădere a vâscozității prin înlocuirea zahărului în aluatul de briose cu sirop de agave (Ozuna et al., 2020), respectiv prin înlocuirea zahărului cu melasă de struguri, dud sau caise (Akbulut & Bilgiçli, 2010).

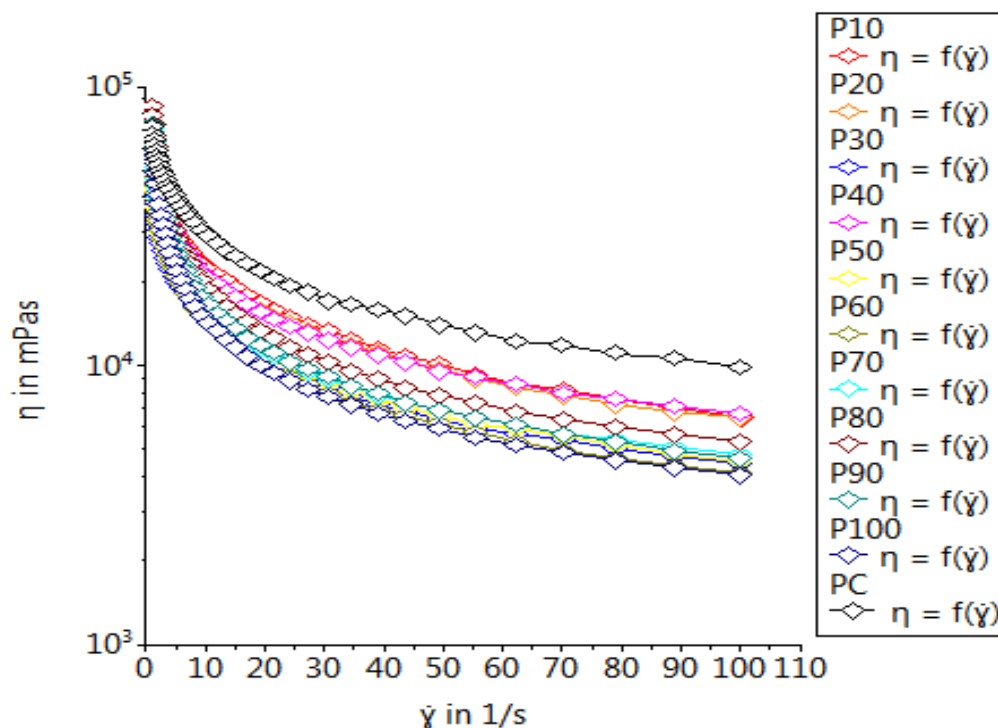


Figure 4.3. Impactul substituției zahărului cu piure de mere asupra curbelor de curgere ale aluaturilor de briose.

Efectele temperaturii asupra modulelor de elasticitate (G') și vâscozitate (G'') în timpul încălzirii aluatului sunt prezentate în Figura 4.4 (a, b). Rezultatele au arătat că valorile pentru modulul de elasticitate G' au fost mai mari decât cele pentru modulul de vâscozitate G'' în intervalul de temperatură de 20–90°C.

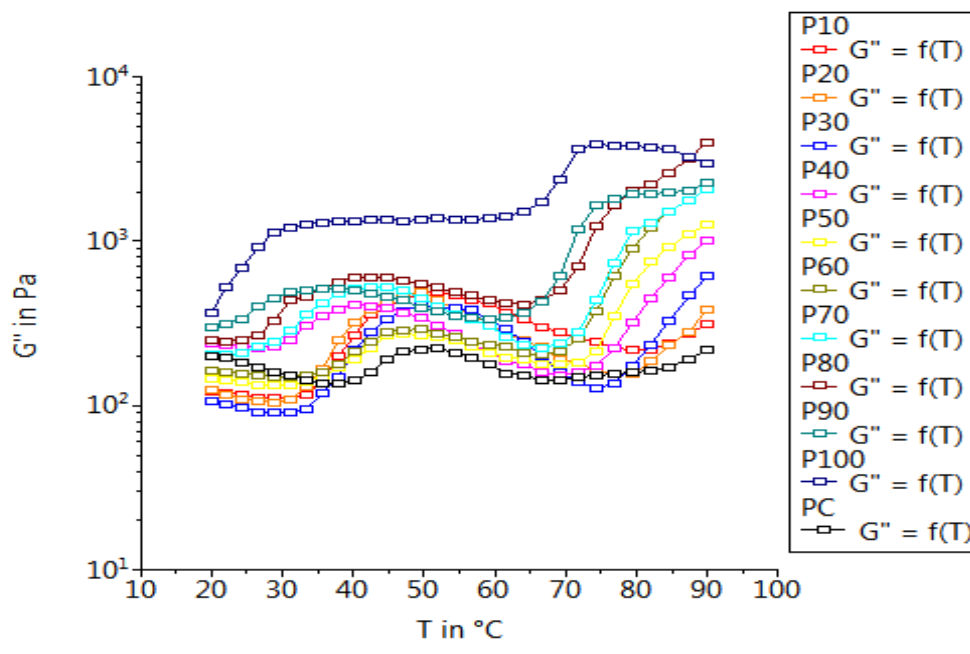
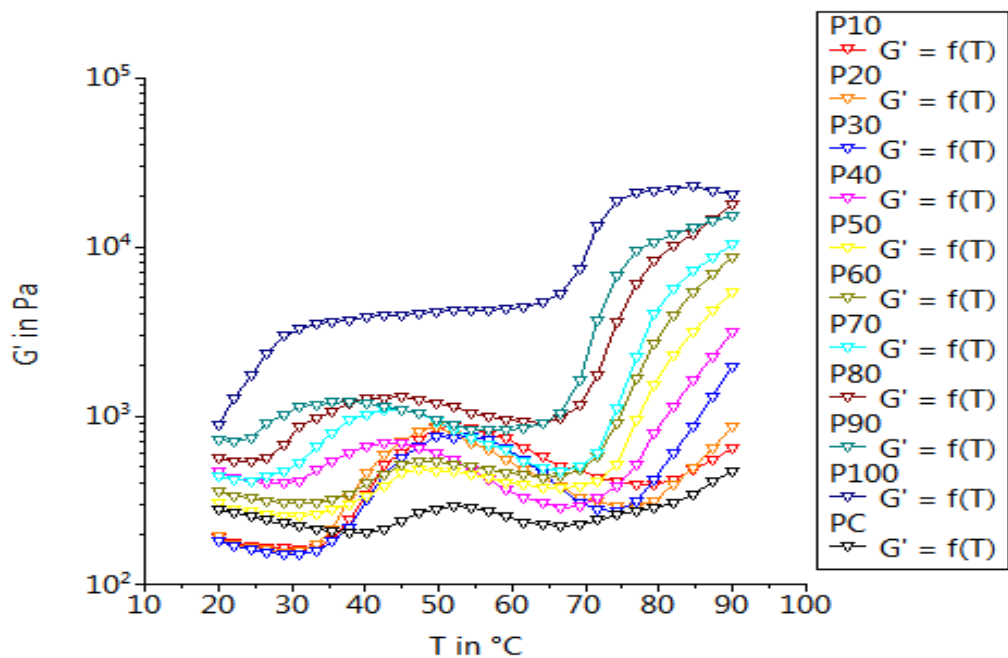


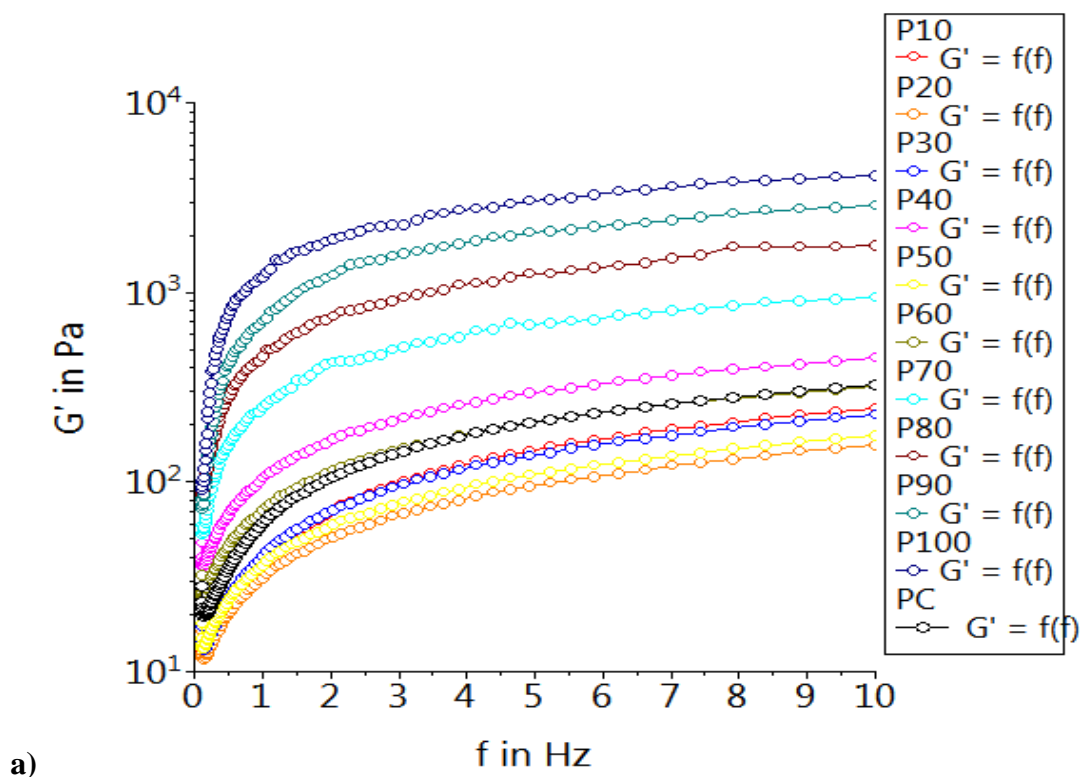
Figure 4.4. Efectul substituirii zahărului din aluatul de brișe asupra modulului de elasticitate (a) și a modulului de vâscozitate (b) cu temperatura

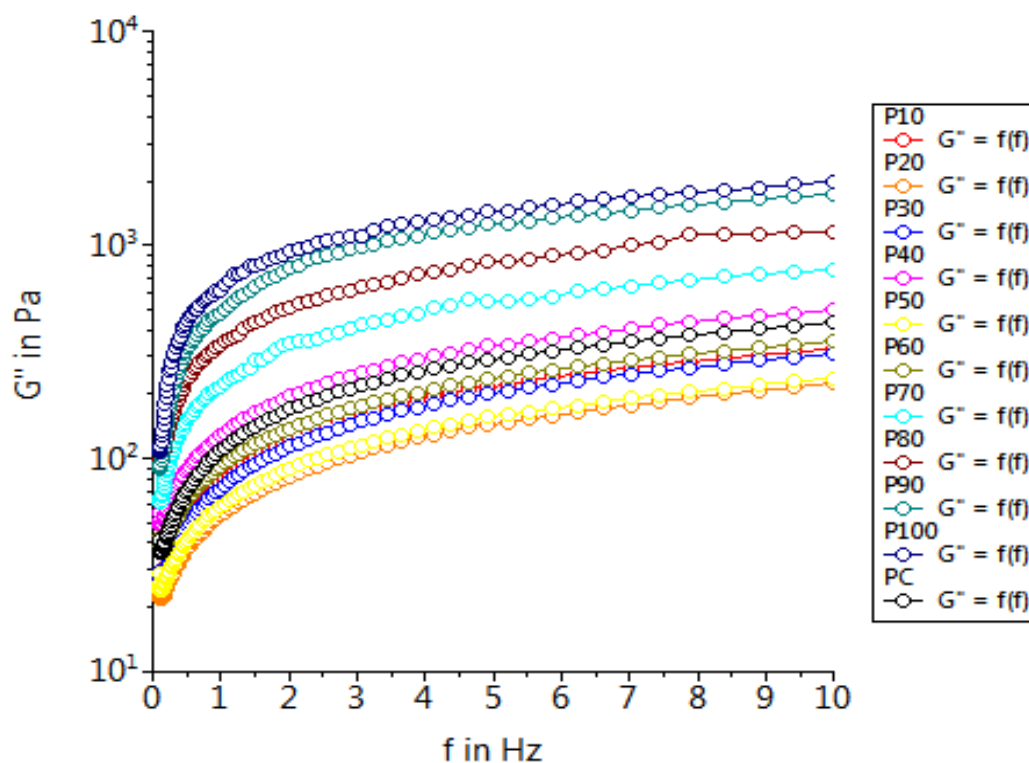
Proprietățile vâscoelastice au fost evaluate funcție de temperatura care a variat de la 20 °C la 90°C, pentru a observa schimbările structurale ce au loc în aluaturile de briose prin simularea comportamentul aluatului în cuptor. Structura și textura finală a brișelor este influențată în mod direct de modificările structurale care apar în aluat în timpul coacerii.

În faza inițială, pe măsură ce temperatura crește, valorile pentru G' și G'' au scăzut, probabil din cauza denaturării proteinelor, care își pierd capacitatea de a reține apa în sistemul de aluat. Ulterior, pe măsură ce temperatura continuă să crească, apa eliberată începe să fie absorbită de granulele de amidon, care se hidratează, iar ulterior se gelatinizează, ceea ce duce la creșterea valorilor G' și G'' . În ceea ce privește comportamentul aluaturilor, probele P10-P60 au prezentat valori apropiate de cele a probei martor pentru G' și G'' , deci un comportament asemănător, spre deosebire de celelalte probe care au prezentat valori semnificative mai mari decât ale probei martor. Rezultate similare au fost obținute și de Ozuna et al. (2020) prin substituirea zahărului din aluatul de briose cu sirop de agave (Ozuna et al., 2020).

De asemenea, proprietățile vâscoelastice au fost studiate funcție de frecvență, care a variat între 0,1 și 10 Hz la temperatură constantă. Figura 4.5 (a,b) arată dependența de frecvență a diferitelor aluaturi de modulul de elasticitate (G') și modulul de vâscozitate (G'').

Aluaturi cu 40%, 70%, 80%, 90% și 100% piure de mere au prezentat valori mai mari pentru modulul de elasticitate față de proba martor, comparativ cu aluaturile cu 10%, 20%, 30% și 50% piure de mere care au prezentat valori mai mici pentru modulul de elasticitate în raport cu proba martor (Figure 4.5 - a,b). Proba cu 60% piure de mere a prezentat aceleași valori pentru modulul de elasticitate în raport cu frecvența ca și ale probei de control.





b)

Figure 4.5. Efectul substituirii zahărului din aluatul de brișe cu piure de mere asupra modulului de elasticitate (a) cu frecvența și asupra modulului de vâscozitate (b) cu frecvența

Probele de aluat cu 10%, 20%, 30% și 50% zahăr substituit cu piure de mere au prezentat valori ale modulului de vâscozitate (G'') cu frecvența mai mici comparativ cu proba de control, iar pentru probele cu 70%, 80%, 90% și 100% zahăr substituit s-au obținut valori mai mari decât cele ale probei de control. Probele cu 40%, respectiv 60% zahăr substituit au prezentat valori pentru modulul de vâscozitate (G'') cu frecvența cele mai apropiate de cele ale probei martor.

În general, brișele cu înălțime mare sunt mai acceptabile, fiind considerate a avea o textură mai poroasă și mai moale (Majzoobi et al., 2018). Înălțimea și volumul final al brișelor depind atât de cantitatea de aer încorporată inițial în aluat, cât și de capacitatea acestuia de a reține acest aer pe parcursul coacerii.

Înălțimea brișelor a prezentat o scădere a valorilor odată cu creșterea procentului de zahăr substituit cu piure de mere (Figure 4.6). Înălțimea brișelor a variat între 43,36 mm (proba în care zahărul a fost substituit în procent de 100%) și 49,66 mm (proba de control). Rezultate similare au fost obținute de către Rodríguez-García et al. (2014) prin substituirea zahărului din prăjituri cu inulină și Martínez-Cervera (2012) substituind zahărul din brișe cu erythritol (Martínez-Cervera, de la Hera, et al., 2012a; Rodríguez-García et al., 2014b). În plus, scăderi ale înălțimii brișelor și prăjiturilor au obținut Majzoobi et al. (2018) și Nieto-Mazzocco et al. (2022) prin substituirea zahărului cu rebaudioside A, respectiv cu agavin-type fructans (Majzoobi et al., 2018; Nieto-Mazzocco et al., 2022).

La fel ca și în cazul înălțimii, volumul produsului final depinde de cantitatea de aer încorporată în aluat și de capacitatea aluatului de a reține acel aer pe parcursul coacerii (Majzoobi et al., 2018), zahărul favorizând acest proces. În cazul volumului, brișelor obținute prin substituirea zahărului cu piure de mere, acesta a scăzut odată cu creșterea procentului de zahăr substituit. Volumul brișelor preparate cu diferite niveluri de piure de mere ca substituent al zahărului împreună cu cel al brișei de control sunt prezentate în Figura 4.6.

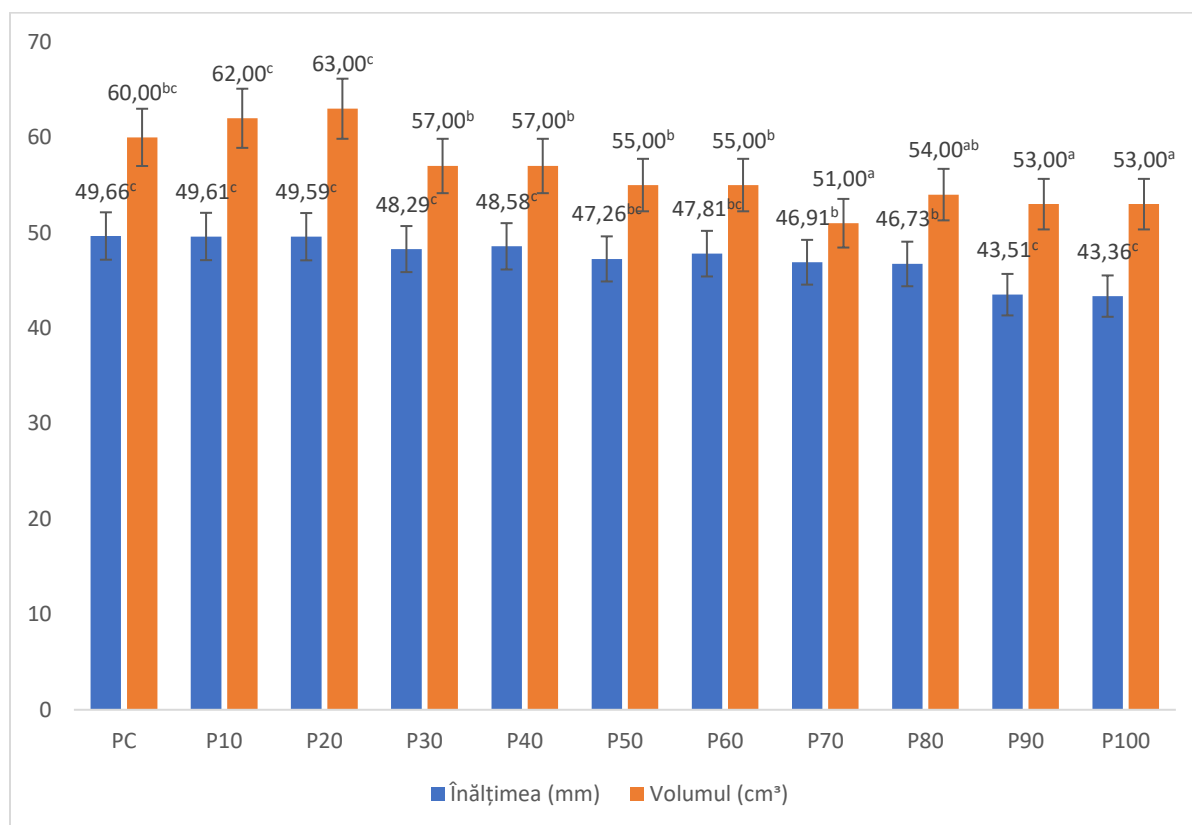


Figura 4.6. Reprezentarea grafică a valorilor înălțimii și volumului brișelor cu diferite niveluri de zahăr substituit

Probele în care zahărul a fost substituit în procent mai mare de 50% au prezentat valori ale volumului semnificativ mai mici ($p < 0,05$) față de proba de control. Încorporarea a unui număr mai mic de bule de aer și capacitatea redusă a aluatului de a reține a aerului în timpul coacerii duce la scăderea expansiunii brișelor fără zahăr (Gao et al., 2019). Scăderi ale volumului brișelor prin substituirea zahărului cu ștevie, erythritol sau a combinației de fibre (apple fiber/ wheat fiber/ pea fiber), sau apa și șteviozid au obținut și Gao et al. (2019), Martínez-Cervera et al. (2012), respectiv Struck et al. (2016) (Gao et al., 2019; Martínez-Cervera, de la Hera, et al., 2012b; Struck et al., 2016).

Pierderea în greutate la coacere se datorează evaporării apei pe parcursul acestui proces. În aluat, zahărul influențează semnificativ retenția de apă în timpul procesului de coacere, aceasta putându-se lega de moleculele de apă, împiedicând evaporarea acestora. De asemenea, zahărul

întârzie gelatinizarea amidonului, ceea ce duce la o retenție mai mare de apă de către amidon. Pierderea greutății la coacere a brișelor a crescut odată cu creșterea procentului de zahăr substituit cu piure de mere. Aceasta sugerează că piureul de mere are o capacitate mai mică de legare a apei comparativ cu zahărul, rezultând într-o evaporare mai mare a apei în timpul coacerii (Figura 4.7).

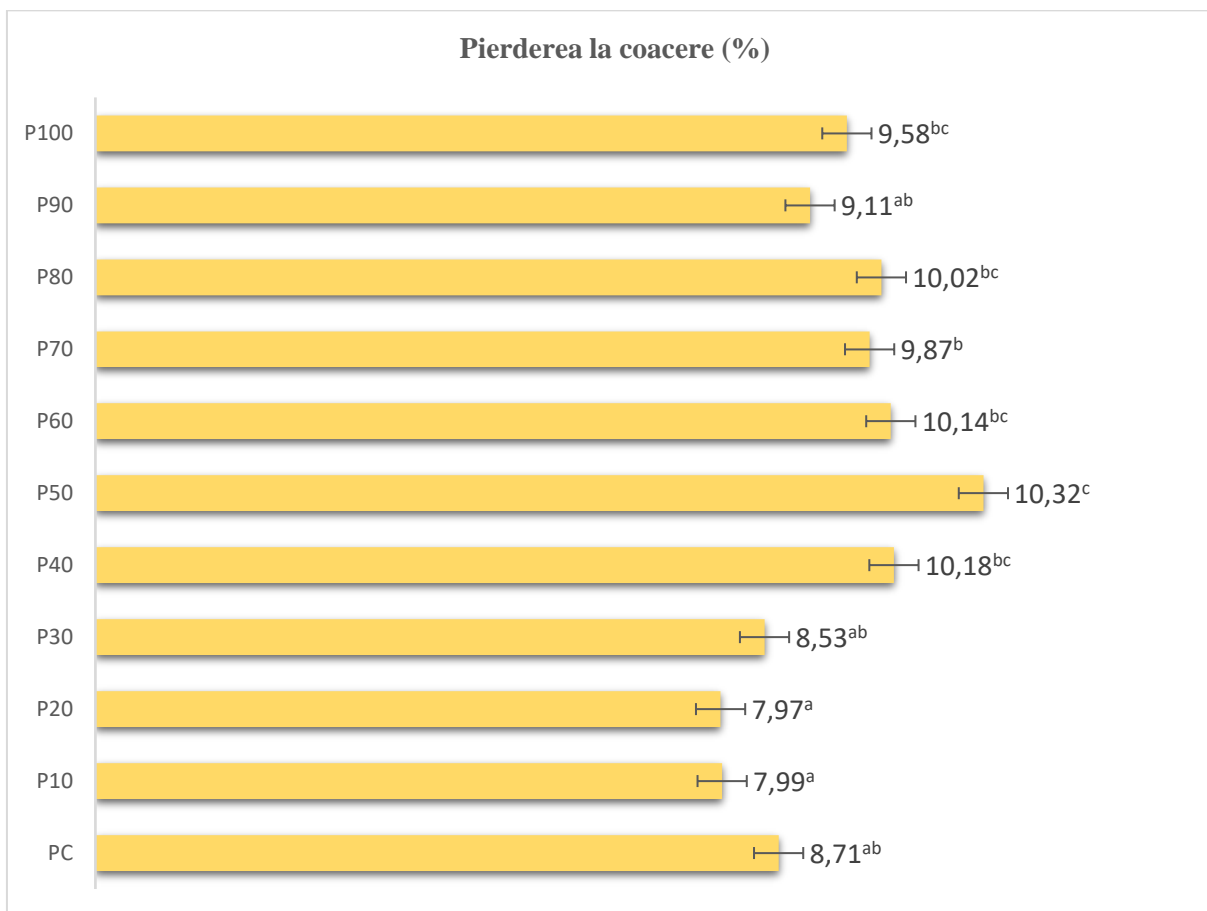


Figura 4.7. Reprezentarea grafică a pierderii la coacere a brișelor.

În cazul brișelor, textura este foarte importantă de luat în considerare. Brișele bine aerate și elastice sunt de înaltă calitate și proaspete (Marak et al., 2022). Un alt parametru important al texturii este coezivitatea care se referă la gradul de aderență a particulelor din produs, indicând cât de bine se leagă componentele structurale ale brișei.

Caracteristicile texturale ale brișelor au fost investigate prin analiza profilului textural, concentrându-se pe elasticitate și coezivitate. Rezultatele obținute ale acestor parametri sunt prezentate în Figura 4.8. Elasticitatea și coezivitatea sunt proprietăți importante care influențează textura și acceptabilitatea produsului de către consumatori. Elasticitatea se referă la capacitatea brișei de a-și recupera forma inițială după deformare, indicând textura aerată și pufoasă dorită de consumatori. Elasticitatea a variat între 0,464 (P40) și 0,733 (P10), iar proba cu valoarea coezivității cea mai apropiată de a probei de control a fost cea în care zahărul a fost substituit cu

piure de mere în procent de 20% (P20). Substituind zahărul din brișe cu ștevie, Gao (2019) a obținut, de asemenea, o scădere a elasticității produsului finit; Rodríguez-García(2014) a înlocuit zahărul din prăjituri cu inulină și a obținut o reducere a valorilor elasticității acestora.

Coezivitarea brișelor nu a prezentat valori semnificativ mai mari ($p < 0,05$) comparativ cu proba de control, rezultate similare obținând și Majzoobi et al. (2018) prin substituirea zahărului din brișe cu rebaudioside A. Coezivitarea probelor a variat între 1,001 și 1,011, iar probele P10, P20, P30 au prezentat aceeași valoare ca și a probei de control (Figura 4.8)

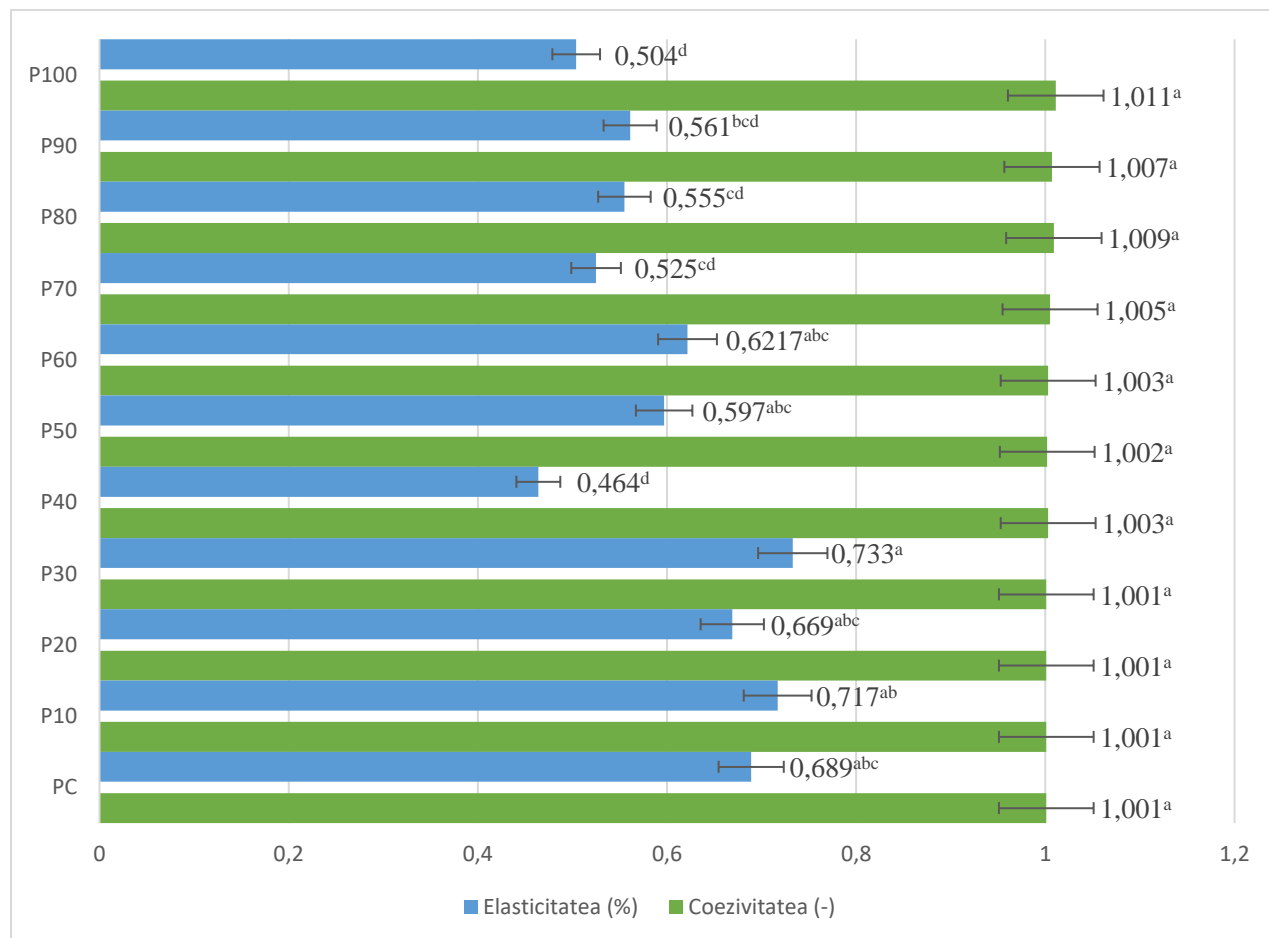


Figura 4.8. Reprezentarea grafică a valorilor coezivității și elasticității brișelor.

Culoarea brișelor este o caracteristică importantă care poate afecta acceptabilitatea produsului. Culoarea brișelor a variat în funcție de procentul de zahăr substituit. Efectele înlocuirii zahărului asupra culorii crustei și miezului brișelor sunt prezentate în Tabelul 4.2.

În acest studiu, s-a observat că odată cu creșterea procentului de zahăr substituit s-au obținut brișe cu crusta de culoare mai închisă (L^*) în comparație cu brișa martor, culoarea crustei brișelor reformulate fiind afectată de absența zahărului. Zahărul contribuie la caramelizare, favorizând formarea culorii maro-aurie a crustei (Struck et al., 2014). Variațiile de culoare se pot datora culorii mai închise a piureului de mere în comparație cu cea a zahărului alb, rezultate similare obținând Stavale (2019) prin substituirea zahărului din prăjituri cu piure de mere (Stavale

et al., 2019). De asemenea, Milner et al. (2020) au obținut valori scăzute pentru L* în cazul crustelor în care zahărul a fost substituit cu tescovina de mere (Milner et al., 2020).

Subtonurile crustei sunt reprezentate de valoarea a* (nuanță roșie) și b* (galbenă), iar cele ale miezului sunt reprezentate de valoarea a* (nuanță verde) și b* (galbenă).

Table 4.2. Parametrii de culoare ai crustei și miezului brișelor

Probă	Crustă			Miez		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
PC	47,18±0,02 ^a	15,08±0,06 ^a	38,02±0,06 ^a	68,94±0,05 ^c	-6,24±0,03 ^g	24,51±0,06 ^{fg}
P10	43,52±0,03 ^c	15,86±0,04 ^a	33,36±0,05 ^c	68,04±0,12 ^d	-5,48±0,32 ^{ef}	24,50±0,14 ^h
P20	42,85±0,04 ^d	15,53±0,03 ^b	31,37±0,12 ^d	69,12±0,07 ^c	-5,09±0,09 ^{ef}	24,98±0,51 ^{gh}
P30	46,85±0,02 ^b	15,34±0,02 ^c	34,17±0,07 ^b	69,54±0,06 ^b	-4,93±0,04 ^{de}	24,96±0,49 ^{gh}
P40	38,91±0,02 ^e	14,57±0,07 ^d	25,13±0,06 ^e	67,04±0,07 ^e	-4,47±0,04 ^{cd}	26,21±0,50 ^f
P50	35,89±0,01 ^g	13,63±0,04 ^e	21,17±0,08 ^g	65,04±0,06 ^g	-4,13±0,07 ^c	28,94±0,04 ^d
P60	34,81±0,05 ⁱ	11,58±0,02 ^f	19,82±0,06 ^h	65,91±0,04 ^f	-3,94±0,04 ^{bc}	30,73±0,03 ^c
P70	38,64±0,02 ^h	12,71±0,02 ^h	18,22±0,06 ⁱ	65,66±0,03 ^f	-2,71±0,03 ^a	27,98±0,01 ^e
P80	38,64±0,08 ^f	12,71±0,03 ^g	17,12±0,04 ^f	70,66±0,02 ^a	-3,45±0,04 ^b	34,81±0,01 ^a
P90	31,86±0,07 ^j	10,92±0,04 ⁱ	15,19±0,06 ^j	68,28±0,04 ^d	-5,11±0,01 ^{ef}	32,27±0,03 ^b
P100	35,85±0,05 ^g	13,74±0,04 ^e	20,93±0,10 ^g	62,83±0,17 ^h	-624±0,02 ^f	25,95±0,02 ^f

L* (luminozitate) reprezintă luminozitatea probei, variind de la 0 (negru) la 100 (alb); a* reprezintă variația de culoare de la verde (-) la roșu (+); b* reprezintă variația de culoare de la albastru (-) la galben (+). Valorile urmate de diferite litere superscript (a,b,c) sunt diferite din punct de vedere statistic la un nivel de încredere de 95%.

În probele în care s-a substituit între 0% și 50% din zahăr cu piure de mere, înălțimea și volumul brișelor, greutatea specifică a aluatului și pierderea la coacere nu au prezentat diferențe semnificative față de proba martor. În plus, modulele de elasticitate și vâscozitate în funcție de frecvență și de temperatură au prezentat valori asemănătoare cu cele ale probei martor până la un nivel de substituție de 50%.

În probele în care s-a substituit peste 50% din zahăr cu piure de mere, s-a observat o scădere semnificativă a înălțimii și volumului produselor, ceea ce poate afecta aspectul și textura finală. De asemenea, s-a constatat o creștere a pierderii la coacere și a greutateii specifice în aceleași condiții, iar valorile pentru modulele de elasticitate și vâscozitate în funcție de frecvență și de temperatură au fost influențate semnificativ. În ceea ce privește textura brișelor, coezivitatea nu a fost influențată semnificativ, dar în cazul elasticității, aceasta a scăzut semnificativ pentru probele cu procent de zahăr substituit de peste 50%.

Capitolul V, intitulat „*Studiu experimental privind utilizarea piureului de mere ca substituent al zahărului și a grăsimii din produsele de patiserie*” cuprinde optimizarea formulării brișelor prin utilizarea piureului de mere ca substituent pentru reducerea simultană a conținutului

de zahăr și grăsimi, cu obiectivul de a crește valoarea nutritivă și de a reduce valoarea energetică a produsului.

Piureul de mere poate fi utilizat ca substituent atât pentru zahăr, cât și pentru grăsimi în produsele de patiserie. Pe lângă multiplele substanțe nutritive pe care le conține piureul de mere, acesta este bogat în pectina, ceea ce face posibilă utilizarea lui ca substituent al zahărului și grăsimii din produsele de patiserie (ȘIRÎN, 2019).

Pectina este o polizaharidă naturală găsită în principal în pereții celulari ai plantelor, în special în fructe (citrice, mere etc)(Syra et al., 2024; Xu et al., 2022).

A fost analizat conținutul de pectină din piureul de mere utilizat ca substituent al zahărului și gradul de esterificare a acesteia. În urma analizei pectinei din merele utilizate s-a determinat ca aceasta este înalt metilată(HM) (Figura 5.1). Pectina (HM) are o absorbție puternică a apei, care nu numai că poate crește cantitatea de aluat, dar, îmbunătățește prospețimea, stabilitatea și moliciunea aluatului. Aluatul va avea o ductilitate mai bună, volumul de coacere al pâinii va crește prin menținerea gazului și stabilizarea structurii aluatului, iar procesul de învechire a produselor de patiserie va fi încetinit (Chandel et al., 2022).

Tabel 5.1. Conținutul de pectină și gradul de esterificare al pectinei din piureurile de mere

Probă	Pectină, %	Gradul de esterificare,%
Piure de mere crud	0,64	79,00
Piure de mere fiert	0,57	68,00

Pectina, are de asemenea, rol de emulgator contribuind la realizarea unei texturi cu coezivitate ridicată datorită prin capacitatea ei de legare a grupărilor hidrofile și hidrofobe din ingredientele produsului.

Programul Design Expert v11 (versiunea de încercare, Stat-Ease, Minneapolis, Minnesota, MN, SUA) a generat 16 probe ca fiind reprezentative. Pentru modelarea rezultatelor a fost utilizată Metodologia suprafeței de răspuns.

Utilizând experimentul Optimal (Custom), au fost studiate efectele celor trei variabile independente (procent de zahăr substituit, procent de ulei substituit, temperatura de coacere) asupra texturii brișelor (duritate, masticabilitate și coezivitate), proprietăților fizice (înălțimea brișei, volumul și pierderea la coacere) și asupra proprietăților senzoriale ale brișelor. Cei trei factori au variat astfel: procentul de zahăr substituit (ZS%) și, procentul de ulei substituit (US%) au variat de la 25% la 100%, iar temperatura de coacere (T) a variat între 180 – 220 °C. Nivelurile codificate ale variabilelor de proiectare sunt prezentate în Tabelul 5.2.

Tabel 5.2. Nivele ale variabilelor independente în modelul experimental Box-Behnken privind influența procentul de zahăr substituit (ZS%), procentul de ulei substituit (US%) temperatura de coacere (T) asupra proprietăților brișelor

Variabilă	-1	-0,33	0	0,33	1
Procent de zahăr substituit, %	25	50	-	75	100
Procent de ulei substituit, %	25	50	-	75	100

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

Temperatura de coacere, °C	180	-	200	-	220
----------------------------	-----	---	-----	---	-----

Experimentul Optimal (Custom), rezultat în urma stabilirii matricei experimentale, a cuprins 16 experimente. Valorile reale ale factorilor utilizați în programarea experimentului privind influența procentul de zahăr substituit (ZS%), procentul de ulei substituit (US%) temperatura de coacere (T) asupra proprietăților brișelor sunt prezentate în Tabelul 5.3.

Tabel 5.3. Valorile reale ale factorilor utilizați în programarea experimentului privind influența procentul de zahăr substituit (ZS%), a procentul de ulei substituit (US%), a temperaturii de coacere (T) asupra proprietăților brișelor

Proba	Valori reale		
	ZS (%)	US (%)	T (°C)
1	75	25	200
2	25	75	200
3	75	25	200
4	75	75	220
5	75	75	220
6	100	25	220
7	100	100	200
8	50	50	180
9	25	25	180
10	100	50	180
11	25	25	200
12	25	25	220
13	25	75	200
14	25	100	220
15	100	50	200
16	50	100	180

ZS – Zahăr Substituit, US – Ulei Substituit, T – Temperatura

Pentru substituirea zahărului și grăsimii din brișe a fost ales piureul fiert, obținut după metoda descrisă de Huțu și Amariei (2024), datorită stabilității sale microbiologice, respectând limitele stabilite de reglementările Food Safety and Standard Regulations (FSSAI), legislația europeană și Food and Drug Administration (FDA) în ceea ce privește prezența microorganismelor, precum: Salmonella, Clostridium botulinum, Enterococcus, drojdii, mucegaiuri, numărul total de germeni, Bacillus cereus, Escherichia coli și coliformi (Dana & Sonia, 2024).

Studiul efectelor substituirii zahărului și grăsimii cu piure de mere asupra proprietăților texturale ale brișelor

Testul "lack of fit" ne semnificativ indică o potrivire bună a modelului, valoarea p mică ($p < 0,05$) indică faptul că există o diferență semnificativă între grupuri sau factori, iar R^2 ridicat

sugerează că modelul explică majoritatea variabilității. Astfel, pentru a reprezenta evoluția durității, masticabilității și coezivității brișelor a fost ales modelul polinom pătratic.

Pe baza pe rezultatelor analizei de variație (ANOVA), modelul este eficient în explicarea și predicția variației parametrilor texturali ai brișelor și anume duritatea, masticabilitatea și coezivitatea. Corelația dintre valorile experimentale (actuale) și cele predictibile ale variabilelor de răspuns sunt prezentate în Tabelul 5.6.

Tabel 5.6. Modelul Optimal (Custom) cu valorile experimentale și predictibile pentru duritatea, masticabilitatea și coezivitatea brișelor

P	Variabile independente			Valori experimentale			Valori predictibile		
	ZS, %	US, %	T, °C	Duritate, N	Masticabilitate, N	Coezivitate, -	Duritate, N	Masticabilitate, N	Coezivitate, -
1	75	25	200	7,86	5,51	0,63	7,97	5,54	0,63
2	25	75	200	8,3	6,01	0,71	8,41	5,90	0,71
3	75	25	200	8,08	5,59	0,64	7,97	5,54	0,63
4	75	75	220	8,85	5,62	0,69	8,70	5,59	0,68
5	75	75	220	8,52	5,53	0,67	8,70	5,59	0,68
6	100	25	220	7,13	6,01	0,79	7,11	5,98	0,79
7	100	100	200	7,49	5,57	0,67	7,46	5,52	0,67
8	50	50	180	8,44	5,85	0,63	8,36	5,78	0,63
9	25	25	180	7,51	4,88	0,65	7,53	4,89	0,64
10	100	50	180	7,36	6,23	0,63	7,38	6,23	0,63
11	25	25	200	8,19	5,47	0,63	8,19	5,49	0,63
12	25	25	220	8,73	6,22	0,65	8,72	6,21	0,4
13	25	75	200	8,52	5,83	0,73	8,41	5,90	0,71
14	25	100	220	8,13	5,09	0,71	8,11	5,08	0,71
15	100	50	200	7,59	5,99	0,7	7,59	6,05	0,69
16	50	100	180	7,99	6,01	0,71	8,01	6,05	0,70

ZS – Zahăr Substituit, US – Ulei Substituit, T – Temperatura

Pentru a face predicții despre duritatea, masticabilitatea și coezivitatea brișelor, studiate pentru nivelurile fiecărui factor, pot fi utilizate ecuațiile factorilor codificați (5.3, 5.4, 5.5). Analizând ecuațiile 5.3, 5.4, 5.5 corespunzătoare modelului pentru fiecare factor, se observă o ierarhizare a factorilor semnificativi în ordinea importanței impactului lor asupra durității, masticabilității și coezivității brișelor.

$$\text{Duritatea (N)} = 8,81444 - 0,399673 \times \text{ZS} + 0,0348701 \times \text{US} + 0,288479 \times \text{T} + 0,218658 \times \text{ZS} \times \text{US} - 0,186782 \times \text{ZS} \times \text{T} - 0,120904 \times \text{US} \times \text{T} - 0,68025 \times \text{ZS}^2 - 0,52308 \times \text{US}^2 - 0,0662622 \times \text{T}^2 \quad (5.3)$$

$$\text{Masticabilitatea (N)} = 5,93033 + 0,0587074 \times \text{ZS} - 0,0450006 \times \text{US} - 0,100777 \times \text{T} - 0,0337358 \times \text{ZS} \times \text{UZ} - 0,207557 \times \text{ZS} \times \text{T} - 0,550314 \times \text{US} \times \text{T} + 0,0881037 \times \text{ZS}^2 - 0,472288 \times \text{US}^2 + 0,0571753 \times \text{T}^2 \quad (5.4)$$

$$\text{Coezivitarea } (I) = 0,643195 - 0,00534385 \times \text{ZS} + 0,0214696 \times \text{US} + 0,0177404 \times \text{ZS} - 0,0362734 \times \text{ZS} \times \text{US} + 0,0426371 \times \text{ZS} \times \text{T} - 0,0254079 \times \text{US} \times \text{T} + 0,0521497 \times \text{ZS}^2 - 0,00429425 \times \text{US}^2 + 0,00680574 \times \text{T}^2 \quad (5.5)$$

Cel mai mare efect pozitiv asupra durității (ecuația 5.3) îl are termenul liniar T, urmat de interacțiunea dintre termenii liniari $\text{ZS} \times \text{US} >$ termenul linear US. Pe de altă parte, responsabil de cel mai mare efect negativ asupra durității este termenul pătratic US^2 , urmată de termenul pătratic $\text{US}^2 >$ termenul liniar $\text{ZS} >$ ZS^2 , respectiv interacțiunea termenilor liniari $\text{ZS} \times \text{T}$, $\text{US} \times \text{T}$ și termenul pătratic T^2 .

În ceea ce privește masticabilitatea (ecuația 5.4), cel mai mare efect pozitiv îl are termenul pătratic ZS^2 , urmat de termenul liniar $\text{ZS} >$ T^2 , iar cel mai mare efect negativ îl are interacțiunea termenilor liniari $\text{US} \times \text{T}$, urmată de termenul pătratic $\text{US}^2 >$ interacțiunea termenilor liniari $\text{ZS} \times \text{T} >$ $\text{ZS} \times \text{US}$, urmată de termenul pătratic US^2 .

În cazul coezivității (ecuația 5.5), efectul pozitiv cu cel mai mare impact este reprezentat de termenul pătratic ZS^2 , urmată de termenii liniari $\text{US} >$ $\text{ZS} >$ $\text{ZS} \times \text{T}$. De cealaltă parte, efectul negativ cu cel mai mare impact îl are interacțiunea termenilor liniari $\text{ZS} \times \text{T}$, urmată de termenii liniari $\text{US} >$ ZS .

În ceea ce privește substituirea zahărului și uleiului din brișe cu piure de mere, duritatea nu a prezentat diferențe semnificative ($p < 0.01$), rezultat similar obținut și de Psimouli & Oreopoulou (2013) în urma substituirii grăsimii din prăjituri cu inulină și pectină (Psimouli & Oreopoulou, 2013). Duritatea a prezentat o creștere în cazul probelor în care procentul de substituție a fost în jurul valorii de 50%, variație asemănătoare obținând și Belorio et al. (2019) în cazul prăjiturilor în care grăsimea a fost substituită cu fibre de Psyllium și Majzoobi et al. (2018) care a substituit zahărul și grăsimea din prăjituri cu rebaudioside A și inulină (Belorio et al., 2019; Majzoobi et al., 2018b). Pectina din piureul de mere, utilizat ca substituent pentru zahăr și grăsime, a contribuit la obținerea unei durități apropiate de cea a probei martor, rezultate similare obținând și Lim et al. (2014) prin utilizarea pectinei ca substituent (Lim et al., 2014).

Masticabilitatea a crescut odată cu creșterea procentului substituie, rezultate similare obținând Arifin et al. (2019) și Eslava-Zomeño et al. (2016).

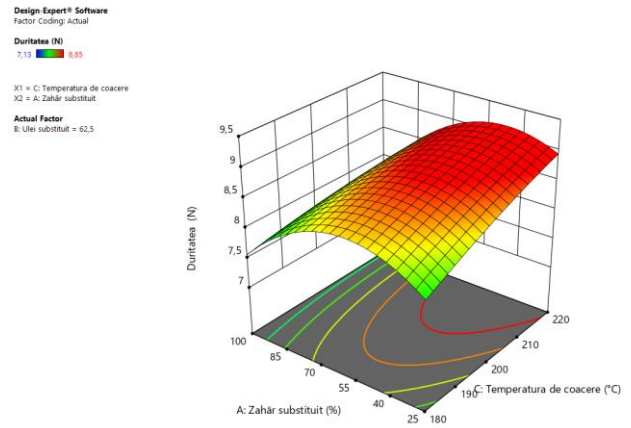
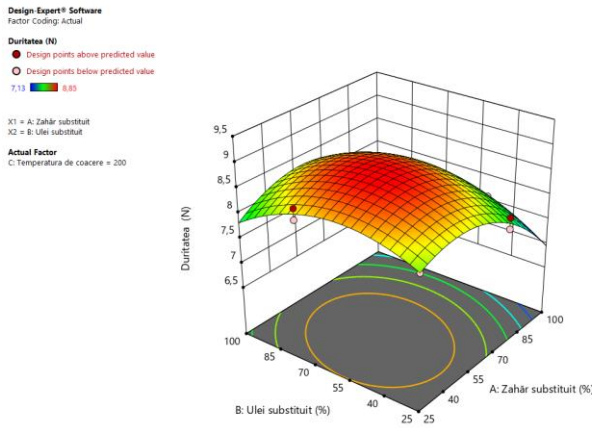
Coezivitarea caracterizează măsura în care brișele își mențin structura compactă și uniformă. Coezivitarea este importantă pentru percepția senzorială a brișei, influențând modul în care aceasta se descompune în gură și senzația generală de masticare. Coezivitarea poate fi influențată de macronutrienți, astfel: proteina, mai exact glutenul, joacă un rol esențial, formând o rețea elastică care ține împreună ingredientele, grăsimea influențează coezivitarea prin lubrifierea și înmuierea structurii, iar zahărul poate influența coezivitarea prin absorbția de umiditate și contribuie la caramelizare în timpul coacerii. În cazul brișelor în care s-a substituit parțial sau total atât zahărul, cât și grăsimea, datorită conținutului de pectină din piureul de mere, coezivitarea nu a prezentat modificări semnificative ($p < 0.01$), rezultate similare obținând și Zahn et al. (2010) în brișele în care s-a substituit grăsimea cu inulină (Zahn et al., 2010). Pectina înalt metilată din piureul de mere utilizat contribuie la obținerea unei texturi mai pufoase și la creșterea volumului produselor coapte, deoarece rețeaua de gel formată poate reține bulele de aer create în timpul procesului de coacere (Psimouli & Oreopoulou, 2013).

De asemenea, pectina interacționează cu proteinele și amidonul din făină, influențând comportamentul acestora în timpul coacerii, formând un complex cu proteinele, modificând rețeaua de gluten și influențând textura finală a produsului.

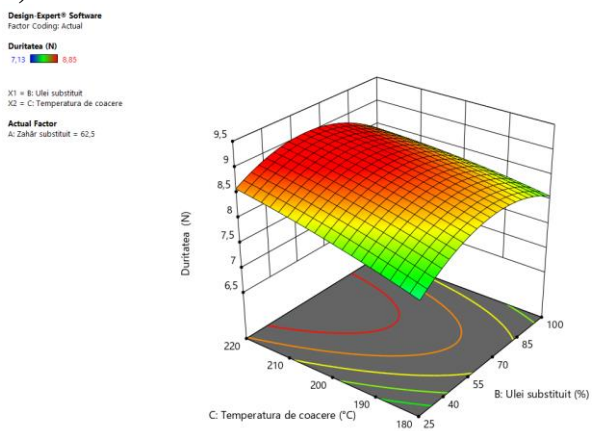
Cercetări privind îmbunătățirea caracteristicilor fizice, texturale și senzoriale ale produselor de patiserie cu conținut scăzut de zaharuri și grăsimi

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

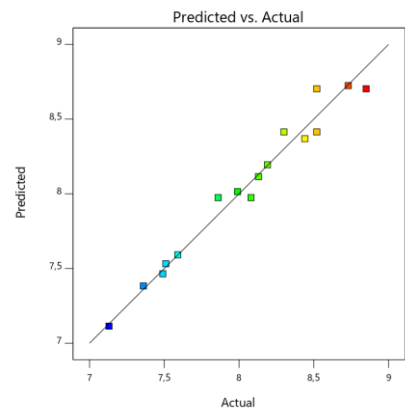
Prin realizarea și examinarea reprezentărilor grafice tridimensionale (Figura 5.7), se observa influența factorilor asupra durității, masticabilității și coezivității brișelor.



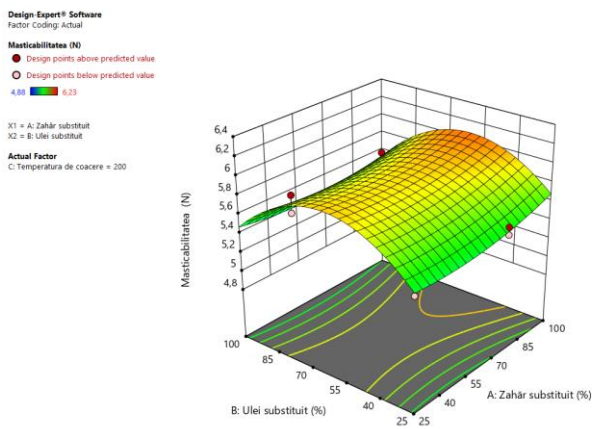
a)



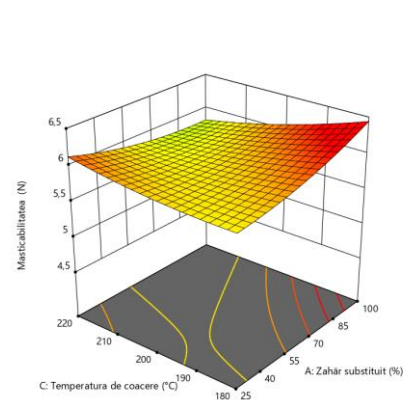
b)



c)



d)



e)

f)

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

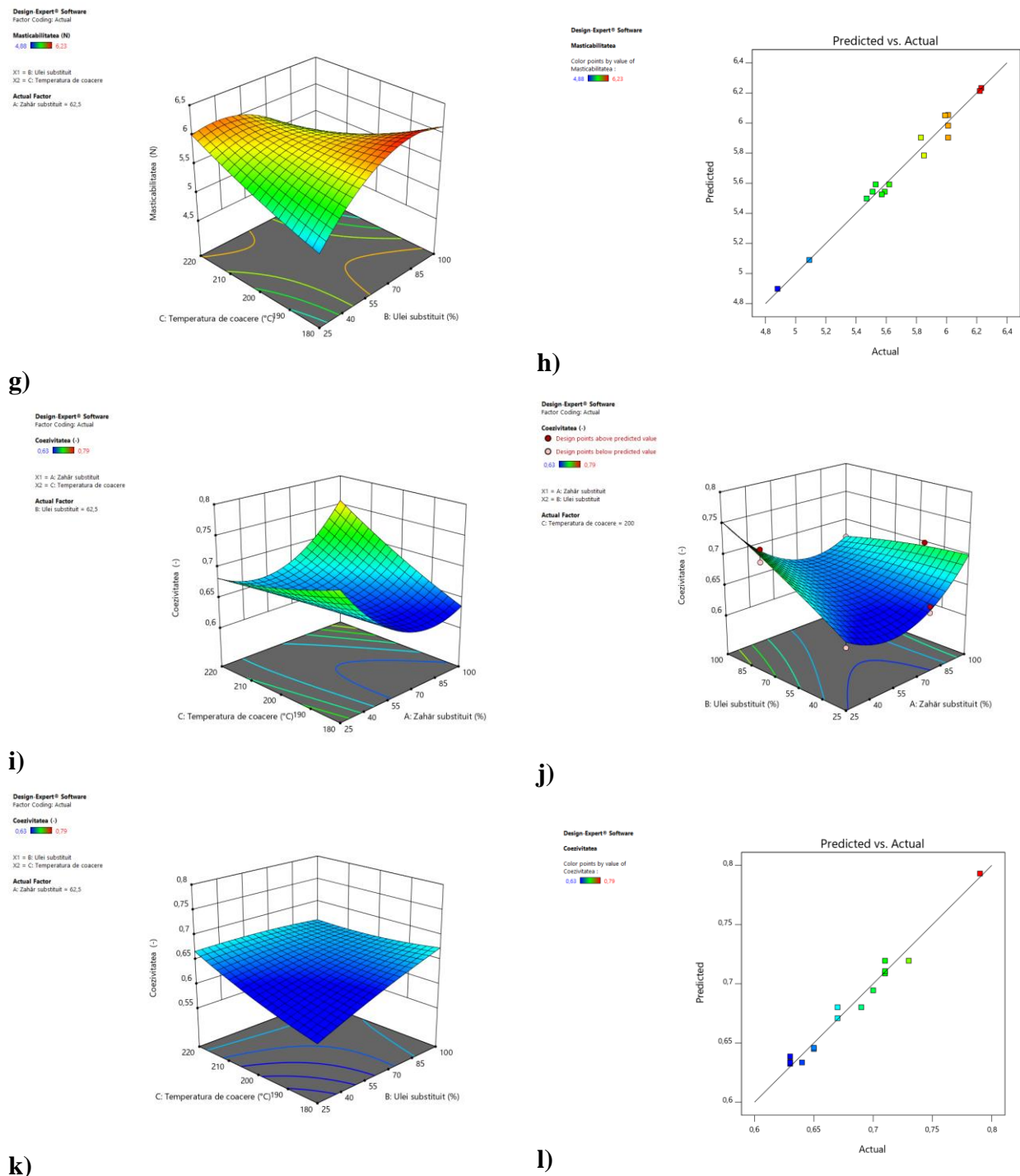


Figura 5.7. Reprezentarea grafică tridimensională a suprafețelor de răspuns pentru duritate (a-c), masticabilitate (e-g) și coezivitate (i-k) în dependență de procentul de zahăr substituit, procentul de ulei substituit și temperatura de coacere; valorile predictibile vs valorile experimentale pentru duritate (d), masticabilitate (h) and coezivitate (l)

Studiul efectelor substituirii zahărului și grăsimii cu piure de mere asupra proprietăților fizice ale brișelor

Pentru a reprezenta evoluția înălțimii, volumului și pierderii la coacere a brișelor a fost ales modelul polinom pătratic. Pe baza rezultatelor analizei de variație (ANOVA), modelul este potrivit în explicarea și predicția variației înălțimii, volumului brișelor și pierderii la coacere.

Produsele de patiserie cu înălțime și volum mari tind să fie percepute ca având o textură mai poroasă și mai moale. Aceste caracteristici contribuie la acceptabilitatea lor mai mare din punct de vedere senzorial (Majzoobi et al., 2018a). Zahărul și grăsimea pot întârzia procesul de gelatinizare a amidonului în timpul coacerii. Această întârziere permite expansiunea adecvată a bulelor de aer înainte ca structura prăjiturii să se întărească complet. Contribuie la menținerea unei texturi moi și ușoare, împiedicând formarea unei rețele de amidon prea rigide prea devreme în timpul coacerii (Majzoobi et al., 2018a).

Datorită capacității pectinei de a menține volumul produselor în care este incorporată, pectina fiind și un bun emulgator, substituirea zahărului și grăsimii cu piure de mere nu a prezentat modificări semnificative ($p < 0.01$) asupra înălțimii și volumului brișelor, rezultate similare fiind obținute de Majzoobi et al. (2018) prin substituirea zahărului și grăsimii cu rebaudioside A și inulină (Majzoobi et al., 2018a). De asemenea, rezultate similare pentru înălțimea brișelor au obținut Zahn et al. și Arifin et al. (2019) substituind grăsimea din compoziția brișelor cu inulină, respectiv piure de dovleac (Arifin et al., 2019; Zahn et al., 2010).

Efectul pozitiv cu cel mai mare impact asupra înălțimii brișelor (ecuația 5.6) îl are interacțiunea dintre termenii liniari $ZS \times T$, urmat de interacțiunea dintre termenii liniari $US \times T$, termenul pătratic $ZS^2 >$ termenul liniar T . Efect negativ asupra înălțimii brișelor au avut interacțiunea factorilor liniari $ZS \times US >$ termenul pătratic $US^2 >$ termenul liniar $ZS >$ termenul pătratic $T^2 >$ termenul linear US .

În ceea ce privește volumul brișelor (ecuația 5.7), efectul pozitiv cu cel mai mare impact îl are interacțiunea termenilor liniari $ZS \times T > ZS \times US$, urmat de termenii pătratici $ZS^2 > T^2$. De cealaltă parte, efectul negativ cu cel mai mare impact îl are termenul liniar ZS , urmat de $US \times T > US > T$.

În cazul pierderii la coacere (ecuația 5.8), efectul pozitiv cu cel mai mare impact îl are termenul pătratic $\times US^2$, urmat de termenul pătratic $ZS^2 >$ termenul linear $US >$ termenul pătratic $T^2 >$ termenul liniar ZS și interacțiunile termenilor liniari $ZS \times US$. Pe de altă parte, efectul negativ cu cel mai mare impact îl are interacțiunea termenilor liniari $ZS \times T > US \times T$, urmat de termenul liniar T .

$$\begin{aligned} \text{Înălțimea (mm)} = & 47,2798 - 0,810815 \times ZS - 0,308171 \times US + 0,183287 \times T - 1,3296 \times ZS \times US \\ & + 0,818677 \times ZS \times T + 0,409682 \times US \times T + 0,21004 \times ZS^2 - 1,29135 \times US^2 - 0,661732 \times T^2 \end{aligned} \quad (5.6)$$

$$\begin{aligned} \text{Volumul (cm}^3\text{)} = & 54,8599 - 2,54607 \times ZS - 0,699046 \times US - 0,131807 \times T + 0,472414 \times ZS \times US \\ & + 0,730254 \times ZS \times T - 1,00846 \times US \times T + 0,251973 \times ZS^2 - 1,38612 \times US^2 + 0,141383 \times T^2 \end{aligned} \quad (5.7)$$

$$\begin{aligned} \text{Pierdere la coacere (\%)} = & 7,09273 + 0,22516 \times ZS + 0,375521 \times US - 0,00243187 \times T + \\ & 0,0329812 \times ZS \times US - 0,472954 \times ZS \times T - 0,027098 \times US \times T + 1,2777 \times ZS^2 + 1,47193 \times US^2 \\ & + 0,259555 \times T^2 \end{aligned} \quad (5.8)$$

În Tabelul 5.8 este prezentată corelația dintre valorile experimentale (actuale) și cele predictibile ale variabilelor de răspuns pentru înălțimea, volumul și pierderile de coacere ale brișelor

Table 5.8. Modelul Optimal (Custom) cu valorile experimentale și predictibile pentru înălțimea, volumul și pierderile de coacere ale brișelor

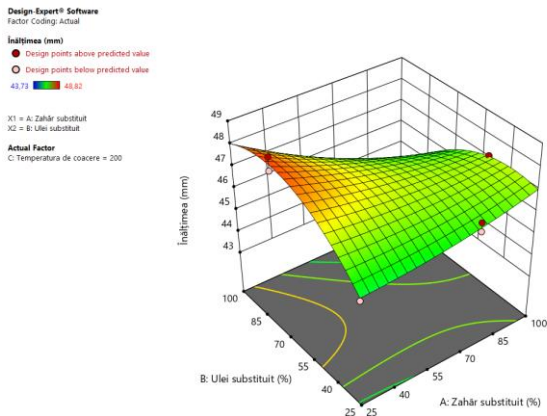
P	Variabile independente			Valori experimentale			Valori prezise		
	ZS, %	US, %	T, °C	Înălțime, mm	Volumul, cm ³	Pierdere la coacere, %	Înălțime, mm	Volumul, cm ³	Pierdere la coacere, %
1	75	25	200	46,72	54	7,96	46,49	53,19	8,40
2	25	75	200	48,82	58	7,91	48,50	57,11	8,42
3	75	25	200	46,33	53	8,73	46,49	53,19	8,40
4	75	75	220	47,02	54	7,41	46,57	53,62	7,69
5	75	75	220	46,15	53,5	8,04	46,57	53,62	7,69
6	100	25	220	46,91	53	9,55	46,96	53,15	9,47
7	100	100	200	43,73	51	10,46	43,75	50,95	10,48
8	50	50	180	46,83	55,2	7,33	46,95	56,05	7,30
9	25	25	180	46,46	58	8,89	46,37	57,44	9,04
10	100	50	180	45,56	52	9,46	45,55	51,69	9,35
11	25	25	200	45,86	56,5	9,60	45,99	57,44	9,27
12	25	25	220	44,33	58	9,88	44,28	57,73	10,03
13	25	75	200	48,23	57	8,89	48,50	57,11	8,42
14	25	100	220	47,11	53	10,67	47,14	53,37	10,66
15	100	50	200	47,11	52	8,46	47,08	52,49	8,62
16	50	100	180	45,46	55	9,13	45,44	55,02	9,13

ZS – Zahăr substituit, US – Ulei substituit, T – Temperatura

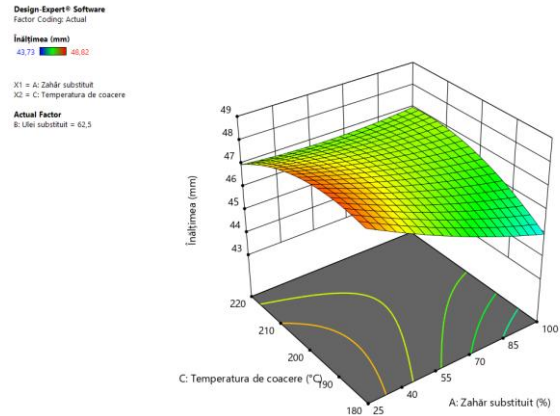
Pentru o înțelegere avansată a influenței factorilor asupra înălțimii, volumului și pierderii la coacere a brișelor, s-au realizat și analizat reprezentările grafice tridimensionale din Figura 5.8.

Cercetări privind îmbunătățirea caracteristicilor fizice, texturale și senzoriale ale produselor de patiserie cu conținut scăzut de zaharuri și grăsimi

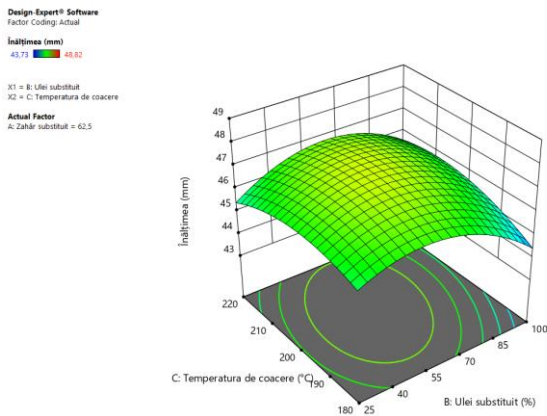
REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT



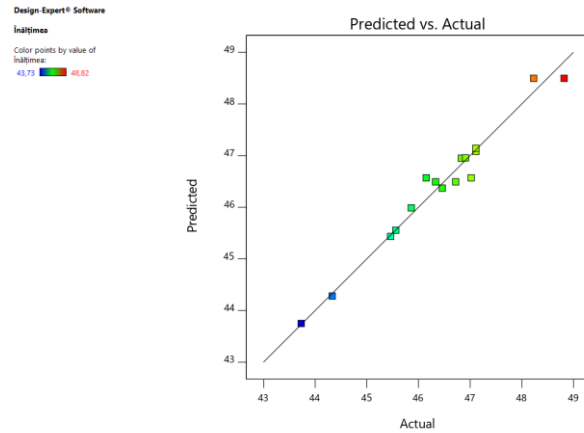
a)



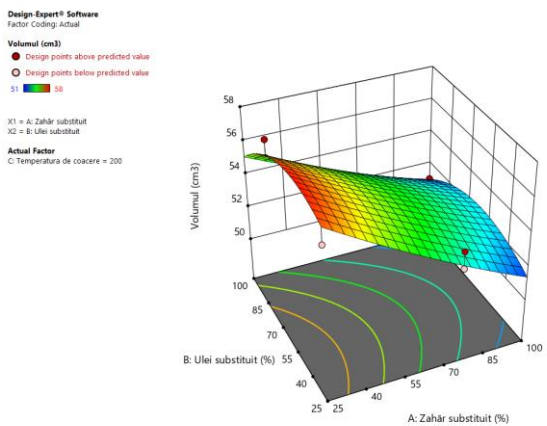
b)



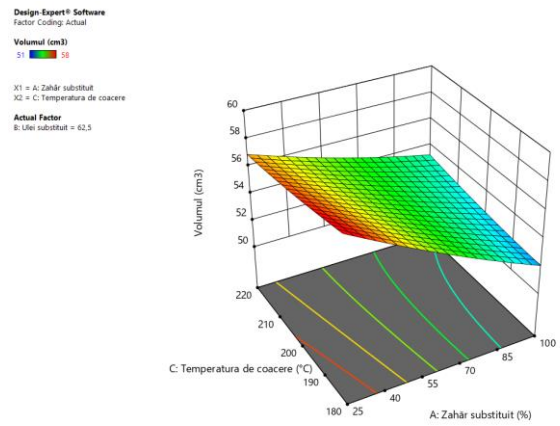
c)



d)



e)



f)

Cercetări privind îmbunătățirea caracteristicilor fizice, texturale și senzoriale ale produselor de patiserie cu conținut scăzut de zaharuri și grăsimi

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

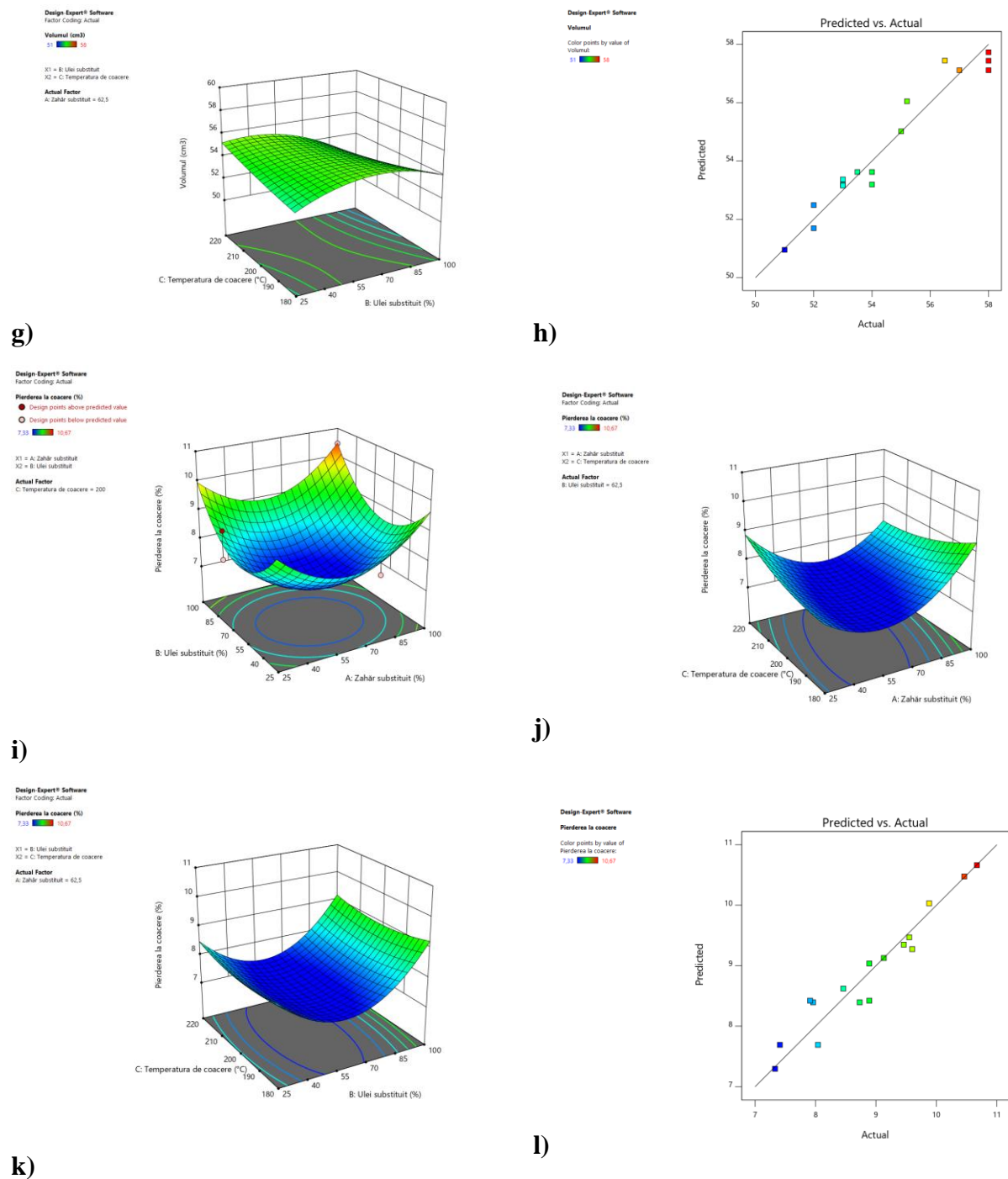


Figura 5.8. Reprezentarea grafică tridimensională a suprafețelor de răspuns pentru înălțimea (a-c), volumul (e-g) și pierderea greutatei la coacere (i-k) în dependență de procentul de zahăr substituit, procentul de ulei substituit și temperatura de coacere; valorile prezise vs. valorile experimentale pentru înălțime (d), volum (h) și pierderea la coacere (l)

Aceste grafice au fost utilizate pentru a vizualiza și evalua modul în care variabilele independente (zahărul, uleiul, temperatura) influențează rezultatele experimentale (înălțimea,

volumul și pierderea greutateii), precum și pentru a verifica precizia modelului de predicție față de datele experimentale.

Studiul efectelor substituirii zahărului și grăsimii cu piure de mere asupra caracteristicilor senzoriale ale brișelor

Impactul utilizării piureului de mere ca substituent al zahărului și al grăsimii în brișe poate prezenta variabilitate în funcție de cantitatea substituită. Rezultatele au arătat că substituirea parțială sau totală a zahărului și grăsimii din brișe nu a afectat semnificativ caracteristicile senzoriale (aspect, culoare, miros, gust, textură, acceptabilitate) ale acestora, ci încorporarea piureului de mere ca înlocuitor al zahărului sau grăsimii din brișe a produs o experiență senzorială îmbunătățită.

Analiza senzorială a fost realizată cu ajutorul scalei hedonice cu 9 puncte, iar reprezentarea rezultatelor este redată printr-o diagramă de tip păianjen (Figura 5.9).

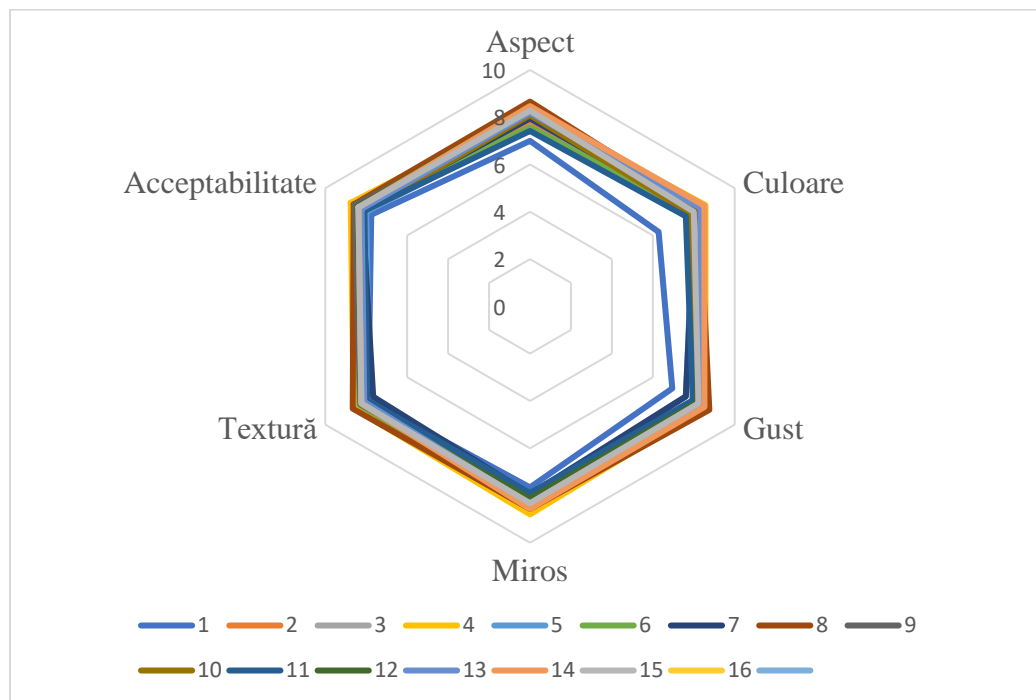


Figura 5.9. Graficul cu atributele senzoriale descriptive ale brișelor cu sau fără adăugare de piure de mere ca substituent al zahărului și grăsimii

Optimizarea procesului de obținere a brișelor cu conținut scăzut de zahăr și grăsimi

Optimizarea a fost efectuată pentru a obține brișe cu proprietăți texturale, fizice și senzoriale acceptabile pentru consumatori. O funcție de optimizare numerică a fost utilizată pentru a găsi o compoziție care oferă simultan dezirabilitatea maximă pentru atributele alese, adică valori maxime pentru procentul de zahăr și de grăsime substituit (Figura 5.10).

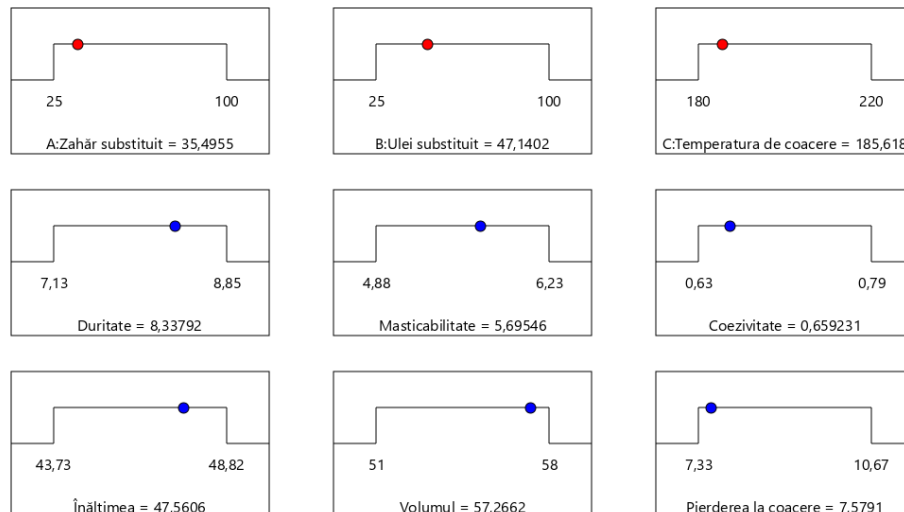


Figura 5.10. Valori ale variabilelor independente pentru obținerea unor brișe cu proprietăți texturale și fizice optime

Luând în considerare toate caracteristicile de calitate și urmând procedura de optimizare a programului Design Expert în care nivelurile de includere a zahărului și grăsimii au fost minimizate și nivelurile de includere a piureului de mere maximizate a fost predictibilă o formulare de brișe în care zahărul și grăsimea sunt substituite în procent de 35,49%, respectiv 47,14%, iar temperatura de coacere este de 185,61 °C (Figura 5.8).

Studiul efectelor substituirii zahărului și grăsimii cu piure de mere asupra comportamentului reologic al aluatului de brișe

Caracteristicile reologice ale aluatului de brișe, obținute prin măsurători reologice dinamice, sunt esențiale pentru înțelegerea comportamentului acestora în timpul procesului de fabricație, precum și pentru evaluarea texturii și calității produsului finit. Aluatul trebuie să fie optim vâcos pentru a capta bulele de gaz în timpul amestecării și a le reține în timpul coacerii (Bala et al., 2019). Măsurătorile reologice dinamice permit analiza vâscoelasticității aluatului, adică proprietățile lui de a se comporta atât ca un solid elastic, cât și ca un fluid vâcos. Principalele caracteristici reologice analizate prin măsurători dinamice au fost: modulul de elasticitate (G') și modulul de vâscozitate (G'') cu frecvența, respectiv modulul de elasticitate (G') și modulul de vâscozitate (G'') cu temperatura (Aydogdu et al., 2018; Bala et al., 2019).

Modulul de elasticitate (G') reprezintă componenta elastică a aluatului, adică energia stocată în material în timpul deformării care poate fi recuperată ulterior (Figura 5.11, Figura 5.12). Valorile mai ridicate ale modulului de elasticitate (G') indică un aluat mai elastic, cu o structură bine definită și stabilă. Modulul de vâscozitate reprezintă componenta vâscoasă, adică energia disipată sub formă de căldură în timpul deformării. Valorile mai ridicate ale modulului de elasticitate (G') sugerează un comportament mai fluid al aluatului, ceea ce înseamnă că materialul se deformează mai ușor și are un grad mai mare de relaxare.

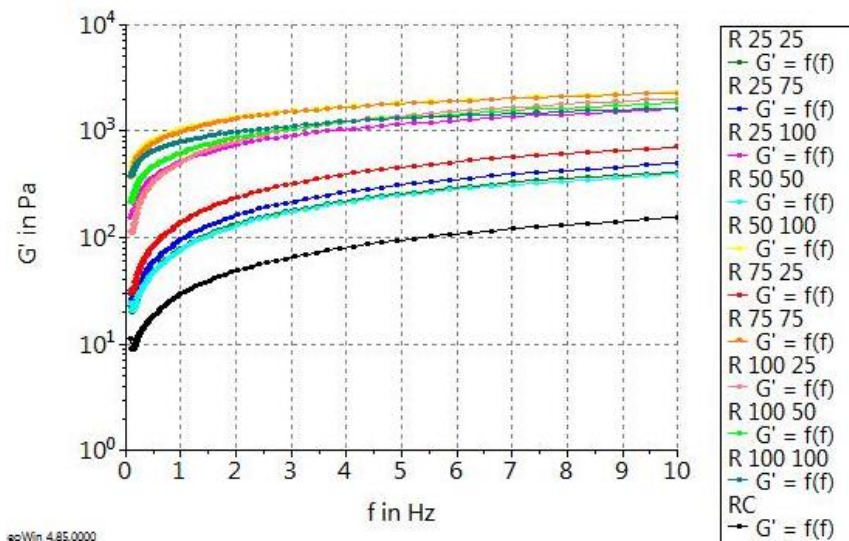


Figura 5.11. Efectul substituirii zahărului și grăsimii din aluatul de brișe asupra modulului de elasticitate cu frecvența

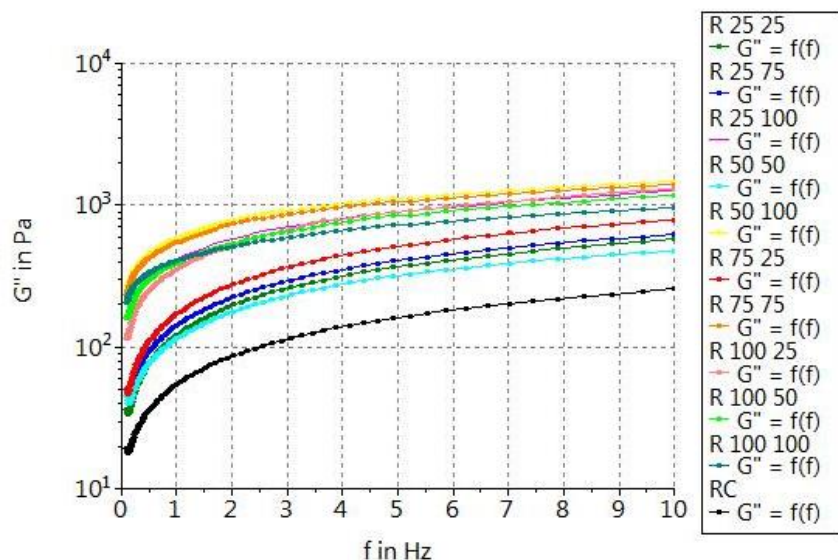


Figura 5.12. Efectul substituirii zahărului și grăsimii din aluatul de brișe asupra modulului de vâscozitate cu frecvența

În toate probele, atât valorile G' cât și G'' au crescut cu frecvența. Toate alaturile de brișe în care s-au substituit parțial sau total zahărul și grăsimea prezintă un modul de elasticitate și de vâscozitate mai mare decât cel al probei de control. Substituirea zahărului și grăsimii cu piure de mere, cu un conținut ridicat de fibre (pectină) a avut un efect semnificativ asupra proprietăților viscoelastice ale aluatului. Pe măsură ce conținutul de fibre a crescut, valorile ambelor module au crescut.

Analiza reologică poate identifica punctele de tranziție ale aluatului, cum ar fi schimbările care au loc în timpul procesului de încălzire (Figura 5.13, Figura 5.14). Aceste puncte sunt

importante pentru a înțelege cum aluatul își pierde fluiditatea și dobândește o structură stabilă în timpul coacerii.

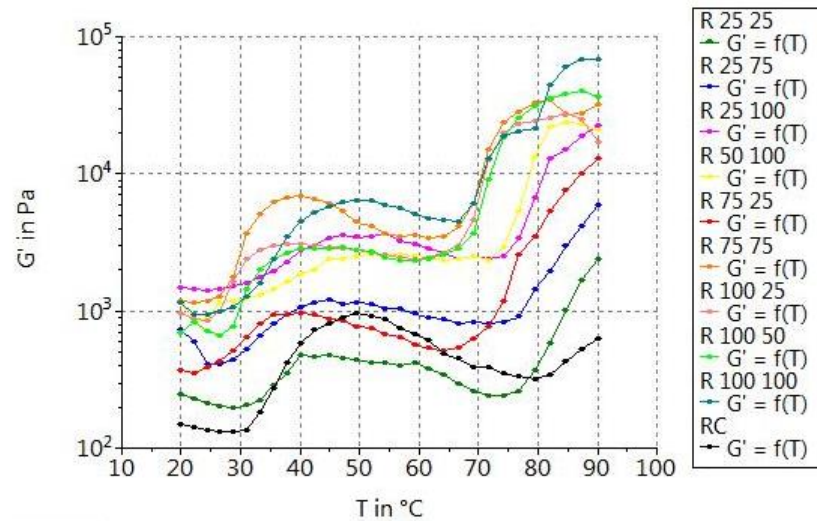


Figura 5.13. Efectul substituirii zahărului și grăsimii din aluatul de brișe asupra modului de elasticitate cu temperatura

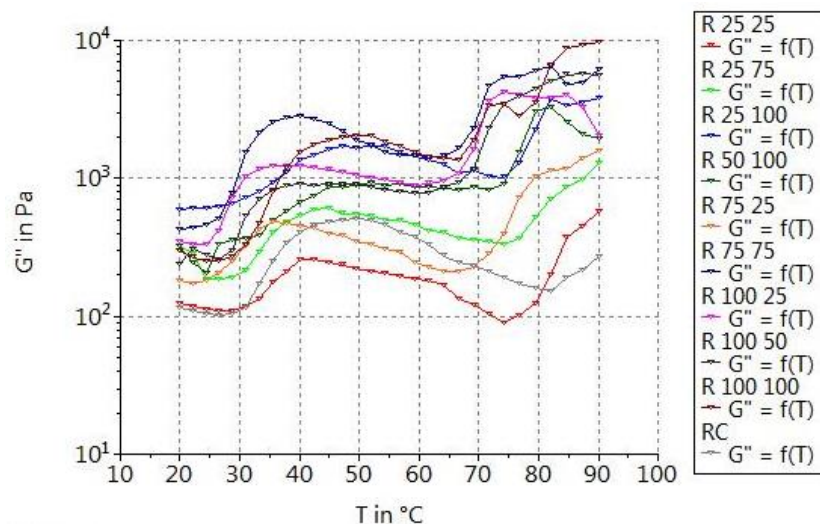


Figura 5.14. Efectul substituirii zahărului și grăsimii din aluatul de brișe asupra modului de elasticitate cu temperatura

Pentru a investiga schimbările structurale care au loc în diferite aluaturi de brișe în timpul încălzirii, proprietățile vâscoelastice au fost studiate de la 20 $^{\circ}\text{C}$ la 90 $^{\circ}\text{C}$, încercând să simuleze comportamentul aluatului în cuptor. Modificările structurale care apar în aluatul de brișe în timpul coacerii sunt factori determinanți în formarea și stabilitatea bulelor și determină structura și textura finală a produsului copt.

Creșterea valorii modulelor de elasticitate și de vâscozitate după punctul de inflexiune sunt

legate de creșterea consistenței aluatului asociată proceselor de gelatinizare a amidonului și coagulare a proteinelor, rezultate similare obținând și Martínez-Cervera et al. prin substituirea zahărului din brișe cu polioli (Martínez-Cervera et al., 2014).

Analiza probelor de brișe prin spectroscopie în infraroșu cu transformată Fourier (FT-IR)

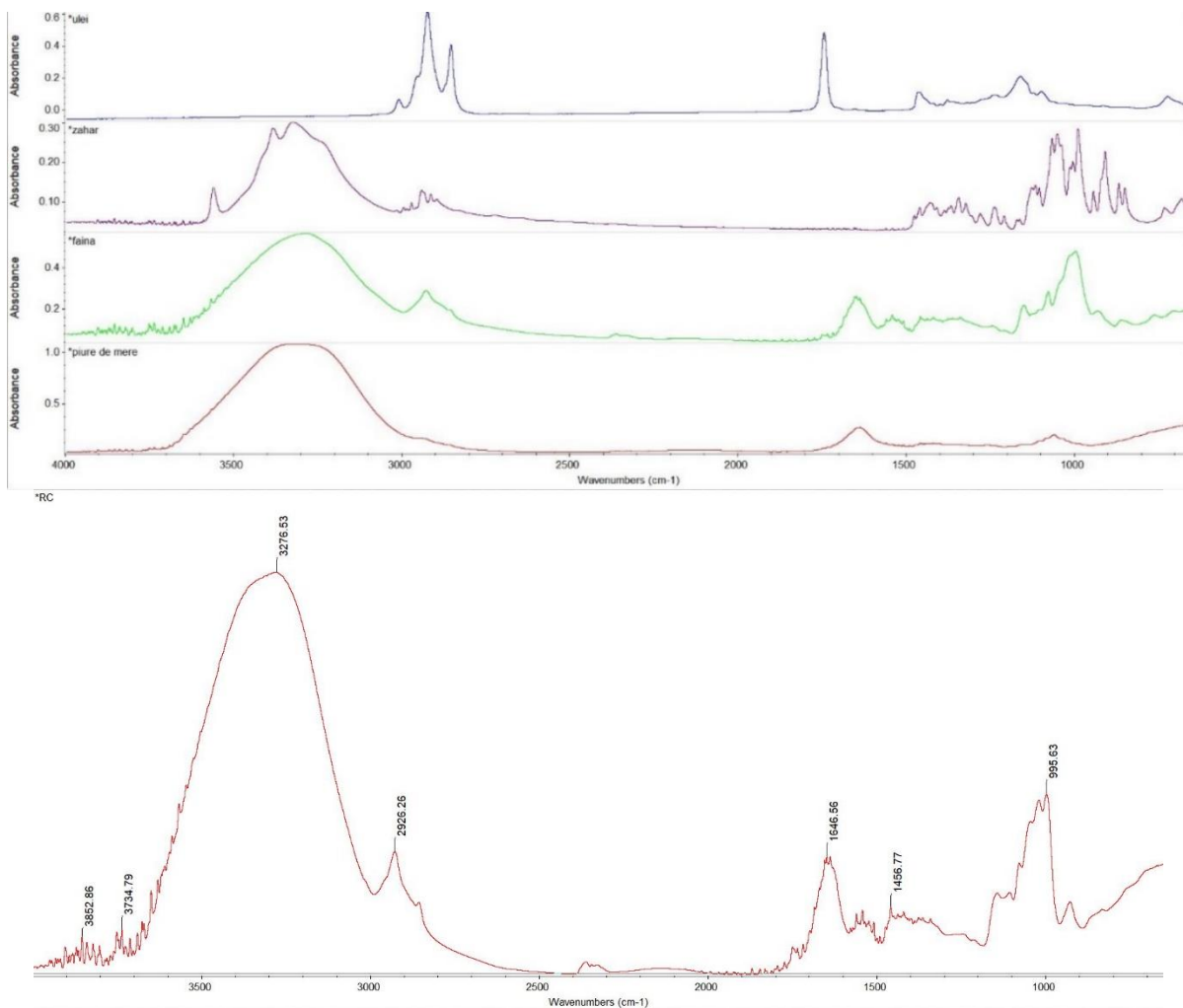
Analiza FTIR (Spectroscopie în Infraroșu cu Transformată Fourier) a fost utilizată pentru caracterizarea ingredientelor și a modificărilor structurale în aluat, și în produsele de coacere. În cazul aluaturilor de brișe, FTIR poate furniza informații despre interacțiunile dintre proteine, carbohidrați, lipide și alte ingrediente. Informațiile spectrale FTIR descrise pentru ingrediente și probele de brișe evidențiază prezența anumitor grupări funcționale importante, identificate prin analiza vârfurilor spectrale corespunzătoare. Spectroscopia FTIR se concentrează pe regiunile specifice de absorbție ale acestor legături, care confirmă prezența grupurilor chimice caracteristice probelor de brișe (Kaur et al., 2019).

Majoritatea spectrelor au fost observate în două regiuni ($3.900\text{--}2.800$ și $1.700\text{--}1.000\text{ cm}^{-1}$) care confirmă prezența sau absența unor grupuri funcționale specifice. Spectrele FTIR ale probelor de brișe, cu vârfurile vizibile la frecvențe de 3853 , 3735 , 3282 , 2925 , 1636 , 1540 , 1456 , 1020 , 1150 , 1020 , 995 și 926 cm^{-1} sunt prezentate în Figura 5.12. Peak-urile 3853 cm^{-1} și 3735 cm^{-1} corespund vibrațiilor de întindere ale grupelor O-H (hidroxil), care indică prezența apei sau a umidității reziduale din probe, precum și posibile interacțiuni ale proteinelor și carbohidraților cu apa. Peak-ul de la frecvența 3282 cm^{-1} poate fi asociat cu vibrațiile de întindere ale grupelor N-H din proteinele din făină, ca rezultat al interacțiunii cu apa (hidratarea proteinelor). Peak-ul de 2925 cm^{-1} corespunde vibrațiilor de întindere asimetrică ale legăturilor C-H din lanțurile alifactice (CH_2 , CH_3). Aceste grupări sunt tipice pentru grăsimi (lipide) și trigliceride, prezente în aluat prin intermediul uleiului sau al altor grăsimi adăugate (Kaur et al., 2019).

Peak-ul de absorbție la 1745 cm^{-1} este caracteristic vibrațiilor de întindere ale legăturii C=O (carbonil) din esteri, asociat cu grăsimi și uleiuri, în special trigliceride. Acest peak indică prezența grăsimilor utilizate în aluat, cum ar fi uleiurile vegetale. Acest vârf este important deoarece confirmă prezența compușilor lipidici, care joacă un rol esențial în formarea texturii și a structurii brișelor, contribuind la frăgezimea și stabilitatea produsului final. Totuși, acest vârf poate indica și prezența pectinei, deoarece pectina este un polizaharid care conține grupări esterificate în structura sa. Pectina are unități de acid galacturonic, care pot fi esterificate cu grupări metilice. În cazul pectinei metoxilate, vibrația de întindere a legăturii esterice C=O apare, de asemenea, în jurul a 1745 cm^{-1} . Această absorbție indică grupările esterice metoxilate din pectină, astfel că prezența pectinei poate fi detectată în același interval de frecvențe. Peak-ul de la 1636 cm^{-1} reprezintă vibrațiile de întindere ale legăturilor C=O (carbonil) din amidă (proteine) sau din apă absorbită (banda H-O-H de deformare). Acest vârf indică interacțiunea proteinelor cu apa (Kaur et al., 2019). Peak-ul 1150 cm^{-1} corespunde vibrațiilor de întindere ale legăturilor C-O-C din structurile de polizaharide, cum ar fi amidonul. De asemenea, aceasta este o regiune a spectrului caracteristică pentru vibrațiile de întindere C-O-C din legăturile glicozidice, care leagă monozaharidele între ele în cadrul structurii polizaharidice a pectinei. Peak-ul 1020 cm^{-1} este specific vibrațiilor de întindere ale legăturilor C-O din carbohidrați și indica prezența amidonului sau a altor zaharuri. Peak-urile 995 cm^{-1} și 926 cm^{-1} sunt legate de vibrațiile C-O și C-C din polizaharide și amidon, indicând modificări ale structurii amidonului în timpul procesului de

coacere (Kaur et al., 2019).

Spectrele FTIR ale probelor de brișe dezvăluie prezența componentelor majore ale acestora: proteine (gluten), carbohidrați (amidon și zaharuri), grăsimi și apă. Vârfurile din regiunile 3853–2925 cm^{-1} sunt asociate cu interacțiunile proteinelor și apei, iar cele din regiunile 1636–926 cm^{-1} sunt legate de structurile de carbohidrați și grăsimi, esențiale pentru formarea și stabilitatea aluatului de brișe (Figura 5.15).



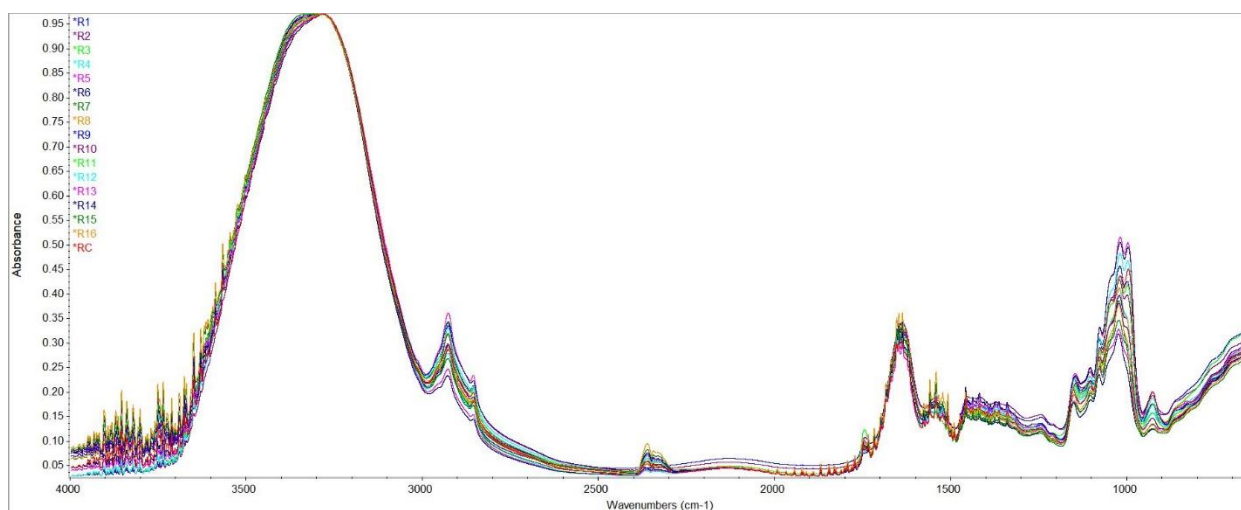
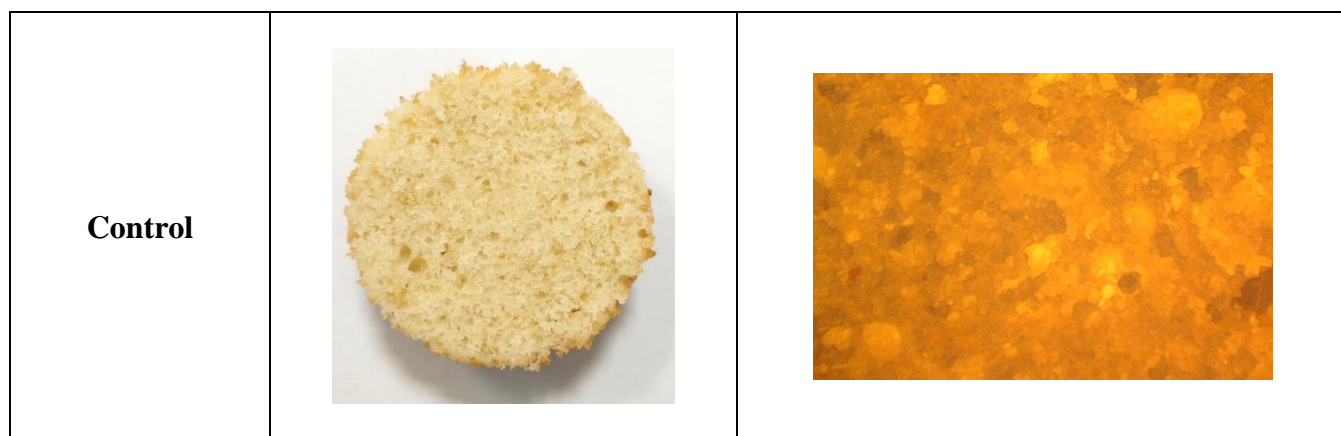


Figura 5.15. Spectrele FTIR ale ingredientelor și probelor de brișe cu diferite niveluri de piure de mere ca substituent al zahărului și grăsimii

Microstructura miezului de brișe

Analiza imaginilor miezului (Figure 5.16) a evidențiat efectul substituirii zahărului și grăsimii din brișe cu piure de mere asupra uniformității structurii acestora. O brișă de bună calitate se caracterizează prin pori mici și uniformi, ceea ce este de dorit pentru o porozitate bună. Din figura 5, se poate observa că substituirea zahărului și grăsimii din brișe a dus la o creștere a diametrului mediu al porilor. Odată cu creșterea procentului de zahăr și grăsime substituit, miezul a devenit mai neuniform, porii sunt mai puțini, dar mai mari, de forme diferite, astfel că volumul produsului nu este afectat. Substituirea zahărului și grăsimii în procent de 50% pare să nu afecteze structura și uniformitatea miezului brișei în comparație cu proba martor. Structura și uniformitatea miezului brișei în care s-a substituit total zahărul și grăsimea a diferit semnificativ în comparație cu proba de control. De asemenea, diferența de culoare între probe poate fi atribuită reacției Maillard, care are loc în prezența zahărului, care contribuie la dezvoltarea culorii maronii caracteristice (Shukla et al., 2024).



REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT


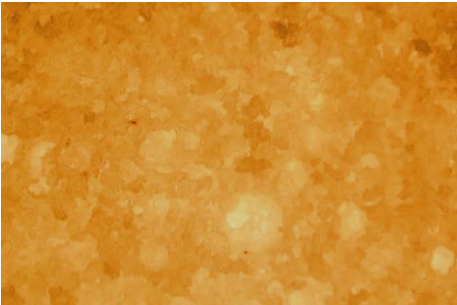

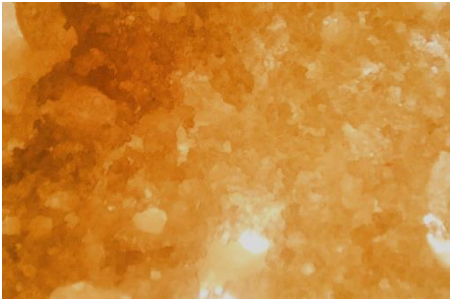

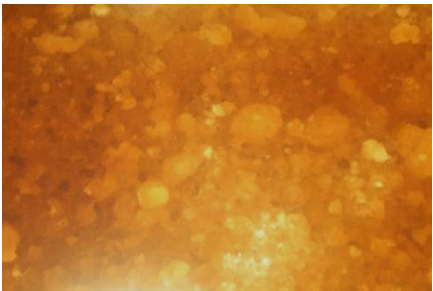

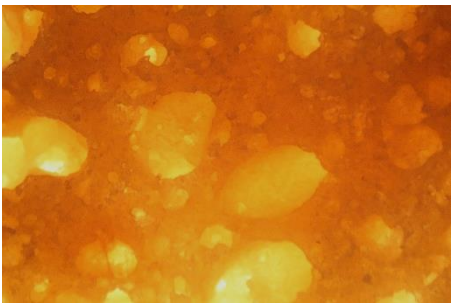
R 25:25		
R 50:50		
R 75:75		
R 100:100		

Figura 5.16. Imagini cu secțiuni transversale și microstructura miezului de brișe preparate cu diferite niveluri de piure de mere ca substituent al zahărului și grăsimii

A fost evaluat impactul piureului de mere ca substituent atât a zahărului, cât și a uleiului, asupra proprietăților fizice, texturale și senzoriale ale brișelor. Au fost efectuate determinări ale

texturii (duritate, masticabilitate, coezivitate), ale proprietăților fizice (înălțime, volum, pierderea greutatei la coacere) și de analiză senzorială a brișelor pentru a determina combinațiile și proporțiile optime ale acestor substituenți. Utilizarea Metodologiei de suprafață de răspuns a permis optimizarea procesului tehnologic de obținere a brișelor prin substituirea zahărului și grăsimii cu piure de mere și obținerea unei îmbunătățiri semnificative a valorii nutriționale.

Rezultatul studiului a arătat că substituirea zahărului și grăsimii din brișe cu piure de mere în procent de 35,49%, respectiv 47,14% determină creșterea valorii nutritive a acestora (vitamine, polifenoli, fibre, minerale), scade valoarea energetică și îmbunătățește caracteristicile senzoriale.

Din cercetările efectuate și rezultatele experimentale obținute, principalele concluzii generale sunt următoarele:

- ✓ **Reducerea zahărului și a grăsimilor în produsele de patiserie este posibilă fără compromisuri majore asupra calității produsului final**, ceea ce poate contribui la diminuarea problemelor de sănătate publică, cum ar fi obezitatea, diabetul de tip II și bolile cardiovasculare.
- ✓ **Piureul de mere s-a dovedit un substituent eficient pentru zahăr și grăsimi**, contribuind la îmbunătățirea valorii nutritive a produselor. Acesta a adus un aport semnificativ de fibre, polifenoli și antioxidanți, reducând în același timp valoarea energetică a brișelor, fără a afecta în mod semnificativ gustul și textura acestora până la un nivel de substituire de 50%.
- ✓ **Optimizarea procesului tehnologic a fost esențială pentru obținerea unor produse de calitate superioară**, piureul de mere fiert oferind o stabilitate microbiologică mai mare decât alternativele proaspete. Prin aplicarea metodei suprafeței de răspuns, s-au identificat condițiile optime pentru coacere, asigurând fermitate, masticabilitate și coezivitate comparabile cu ale produselor convenționale.
- ✓ **Piureul de mere poate înlocui până la 50% din zahăr în brișe fără afectarea semnificativă a proprietăților fizice și texturale ale produsului**, cum ar fi duritatea, masticabilitatea, coezivitatea, volumul, înălțimea și pierderea în greutate la coacere. Totuși, substituirea în proporție mai mare de 50% a dus la modificări notabile, ceea ce sugerează necesitatea unui control strict asupra rețetei și tehnologiei de procesare.
- ✓ **Piureul de mere poate înlocui până la 50% din ulei în brișe fără afectarea semnificativă a proprietăților fizice și texturale ale produsului**, cum ar fi duritatea, masticabilitatea, coezivitatea, volumul, înălțimea sau pierderea în greutate la coacere datorită conținutului de pectină care acționează ca hidrocoloid și emulgator.
- ✓ **Valoarea nutritivă a brișelor îmbunătățite este semnificativ mai mare**, datorită aportului crescut de vitamine, minerale (Ca, Mg, Fe, Zn) și compuși bioactivi. În același timp, valoarea energetică a fost redusă, transformând brișele dintr-un produs cu multe "calorii goale" într-o opțiune sănătoasă pentru consumatori.
- ✓ **Cercetarea confirmă faptul că utilizarea piureului de mere, în special sub formă de piure fiert, este o strategie promițătoare pentru produsele de patiserie**, oferind un echilibru între necesitățile tehnologice și cerințele consumatorilor pentru produse sănătoase, cu un gust plăcut și o textură atractivă.

În concluzie, această cercetare a demonstrat că înlocuirea zahărului și grăsimilor cu piure de mere în brișe este posibilă și reprezintă o soluție funcțională pentru îmbunătățirea valorii

nutriționale a produselor de patiserie, fără a compromite semnificativ calitatea senzorială.

În cercetările publicate până în prezent s-a utilizat tescovina de mere ca înlocuitor de zahăr, iar utilizarea piureului de mere, conform cercetării prezentate, permite obținerea de produse cu o valoare nutritivă mai ridicată și proprietăți texturale foarte bune. Cercetarea realizată contribuie la dezvoltarea de produse inovatoare, care răspund cerințelor actuale ale consumatorilor în ceea ce privește alimentația sănătoasă și stilului de viață modern al acestora.

DISEMINAREA REZULTATELOR CERCETĂRILOR

Rezultatele cercetărilor prezentate în această lucrare s-au concretizat prin publicarea a 4 articole științifice în reviste de specialitate indexate în baze de date internaționale, 3 articole științifice în reviste de specialitate indexate în baze de date internaționale în curs de publicare, precum și prin 3 lucrări comunicate la manifestări științifice internaționale după cum urmează:

Articole publicate în reviste cotate ISI - Web of Science și în reviste de specialitate recunoscute la nivel național de CNCS (CNCSIS) (BDI):

1. **Dana Huțu, Sonia Amariei** (2024). Physicochemical Properties of Apple Purees and Peel Extract for Potential Use in Pastry Products. *Applied Sciences (Selected Papers from the 9th International Conference of Biotechnologies, Present and Perspectives)*, 14(5), <https://doi.org/10.3390/app14052011> (IF - 2.5)
2. **Dana Huțu, Sonia Amariei** (2021). Effects of the sugar and fat substitution on the rheological properties of the pie dough. *Ukrainian Food Journal*, Vol 10, Issue 3, p 592 - 604, <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2021-10-3-12>
3. **Dana Huțu, Sonia Amariei** (2024). Possibility Of Replacing Sugar By Apple Puree In Muffins. *Applied Sciences (Extraction of Functional Ingredients and Their Application)*, 14(18), <https://doi.org/10.3390/app14188511> (IF - 2.5)
4. **Dana Huțu, Sonia Amariei** (2024). Substituting Sucrose In Pastry And Bakery Products With Functional Ingredients. *Applied Sciences (Advances in Bioactive Compounds from Plants and Their Applications)*, 14(18), 8563; <https://doi.org/10.3390/app14188563> (IF - 2.5)
5. **Dana Huțu, Sonia Amariei** (2021). The effects of sugar and fat substitution on the textural properties of the pie dough. *Food & Environment Safety*, 2021, Vol 20, Issue 2, p 149, <https://doi.org/10.4316/fens.2021.016>
6. **Dana Huțu, Sonia Amariei** (2024). Apple puree as sucrose replacer in increasing the nutritional value and decreasing the energy value of the pastry products. *Food and Environment Safety Journal*, Volume 23, Issue 3, p 153 – 172, <https://doi.org/10.4316/fens.2024.013>
7. **Dana Huțu, Sonia Amariei** (2024) - Apple puree as sucrose and fat replacer in the muffins composition – In curs de publicare -ID: applsci-3234928

Studii prezentate la manifestări științifice internaționale:

1. **Dana Huțu, Sonia Amariei** (2023). APPLE PUREE, AN IMPORTANT NUTRITIONAL ALTERNATIVE IN REDUCING THE SUGAR CONTENT OF PASTRY PRODUCTS, The International Conference “Biotechnologies, Present and Perspectives” Suceava, Romania, 9th Edition
2. **Dana Huțu, Sonia Amariei** (2023). IMPORTANT NUTRITIONAL ALTERNATIVES

IN THE SUBSTITUTION OF SUGAR IN PASTRY AND BAKERY PRODUCTS: APPLE PUREE, VI-International Antalya Scientific Research and Innovative Studies Congress – Türkiye

- 3. Dana Huțu, Sonia Amariei (2023). THE USE OF SUBSTITUTES IN LOW SUGAR PASTRY PRODUCTS, 1st International Future Engineering Conference – Türkiye**

Bibliografie selectivă

- Ahmad, M. M., Abd El-Kader, A. E., & Abozed, S. S. (2021). Optimization of Flaxseed Cake Pectin Extraction and Shelf-Life Prediction Model for Pear Fruit Preserved by Pectin Edible Coating. *Egyptian Journal of Chemistry*, 64(12), 7381–7393. <https://doi.org/10.21608/EJCHEM.2021.74519.3678>
- Ahmadi, F., Aghajani, N., & Gohari, A. (2022). Response surface optimization of cupcake physicochemical and sensory attributes during storage period : Effect of apricot kernel flour addition. November 2021, 661–677. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2688>
- Ahsan, M., Ashraf, H., Iahtisham-Ul-Haq, Liaquat, A., Nayik, G. A., Ramniwas, S., Alfarraj, S., Ansari, M. J., & Gere, A. (2024). Exploring pectin from ripe and unripe Banana Peel: A novel functional fat replacers in muffins. *Food Chemistry: X*, 23(June), 101539. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101539>
- Alsirrag, M. A., Hussein, A. A., Awahd, H. A., Awda, J. M., Al-Masoudi, Z. M., & Almosawy, M. M. (2019). Phisco-Chemical analysis and sensory evaluation of Iraqi cake incorporated with grape and date (Zahidi) syrup. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 388(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/388/1/012053>
- Arepally, D., Reddy, R. S., Goswami, T. K., & Datta, A. K. (2020). Biscuit baking: A review. *Lwt*, 131, 109726. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109726>
- Arifin, N., Siti Nur Izyan, M. A., & Huda-Faujan, N. (2019). Physical properties and consumer acceptability of basic muffin made from pumpkin puree as butter replacer. *Food Research*, 3(6), 840–845. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.3\(6\).090](https://doi.org/10.26656/fr.2017.3(6).090)
- Awofadeju, O. F. J., Awe, A. B., Adewumi, O. J., & Adewumi Adeyemo, E. (2021). Influence of Substituting Sucrose with Date Palm Fruit Flour (DPFF) on the Nutritional and Organoleptic Properties of Bread. *Croatian Journal of Food Science and Technology*, 13(1), 1–6. <https://doi.org/10.17508/cjfst.2021.13.1.01>
- Aydogdu, A., Sumnu, G., & Sahin, S. (2018). Effects of addition of different fibers on rheological characteristics of cake batter and quality of cakes. *Journal of Food Science and Technology*, 55(2), 667–677. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2976-y>
- Azaïs-Braesco, V., Sluik, D., Maillot, M., Kok, F., & Moreno, L. A. (2017). A review of total & added sugar intakes and dietary sources in Europe. *Nutrition Journal*, 16(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s12937-016-0225-2>
- Bakshi, R. A., Aslam, A., Khan, Z. S., Fayaz, S., & Dar, B. N. (2022). Physiochemical, sensorial, and rheological characteristics of sauce developed from Kashmiri apples: Influence of cultivars and storage conditions. *Food Science and Nutrition*, 10(6), 1685–1693. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2239>
- Bernaert, N., Debonne, E., De Leyn, I., Van Droogenbroeck, B., & Van Bockstaele, F. (2022). Incorporation of leek powder (*Allium ampeloprasum* var. porrum) in wheat bread: Technological implications, shelf life and sensory evaluation. *Lwt*, 153(September 2021), 112517. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112517>
- Bianchi, F., Cervini, M., Giuberti, G., Simonato, B., Rocchetti, G., & Lucini, L. (2022). Distilled grape pomace as a functional ingredient in vegan muffins : effect on physicochemical , nutritional , rheological and sensory aspects. 4847–4858. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15720>

- Breda, J., Jewell, J., & Keller, A. (2019). The Importance of the World Health Organization Sugar Guidelines for Dental Health and Obesity Prevention. *Caries Research*, 53(2), 149–152. <https://doi.org/10.1159/000491556>
- Buergy, A., Rolland-Sabaté, A., Leca, A., & Renard, C. M. G. C. (2021). Apple puree's texture is independent from fruit firmness. *Lwt*, 145(March). <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111324>
- Cavalcante, R. S., & da Silva, C. E. M. (2015). Effects of sucrose reduction on the structural characteristics of sponge cake. *Revista Ciencia Agronomica*, 46(4), 718–723. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20150058>
- Chandarakesan, A., Muruhan, S., & Sayanam, R. R. A. (2018). Morin Inhibiting Photocarcinogenesis by Targeting Ultraviolet-B-Induced Oxidative Stress and Inflammatory Cytokines Expression in Swiss Albino Mice. *International Journal of Nutrition, Pharmacology, Neurological Diseases* /, 8, 41–46. <https://doi.org/10.4103/ijnpnd.ijnpnd>
- Chen, J., Cui, Y., Shi, W., Ma, Y., & Zhang, S. (2023). The interaction between wheat starch and pectin with different esterification degree and its influence on the properties of wheat starch-pectin gel. *Food Hydrocolloids*, 145, 2018–2021. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.109062>
- Colla, K., Costanzo, A., & Gamlath, S. (2018). Fat replacers in baked food products. *Foods*, 7(12). <https://doi.org/10.3390/foods7120192>
- Cui, Y., Chen, J., & Zhang, S. (2023). The effect of degree of esterification of pectin on the interaction between pectin and wheat gluten protein. *Food Hydrocolloids*, 136(PA), 108272. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108272>
- CULEȚU, A., MOHAN, G., & DUȚĂ, D. E. (2020). Rheological Characterization of the Dough with Added Dietary Fiber by Rheometer: A Review. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Food Science and Technology*, 77(1), 13. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-fst:2019.0034>
- Dana, H., & Sonia, A. (2024). Physicochemical Properties of Apple Purees and Peel Extract for Potential Use in Pastry Products. *Applied Sciences (Switzerland)*, 14(5). <https://doi.org/10.3390/app14052011>
- de Souza, A. R., & Schmiele, M. (2021). Custard apple puree, fructooligosaccharide and soy protein hydrolysate as alternative ingredients in low carb pound cake. *Journal of Food Science and Technology*, 58(9). <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05155-9>
- Di Monaco, R., Miele, N. A., Cabisidan, E. K., & Cavella, S. (2018). Strategies to reduce sugars in food. In *Current Opinion in Food Science* (Vol. 19). <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.03.008>
- Gao, J., Brennan, M. A., Mason, S. L., & Brennan, C. S. (2017). Effects of sugar substitution with “Stevianna” on the sensory characteristics of muffins. *Journal of Food Quality*, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/8636043>
- Goldfein, K. R., & Slavin, J. L. (2015). Why Sugar Is Added to Food: Food Science 101. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14(5), 644–656. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12151>
- Gomez, S., Kuruvila, B., Maneesha, P. K., & Joseph, M. (2022). Variation in physico-chemical, organoleptic and microbial qualities of intermediate moisture pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.) slices during storage. *Food Production, Processing and Nutrition*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s43014-022-00084-2>

- Gunasekara, D., Bulathgama, A., & Wickramasinghe, I. (2021). Comparison of Different Hydrocolloids on the Novel Development of Muffins from “purple Yam” (*Dioscorea alata*) Flour in Sensory, Textural, and Nutritional Aspects. *International Journal of Food Science*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/9970291>
- Harastani, R., James, L. J., Ghosh, S., Rosenthal, A. J., & Woolley, E. (2021). Reformulation of muffins using inulin and green banana flour: Physical, sensory, nutritional and shelf-life properties. *Foods*, 10(8), 1–20. <https://doi.org/10.3390/foods10081883>
- Hartley, J., Goodman, E., Coate, K., & Terry, P. (2017). The Effects of Replacing Added Sugar with Fig Puree on the Nutritional, Physical and Sensory Characteristics of Carrot Cake Muffins. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 117(9), A96. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2017.06.099>
- Huțu, D., & Amariei, S. (2021). Effects of the sugar and fat substitution on the rheological properties of the pie dough. *Ukrainian Food Journal*, 2(1), 1–148.
- HUȚU, D., & AMARIEI, S. (2021). the Effects of Sugar and Fat Substitution on the Textural Properties of the Pie Dough. *Food and Environment Safety Journal*, 20(2), 149–159. <https://doi.org/10.4316/fens.2021.016>
- Ito, V., Avila, S., & Wosiacki, G. (2015). Apple pomace: Either residue or raw material, some cute applications. *Fruit Processing: Journal for the Fruit Processing and Juice Producing European and Overseas Industry*, 25(6), 248–251.
- Jacques, A., Chaaya, N., Beecher, K., Ali, S. A., Belmer, A., & Bartlett, S. (2019). The impact of sugar consumption on stress driven, emotional and addictive behaviors. In *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* (Vol. 103). <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2019.05.021>
- Jamar, G., Ribeiro, D. A., & Pisani, L. P. (2021). High-fat or high-sugar diets as trigger inflammation in the microbiota-gut-brain axis. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(5), 836–854. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1747046>
- Kadiya, K., & Ghosh, S. (2022). Pectin degree of esterification influences rheology and digestibility of whey protein isolate-pectin stabilized bilayer oil-in-water nanoemulsions. *Food Hydrocolloids*, 131(May), 107789. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107789>
- Kaixin Qi, Senbin Cao, C. L. (2024). Possible interaction between pectin and gluten alters the starch digestibility and texture of wheat bread. *International Journal of Biological Macromolecules*, 269(1). <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.131907>
- KARAOĞLU, M. M. K., & ZABIHOLLAHI, N. (2024). the Effect of Reducing the Sugar and Fat Content on the Physical and Sensory Properties of Cupcakes. *Gida*, 49(1), 39–51. <https://doi.org/10.15237/gida.gd23094>
- Kazanci, M., Guner, K. G., & Durakli Velioglu, S. (2023). The effect of the use of pekmez and honey as sugar substitutes on the quality characteristics and the acrylamide content of sponge cakes and cookies. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 2015. <https://doi.org/10.1007/s11694-023-02286-9>
- Khanam, T., Malik, S., Gururani, P., & Chaudhary, V. (2019). Nutritionally enriched cake using vegetable and fruit waste: A review. ~ 722 ~ *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(3), 722–725.
- Kim, S. H., Jo, Y. J., Lee, S. H., & Park, S. H. (2024). Development of Oleogel-Based Fat Replacer and Its Application in Pan Bread Making. *Foods*, 13(11), 1–11. <https://doi.org/10.3390/foods13111678>

- Krupa-Kozak, U., Drabińska, N., Rosell, C. M., Piłat, B., Starowicz, M., Jeliński, T., & Szmatołowicz, B. (2020). High-quality gluten-free sponge cakes without sucrose: Inulin-type fructans as sugar alternatives. *Foods*, 9(12), 1–17. <https://doi.org/10.3390/foods9121735>
- Kutyła-Kupidura, E. M., Sikora, M., Dobosz, A., & Krystyan, M. (2016). Wpływ zastąpienia sacharozy alternatywnymi substancjami słodzącymi na właściwości produktów ciastkarskich. *Zywnosc. Nauka. Technologia. Jakość/Food. Science Technology. Quality*, 2(105), 19–33. <https://doi.org/10.15193/zntj/2016/105/112>
- Kweon, M., Slade, L., & Levine, H. (2016). Cake baking with alternative carbohydrates for potential sucrose replacement. I. Functionality of small sugars and their effects on high-ratio cake-baking performance. *Cereal Chemistry*, 93(6), 562–567. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-02-16-0032-R>
- Lan, W., & Leca, A. (2021). ATR-FTIR , a potential tool to evaluate apple puree rheology and structure. *July*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12841.31844>
- Lan, W., Baeten, V., Jaillais, B., Renard, C. M. G. C., Arnould, Q., Chen, S., Leca, A., & Bureau, S. (2022). Comparison of near-infrared, mid-infrared, Raman spectroscopy and near-infrared hyperspectral imaging to determine chemical, structural and rheological properties of apple purees. *Journal of Food Engineering*, 323(July 2021), 111002. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2022.111002>
- Lan, W., Baeten, V., Jaillais, B., Renard, C. M. G. C., Arnould, Q., Chen, S., Leca, A., & Bureau, S. (2022). Comparison of near-infrared, mid-infrared, Raman spectroscopy and near-infrared hyperspectral imaging to determine chemical, structural and rheological properties of apple purees. *Journal of Food Engineering*, 323(February). <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2022.111002>
- Lan, W., Bureau, S., Chen, S., Leca, A., Renard, C. M. G. C., & Jaillais, B. (2021). Visible, near- and mid-infrared spectroscopy coupled with an innovative chemometric strategy to control apple puree quality. *Food Control*, 120(August 2020), 107546. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107546>
- Lan, W., Jaillais, B., Chen, S., Renard, C. M. G. C., Leca, A., & Bureau, S. (2022). Fruit variability impacts puree quality: Assessment on individually processed apples using the visible and near infrared spectroscopy. *Food Chemistry*, 390, 0–30. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133088>
- Lee, E. M. S. (2022). Sugar reduction methods and their application in confections : a review. *Food Science and Biotechnology*, 31(4), 387–398. <https://doi.org/10.1007/s10068-022-01046-7>
- Lee, P., Oh, H., Kim, S. Y., & Kim, Y. S. (2020). Effects of d-allulose as a sucrose substitute on the physicochemical, textural, and sensorial properties of pound cakes. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(6). <https://doi.org/10.1111/jfpp.14472>
- Liu, F., McClements, D. J., Ma, C., & Liu, X. (2023). Novel Colloidal Food Ingredients: Protein Complexes and Conjugates. *Annual Review of Food Science and Technology*, 14, 35–61. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-060721-023522>
- Liu, N., Ma, S., Li, L., & Wang, X. (2019). Study on the effect of wheat bran dietary fiber on the rheological properties of dough. *Grain & Oil Science and Technology*, 2(1), 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.gaost.2019.04.005>

- M., M., Mansouri, H., Mesbahi, G., Farahnaky, A., & Golmakani, M. T. (2016). Effects of sucrose substitution with date syrup and date liquid sugar on the physicochemical properties of dough and biscuits. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 18(3), 643–656.
- Macedo, I. B., Romão de Lima, B., Botelho, R., Alencar, E. R., & Zandonadi, R. (2019). Dried Apples as Substitute for Refined Sugar in Pound Cakes. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 119(10), A126. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2019.08.087>
- Maghsoudlou, Y., Resources, N., Azizi, M. H., Aalami, M., Resources, N., & Ghorbani, M. (2017). *EFFECT OF REPLACING SUGAR WITH DATE CONCENTRATE AND STEVIA*. January.
- Mahmood, A., Napi, N. N. M., & Mohamad, N. J. (2024). The Effect of Inulin Substitution as A Fat Replacer on Physicochemical and Sensory Properties of Muffins. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 47(2), 495–508. <https://doi.org/10.47836/pjtas.47.2.11>
- Majeed, M., Mahmood, M. A., Khan, M. U., Fazel, M., Shariati, M. A., & Pigorev, I. (2018). Effect of sorbitol on dough rheology and quality of sugar replaced cookies. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 12(1), 50–56. <https://doi.org/10.5219/709>
- Majzoubi, M., Mohammadi, M., Mesbahi, G., & Farahnaky, A. (2018). Feasibility study of sucrose and fat replacement using inulin and rebaudioside A in cake formulations. *Journal of Texture Studies*, 49(5), 468–475. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12330>
- Mancebo, C. M., Rodríguez, P., Martínez, M. M., & Gómez, M. (2018). Effect of the addition of soluble (nutriose, inulin and polydextrose) and insoluble (bamboo, potato and pea) fibres on the quality of sugar-snap cookies. *International Journal of Food Science and Technology*, 53(1), 129–136. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13566>
- Marak, S., Kaushik, N., Dikiy, A., Shumilina, E., & Falch, E. (2022). Nutritionally Enriched Muffins from Roselle Calyx Extract Using Response Surface Methodology. *Foods*, 11(24), 1–14. <https://doi.org/10.3390/foods11243982>
- Mateescu, A. M., Mureșan, A. E., Pușcaș, A., Mureșan, V., Sestras, R. E., & Muste, S. (2022). Baby Food Purees Obtained from Ten Different Apple Cultivars and Vegetable Mixtures: Product Development and Quality Control. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(23). <https://doi.org/10.3390/app122312462>
- Mehiry, H., Abd, M., & Ramadan, A. (2018). Preparation of functional cupcake by nontraditional fruit (*Carica papaya* L.) to reduce glycemic index. *Middle East J. Appl. Sci*, 8(3), 1024–1034. <https://www.curreweb.com/mejas/mejas/2018/1024-1034.pdf>
- Mehrabi, S., Koushki, M., & Azizi, M. H. (2017). Effect of grape syrup as a replacement for sugar on the chemical and sensory properties of sponge cake. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 5(2), 126–136. <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.5.2.09>
- Milner, L., Kerry, J. P., O'Sullivan, M. G., & Gallagher, E. (2020). Physical, textural and sensory characteristics of reduced sucrose cakes, incorporated with clean-label sugar-replacing alternative ingredients. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 59. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102235>
- Moss, M. M., Caswell, E. N., Yeargin, A. W., Volz, N. A., Woodland, J. C., Guthrie, L. C., Ahlborn, G. J., Eggett, D. L., & Taylor, B. J. (2022). Optimization of flour-replacing ingredients for low-carbohydrate, gluten-free muffins via a mixture design with complete sucrose substitution by d-allulose or d-tagatose. *Lwt*, 167(June), 113779. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113779>

- Mridula, D., Saha, D., Gupta, R. K., Bhadwal, S., & Bana, M. (2021). Quality and Storage Stability of Dehulled De-skinned Groundnut Meal-Based Muffins. *Agricultural Research*, 10(2), 294–306. <https://doi.org/10.1007/s40003-020-00497-w>
- Nareman S. Eshak¹, and M. Y. A. H. M. (2021). Fruits Puree and its Application as Fat Replacers in Biscuits. *Fruits Puree and Its Application as Fat Replacers in Biscuits*, 7(36), 69–96. <https://doi.org/10.21608/jedu.2021.63900.1265>
- Ng, Y. V., Tengku Ismail, T. A., & Wan Ishak, W. R. (2020). Effect of overripe banana in developing high dietary fibre and low glycaemic index cookie. *British Food Journal*, 122(10), 3165–3177. <https://doi.org/10.1108/BFJ-12-2019-0934>
- Nieto-Mazzocco, E., Saldaña-Robles, A., Franco-Robles, E., Mireles-Arriaga, A. I., Mares-Mares, E., & Ozuna, C. (2022). Optimization of gluten-free muffin formulation with agavin-type fructans as fat and sucrose replacer using response surface methodology. *Future Foods*, 5(November 2021), 100112. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100112>
- No, C. (2022). *CERTIFICATION AOAC® Performance Tested SM Compact Dry “Nissui” Total Count. 010401*.
- Nurul Ain, O., Marina, A. M., & Sakinah, H. (2016). The effect of avocado puree as fat replacer on the physical quality of muffin. *Malaysian Applied Biology*, 45(2), 11–16.
- Offia-Olua, B. I., & Ekwunife, O. A. (2015). Production and evaluation of the physico-chemical and sensory qualities of mixed fruit leather and cakes produced from apple (*Musa Pumila*), banana (*Musa Sapientum*), pineapple (*Ananas Comosus*). *Nigerian Food Journal*, 33(1). <https://doi.org/10.1016/j.nifoj.2015.04.004>
- Ozola, L., & Kampuse, S. (2019). *Mineral and bioactive compound content in plant-based protein - enriched purees*. 149–153. <https://doi.org/10.22616/foodbalt.2019.020>
- Park, W.-H., Park, S.-B., Cha, S.-H., Han, I.-B., Bak, S.-L., Hyun, T. K., & Jang, K.-I. (2021). Quality and Antioxidant Characteristics of Apple Puree Containing Peel and Added Vitamin C. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 50(9), 992–1000. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2021.50.9.992>
- Peng, X., & Yao, Y. (2017). Carbohydrates as Fat Replacers. *Annual Review of Food Science and Technology*, 8, 331–351. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-030216-030034>
- Principato, L., Sala, L., Duserm-garrido, G., & Spigno, G. (2021). *Development of Bakery Formulation for Sprayable Cake Preparation*. 87(January), 19–24. <https://doi.org/10.3303/CET2187004>
- Qi, K., Cao, S., & Li, C. (2024). Possible interaction between pectin and gluten alters the starch digestibility and texture of wheat bread. *International Journal of Biological Macromolecules*, 269(P1), 131907. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.131907>
- Raei, P., Peighambaroust, S. H., & Azadmard-damirchi, S. (2016). Effect of Replacement of Sucrose With Date Syrup on the Quality Characteristics of Sponge Cake. *Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 11(1), 87–94.
- Rana, H., Mallet, M. C., Gonzalez, A., Verreault, M. F., & St-Pierre, S. (2021). Free sugars consumption in Canada. *Nutrients*, 13(5). <https://doi.org/10.3390/nu13051471>
- Renzetti, S., & Sman, R. G. M. Van Der. (2022). Food Hydrocolloids Food texture design in sugar reduced cakes: Predicting batters rheology and physical properties of cakes from physicochemical principles. *Food Hydrocolloids*, 131(May), 107795. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107795>

- Reynolds, K. M., Juett, L. A., Cobb, J., Hulston, C. J., Mears, S. A., & James, L. J. (2022). Apple Puree as a Natural Fructose Source Provides an Effective Alternative to Artificial Fructose Sources for Fuelling Endurance Cycling Performance in Males. *Nutraceuticals*, 2(3), 205–217. <https://doi.org/10.3390/nutraceuticals2030015>
- Rinaldi, M., Langialonga, P., Dhenge, R., Aldini, A., & Chiavaro, E. (2021). Quality traits of apple puree treated with conventional, ohmic heating and high-pressure processing. *European Food Research and Technology*, 247(7), 1679–1688. <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03738-6>
- Sahin, A. W., Zannini, E., Coffey, A., & Arendt, E. K. (2019). Sugar reduction in bakery products: Current strategies and sourdough technology as a potential novel approach. In *Food Research International* (Vol. 126). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108583>
- Sanggramasari, S. (2019). EFFECT OF HONEY AND STEVIA AS SUGAR SUBSTITUTE ON SENSORY EVALUATION OF CHIFFON CAKE. *Journal of Business on Hospitality and Tourism*, 5(1). <https://doi.org/10.22334/jbhost.v5i1.134>
- Sarma, C., Mummaleti, G., Sivanandham, V., Kalakandan, S., Rawson, A., & Anandharaj, A. (2022). Anthology of palm sap: The global status, nutritional composition, health benefits & value added products. *Trends in Food Science and Technology*, 119(March 2021), 530–549. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.12.002>
- Sharma, P., Osama, K., Gaur, V. K., Farooqui, A., Varjani, S., & Younis, K. (2023). Sustainable utilization of Citrus limetta peel for obtaining pectin and its application in cookies as a fat replacer. *Journal of Food Science and Technology*, 60(3), 975–986. <https://doi.org/10.1007/s13197-022-05424-1>
- Shukla, D., Tewari, B. N., Trivedi, S. P., Dwivedi, S., Kumar, V., & Tiwari, V. (2024). Quality and functional attributes of muffins with incorporation of fruit, vegetable, and grain substitutes: A review. *Journal of Applied and Natural Science*, 16(1), 344–355. <https://doi.org/10.31018/jans.v16i1.5330>
- Silva, P. L., Sousa, F. C., Machado, N. A. F., Santino, L. M. M. S. J. M., & Tavares, D. S. T. P. (2022). SILVA ET AL (2022) BANANA PASS AS SUGAR SUBSTITUTE IN FUNCTIONAL CAKE FORMULATION. 1–9. <https://doi.org/10.15628/holos.2022.13735>
- Slade, L., Kweon, M., & Levine, H. (2020). Exploration of the functionality of sugars in cake-baking, and effects on cake quality. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1729694>
- Stavale, M. D. O., Assunção Botelho, R. B., & Zandonadi, R. P. (2019). Apple as sugar substitute in cake. *Journal of Culinary Science and Technology*, 17(3). <https://doi.org/10.1080/15428052.2018.1428708>
- Struck, S. (2018). *Interactions of wheat macromolecules and fibres from fruit processing by-products using model systems and the application example muffin*. November. <https://core.ac.uk/download/pdf/236377000.pdf>
- Syan, V., Kaur, J., Sharma, K., Patni, M., Rasane, P., Singh, J., & Bhadariya, V. (2024). An overview on the types, applications and health implications of fat replacers. *Journal of Food Science and Technology*, 61(1), 27–38. <https://doi.org/10.1007/s13197-022-05642-7>
- Tai, Y. Y., Alina, T. I. T., & Rosli, W. I. W. (2019). Improvement of Physico-chemical Properties, Antioxidant Capacity and Acceptability of Carrot Cake by Partially Substituting Sugar with Concentrated Nypa fruticans Sap. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 42(3), 883–902.

- Tai, Y. Y., Tengku Ismail, T. A., & Wan Rosli, W. I. (2021). Morphological characterisation and glycaemic responses of cake developed from carrot and concentrated nypa fruticans sap. *Food Research*, 5(3), 321–326. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.5\(3\).628](https://doi.org/10.26656/fr.2017.5(3).628)
- Tipsina, N. N., Koch, D. A., Khizhnyak, S. V., Demidenko, G. A., Koch, J. A., & Strupan, E. A. (2022). Application of microwave heating in the production of homogeneous paste from the fruits of small-fruited apple trees. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1052(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1052/1/012008>
- van der Sman, R. G. M., & Renzetti, S. (2020). Understanding functionality of sucrose in cake for reformulation purposes. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1786003>
- van der Sman, R. G. M., Jurgens, A., Smith, A., & Renzetti, S. (2022). Universal strategy for sugar replacement in foods? *Food Hydrocolloids*, 133(July), 107966. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107966>
- Vatankhah, M., Garavand, F., Mohammadi, B., & Elhamirad, A. (2017). Quality attributes of reduced-sugar Iranian traditional sweet bread containing stevioside. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11(3), 1233–1239. <https://doi.org/10.1007/s11694-017-9500-y>
- Winzer, E., Wakolbinger, M., Schätzer, M., Blagusz, K., Rieder, A., Lechleitner, M., & Hoppichler, F. (2021). Impact of a nutrition education programme on free sugar intake & nutrition-related knowledge in fifth-grade schoolchildren. *European Journal of Public Health*, 31(1), 136–142. <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckaa219>
- Xia Zhang, Jinhe Li, Jiayu Zhao, Mengyu Mu, Feng Jia, Qi Wang, Ying Liang, J. W. (2021). Aggregative and structural properties of wheat gluten induced by pectin. *Journal of Cereal Science*, 100(5), 1–23.
- Yakiyayeva, M., Muldabekova, B., Mukhtarkhanova, R., Maliktayeva, P., Zheldybayeva, A., Nasrullin, G., & Toktarova, A. (2021). Devising The Formulation And Technology For Baking Buns From Flour Of Composite Mixtures And Sugar Beet. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(11–113), 73–84. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.240348>
- Yanli Cui, Jinfeng Chen, S. Z. (2023). The effect of degree of esterification of pectin on the interaction between pectin and wheat gluten protein. *Food Hydrocolloids*, 8.5.2017, 2003–2005. <https://dataindonesia.id/sektor-riil/detail/angka-konsumsi-ikan-ri-naik-jadi-5648-kgkapita-pada-2022>
- Zahra Amchra, F., Chaouqi, S., Khiraoui, A., & Benhmimou, A. (2018). Effect of Stevia rebaudiana, sucrose and aspartame on human health: A comprehensive review Productivity of new sweet plant in Morocco (Stevia rebaudiana Bertoni) under water stress. *Article in Journal of Medicinal Plants Studies*, 6(January), 102–108. <https://www.researchgate.net/publication/322992873>
- Zhang, X., Li, J., Zhao, J., Mu, M., Jia, F., Wang, Q., Liang, Y., & Wang, J. (2021). Aggregative and structural properties of wheat gluten induced by pectin. *Journal of Cereal Science*, 100(100), 103247. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2021.103247>