



UNIVERSITATEA “ȘTEFAN CEL MARE” DIN SUCEAVA
FACULTATEA DE INGINERIE ALIMENTARĂ
Domeniul Ingineria Produselor Alimentare



TEZĂ DE DOCTORAT

REZUMAT

Conducător științific:
Prof. univ. dr. ing. Silvia MIRONEASA

Doctorand:
Ing. Marian – Ilie LUCA

SUCEAVA
2026

**UNIVERSITATEA “ȘTEFAN CEL MARE” DIN SUCEAVA
FACULTATEA DE INGINERIE ALIMENTARĂ
Domeniul Ingineria Produselor Alimentare**

Valorificarea tescovinei provenite din soiuri diferite de morcovi: o abordare sustenabilă în producția de paste făinoase

Conducător științific:
Prof. univ. dr. ing. Silvia MIRONEASA

Doctorand:
Ing. Marian – Ilie LUCA

**SUCEAVA
2026**

Mulțumiri

"Dacă am văzut mai departe, a fost pentru că am stat pe umerii giganților." Isaac Newton.

Doresc să îmi exprim întreaga recunoștință față de **Prof. univ. dr. ing. Silvia MIRONEASA**, coordonatorul științific al tezei mele de doctorat, pentru îndrumare, rigoarea științifică, disponibilitatea constantă și sprijinul acordat în dezvoltarea acestei cercetări. Profesionalismul și exigența dumneavoastră au avut o contribuție decisivă la formarea mea academică și la finalizarea acestei cercetări.

Transmit mulțumiri deosebite membrilor comisiei de îndrumare, **Prof. univ. dr. ing. Sonia AMARIEI**, **Prof. univ. dr. ing. Gheorghe GUTT**, **Prof. univ. dr. ing. Adriana DABIJA** și **Conf. univ. dr. ing. Ana LEAHU** — pentru susținere, sfaturi valoroase și contribuțiile semnificative care au îmbunătățit direcția și calitatea lucrării. Gândurile mele se îndreaptă cu respect și recunoștință și către memoria **Prof. univ. dr. ing. Gheorghe GUTT**, a cărui prezență și înțelepciune rămân un reper pentru întreaga comunitate academică.

Mulțumesc colegilor din Școala Doctorală și întregului colectiv al Facultății de Inginerie Alimentară pentru sprijinul permanent, colaborarea fructuoasă și mediul profesional stimulant. Le adresez mulțumiri speciale colegilor: **Dr. ing. Mădălina Ungureanu - Iuga**, **Dr. ing. Ana Batariuc**, **Dr. ing. Ionica Verniceanu**, **Dr. ing. Ancuța Petraru**, **Dr. ing. Ionuț Avrămia**, **Dr. ing. Ancuța Chetrariu** și **Dr. ing. Florin Ursachi**, pentru ajutor, încurajare și pentru momentele de împărtășire profesională și umană care au îmbogățit acest parcurs.

Cu profundă recunoștință mulțumesc familiei mele, pentru dragostea, răbdarea și susținerea necondiționată oferite în toți acești ani. Fără înțelegerea și încurajările lor, acest drum ar fi fost mult mai dificil.

Un loc cu totul special îl ocupă fiul meu, **Andrei-Stelian**, a cărui prezență, bucurie, inocență și curiozitate au fost o sursă necontenită de inspirație, motivație și putere. Lui îi dedic cu drag această realizare, rod al multor eforturi și speranțe.

Mulțumesc tuturor celor care, în mod direct sau indirect, au contribuit la împlinirea acestei teze și la dezvoltarea mea profesională și personală.

Cuprinsul tezei de doctorat

Listă de abrevieri

Introducere

Scop și obiective

Capitolul 1. Stadiul actual al cercetărilor

1.1. Caracterizarea morcovului

1.2. Compoziția chimică a morcovului

1.3. Tescovina de morcovi

1.3.1. Compoziția chimică a tescovinei de morcovi

1.3.2. Tehnologii de uscare și tratamente ale tescovinei de morcovi - efecte asupra calității

1.4. Efectele introducerii pudrei din tescovină de morcovi asupra caracteristicilor făinii de grâu, aluatului și produsului finit

1.4.1. Efectele pudrei din tescovină de morcovi asupra caracteristicilor făinii de grâu

1.4.2. Aplicații ale pudrei din tescovină de morcovi în produse făinoase

1.4.3. Efectele adaosului de pudră din tescovină de morcovi asupra biscuiților

1.4.4. Efectele adaosului pudrei din tescovină de morcovi asupra fursecurilor

1.4.5. Efectele adaosului de pudră din tescovină de morcovi asupra pastelor făinoase

1.4.6. Efectele adaosului de pudră din tescovină de morcovi asupra caracteristicilor pâinii

1.5. Concluzii parțiale

Capitolul 2. Materiale și metode de analiză

2.1. Materiale

2.2. Metode de analiză

2.2.1. Proprietăți fizico-chimice

2.2.2. Proprietățile funcționale

2.2.3. Spectroscopia în infraroșu cu transformată Fourier (FT-IR)

2.2.4. Microstructura evaluată prin microscopie electronică de scanare (SEM)

2.2.5. Determinarea culorii

2.2.6. Determinarea compușilor bioactivi și a activității antioxidante

2.2.7. Determinarea cantității și calității glutenului și a indicelui de cădere

2.2.8. Determinarea proprietăților reologice ale aluatului

2.2.9. Determinarea texturii aluatului

2.2.10. Determinarea texturii pastelor făinoase

2.2.11. Determinarea comportamentului la fierbere al pastelor făinoase

2.2.12. Determinarea conținutului de pigmenți galbeni totali al pastelor făinoase

2.2.13. Determinarea proprietăților senzoriale

2.2.14. Analiza statistică a datelor

Capitolul 3. Caracterizarea materiilor prime

3.1. Introducere

3.2. Rezultate și discuții

3.2.1. Compoziție fizico-chimică

3.2.2. Proprietățile funcționale

3.2.3. Culoarea

3.2.4. Minerale, compuși bioactivi și activitate antioxidantă

3.2.5. Microstructura

3.2.6. Proprietăți moleculare

3.2.7. Relații între variabile

3.3. Concluzii parțiale

Capitolul 4. Caracterizarea mixurilor de făină de grâu cu adaos de tescovină de morcovi din diverse soiuri

4.1. Introducere

4.2. Rezultate și discuții

4.2.1. Conținutul și calitatea glutenului și indicele de cădere

4.2.2. Caracteristici de culoare

4.2.3. Proprietăți funcționale

4.2.4. Compuși bioactivi

4.2.5. Caracteristici moleculare

4.2.6. Relații între variabile

4.3. Concluzii parțiale

Capitolul 5. Influența tipului de făină și adaosului de tescovină de morcovi asupra calității făinii de grâu, aluatului și pastelor făinoase

5.1. Introducere

5.2. Rezultate și discuții

5.2.1. Influența tipului de făină, a dozei de adaos și a tipului de tescovină de morcovi asupra proprietăților făinii de grâu, aluatului și pastelor făinoase

5.2.2. Optimizarea dozei de adaos și verificarea modelului

5.3. Concluzii parțiale

Capitolul 6. Caracterizarea aluatului și a pastelor făinoase obținute din mixurile optime de făină de grâu și tescovină de morcovi

6.1. Introducere

6.2. Rezultate și discuții

6.2.1. Proprietăți reologice ale aluatului

6.2.2. Compoziție chimică și compuși bioactivi

6.2.3. Proprietăți fizice și de structură

6.2.3. Caracteristici senzoriale

6.2.4. Corelații și Analiza Componentelor Principale

6.3. Concluzii parțiale

Concluzii generale

Contribuții originale

Diseminarea rezultatelor cercetării

Listă de figuri

Listă de tabele

Bibliografie

Listă de abrevieri

AA	activitate antioxidantă (%);
ACP	analiza componentelor principale;
C*	chroma;
CAA	capacitate de absorbție a apei (%);
CAU	capacitate de absorbție a uleiului (%);
CH	capacitate de hidratare (%);
CRA	capacitate de reținere a apei (g/g);
CS	capacitate de spumare (%);
CTP	conținut total de polifenoli (μg/g);
CU	capacitate de umflare (mL/g);
CV	creștere în volum (%);
DA	densitatea aparentă (g/cm ³);
DDT	timpul de dezvoltare a aluatului (min);
DPPH	2, 2 – di(4 – tert – octylphenyl) – 1 – picrylhydrazyl;
DS	stabilitatea aluatului (min);
FT - IR	spectroscopie în infraroșu cu transformată Fourier;
GAE	echivalenți acid galic;
G'	modul de elasticitate (Pa);
G''	modul de plasticitate (Pa);
G*	modul complex (Pa);
H	unghi de nuanță (°);
J _{max}	compliance maximă (Pa ⁻¹);
L*	luminozitate;
MTI	indicele de toleranță la frământare (UF);
PSSF	pierderi de substanțe solide la fierbere (%);
PTM	pudră din tescovină de morcovi;
SEM	microscopie electronică de scanare;
SS	stabilitatea spumei (%);
TF	timp optim de fierbere (s).

Scopul și obiectivele tezei de doctorat

Scopul tezei de doctorat rezidă în caracterizarea tescovinei de morcovi care provine din patru soiuri diferite, a influenței acesteia la diferite doze de adaos în făină de grâu dur și făină de grâu comun asupra caracteristicilor făinii și pastelor făinoase, stabilirea dozei optime de adaos corespunzătoare varietății de tescovină de morcovi și tipului de făină în vederea obținerii caracteristicilor tehnologice și funcționale dorite, precum și investigarea calității nutriționale și senzoriale a pastelor făinoase fabricate din mixurile optime de tescovină de morcovi și făină.

Obiectivele științifice urmărite pentru atingerea scopului propus includ următoarele:

O1. Efectuarea unui studiu critic al literaturii de specialitate privind stadiul actual al cercetărilor referitoare la compoziția chimică a morcovului, a tescovinei de morcovi și a impactului substituirii făinii de grâu cu pudră din tescovină de morcovi asupra caracteristicilor făinii, aluatului și produsului finit.

O2. Selectarea soiurilor de morcovi, a tipurilor de făină de grâu și stabilirea metodologiei de cercetare.

O3. Caracterizarea materiilor prime selectate din punct de vedere a compoziției chimice, a proprietăților funcționale, parametrilor de culoare, conținutului de minerale, compușilor bioactivi, a microstructurii și proprietăților moleculare.

O4. Caracterizarea mixurilor din făină de grâu dur, respectiv din făină de grâu comun și diferite doze de tescovină de morcovi provenită din patru soiuri diferite.

O5. Studiarea influenței adaosului de tescovină de morcovi din soiuri diferite asupra calității făinii de grâu dur și a făinii de grâu comun, aluatului și pastelor făinoase, stabilirea dozei optime de adaos corespunzătoare soiului de tescovină de morcovi și tipului de făină și validarea rezultatelor experimentale.

O6. Realizarea caracterizării aluatului și a pastelor făinoase obținute din mixurile optime cu tescovină de morcovi și făină de grâu dur, respectiv făină de grâu comun.

Cuvinte cheie:

- Făină din grâu dur;
- Făină din grâu comun;
- Tescovină de morcovi;
- Paste făinoase;
- Optimizare;
- Proprietăți fizico-chimice;
- Compuși bioactivi;
- Microstructură.

Prezenta teză de doctorat intitulată *“Valorificarea tescovinei provenite din soiuri diferite de morcovi: o abordare sustenabilă în producția de paste făinoase”* cuprinde lista abrevierilor, introducerea care include scopul și obiectivele cercetării, 6 capitole care se încheie fiecare cu concluzii parțiale, concluziile generale ale lucrării, contribuțiile originale, modalitățile de diseminare a rezultatelor cercetărilor desfășurate pe durata stagiului doctoral și bibliografia.

Capitolul 1 intitulat *„Stadiul actual al cercetărilor”* este dedicat analizei critice și sistematizării literaturii de specialitate privind compoziția chimică a morcovului și a tescovinei

de morcovi, impactul unor tratamente și tehnologii de uscare asupra calității tescovinei de morcovi, precum și influența adăugării pudrei din tescovină de morcovi asupra proprietăților făinii de grâu, aluatului și produsului finit.

Morcovul (*Daucus carota* L.) provine din familia *Umbelliferae* (*Apiaceae*) și este considerată una dintre cele mai importante culturi cu o distribuție mondială de peste 37 de milioane de tone produse la nivel global în fiecare an, producătorul principal fiind China, care furnizează aproape jumătate din producția totală (Nguyen și Scarlett, 2016). În România, suprafața cultivată cu morcovi în 2023 a fost de 6910 hectare, în scădere față de anul 2018 când suprafața a fost de 8310 hectare și în creștere față de 2022 când a înregistrat valoarea de 6850 hectare (EUROSTAT, 2024).

Morcovii nu sunt surse principale de energie în dieta umană, dar reprezintă o sursă semnificativă de nutrienți printre alte fructe și legume (Alasalvar și colab., 2001). Conținutul de nutrienți al morcovilor poate varia în funcție de soi, sezon, condiții de mediu și maturitate (Bratte și colab., 2016). Morcovii au în general o valoare a umidității care variază între 86% și 89%, un conținut relativ scăzut în proteine (<1%) și lipide (0,2-0,5%), dar sunt bogați în fibre (1,2-2,8%) și carbohidrați (tabelul 1.1). Dintre minerale, morcovii conțin cantități semnificative de K, Ca, P și Na, dar s-a observat și prezența Fe, Mg și Zn, în funcție de zona de proveniență și de soi.

Tabelul 1.1. Compoziția biochimică a morcovilor cruzi

Compus	Cantitate (%)	Compus	Cantitate (mg/100g)	Compus	Cantitate (mg/100g)	Referințe
Umiditate	86-89	Ca	34-80	Caroteni	5,33	Sharma și colab., 2012; USDA, 2018
Proteine	0,7-0,93	Fe	0,3-2,2	Tiamină	0,04-0,066	
Lipide	0,2-0,5	P	25-53	Riboflavină	0,02-0,058	
Carbohidrați	6-10,6	Na	40-69	Niacină	0,2-0,983	
Fibre	1,2-2,8	K	240-320	Vitamina C	4-5,9	
Cenușă	1,1	Mg	9-12			
		Cu	0,02			
		Zn	0,2-0,24			

La ora actuală există necesitatea de a acorda atenție valorificării tescovinei de morcovi produse anual pentru a veni în întâmpinarea problemelor de mediu și a genera totodată noi surse de venit. Utilizarea tescovinei în alimentația publică este importantă din punct de vedere nutrițional, deoarece ea posedă o cantitate semnificativă de tocoferoli, fitosteroli, carotenoizi și are și acțiune antioxidantă.

Tescovina din morcovi reprezintă produsul secundar obținut în timpul procesării sucului de morcovi. O mare cantitate de caroten, până la 80%, poate fi pierdută odată cu tescovina din morcovi rezultată (Böhm și colab., 1999). Considerată o sursă promițătoare de vitamine, fibre și carotenoizi, tescovina de morcovi poate fi utilizată ca sursă de compuși funcționali și bioactivi valoroși (Schweiggert, 2004). Tescovina din morcovi conține 4 - 5% proteine, 8 - 9% zaharuri reducătoare, 5 - 6% minerale și 37 - 48% fibre și de aceea, produsele din morcovi sunt cunoscute a fi o sursă bogată de fibre (Bao și Chang, 1994). De asemenea, tescovina reprezintă o sursă bogată de tiamină, riboflavină, complexul de vitamine B, vitamina A, tocoferoli și acid ascorbic (Bratte și colab., 2016). Tescovina de morcovi conține o cantitate considerabilă de β - caroten, fiind astfel potrivită pentru suplimentarea produselor de panificație și patiserie, dar și pentru fabricarea de alimente funcționale (Kumar și colab., 2010).

Având în vedere faptul că tescovina de morcovi este perisabilă deoarece are o umiditate de 85% (Upadhyay și colab., 2008; Kumar și colab., 2012), timpul ei de păstrare poate fi prelungit prin uscare sau deshidratare pentru a fi utilizată ulterior în produse de panificație și patiserie (Alam și colab., 2013). Tescovina de morcovi proaspătă, uscată în mod corespunzător, ambalată și depozitată în condiții optime, poate fi disponibilă pentru o utilizare ulterioară în

produse bogate în fibre (Alam și colab., 2013; Sahni și Shere, 2018). Cea mai cunoscută metodă de conservare este uscarea cu aer cald (Sarkar & Sharma, 2011). Pentru a îmbunătăți eficiența uscării și calitatea produselor, s-au folosit și alte tehnici, cum ar fi: microundele, radiațiile infraroșii, metode care au fost combinate cu uscarea prin aer cald (Ly și Zhang, 2017).

Tescovina de morcovi influențează în mod diferit proprietățile aluatului și ale produsului finit în funcție de doza de adaos și caracteristicile pudrei din tescovină. S-au realizat o serie de studii cu privire la efectele tescovinei de morcovi asupra calității diverselor produse de panificație. În funcție de conținutul de fibre, au fost stabilite trei grupe diferite, și anume: produse cu un conținut mic de fibre (30-50%), produse cu un conținut mediu de fibre (50-70%) și produse cu un conținut ridicat de fibre (70-90%) (Fuentes-Alventosa și colab., 2009). Având în vedere această clasificare, pudra din tescovină de morcovi a fost încadrată în grupa produselor cu un conținut mediu de fibre.

Capitolul 2 al tezei, "*Materiale și metode de analiză*" cuprinde materialele și metodele de analiză utilizate în cercetarea doctorală pentru îndeplinirea obiectivelor propuse. În vederea efectuării cercetărilor experimentale s-au folosit patru soiuri de morcovi (Baltimore, Belgrado, Niagara și Sirkana) care au fost achiziționate de la un fermier din județul Bacău, România. Tescovina de morcovi a fost obținută în urma procesului de extracție a sucului de morcovi, utilizând un storcător centrifugal Bosch MES3500. Tratamentul de uscare a tescovinei de morcovi s-a realizat într-un convecteur cu aer cald, la o temperatură de 60 °C, timp de 24 de ore, cu o grosime a stratului de 0,5 cm. După uscare, tescovina de morcovi rezultată a fost măcinată timp de 30 s, iar pentru a obține o dimensiune a particulelor mai mică de 200 μm, pudra de morcovi a fost cernută folosind un dispozitiv Retsch Vibratory Sieve Shaker AS 200 basic (Haan, Germania). Pudrele de morcovi au fost păstrate în borcane de sticlă de culoare brună până la analiză. Făina de grâu dur și cea de grâu comun tip 650 au fost achiziționate din comerț.

S-au realizat mixuri din făină de grâu dur (F1), respectiv din făină de grâu comun (F2) cu 3, 6, 9 și 12% tescovină de morcovi din cele patru soiuri, Baltimore (Ba), Belgrado (Be), Niagara (Ni) și Sirkana (Si) prin amestecarea făinii de grâu cu tescovina de morcovi, timp de 15 min, într-un amestecător Yucebas Y21 (Izmir, Tucia). Mixurile astfel formulate au fost utilizate pentru fabricarea pastelor făinoase la scară de laborator. Pentru obținerea aluatului de paste făinoase, fiecare probă a fost amestecată timp de 10 min, utilizând un mixer de laborator (Kitchen Aid, Whirlpool Corporation, USA), cu o cantitate de apă adăugată gradual astfel încât umiditatea aluatului obținut să fie de 45%. După un timp de repaus de 15 min, aluatul a fost extrudat cu ajutorul mixerului de laborator prin utilizarea unei matrițe pentru paste făinoase de tip *Rigatoni*. Uscarea pastelor făinoase a fost efectuată în trepte de temperatură diferite (figura 2.1).

Pentru atingerea obiectivelor stabilite, s-au utilizat echipamentele din dotarea laboratoarelor Universității „Ștefan cel Mare” din Suceava, România. Caracterizarea materiilor prime s-a realizat prin determinarea proprietăților chimice (umiditate, proteine, lipide, cenușă, carbohidrați), proprietăților funcționale (capacitatea de hidratare, capacitatea de absorbție a apei, capacitatea de absorbție a uleiului, capacitatea de umflare, capacitatea de reținere a apei, capacitatea de spumare și stabilitatea spumei, densitatea aparentă), evaluarea la nivel molecular prin spectrofotometrie FT-IR, evaluarea microstructurii prin microscopie electronică de scanare (SEM), determinarea parametrilor de culoare, a compușilor bioactivi și a activității antioxidante, precum și a conținutului de minerale. În plus, a fost determinată cantitatea și calitatea glutenului pentru cele două tipuri de făinuri de grâu. Pentru stabilirea dozei optime de tescovină de morcovi din fiecare soi și pentru fiecare tip de făină, s-au considerat ca răspunsuri: capacitatea de hidratare, proprietățile reologice ale aluatului (modulul complex, G^* și complianța maximă, J_{max}), duritatea aluatului, culoarea și fracturabilitatea pastelor făinoase uscate, pierderile de substanțe solide la fierbere, parametrul de textură masticabilitate, conținutul de pigmenți galbeni totali și de fibre brute. Caracterizarea aluatului și a pastelor

făinoase obținute din mixurile optime de făină de grâu și tescovină de morcovi a necesitat determinarea și evaluarea variației modulelor de elasticitate și de vâscozitate ale aluatului cu frecvența, cu temperatura, a comportamentului aluatului la fluaj și revenire, a compoziției chimice și compușilor bioactivi pentru pastele făinoase fierte, a proprietăților fizice și de structură, comportamentului la fierbere, parametrilor de textură și de culoare ai pastelor făinoase fierte și ale caracteristicilor senzoriale.

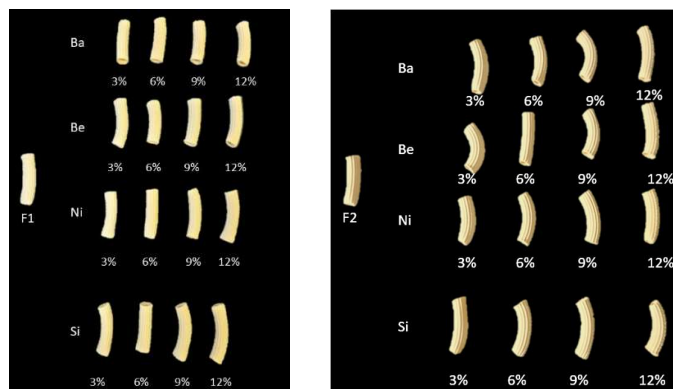


Figura 2.1. Păștele făinos din făină de grâu dur (F1) sau grâu comun (F2) cu adaos de tescovină de morcovi (Ba - Baltimore, Be - Belgrado, Ni - Niagara, Si - Sirkana)

Toate măsurătorile au fost realizate cel puțin în duplicat. Prelucrarea statistică a datelor a fost efectuată utilizând software-ul XLSTAT pentru versiunea Excel 2021 și 2024 (Addinsoft, New York, SUA). Analiza de varianță (ANOVA) unidirecțională cu testul Tukey a fost aplicată pentru a evalua diferențele dintre probe, nivelul de semnificație considerat fiind cel de 95%. Analiza Componentelor Principale a fost aplicată pentru a evalua relațiile dintre variabile. Pentru proiectarea experimentelor s-a utilizat design-ul de tip D-optim, cu doi factori numerici, tipul de făină – conținut proteic variat la 2 nivele (11% – făină de grâu comun și 14% - făină de grâu dur) și doza de tescovină de morcovi variată la 4 nivele (3, 6, 9 și 12%) și un factor categoric – soiul de tescovină de morcovi variat la 4 nivele (Baltimore, Belgrado, Niagara, Sirkana). Validarea potrivirii modelului predictiv obținut pentru fiecare răspuns luat în considerare a fost realizată ținând seama de rezultatele testului Fisher (F), nivelul de semnificație (p), valoarea coeficientului de determinare (R^2) și a coeficientului de determinare ajustat ($Adj.-R^2$). Optimizarea dozei de adaos a tescovinei de morcovi pentru fiecare soi de proveniență și tip de făină s-a efectuat prin aplicarea optimizării numerice a răspunsurilor multiple și utilizarea funcției obiectiv. Valorile prezise pentru probele optime au fost verificate experimental iar diferențele dintre valorile prezise și cele experimentale au fost verificate prin aplicarea testului *Student* (t).

Capitolul 3, intitulat ”*Caracterizarea materiilor prime*” prezintă compoziția fizico-chimică, proprietățile funcționale, parametrii de culoare, elementele minerale, conținutul total de polifenoli și activitatea antioxidantă, microstructura și proprietățile moleculare pentru pudrele din tescovină de morcovi din soiurile Baltimore, Belgrado, Niagara și Sirkana, precum și pentru cele două tipuri de făină, din grâu dur și din grâu comun.

Compoziția fizico-chimică a pudrelor de tescovină de morcovi a indicat diferențe semnificative ($p < 0,05$) între varietățile analizate în ceea ce privește valorile obținute pentru lipide, cenușă, fibre și carbohidrați (tabelul 3.1).

Tabelul 3.1. Compoziția fizico-chimică a pudrelor de tescovină de morcovi și a făinurilor de grâu (Luca și colab., 2022)

Proba	Proteine (%)	Lipide (%)	Cenușă (%)	Fibre crude (%)	Umiditate (%)	Carbhidrați (%)	Valoare energetică (kcal/100 g)
Baltimore	6,87±0,06 ^f	1,00±0,02 ^d	5,29±0,04 ^c	12,25±0,29 ^c	4,04±0,02 ^c	74,61±0,21 ^c	359,33±0,30 ^b
Belgrado	8,01±0,06 ^e	1,01±0,03 ^d	5,89±0,02 ^a	13,44±0,73 ^b	3,78±0,01 ^c	71,68±0,71 ^d	354,68±1,40 ^c
Niagara	8,84±0,12 ^d	0,70±0,02 ^e	5,56±0,03 ^b	14,23±0,19 ^b	5,88±0,46 ^b	70,69±0,08 ^e	352,79±0,60 ^d
Sirkana	9,14±0,06 ^c	1,13±0,03 ^b	5,89±0,01 ^a	15,23±0,76 ^a	5,91±0,15 ^b	68,62±0,86 ^f	351,65±1,41 ^d
F1	13,12±0,00 ^a	1,21±0,01 ^a	0,82±0,03 ^d	0,57±0,03 ^d	11,88±0,04 ^a	84,28±0,00 ^b	401,63±0,04 ^a
F2	10,95±0,03 ^b	1,06±0,02 ^c	0,46±0,01 ^e	0,56±0,04 ^d	11,84±0,04 ^a	86,97±0,04 ^a	402,37±0,11 ^a

Valorile medii urmate de indici diferiți în aceeași coloană sunt semnificativ diferite ($p < 0,05$), F1 – făină grâu dur, F2 – făină grâu comun

Comparativ cu făinurile de grâu, tescovinele de morcovi au prezentat un conținut mai redus de proteine, lipide, carbhidrați și o valoare energetică mai mică, în timp ce conținutul de cenușă și fibre a fost considerabil mai ridicat.

Proprietățile funcționale (capacitate de absorbție și reținere a apei, capacitate de umflare, densitate aparentă și proprietăți de spumare) au fost diferite între soiurile de tescovină de morcovi, proba Baltimore prezentând cea mai mare capacitate de absorbție și reținere a apei, stabilitate a spumei și densitate aparentă (tabelul 3.2).

Tabelul 3.2. Proprietățile funcționale ale pudrelor din tescovină de morcovi (Luca și colab., 2022)

Proba	CH (%)	CAA (%)	CAU (%)	CRA (g/g)	CS (%)	SS (%)	CU (mL/g)	DA (g/cm ³)
Baltimore	67,94±2,67 ^a	16,99±0,24 ^a	37,31±0,32 ^a	7,64±0,03 ^a	5,00±0,00 ^b	96,00±0,00 ^a	25,95±0,01 ^b	0,56±0,00 ^a
Belgrado	66,81±2,24 ^a	15,96±0,44 ^{ab}	34,72±0,85 ^c	5,33±0,05 ^c	7,00±0,00 ^a	94,00±0,00 ^b	25,96±0,01 ^b	0,46±0,00 ^b
Niagara	57,96±0,78 ^b	11,59±0,01 ^c	34,33±0,25 ^c	4,76±0,01 ^d	7,00±0,00 ^a	94,00±0,00 ^b	27,22±0,00 ^a	0,45±0,00 ^b
Sirkana	68,26±4,51 ^a	15,15±0,37 ^b	35,29±1,68 ^b	6,10±0,00 ^b	5,00±0,00 ^b	96,00±0,00 ^a	27,20±0,01 ^a	0,56±0,00 ^a

Valorile medii urmate de indici diferiți în aceeași coloană sunt semnificativ diferite ($p < 0,05$), CH – capacitatea de hidratare, CAA – capacitatea de absorbție a apei, CAU – capacitatea de absorbție a uleiului, CRA – capacitate de reținere a apei, CS – capacitatea de spumare, SS – stabilitatea spumei, CU – capacitatea de umflare, DA – densitatea aparentă

Parametrii de culoare ai pudrelor de tescovină de morcovi au depins și ei de soiul de morcovi, cea mai luminoasă fiind proba Baltimore, iar cea mai roșiatică, gălbuie și cu intensitate de culoare mai mare a fost obținută pentru soiul Niagara (tabelul 3.3).

Tabelul 3.3. Parametrii de culoare ai pudrelor de tescovină de morcovi și făină de grâu (Luca și colab., 2022)

Proba	L* (adim.)	a* (adim.)	b* (adim.)	C* (adim.)
Baltimore	73,30±0,15 ^c	8,61±1,68 ^b	18,85±0,16 ^c	20,77±0,62 ^c
Belgrado	71,30±0,09 ^d	10,21±0,15 ^b	19,47±0,05 ^b	21,98±0,10 ^b
Niagara	66,02±0,08 ^f	13,05±0,02 ^a	19,61±0,06 ^b	23,55±0,04 ^a
Sirkana	69,44±0,01 ^e	9,25±0,06 ^b	19,56±0,04 ^b	21,63±0,05 ^b
F1	88,46±0,07 ^b	-1,24±0,03 ^c	20,14±0,09 ^a	20,18±0,09 ^c
F2	90,19±0,03 ^a	-0,73±0,03 ^c	12,45±0,07 ^d	12,47±0,07 ^d

Valorile medii urmate de litere diferite în aceeași coloană sunt semnificativ diferite între probe ($p < 0,05$), F1 – făină grâu dur, F2 – făină grâu comun.

Conținutul total de polifenoli al pudrelor din tescovină de morcovi a indicat diferențe semnificative ($p < 0,05$) între soiurile de morcovi, iar cel mai mare conținut de polifenoli s-a identificat în tescovina de morcovi din soiul Sirkana. Soiul Niagara s-a remarcat prin conținutul său de acid vanilic care nu a fost identificat în celelalte probe. Soiul Belgrado a fost cel mai bogat în acid rosmarinic, quercitină și kaempferol (tabelul 3.4).

Tabelul 3.4. Conținutul de compuși bioactivi și activitatea antioxidantă pentru pudrele de tescovină de morcovi și făinurile de grâu

Proba	Total polifenoli (mg GAE/g)	Acid vanillic (mg/kg)	Acid rosmarinic (mg/kg)	Quercitina (mg/kg)	Kaempferol (mg/kg)	β -caroten (mg/100g)	Activitate antioxidantă (%)
Baltimore	21,45 $\pm$ 0,07 ^b	0,00 $\pm$ 0,00 ^b	2,05 $\pm$ 0,04 ^c	4,16 $\pm$ 0,28 ^b	0,75 $\pm$ 0,01 ^b	5,14 $\pm$ 0,01 ^c	19,66 $\pm$ 0,40 ^a
Belgrado	19,55 $\pm$ 0,07 ^d	0,00 $\pm$ 0,00 ^b	2,48 $\pm$ 0,02 ^a	5,48 $\pm$ 0,09 ^a	1,10 $\pm$ 0,03 ^a	7,34 $\pm$ 0,00 ^a	11,10 $\pm$ 0,40 ^d
Niagara	20,70 $\pm$ 0,00 ^c	1,39 $\pm$ 0,03 ^a	2,31 $\pm$ 0,05 ^b	5,30 $\pm$ 0,01 ^a	1,09 $\pm$ 0,02 ^a	6,74 $\pm$ 0,00 ^b	12,56 $\pm$ 0,51 ^c
Sirkana	24,05 $\pm$ 0,07 ^a	0,00 $\pm$ 0,00 ^b	2,23 $\pm$ 0,03 ^b	5,22 $\pm$ 0,06 ^a	1,03 $\pm$ 0,05 ^a	7,34 $\pm$ 0,01 ^a	16,22 $\pm$ 0,30 ^b
F1	7,20 $\pm$ 0,14 ^e	0,00 $\pm$ 0,00 ^b	0,00 $\pm$ 0,00 ^d	0,00 $\pm$ 0,00 ^c	0,00 $\pm$ 0,00 ^c	0,00 $\pm$ 0,00 ^d	11,51 $\pm$ 0,38 ^d
F2	6,65 $\pm$ 0,21 ^f	0,00 $\pm$ 0,00 ^b	0,00 $\pm$ 0,00 ^d	0,00 $\pm$ 0,00 ^c	0,00 $\pm$ 0,00 ^c	0,00 $\pm$ 0,00 ^d	9,83 $\pm$ 0,40 ^e

Valorile medii urmate de litere diferite în aceeași coloană sunt semnificativ diferite între probe ($p < 0.05$), F1 – făină grâu dur, F2 – făină grâu comun.

Conținutul de *minerale* al tescovinei de morcovi și al făinurilor de grâu este prezentat în figura 3.1. Comparativ cu cele două tipuri de făină de grâu, pudrele din tescovină de morcovi au prezentat un conținut mai ridicat de Na, Zn, Fe și Cu. Tescovinele din soiurile de morcovi Baltimore și Belgrado au prezentat cele mai mari valori pentru Na și Zn, în timp ce tescovina din soiul Niagara a fost cea mai bogată în Fe.

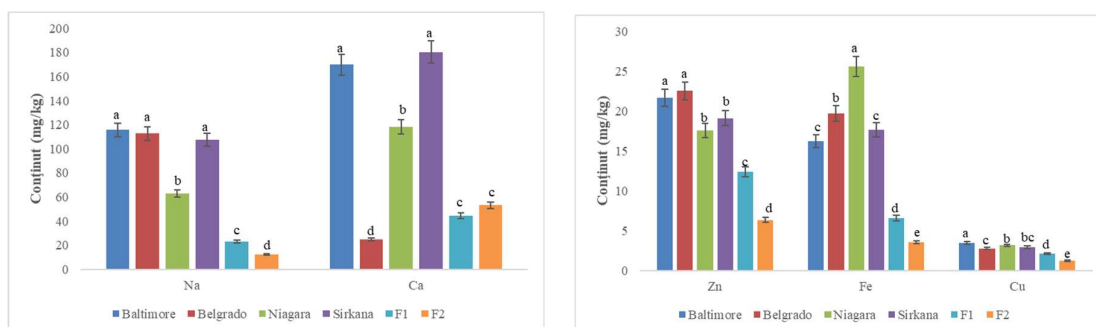


Figura 3.1. Conținutul de minerale al tescovinei de morcovi și făinurilor de grâu

Microstructura a evidențiat o structură compactă a pudrei din tescovină de morcovi (figura 3.2), iar structurile fibroase pot fi observate pentru toate probele analizate. Principalele componente ale peretelui celular al morcovului sunt reprezentate de pectină, celuloză (β -4, D-glucan), lignină și hemiceluloză (Surbhi și colab., 2018).

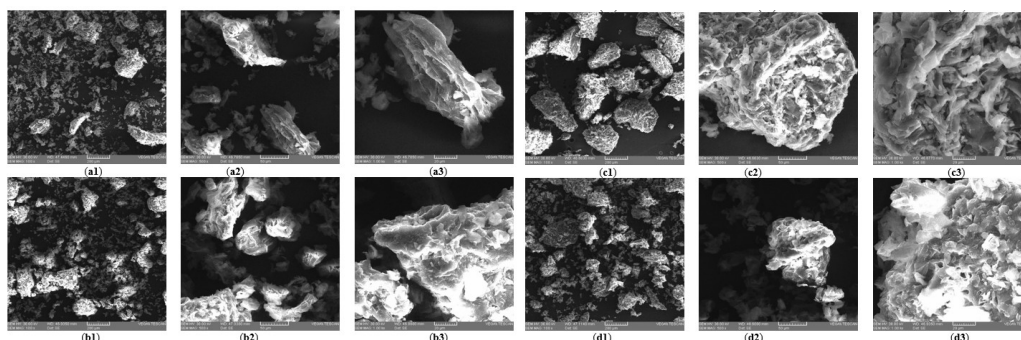


Figura 3.2. Microstructura tescovinei de morcovi din varietățile Baltimore (a), Belgrado (b), Niagara (c) Sirkana (d), făină de grâu comun (e) și făină de grâu dur (f) la ordine de mărime de 100 $\times$ (1), 500 $\times$ (2) și 1000 $\times$ (3) (Luca și colab., 2022)

Spectrele FT-IR ale pudrelor de tescovină de morcovi au evidențiat prezența beta-carotenului, pectinei, celulozei, proteinelor și carbohidraților, fiind observate unele diferențe în ceea ce privește intensitatea peak-urilor între probele studiate (figura 3.3). Varietățile Niagara și Baltimore au prezentat cele mai mari peak-uri la 1736 cm^{-1} , ceea ce ar putea fi asociat cu prezența beta-carotenului (Joda și colab., 2022), în timp ce în regiunea $1550\text{-}1650\text{ cm}^{-1}$, care ar putea indica prezența pectinei (Jayesree și colab., 2021), Niagara a înregistrat intensități mai mari.

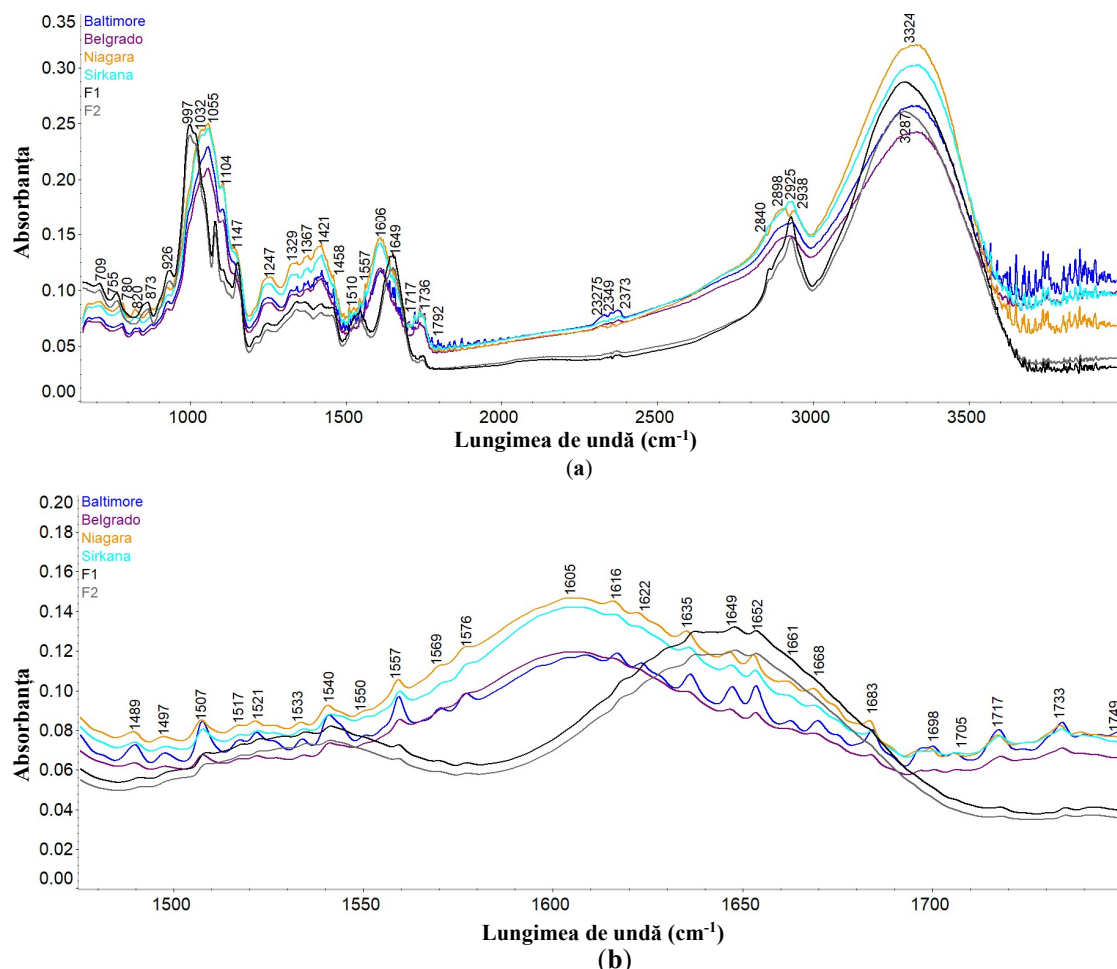


Figura 3.3. Spectrele FT-IR ale tescovinei de morcovi din diferite soiuri și ale făinurilor de grâu dur (F1) și grâu comun (F2): (a) în intervalul $650\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$, (b) în intervalul $1450\text{-}1750\text{ cm}^{-1}$ (Luca și colab., 2022)

Rezultatele obținute susțin potențialul de valorificare a tescovinei de morcovi ca ingredient funcțional în producția de alimente cu valoare adăugată, la costuri reduse și cu multiple beneficii pentru sănătatea consumatorilor. Tescovina de morcovi ar putea aduce un aport semnificativ de nutrienți, în special fibre, în funcție de cantitatea adăugată în produsul final, constatare ce sugerează capacitatea sa de a îmbunătăți valoarea nutrițională a produselor alimentare în care poate fi încorporată.

În **Capitolul 4**, "Caracterizarea mixurilor de făină de grâu cu adaos de tescovină de morcovi din diverse soiuri" sunt incluse rezultate privind caracteristicile glutenului și indicele de cădere pentru mixurile de făină de grâu dur (F1) și cele din făină de grâu comun (F2), cu adaos de 3, 6, 9 și 12% tescovină de morcovi din diverse soiuri (Ba – Baltimore, Be – Belgrado, Ni – Niagara, Si – Sirkana), caracteristicile de culoare ale mixurilor, proprietățile funcționale,

compuși bioactivi și caracteristicile moleculare. Relațiile între variabilele analizate au fost evidențiate prin Analiza Componentelor Principale.

Conținutul de gluten și indicele de deformare a glutenului au scăzut odată cu creșterea dozei de tescovină de morcovi în făina de grâu dur, iar soiul de morcovi a prezentat un efect nesemnificativ. În cazul mixurilor de făină de grâu comun cu adaos de tescovină de morcovi s-au evidențiat tendințe similare celor observate pentru făina de grâu dur în ceea ce privește indicele de cădere, conținutul de gluten și indicele de deformare: are loc scăderea progresivă a acestor parametri odată cu creșterea dozei. Diminuarea conținutului și calității glutenului se datorează efectului de reducere generat de tescovina de morcovi, ceea ce conduce la slăbirea rețelei glutenice. În plus, fibrele din tescovina de morcovi cauzează întreruperi ale rețelei glutenice, ceea ce determină o structură mai slabă a aluatului, similar cu rezultatele obținute de Wang (2023).

Adaosul de tescovină de morcovi a determinat o scădere semnificativă a *indicii de cădere* al făinii de grâu dur, iar această scădere a fost proporțională cu doza (Luca și colab., 2025). Soiul de morcovi a avut o influență semnificativă ($p < 0.05$) asupra acestui parametru. Indicele de cădere este invers proporțional cu activitatea alfa-amilazică a făinii. Astfel, s-a obținut o îmbunătățire a activității alfa-amilazice odată cu adaosul de tescovină de morcovi care ar putea fi corelată cu aportul de calciu care stabilizează alfa-amilaza (Mironeasa și colab., 2012).

Culoarea mixurilor formulate depinde de doza de tescovină de morcovi și de soiul adăugat. Mixurile din făină de grâu dur cu tescovină de morcovi au prezentat valori mai reduse ale luminozității (L^*) și unghiului de nunață (H) comparativ cu proba martor, precum și nuanțe mai roșiatice și mai gălbui decât aceasta (tabelul 4.3). Chroma (C^*) a înregistrat o valoare mai scăzută în cazul făinii de grâu dur, proba martor, comparativ cu mixurile. L^* și H au scăzut proporțional cu doza de tescovină de morcovi adăugată, în timp ce valorile parametrilor a^* , b^* și C^* au crescut. Soiul de tescovină de morcovi a avut o influență semnificativă asupra unora dintre parametrii de culoare (b^* , C^* și L^*). Soiul Sirkana a prezentat cel mai mare conținut de β -caroten (7,34 mg/100), ceea ce ar putea explica valorile mai ridicate ale nuanței de roșu, galben și intensității culorii obținute pentru mixurile de făină.

Tabelul 4.3. Parametrii de culoare ai mixurilor din făină de grâu dur (F1) cu adaos de tescovină de morcovi din diverse soiuri (Ba – Baltimore, Be – Belgrado, Ni – Niagara, Si – Sirkana) (Luca și colab., 2025)

Proba	L^* (adim.)	a^* (adim.)	b^* (adim.)	C^* (adim.)	H (adim.)
F1	88,46±0,07 ^{aA}	-1,24±0,03 ^{cC}	20,14±0,09 ^{cD}	20,18±0,09 ^{dD}	93,53±0,07 ^{aA}
F1Ba3	87,35±0,03 ^{bBC}	0,08±0,04 ^{dA}	21,53±0,07 ^{bB}	21,53±0,07 ^{cB}	89,78±0,10 ^{bB}
F1Ba6	86,37±0,05 ^{cBC}	0,95±0,11 ^{cA}	22,02±0,18 ^{abB}	22,04±0,18 ^{bcB}	87,52±0,29 ^{cB}
F1Ba9	85,43±0,35 ^{dBC}	1,93±0,26 ^{bA}	22,21±0,36 ^{aB}	22,29±0,38 ^{abB}	85,04±0,58 ^{dB}
F1Ba12	85,37±0,10 ^{dBC}	1,94±0,04 ^{aA}	22,77±0,08 ^{aB}	22,86±0,08 ^{aB}	85,14±0,08 ^{dB}
F1Be3	87,31±0,08 ^{bB}	-0,19±0,02 ^{dB}	20,88±0,10 ^{bC}	20,88±0,10 ^{cC}	90,53±0,06 ^{bB}
F1Be6	86,72±0,12 ^{cB}	0,45±0,07 ^{cB}	21,60±0,01 ^{abC}	21,60±0,01 ^{bcC}	88,81±0,18 ^{cB}
F1Be9	86,35±0,06 ^{dB}	0,98±0,04 ^{bB}	21,55±0,09 ^{aC}	21,58±0,09 ^{abC}	87,41±0,10 ^{dB}
F1Be12	86,09±0,06 ^{dB}	1,20±0,04 ^{aB}	21,86±0,09 ^{aC}	21,89±0,09 ^{aC}	86,86±0,13 ^{dB}
F1Ni3	86,90±0,08 ^{bC}	-0,10±0,04 ^{dA}	22,00±0,03 ^{bAB}	22,00±0,03 ^{cAB}	90,25±0,10 ^{bB}
F1Ni6	85,90±0,01 ^{cC}	0,72±0,07 ^{cA}	22,37±0,10 ^{abAB}	22,38±0,10 ^{bcAB}	88,16±0,17 ^{cB}
F1Ni9	85,16±0,05 ^{dC}	1,27±0,0 ^{bA}	22,85±0,06 ^{aAB}	22,88±0,06 ^{abAB}	86,82±0,21 ^{dB}
F1Ni12	84,52±0,03 ^{dC}	1,92±0,07 ^{aA}	23,36±0,13 ^{aAB}	23,44±0,13 ^{aAB}	85,30±0,14 ^{dB}
F1Si3	86,97±0,01 ^{bBC}	-0,04±0,09 ^{dA}	22,00±0,07 ^{bA}	22,00±0,07 ^{cA}	90,11±0,22 ^{bB}
F1Si6	85,74±0,04 ^{cBC}	0,83±0,05 ^{cA}	23,02±0,03 ^{abA}	23,03±0,03 ^{bcA}	87,94±0,13 ^{cB}
F1Si9	85,35±0,05 ^{dBC}	1,27±0,04 ^{bA}	23,41±0,04 ^{aA}	23,44±0,04 ^{abA}	86,90±0,10 ^{dB}
F1Si12	84,94±0,03 ^{dBC}	1,68±0,15 ^{aA}	23,79±0,12 ^{aA}	23,85±0,11 ^{aA}	85,97±0,38 ^{dB}

Valorile medii urmate de indici diferiți (a-e pentru doze diferite, A-C pentru soiuri de morcovi diferite) în aceeași coloană sunt semnificativ diferite ($p < 0.05$)

Făina de grâu comun a prezentat luminozitate și unghi de nuanță mai ridicate, nuanță verzuie, intensitate a culorii galbene și Chroma mai scăzute comparativ cu mixurile cu adaos de tescovină de morcovi (tabelul 4.4). S-a observat o creștere a nuanței de roșu (a^*), a nuanței de

galben (b^*) și a intensității culorii (C^*) odată cu creșterea dozei de adaos, în timp ce H și L^* au scăzut proporțional. Soiul de tescovină de morcovi a influențat în foarte mică măsură parametrii de culoare ai mixurilor cu făină de grâu comun. Intensificarea culorii galben-roșiatică a amestecurilor de făină de grâu cu tescovină de morcovi poate prezenta un avantaj deoarece produsul finit (pastele făinoase) poate fi mai atractiv pentru consumatori (Kultys și colab., 2022).

Tabelul 4.4. Parametrii de culoare ai mixurilor din făină de grâu comun (F2) cu adaos de tescovină de morcovi din diverse soiuri (Ba – Baltimore, Be – Belgrado, Ni – Niagara, Si – Sirkana) (Luca și colab., 2025)

Proba	L^* (adim.)	a^* (adim.)	b^* (adim.)	C^* (adim.)	H (adim.)
F2	90,19±0,03 ^{aA}	-0,73±0,03 ^{dB}	12,45±0,07 ^{bB}	12,47±0,07 ^{bB}	93,37±0,15 ^{aA}
F2Ba3	88,14±1,80 ^{aA}	0,11±0,02 ^{cA}	14,33±0,04 ^{bB}	14,33±0,04 ^{bB}	89,58±0,06 ^{bB}
F2Ba6	89,09±0,57 ^{abA}	0,52±0,03 ^{cA}	14,91±0,06 ^{abB}	14,92±0,06 ^{abB}	87,99±0,11 ^{bB}
F2Ba9	87,84±0,03 ^{bcA}	0,98±0,04 ^{bA}	15,73±0,12 ^{abB}	15,76±0,11 ^{aB}	86,45±0,18 ^{cB}
F2Ba12	87,79±0,07 ^{cA}	0,88±0,03 ^{cA}	15,83±0,08 ^{abB}	15,85±0,08 ^{abB}	86,82±0,08 ^{dB}
F2Be3	89,34±0,04 ^{aA}	0,06±0,03 ^{cA}	13,74±0,04 ^{bB}	13,74±0,04 ^{bB}	89,75±0,11 ^{bB}
F2Be6	89,25±0,09 ^{abA}	0,11±0,04 ^{cA}	13,68±0,07 ^{abB}	13,68±0,07 ^{abB}	89,56±0,17 ^{bB}
F2Be9	88,50±0,09 ^{bcA}	0,92±0,03 ^{bA}	15,00±0,08 ^{abB}	15,03±0,08 ^{abB}	86,51±0,10 ^{cB}
F2Be12	87,71±0,06 ^{cA}	1,62±0,03 ^{aA}	15,97±0,05 ^{abB}	16,06±0,05 ^{abB}	84,20±0,09 ^{dB}
F2Ni3	89,83±0,03 ^{aB}	0,24±0,03 ^{cA}	13,92±0,09 ^{bA}	13,92±0,09 ^{bA}	89,02±0,14 ^{bB}
F2Ni6	85,90±0,01 ^{abB}	0,72±0,07 ^{cA}	22,37±0,10 ^{abA}	22,38±0,10 ^{abA}	88,16±0,17 ^{bB}
F2Ni9	85,16±0,05 ^{bcB}	1,27±0,09 ^{bA}	22,85±0,06 ^{abA}	22,88±0,06 ^{aA}	86,82±0,21 ^{cB}
F2Ni12	84,52±0,03 ^{cB}	1,92±0,07 ^{aA}	23,36±0,13 ^{aA}	23,44±0,13 ^{aA}	85,30±0,14 ^{dB}
F2Si3	89,37±0,16 ^{aA}	0,14±0,03 ^{cA}	13,64±0,07 ^{bB}	13,64±0,07 ^{bB}	89,43±0,13 ^{bB}
F2Si6	88,67±0,15 ^{abA}	0,54±0,01 ^{cA}	15,05±0,18 ^{abB}	15,06±0,18 ^{abB}	87,96±0,03 ^{bB}
F2Si9	88,33±0,12 ^{bA}	0,83±0,08 ^{bA}	15,31±0,07 ^{abB}	15,34±0,07 ^{abB}	86,91±0,27 ^{cB}
F2Si12	86,37±0,02 ^{cA}	2,54±0,02 ^{aA}	17,88±0,13 ^{aB}	18,06±0,13 ^{aB}	81,92±0,06 ^{dB}

Valorile medii urmate de indici diferiți (a-c pentru doze diferite, A-C pentru soiuri de morcovi diferite) în aceeași coloană sunt semnificativ diferite ($p < 0.05$)

Adaosul de făinuri non-gluten are un impact major asupra *proprietăților funcționale* ale mixului. Tescovina de morcovi este un ingredient bogat în fibre care poate avea impact major asupra proprietăților de absorbție și reținere a lichidelor în funcție de doza utilizată. Mixurile de făină de grâu dur cu tescovină de morcovi au prezentat valori semnificativ ($p < 0,05$) mai mari decât proba martor de făină de grâu dur pentru capacitatea de hidratare (CH), capacitatea de absorbție a apei (CAA), capacitatea de umflare (CU), capacitatea de reținere a apei (CRA), capacitatea de spumare (CS) și stabilitatea spumei (SS), în timp ce capacitatea de absorbție a uleiului (CAU) a fost semnificativ mai scăzută (tabelul 4.5). Densitatea aparentă (DA) și stabilitatea spumei nu au fost influențate de doza de adaos sau de soiul de tescovină de morcovi (tabelul 4.5). Creșterea dozei de adaos a determinat creșterea proporțională a CH, CAU, CAA, CU și CRA, în timp ce CS a scăzut pentru mixurile pe bază de grâu comun. Soiul de morcovi a influențat CAU, CAA și CS. Prezența polizaharidelor în compoziția tescovinei de morcovi poate determina creșterea CH, în timp ce o valoare mai scăzută poate fi datorată unei disponibilități mai mici a aminoacizilor polari în făină (Gull și colab., 2015).

Proprietățile funcționale ale mixurilor de făină de grâu comun cu tescovină de morcovi au evidențiat valori mai ridicate ale CS pentru făina martor comparativ cu mixurile formulate, în timp ce CAU și CRA au prezentat valori mai scăzute (tabelul 4.6). Creșterea dozei de adaos a condus la obținerea unor valori mai ridicate pentru CH, CAU, CAA, CU, CRA și SS, însă fără modificări semnificative ale DA. Soiul de morcovi a influențat semnificativ CAU și CS. Proteinele, fibrele și carbohidrații sunt principalele componente care contribuie la modificarea absorbției apei a făinurilor datorită prezenței grupărilor hidrofile în structură (Vihishima și colab., 2024). Astfel, aportul de proteine, fibre și carbohidrați adus de tescovina de morcovi poate explica creșterea CAA, proporțională cu doza de adaos. Similar cu rezultatele prezentului studiu, Vihishima și colab. (2024) au obținut o creștere a CAU odată cu introducerea de subproduse din

mango și portocale probabil datorită modificării conținutului de proteine întrucât CAU se referă la capacitatea lipidelor din făină de a se lega de lanțurile ne-polare ale proteinelor.

Tabelul 4.5. Proprietățile funcționale ale mixurilor din făină de grâu dur (F1) cu adaos de tescovină de morcovi din diverse soiuri (Ba – Baltimore, Be – Belgrado, Ni – Niagara, Si – Sirkana) (Luca și colab., 2025)

Proba	CH (%)	CAU (%)	CAA (%)	CU (mL/g)	CRA (g/g)	CS (%)	SS (%)	DA (g/cm ³)
F1	49,58±0,20 ^{aB}	93,41±0,20 ^{aA}	97,93±0,05 ^{cC}	3,03±0,00 ^{dB}	0,65±0,03 ^{aC}	0,51±0,02 ^{bD}	98,53±0,00 ^{aA}	1,00±0,00 ^{aA}
F1Ba3	62,42±0,16 ^{dA}	71,59±0,20 ^{cB}	105,79±0,15 ^{cAB}	3,37±0,01 ^{cA}	0,85±0,04 ^{bAB}	1,51±0,02 ^{aC}	99,60±0,00 ^{aA}	1,00±0,01 ^{aA}
F1Ba6	79,80±0,14 ^{cA}	72,23±0,21 ^{bB}	114,52±0,17 ^{bAB}	3,55±0,01 ^{bA}	0,86±0,01 ^{bAB}	1,48±0,01 ^{aC}	99,70±0,00 ^{aA}	1,00±0,01 ^{aA}
F1Ba9	84,24±0,10 ^{bA}	74,28±0,28 ^{bB}	130,81±0,18 ^{aAB}	3,90±0,00 ^{aA}	1,07±0,02 ^{aAB}	1,49±0,00 ^{aC}	99,70±0,00 ^{aA}	1,00±0,01 ^{aA}
F1Ba12	90,82±0,14 ^{aA}	73,33±0,23 ^{bB}	153,34±0,26 ^{aAB}	3,93±0,01 ^{aA}	1,08±0,01 ^{aAB}	1,50±0,01 ^{aC}	99,70±0,00 ^{aA}	1,00±0,01 ^{aA}
F1Be3	69,96±0,11 ^{dA}	62,89±0,22 ^{cC}	99,86±0,12 ^{cBC}	3,41±0,01 ^{cA}	0,82±0,02 ^{bB}	1,48±0,01 ^{aBC}	99,60±0,00 ^{aA}	1,00±0,01 ^{aA}
F1Be6	75,67±0,13 ^{cA}	64,62±0,30 ^{bC}	112,28±0,07 ^{bBC}	3,38±0,00 ^{bA}	0,85±0,02 ^{bB}	1,50±0,01 ^{aBC}	99,60±0,00 ^{aA}	1,00±0,01 ^{aA}
F1Be9	82,42±0,15 ^{bA}	67,62±0,62 ^{bC}	127,12±0,07 ^{aBC}	3,62±0,01 ^{aA}	0,97±0,02 ^{aB}	1,51±0,02 ^{aBC}	99,60±0,00 ^{aA}	1,00±0,01 ^{aA}
F1Be12	90,03±0,09 ^{aA}	70,33±0,30 ^{bC}	118,38±0,06 ^{aBC}	3,80±0,00 ^{aA}	1,02±0,03 ^{aB}	1,61±0,01 ^{aBC}	99,70±0,00 ^{aA}	1,00±0,00 ^{aA}
F1Ni3	70,64±0,24 ^{dA}	64,28±0,28 ^{cC}	109,20±0,04 ^{cAB}	3,32±0,00 ^{cA}	0,84±0,02 ^{bB}	1,59±0,01 ^{aB}	99,70±0,00 ^{aA}	1,00±0,01 ^{aA}
F1Ni6	77,77±0,11 ^{cA}	69,40±0,17 ^{bC}	126,32±0,08 ^{bAB}	3,54±0,01 ^{bA}	0,84±0,04 ^{bB}	1,60±0,00 ^{aB}	99,70±0,00 ^{aA}	1,00±0,01 ^{aA}
F1Ni9	92,20±0,09 ^{bA}	68,59±0,27 ^{bC}	132,50±0,06 ^{aAB}	3,52±0,01 ^{aA}	0,95±0,03 ^{aB}	1,51±0,02 ^{aB}	99,60±0,00 ^{aA}	1,00±0,01 ^{aA}
F1Ni12	97,89±0,10 ^{aA}	72,23±0,17 ^{bC}	130,91±0,07 ^{aAB}	3,82±0,01 ^{aA}	0,93±0,03 ^{aB}	1,50±0,01 ^{aB}	0,00±0,00 ^{bA}	1,00±0,01 ^{aA}
F1Si3	67,38±0,19 ^{dA}	60,60±0,19 ^{cC}	117,68±0,12 ^{cA}	3,42±0,01 ^{cA}	0,85±0,02 ^{bA}	1,61±0,01 ^{aA}	99,60±0,00 ^{aA}	1,00±0,01 ^{aA}
F1Si6	82,19±0,13 ^{cA}	69,22±0,22 ^{bC}	135,85±0,13 ^{bA}	3,67±0,01 ^{bA}	0,95±0,02 ^{bA}	1,61±0,01 ^{aA}	99,60±0,00 ^{aA}	1,00±0,01 ^{aA}
F1Si9	98,45±0,21 ^{bA}	70,23±0,16 ^{bC}	145,57±0,08 ^{aA}	3,86±0,00 ^{aA}	1,18±0,03 ^{aA}	1,59±0,01 ^{aA}	99,60±0,00 ^{aA}	0,99±0,00 ^{aA}
F1Si12	101,94±0,16 ^{aA}	68,68±0,27 ^{bC}	131,66±0,12 ^{aA}	3,79±0,01 ^{aA}	1,19±0,03 ^{aA}	1,61±0,01 ^{aA}	99,60±0,00 ^{aA}	1,00±0,01 ^{aA}

Valorile medii urmate de indici diferiți (a-e pentru doze diferite, A-C pentru soiuri de morcovi diferite) în aceeași coloană sunt semnificativ diferite ($p < 0.05$), CH – capacitatea de hidratare, CAA – capacitatea de absorbție a apei, CAU – capacitatea de absorbție a uleiului, CRA – capacitate de reținere a apei, CS – capacitatea de spumare, SS – stabilitatea spumei, CU – capacitatea de umflare, DA – densitatea aparentă.

CU este influențată de dimensiunea particulelor, originea botanică a făinurilor și metodele de prelucrare ale acestora. Creșterea CU a mixurilor formulate, proporțională cu doza de tescovină de morcovi adăugată în făina de grâu (tabelul 4.6), poate fi atribuit unei îmbunătățiri a capacității făinii de a absorbi apă și de a se umfla întrucât acest parametru sugerează amploarea forțelor asociative din granele de amidon (Awuchi și colab., 2019).

Tabelul 4.6. Proprietățile funcționale ale mixurilor de făină de grâu comun (F2) cu adaos de tescovină de morcovi din diverse soiuri (Ba–Baltimore, Be–Belgrado, Ni–Niagara, Si–Sirkana) (Luca și colab., 2025)

Proba	CH (%)	CAU (%)	CAA (%)	CU (mL/g)	CRA (g/g)	CS (%)	SS (%)	DA (g/cm ³)
F2	57,70±0,15 ^{bCB}	72,76±0,15 ^{cD}	109,33±0,11 ^{aB}	3,28±0,01 ^{cDB}	0,86±0,04 ^{cDA}	1,48±0,02 ^{aA}	0,00±0,00 ^{cC}	1,00±0,00 ^{aA}
F2Ba3	59,92±0,11 ^{cA}	86,51±0,37 ^{bC}	96,37±0,09 ^{cAB}	3,09±0,00 ^{dAB}	0,90±0,02 ^{dA}	0,51±0,02 ^{bBC}	98,72±0,00 ^{bB}	1,00±0,01 ^{aA}
F2Ba6	71,43±0,13 ^{bA}	90,23±0,18 ^{aC}	107,24±0,05 ^{bAB}	3,63±0,00 ^{bC}	0,93±0,01 ^{bA}	0,98±0,01 ^{cBC}	99,11±0,00 ^{aB}	0,99±0,00 ^{aA}
F2Ba9	80,32±0,11 ^{aB}	87,59±0,29 ^{aC}	117,40±0,04 ^{aB}	3,94±0,00 ^{bAB}	1,04±0,02 ^{bA}	0,98±0,01 ^{bBC}	99,11±0,00 ^{aB}	0,99±0,00 ^{aA}
F2Ba12	86,09±0,07 ^{aA}	94,21±0,23 ^{aC}	113,63±0,08 ^{aAB}	4,03±0,01 ^{aB}	1,36±0,02 ^{aA}	1,05±0,01 ^{bBC}	99,16±0,00 ^{aB}	1,00±0,01 ^{aA}
F2Be3	56,23±0,09 ^{cB}	84,75±0,23 ^{bBC}	83,79±0,10 ^{cB}	3,01±0,00 ^{dAB}	0,86±0,02 ^{dA}	0,48±0,02 ^{bBC}	98,92±0,00 ^{bAB}	1,00±0,01 ^{aA}
F2Be6	62,66±0,13 ^{bB}	95,48±0,15 ^{aBC}	96,15±0,06 ^{bB}	3,37±0,01 ^{bC}	0,91±0,02 ^{bA}	0,99±0,00 ^{cBC}	99,21±0,00 ^{aB}	1,00±0,01 ^{aA}
F2Be9	66,39±0,09 ^{aB}	96,49±0,23 ^{aBC}	105,31±0,07 ^{aB}	3,53±0,00 ^{bAB}	1,00±0,02 ^{bA}	0,98±0,01 ^{bBC}	99,11±0,00 ^{aB}	1,00±0,01 ^{aA}
F2Be12	69,85±0,06 ^{aB}	101,35±0,16 ^{aBC}	114,79±0,09 ^{aB}	3,68±0,01 ^{aB}	1,14±0,01 ^{aA}	1,18±0,01 ^{bBC}	99,31±0,00 ^{aB}	1,00±0,00 ^{aA}
F2Ni3	49,17±0,07 ^{cB}	87,93±0,17 ^{bAB}	97,78±0,12 ^{cA}	3,16±0,01 ^{dAB}	0,83±0,04 ^{dA}	0,50±0,01 ^{dC}	99,01±0,00 ^{bB}	1,00±0,00 ^{aA}
F2Ni6	56,37±0,09 ^{bB}	97,62±0,16 ^{aAB}	112,91±0,06 ^{bA}	3,57±0,00 ^{bC}	0,95±0,05 ^{bA}	0,48±0,01 ^{cC}	98,82±0,00 ^{abB}	1,00±0,00 ^{aA}
F2Ni9	59,15±0,08 ^{aB}	100,74±0,15 ^{aAB}	122,80±0,08 ^{aB}	3,80±0,00 ^{aB}	0,99±0,03 ^{bA}	0,98±0,01 ^{bC}	99,31±0,00 ^{aB}	1,00±0,00 ^{aA}
F2Ni12	65,43±0,10 ^{aB}	99,13±0,17 ^{aAB}	130,60±0,09 ^{aA}	4,11±0,01 ^{aB}	1,09±0,04 ^{aA}	0,99±0,01 ^{bC}	99,21±0,00 ^{aB}	0,99±0,00 ^{aA}
F2Si3	52,87±0,07 ^{cB}	98,74±0,17 ^{bA}	105,53±0,09 ^{cA}	3,25±0,00 ^{dA}	0,77±0,03 ^{dA}	1,01±0,02 ^{bB}	99,21±0,00 ^{bA}	0,99±0,00 ^{aA}
F2Si6	59,13±0,20 ^{bB}	98,77±0,21 ^{aA}	109,74±0,11 ^{bA}	3,80±0,00 ^{bA}	1,02±0,04 ^{bA}	1,01±0,02 ^{cB}	99,31±0,00 ^{abA}	0,99±0,00 ^{aA}
F2Si9	64,29±0,12 ^{aB}	100,74±0,19 ^{aA}	111,48±0,10 ^{abA}	3,88±0,00 ^{bA}	1,05±0,04 ^{bA}	1,17±0,07 ^{bCB}	99,40±0,00 ^{aA}	0,99±0,00 ^{aA}
F2Si12	72,46±0,06 ^{aB}	103,37±0,19 ^{aA}	123,34±0,10 ^{aA}	4,47±0,00 ^{aA}	1,20±0,04 ^{aA}	1,11±0,02 ^{bB}	99,31±0,00 ^{aA}	0,99±0,00 ^{aA}

Valorile medii urmate de indici diferiți (a-e pentru doze diferite, A-C pentru soiuri de morcovi diferite) în aceeași coloană sunt semnificativ diferite ($p < 0.05$), CH – capacitatea de hidratare, CAA – capacitatea de absorbție a apei, CAU – capacitatea de absorbție a uleiului, CRA – capacitate de reținere a apei, CS – capacitatea de spumare, SS – stabilitatea spumei, CU – capacitatea de umflare, DA – densitatea aparentă.

Creșterea dozei de tescovină de morcovi a determinat creșterea conținutului de *polifenoli totali* și β -caroten pentru mixurile pe bază de făină de grâu dur sau grâu comun, așa cum era de așteptat, datorită prezenței acestor compuși în ingredientul adăugat (figura 4.1). Conținutul total de polifenoli a fost influențat nesemnificativ de către soiul de morcovi, în timp ce conținutul de β -caroten a înregistrat ușoare modificări.

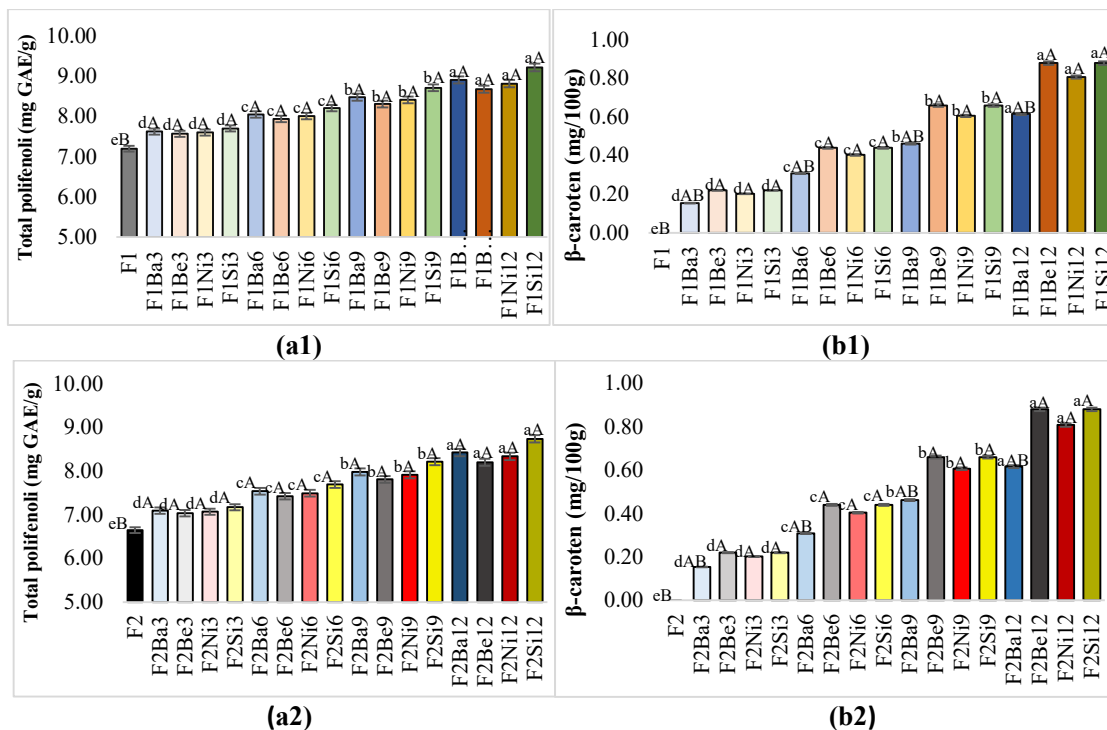


Figura 4.1. Conținutul total de polifenoli (a) și β -caroten (b) al mixurilor din făină de grâu dur (1) și grâu comun (2) cu adaos de tescovină de morcovi din diverse soiuri (Ba – Baltimore, Be – Belgrado, Ni – Niagara, Si – Sirkana); coloanele marcate cu indici diferiți (a-e pentru doze diferite, A-C pentru soiuri de morcovi diferite) indică diferențe semnificative ($p < 0.05$) (Luca și colab., 2025)

Caracteristicile moleculare ale mixurilor din făină de grâu dur și tescovină de morcovi sunt reprezentate în figura 4.2. Proba martor a prezentat intensități ale absorbției semnificativ mai reduse comparativ cu mixurile, iar diferențele au fost din ce în ce mai mari pe măsură ce a avut loc creșterea dozei de adaos. Intensitățile peak-urilor au fost semnificativ diferite în funcție de soiul de morcovi, iar creșterea dozei de adaos a determinat creșterea absorbțiilor peak-urilor. Soiul de morcovi a prezentat o influență remarcabilă asupra intensității peak-urilor. Făina de grâu comun a prezentat cele mai mici valori ale intensității absorbțiilor pe întreg domeniul de lungimi de unde considerat, cu excepția regiunii 2318-2361 cm^{-1} pentru probele cu 3, 6 și 12% doză de adaos (figura 4.3). Se observă un peak proeminent în cazul tuturor probelor analizate la 3290 cm^{-1} corespunzător vibrațiilor de întindere ale grupărilor hidroxil (-OH) din structura polizaharidelor (în special hemiceluloză și celuloză) sau polifenolilor (Rezvani și Goli, 2023).

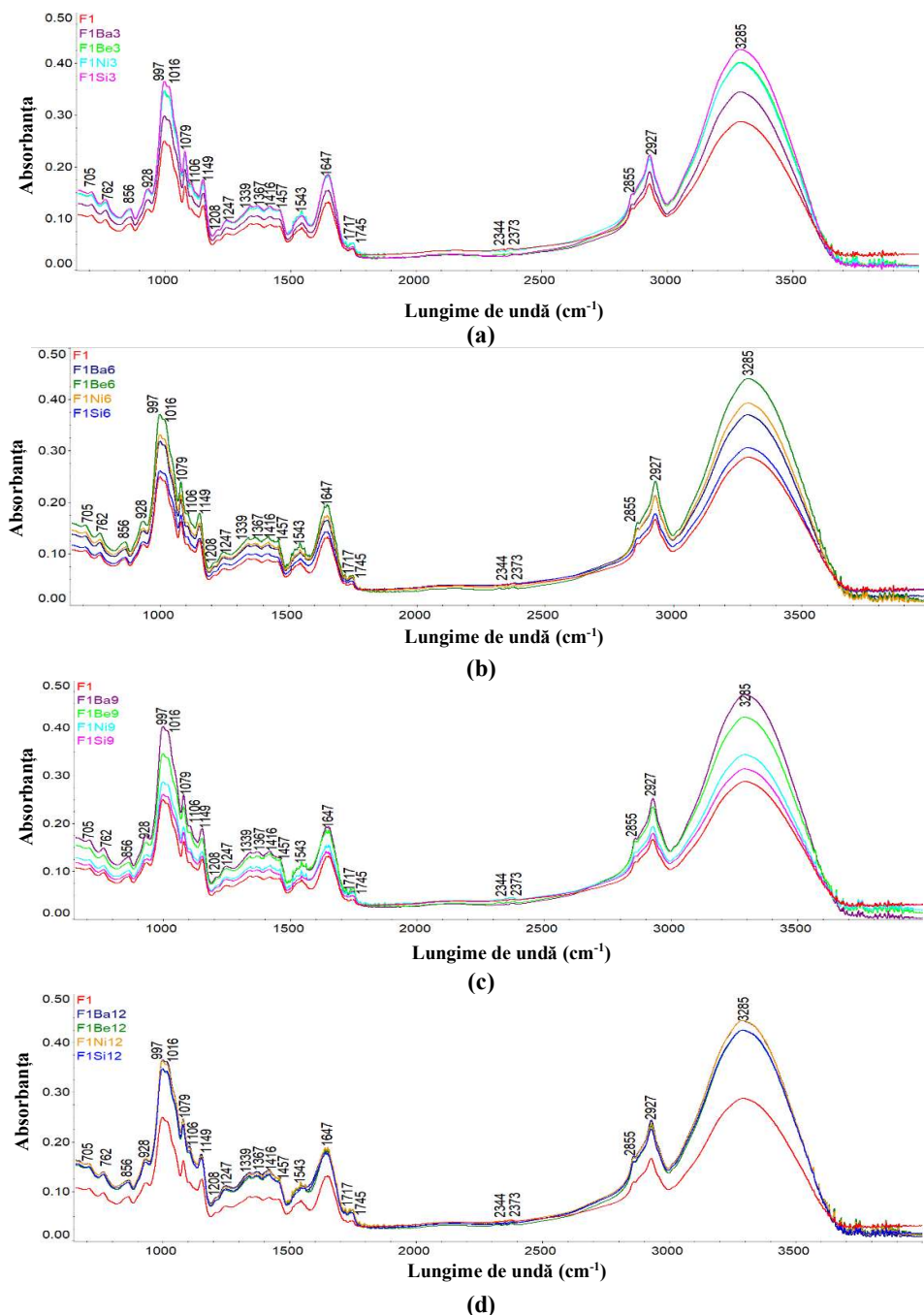


Figura 4.2. Spectrele FT-IR pentru mixurile din făină de grâu dur (F1) cu adaos de tescovină de morcovi din diverse soiuri (Ba–Baltimore, Be–Belgrado, Ni–Niagara, Si–Sirkana): 3% (a), 6% (b), 9% (c) și 12% (d) (Luca și colab., 2025)

Prezența β -carotenului este sugerată de apariția peak-ului la 1737 cm^{-1} (Kaur și colab., 2019) și a cărei intensitate a crescut proporțional cu doza de tescovină de morcovi adăugată, ceea ce confirmă rezultatele prezentate în figura 4.1 privind conținutul de β -caroten. Caracteristicile moleculare ale mixurilor au confirmat prezența compușilor bioactivi, cum ar fi polifenolii, fibrele și β -carotenul.

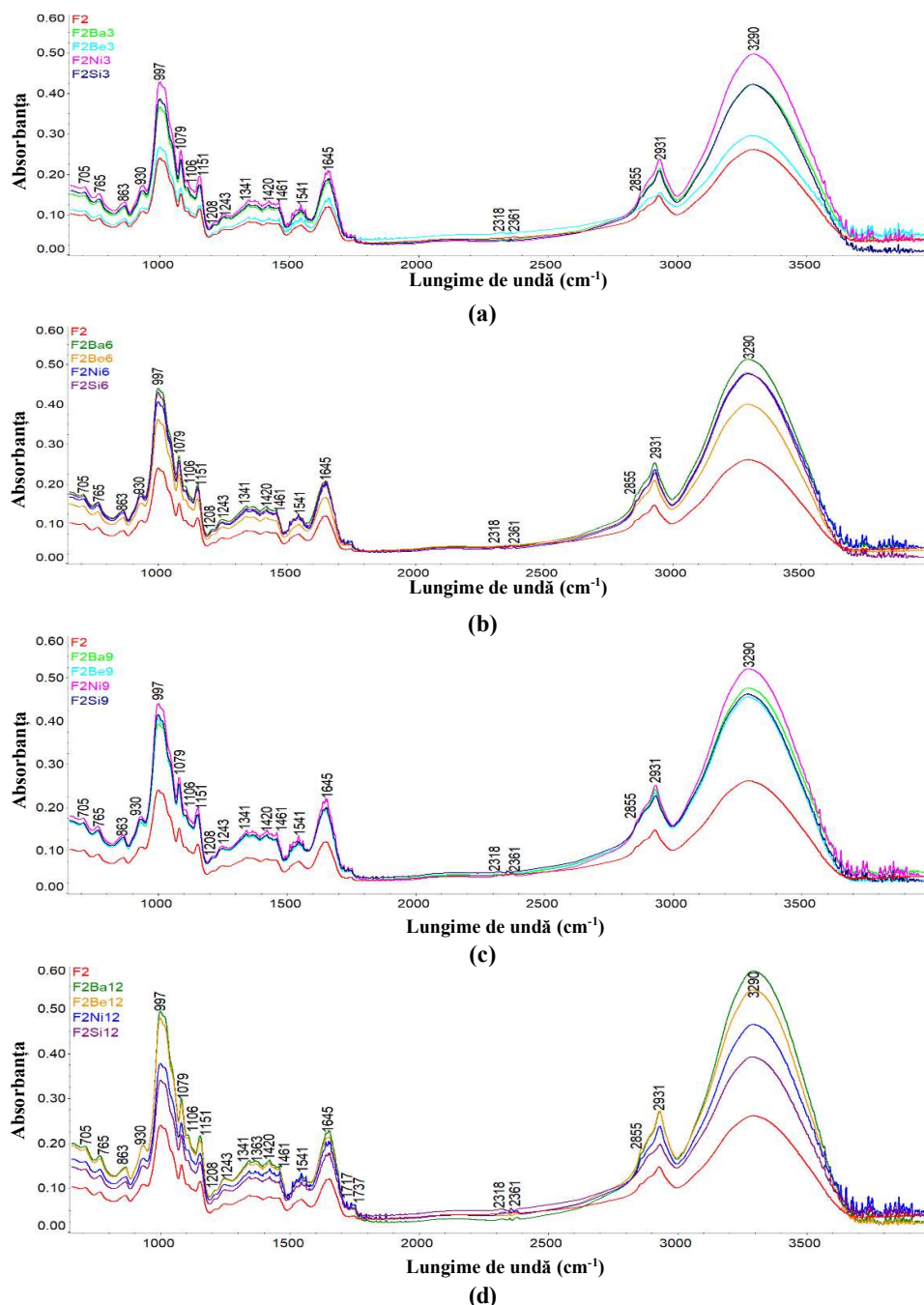


Figura 4.3. Spectrele FT-IR pentru mixurile din făină de grâu comun (F2) cu adaos de tescovină de morcovi din diverse soiuri (Ba – Baltimore, Be – Belgrado, Ni – Niagara, Si – Sirkana): 3% (a), 6% (b), 9% (c) și 12% (d) (Luca și colab., 2025)

Relațiile între variabilele studiate sunt evidențiate prin Analiza Componentelor Principale (figura 4.4). Pentru mixurile cu făină de grâu dur (figura 4.4a), prima componentă (PC1) a explicat 70,10% din varianța totală a variabilelor analizate, iar cea de-a doua (PC2) a explicat 12,51%. PC1 a fost asociată cu CRA, CH, CAA, CU, conținutul de polifenoli, β -caroten, indicele de cădere, parametrii de culoare, în timp ce PC2 a fost asociată cu DA, CAU și CS. Proba martor (F1) s-a

diferențiat de celelalte mixuri de făină mai ales prin indicele de cădere. S-a observat o grupare preponderentă în partea dreaptă a graficului a mixurilor cu 9 și 12% tescovină de morcovi, iar cele cu doze mai mici de 6% s-au grupat mai ales în cadranele din partea stângă.

În cazul mixurilor cu făină de grâu comun, PC1 a explicat 58,28% din variația datelor, iar PC2 a explicat 15,55% din această variație (figura 4.4b). PC1 a fost asociată cu CAU, CAA, a*, conținutul de polifenoli și β -caroten, CU, CRA, indicele de cădere, H, indicele de deformare a glutenului, în timp ce PC2 a fost asociată cu DA, C*, b*, L*, CS și CH.

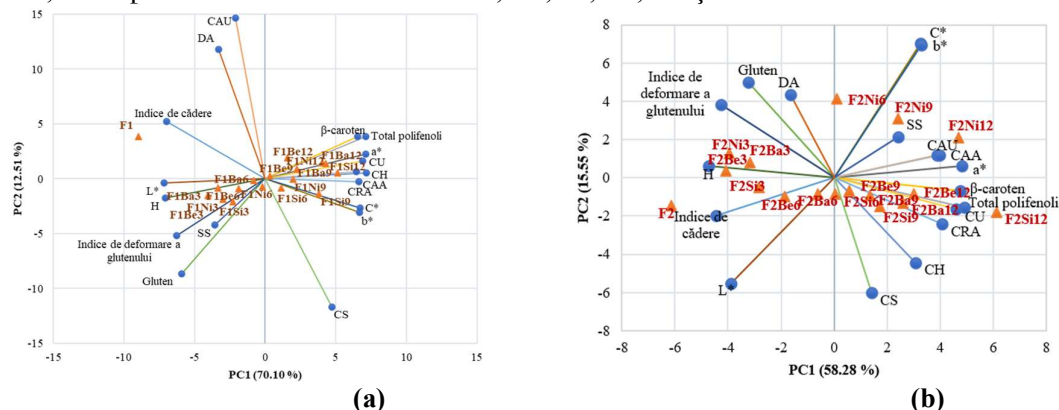


Figura 4.4. Analiza Componentelor Principale pentru mixurile din făină de grâu dur (F1) (a) și grâu comun (F2) (b) cu adaos de tescovină de morcovi din diverse soiuri (Ba – Baltimore, Be – Belgrado, Ni – Niagara, Si – Sirkana) (Luca și colab., 2025)

Similar cu făina de grâu dur, proba martor s-a diferențiat în special prin indicele de cădere. S-a observat o distribuție a mixurilor cu 3 și 6% tescovină de morcovi preponderentă în partea stângă a graficului, iar cele cu 9 și 12% adaos au fost localizate în cadranele din dreapta. Probele cu 3% adaos s-au diferențiat de celelalte probe prin parametru H și indicele de deformare a glutenului, iar cele cu 12%, prin CAU, CAA, a*, CU, CRA, conținut de polifenoli și β -caroten.

Influența tipului de făină – a conținutului de proteine, a dozei de adaos de tescovină de morcovi și a soiului asupra caracteristicilor făinii, aluatului și pastelor făinoase, stabilirea dozei optime de adaos corespunzătoare soiului de tescovină de morcovi și tipului de făină, precum și validarea rezultatelor experimentale sunt prezentate în **Capitolul 5**. Matricea datelor experimentale obținute pentru variabilele studiate și utilizate pentru modelarea matematică este prezentată în tabelul 5.1.

S-au observat diferențe semnificative ($p < 0,05$) în ceea ce privește caracteristicile făinurilor, aluatului și pastelor făinoase în funcție de conținutul de proteine al făinii (tipul acesteia) și doza de tescovină de morcovi, în timp ce soiul de morcovi a avut o influență mai redusă.

Datele experimentale pentru toate cele zece răspunsuri (capacitatea de hidratare, modulul complex, complianța maximă, duritate aluat, Chroma, fracturabilitate, pierderi de substanțe solide la fierbere, masticabilitate, conținutul de pigmenți galbeni totali, conținutul de fibre) au fost modelate cu ajutorul modelului matematic de tip 2FI care s-a dovedit a fi potrivit pentru a explica variația datelor ($0,75 < R^2 < 0,98$).

Tabelul 5.1. Matricea experimentală (Luca și colab., 2025a)

Proba	CH (%)	G* (Pa)	J _{max} (Pa·s)	Duritate aluat (N)	Chroma (adim.)	PSSF (%)	Fracturabilitate (N)	Masticabilitate (N)	Pigmenți galbeni totali (mg/kg)	Fibre (%)
F1Ba3	62,42±0,16 ^{aAz}	376400±33876 ^{aAz}	4,30±0,20 ^{bAx}	31,65±3,74 ^{aAz}	25,16±0,03 ^{aBx}	4,97±0,20 ^{aAz}	38,96±3,58 ^{aAw}	26,37±2,15 ^{aBx}	0,28±0,00 ^{aBz}	0,51±0,07 ^{aBw}
F1Ba6	79,80±0,14 ^{aAy}	591600±53244 ^{aAz}	3,70±0,20 ^{bAy}	33,12±1,72 ^{aAyz}	24,30±0,06 ^{aBxy}	7,15±0,55 ^{aAy}	50,83±4,27 ^{aAz}	24,70±2,36 ^{aBx}	0,32±0,00 ^{aByz}	0,53±0,06 ^{aBz}
F1Ba9	84,24±0,10 ^{aAxy}	797200±71748 ^{aAy}	3,38±0,13 ^{bAyz}	40,75±0,98 ^{aAy}	21,35±0,26 ^{aByz}	7,87±0,08 ^{aAy}	64,15±3,79 ^{aAy}	23,56±1,91 ^{aBxy}	0,30±0,00 ^{aBy}	0,83±0,04 ^{aBy}
F1Ba12	90,82±0,14 ^{aAx}	827300±74457 ^{aAx}	3,27±0,11 ^{bAz}	49,82±3,95 ^{aAx}	20,86±0,02 ^{aBz}	8,94±0,06 ^{aAx}	69,00±5,46 ^{aAx}	20,20±1,32 ^{aBy}	0,32±0,00 ^{aBx}	1,73±0,14 ^{aBx}
F1Be3	69,96±0,11 ^{aAy}	302500±27225 ^{aBz}	3,79±0,10 ^{bAx}	31,46±2,79 ^{aAz}	24,47±0,20 ^{aBx}	5,70±0,35 ^{aAz}	44,42±3,38 ^{aAw}	28,97±2,17 ^{aABx}	0,25±0,00 ^{aBz}	0,26±0,04 ^{aBw}
F1Be6	75,67±0,13 ^{aAy}	398300±35847 ^{aBz}	3,32±0,14 ^{bAy}	33,83±3,42 ^{aAyz}	24,38±0,41 ^{aBxy}	6,00±0,05 ^{aAy}	47,78±4,16 ^{aAz}	28,85±1,98 ^{aABx}	0,28±0,00 ^{aByz}	0,49±0,06 ^{aBz}
F1Be9	82,42±0,15 ^{aAxy}	416800±37512 ^{aBy}	2,59±0,10 ^{bAyz}	37,44±0,42 ^{aAy}	23,74±0,03 ^{aByz}	6,78±0,33 ^{aAy}	60,83±5,06 ^{aAy}	26,07±2,44 ^{aABxy}	0,30±0,01 ^{aBy}	0,53±0,06 ^{aBy}
F1Be12	90,03±0,09 ^{aAx}	535000±48150 ^{aBx}	2,19±0,18 ^{bAz}	45,73±1,91 ^{aAx}	21,57±0,01 ^{aBz}	8,98±0,07 ^{aAx}	69,01±4,94 ^{aAx}	20,02±2,15 ^{aABxy}	0,31±0,01 ^{aBx}	1,50±0,09 ^{aBx}
F1Ni3	70,64±0,24 ^{aAz}	464500±41805 ^{aABz}	3,43±0,14 ^{bAx}	39,98±0,84 ^{aAz}	23,67±0,40 ^{aABx}	5,34±0,11 ^{aAz}	38,25±2,93 ^{aAw}	22,25±1,77 ^{aABx}	0,28±0,01 ^{aAz}	0,48±0,06 ^{aBw}
F1Ni6	77,77±0,11 ^{aAy}	519000±46710 ^{aABz}	3,29±0,21 ^{bAy}	41,91±1,11 ^{aAyz}	22,22±0,01 ^{aABxy}	6,51±0,58 ^{aAy}	49,04±3,97 ^{aAz}	19,95±1,86 ^{aABx}	0,32±0,00 ^{aAyz}	0,64±0,06 ^{aBz}
F1Ni9	92,20±0,09 ^{aAxy}	531100±47799 ^{aBy}	2,04±0,03 ^{bAyz}	45,88±4,17 ^{aAx}	21,59±0,13 ^{aAByz}	8,21±0,26 ^{aAy}	51,84±3,17 ^{aAy}	19,46±0,87 ^{aABxy}	0,38±0,00 ^{aAy}	1,13±0,06 ^{aBy}
F1Ni12	97,89±0,10 ^{aAx}	576200±51858 ^{aABx}	1,78±0,05 ^{bAx}	45,26±3,74 ^{aAx}	21,46±0,09 ^{aABz}	9,06±0,31 ^{aAx}	56,34±5,17 ^{aAx}	22,11±2,09 ^{aABz}	0,39±0,01 ^{aAx}	1,51±0,08 ^{aBx}
F1Si3	67,38±0,11 ^{aAz}	249400±22446 ^{aABz}	5,36±0,24 ^{bAx}	27,78±1,79 ^{aAz}	24,06±0,30 ^{aAx}	6,03±0,90 ^{aAz}	26,09±2,10 ^{aAw}	23,33±1,94 ^{aAx}	0,32±0,01 ^{aAz}	1,08±0,01 ^{aAw}
F1Si6	82,19±0,13 ^{aAy}	274000±24660 ^{aABz}	3,75±0,09 ^{bAy}	32,25±0,85 ^{aAyz}	23,54±0,48 ^{aAxy}	7,30±0,87 ^{aAy}	34,75±2,33 ^{aAz}	22,04±2,30 ^{aAx}	0,33±0,01 ^{aAyz}	1,16±0,05 ^{aAz}
F1Si9	98,45±0,21 ^{aAxy}	569100±51219 ^{aABz}	2,43±0,19 ^{bAyz}	39,64±1,06 ^{aAy}	22,87±0,21 ^{aAyz}	8,21±0,81 ^{aAy}	38,39±2,90 ^{aAy}	21,83±0,38 ^{aAxy}	0,37±0,01 ^{aAy}	1,17±0,03 ^{aAy}
F1Si12	101,94±0,16 ^{aAx}	711400±64026 ^{aABx}	2,03±0,10 ^{bAz}	42,15±2,87 ^{aAx}	22,77±0,11 ^{aAz}	9,03±0,83 ^{aAx}	54,22±4,27 ^{aAx}	20,45±0,99 ^{aAy}	0,39±0,01 ^{aAx}	1,36±0,03 ^{aAx}
F2Ba3	59,92±0,11 ^{bAz}	241600±21744 ^{bAz}	8,05±0,70 ^{aAx}	20,53±0,82 ^{bAx}	20,73±0,46 ^{bBx}	4,74±0,18 ^{bAz}	32,77±1,64 ^{aAw}	20,99±1,30 ^{aBx}	0,24±0,00 ^{aBz}	0,45±0,02 ^{aBw}
F2Ba6	71,43±0,13 ^{bAy}	320600±28854 ^{bAz}	3,58±0,20 ^{aAy}	28,56±1,76 ^{bAyz}	20,39±0,48 ^{bBxy}	5,45±0,48 ^{bAy}	41,42±3,97 ^{aAz}	19,30±1,64 ^{aBx}	0,26±0,01 ^{aByz}	0,87±0,01 ^{aBz}
F2Ba9	80,32±0,11 ^{bAxy}	571300±51417 ^{bAy}	2,87±0,16 ^{aAyz}	33,28±2,81 ^{bAy}	20,18±0,42 ^{bByz}	6,03±0,67 ^{bAy}	46,58±4,48 ^{aAy}	18,92±1,48 ^{aBxy}	0,29±0,00 ^{aBy}	1,17±0,03 ^{aBy}
F2Ba12	86,09±0,07 ^{bAx}	767400±69066 ^{bAx}	2,60±0,03 ^{aAz}	34,81±0,94 ^{bAx}	19,78±0,06 ^{bBz}	7,33±0,42 ^{bAx}	51,96±4,07 ^{aAx}	20,20±2,00 ^{aBy}	0,35±0,00 ^{aBx}	1,42±0,03 ^{aBx}
F2Be3	56,23±0,09 ^{bAz}	315000±28350 ^{bBz}	12,64±0,90 ^{aAx}	15,22±1,35 ^{bAz}	20,68±0,25 ^{bBx}	2,93±0,01 ^{bAz}	35,02±3,37 ^{aAw}	22,39±1,31 ^{aABx}	0,24±0,00 ^{aBz}	0,39±0,02 ^{aBw}
F2Be6	62,66±0,13 ^{bAy}	336700±30303 ^{bBz}	7,46±0,52 ^{aAy}	23,44±0,64 ^{bAyz}	20,40±0,63 ^{bBxy}	6,35±0,78 ^{bAy}	47,03±2,82 ^{aAz}	21,64±1,09 ^{aABx}	0,29±0,00 ^{aByz}	0,64±0,03 ^{aBz}
F2Be9	66,39±0,09 ^{bAxy}	343100±30879 ^{bBy}	3,98±0,18 ^{aAyz}	29,40±2,44 ^{bAy}	19,85±0,11 ^{bByz}	6,42±0,52 ^{bAy}	52,06±4,24 ^{aAy}	21,23±0,48 ^{aABxy}	0,33±0,01 ^{aBy}	1,04±0,03 ^{aBy}
F2Be12	69,85±0,06 ^{bAx}	509800±45882 ^{bBx}	2,88±0,27 ^{aAz}	32,48±2,21 ^{bAx}	19,64±0,19 ^{bBz}	7,38±0,27 ^{bAx}	58,96±5,66 ^{aAx}	15,86±0,22 ^{aABxy}	0,36±0,01 ^{aBx}	1,50±0,06 ^{aBx}
F2Ni3	49,17±0,07 ^{bAz}	198700±17883 ^{bABz}	4,67±0,32 ^{aAx}	14,91±0,74 ^{bAz}	22,13±0,08 ^{aBx}	4,19±0,09 ^{bAz}	32,20±2,82 ^{aAw}	26,25±4,80 ^{aABx}	0,28±0,01 ^{aAz}	0,36±0,03 ^{aBw}
F2Ni6	56,37±0,09 ^{bAy}	216200±19458 ^{bABz}	5,82±0,29 ^{aAy}	21,60±0,49 ^{bAyz}	22,48±0,03 ^{aBxy}	7,21±0,51 ^{bAy}	50,40±4,38 ^{aAz}	26,14±1,37 ^{aABx}	0,34±0,01 ^{aAyz}	0,67±0,06 ^{aBz}
F2Ni9	59,15±0,08 ^{bAxy}	301500±27135 ^{bABz}	2,80±0,10 ^{aAyz}	23,49±0,98 ^{bAy}	21,97±0,03 ^{aBxy}	7,42±0,15 ^{bAy}	51,78±4,30 ^{aAy}	24,96±1,90 ^{aABxy}	0,43±0,00 ^{aAy}	1,13±0,02 ^{aBy}
F2Ni12	65,43±0,10 ^{bAx}	794800±71534 ^{bABx}	1,94±0,14 ^{aAz}	43,83±2,40 ^{bAx}	21,55±0,38 ^{bABz}	8,72±1,28 ^{bAx}	55,04±5,04 ^{aAx}	23,86±1,59 ^{aABz}	0,66±0,01 ^{aAx}	1,48±0,05 ^{aBx}
F2Si3	52,87±0,07 ^{bAz}	230400±20736 ^{bABz}	8,55±0,67 ^{aAx}	18,57±0,66 ^{bAz}	23,69±0,24 ^{bAx}	5,01±0,08 ^{bAz}	33,84±2,61 ^{aAw}	33,31±3,07 ^{aAx}	0,28±0,01 ^{aAz}	0,63±0,02 ^{aAw}
F2Si6	59,13±0,20 ^{bAy}	358500±32265 ^{bABz}	3,52±0,39 ^{aAy}	22,37±0,36 ^{bAyz}	23,45±0,40 ^{bAxy}	5,51±0,24 ^{bAy}	50,01±4,38 ^{aAz}	28,99±2,70 ^{aAx}	0,28±0,01 ^{aAyz}	1,35±0,04 ^{aAz}
F2Si9	64,29±0,12 ^{bAxy}	498900±44901 ^{bABz}	3,88±0,13 ^{aAyz}	26,63±1,08 ^{bAy}	22,61±0,22 ^{bAyz}	5,72±0,25 ^{bAy}	51,73±3,41 ^{aAy}	27,66±1,14 ^{aAxy}	0,41±0,00 ^{aAy}	1,47±0,02 ^{aAy}
F2Si12	72,46±0,06 ^{bAx}	797600±71784 ^{bABx}	1,87±0,02 ^{aAz}	34,33±1,90 ^{bAx}	22,34±0,30 ^{bAz}	7,60±0,04 ^{bAx}	57,68±5,25 ^{aAx}	24,94±2,50 ^{aAy}	0,56±0,00 ^{aAx}	1,88±0,06 ^{aAx}

F1 - făină de grâu dur cu conținut de 14% proteine, F2 – făină de grâu comun cu conținut de 11% proteine, Ba – Baltimore, Be – Belgrado, Ni – Niagara, Si – Sirkana, CH - capacitate de hidratare, G* - modul complex, J_{max} – complianța maximă, PSSF - pierderi de substanțe solide la fierbere; a-b - valori medii urmate de litere mici în aceeași coloană indică diferențe semnificative între tipurile de făină ($p < 0,05$), A-B - valori medii urmate de litere majuscule în aceeași coloană indică diferențe semnificative între soiurile de morcovi ($p < 0,05$), x-w - valori medii urmate de litere mici în aceeași coloană indică diferențe semnificative între doze ($p < 0,05$)

Capacitatea de hidratare a făinii (CH) a crescut odată cu creșterea dozei de adaos (figura 5.1), iar gradul de modificare a depins de soiul de tescovină de morcovi, cele mai mari schimbări fiind observate pentru soiurile Baltimore și Sirkana. Studiile au raportat că încorporarea de fibre în aluatul din făină de grâu crește absorbția apei datorită afinității mai mari pentru apă a pudrei de tescovină în comparație cu făina de grâu: grupările hidroxil ale fibrelor de tescovină pot genera legături de hidrogen cu apa (Struck și colab., 2018).

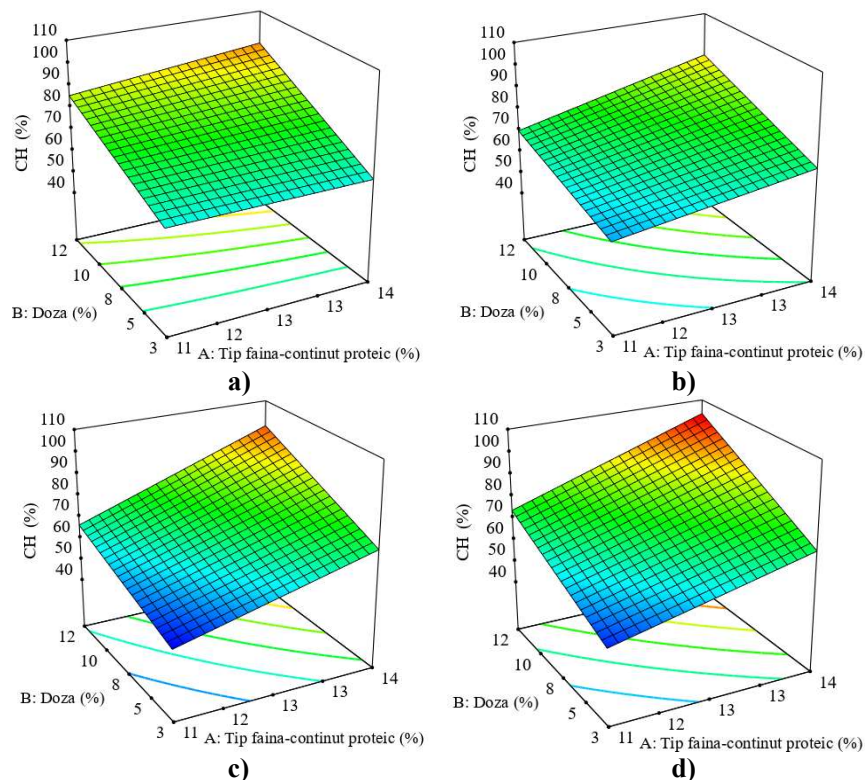


Figura 5.1. Efectul combinat al tipului de făină (conținut proteic) și al dozei de tescovină de morcovi din diferite soiuri: a) Baltimore, b) Belgrado, c) Niagara, d) Sirkana asupra capacității de hidratare a făinii

Modelele predictive obținute pentru capacitatea de hidratare, corespunzătoare fiecărui soi de tescovină de morcovi, sunt prezentate de relațiile 5.1 - 5.4.

$$CH_{\text{Baltimore}}(\%) = 67,02 - 0,98A - 1,40B + 0,35AB \quad (5.1)$$

$$CH_{\text{Belgrado}}(\%) = 24,74 + 2,64A - 2,49B + 0,35AB \quad (5.2)$$

$$CH_{\text{Niagara}}(\%) = -27,68 + 6,42A - 1,88B + 0,35AB \quad (5.3)$$

$$CH_{\text{Sirkana}}(\%) = -20,96 + 5,82A - 1,28B + 0,35AB \quad (5.4)$$

Creșterea dozei de adaos de tescovină de morcovi a determinat creșterea *modulului complex* (G^*), iar modificările au fost mai accentuate în cazul soiurilor Baltimore și Sirkana (figura 5.2) probabil datorită compoziției chimice diferite între soiuri (Luca și colab., 2022). Aluatul din făină de grâu comun, cu un conținut proteic mai redus, a prezentat valori mai mici pentru G^* , comparativ cu cel din făină de grâu dur. S-a demonstrat că aluatul din făină de grâu dur prezintă rezistență, rigiditate și tenacitate mai mari decât cel din grâu comun (Ponce-García și colab., 2008). Aceste rezultate ar putea fi datorate tipului de proteine glutenice și/sau nivelului de hidratare a aluatului diferit între cele două tipuri de făinuri de grâu (Cecchini și colab., 2021).

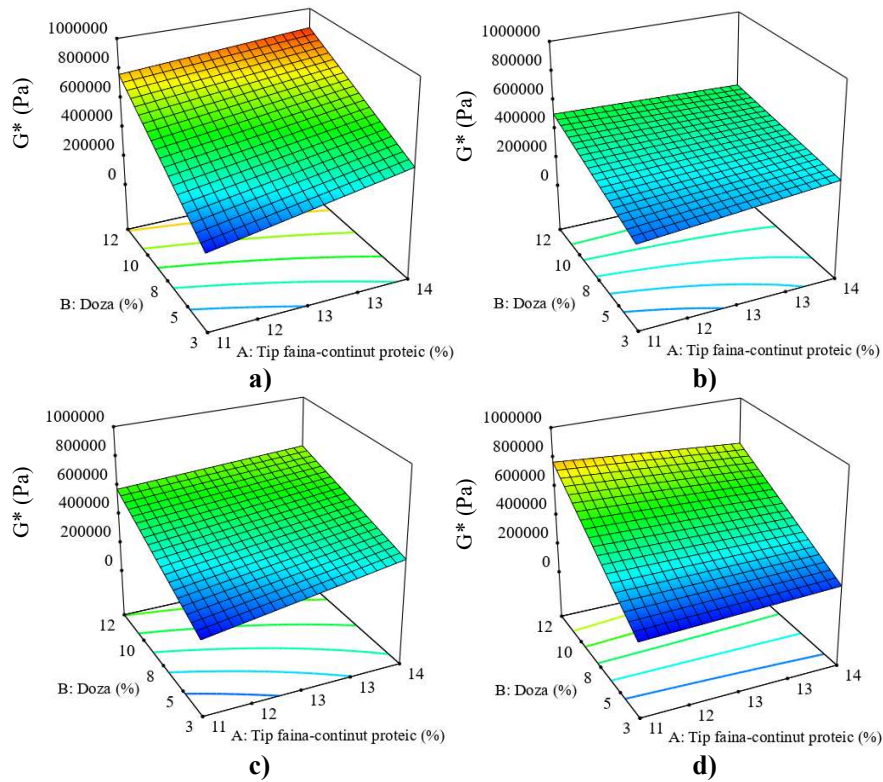


Figura 5.2. Efectul combinat al tipului de făină (conținut proteic) și al dozei de tescovină de morcovi din diferite soiuri: a) Baltimore, b) Belgrado, c) Niagara, d) Sirkana asupra modulului complex al aluatului (G^*)

Relațiile 5.5 - 5.8 redau parametrii modelului predictiv pentru modulul complex, corespunzător fiecărui soi de tescovină de morcovi.

$$G^*_{Baltimore}(Pa) = -1,05 \cdot 10^6 + 0,96 \cdot 10^5 A + 1,20 \cdot 10^5 B - 0,05 \cdot 10^5 AB \quad (5.5)$$

$$G^*_{Belgrado}(Pa) = -3,99 \cdot 10^5 + 0,50 \cdot 10^5 A + 0,85 \cdot 10^5 B - 0,05 \cdot 10^5 AB \quad (5.6)$$

$$G^*_{Niagara}(Pa) = -9,08 \cdot 10^5 + 0,86 \cdot 10^5 A + 1,01 \cdot 10^5 B - 0,05 \cdot 10^5 AB \quad (5.7)$$

$$G^*_{Sirkana}(Pa) = -3,71 \cdot 10^5 + 0,31 \cdot 10^5 A + 1,22 \cdot 10^5 B - 0,05 \cdot 10^5 AB \quad (5.8)$$

Compliancea maximă înregistrată în timpul testării la fluaj și revenire (J_{max}) a înregistrat o tendință de scădere odată cu creșterea dozei de tescovină de morcovi, cel mai pronunțat trend fiind observat în cazul soiului Belgrado (figura 5.3), probabil datorită compoziției sale chimice (Luca și colab., 2022). Probele din făină de grâu comun, cu un conținut proteic mai mic, au prezentat valori mai scăzute comparativ cu cele din grâu dur, ceea ce indică o rezistență la deformare mai mică.

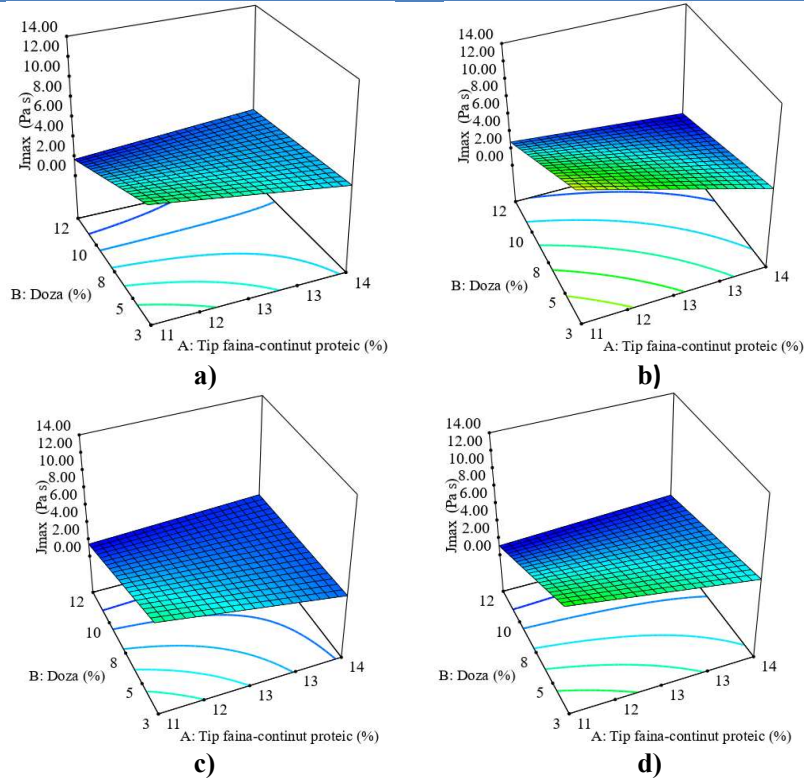


Figura 5.3. Efectul combinat al tipului de făină (conținut proteic) și al dozei de tescovină de morcovi din diferite soiuri: a) Baltimore, b) Belgrado, c) Niagara, d) Sirkana asupra complianței maxime a aluatului ($J_{\max}$)

Relațiile 5.9 - 5.12 redau modelul predictiv pentru complianța maximă ($J_{\max}$), pentru fiecare soi de tescovină de morcovi.

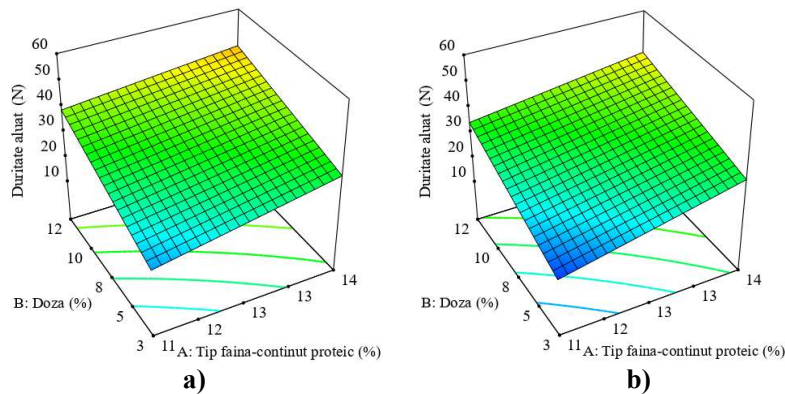
$$J_{\max \text{Baltimore}} (Pa \cdot s) = 23,20 - 1,33A - 2,22B + 0,15AB \quad (5.9)$$

$$J_{\max \text{Belgrado}} (Pa \cdot s) = 39,46 - 2,39A - 2,52B + 0,15AB \quad (5.10)$$

$$J_{\max \text{Niagara}} (Pa \cdot s) = 24,39 - 1,52A - 2,18B + 0,15AB \quad (5.11)$$

$$J_{\max \text{Sirkana}} (Pa \cdot s) = 26,35 - 1,48A - 2,40B + 0,15AB \quad (5.12)$$

Duritatea aluatului a crescut odată cu creșterea dozei de adaos pentru toate soiurile de tescovină de morcovi (figura 5.4). Creșterea dozei de tescovină de morcovi determină o absorbție mai mare de apă de către fibre, ceea ce duce la deshidratarea progresivă a glutenului și amidonului, rezultând un aluat mai ferm (Miș și colab., 2017).



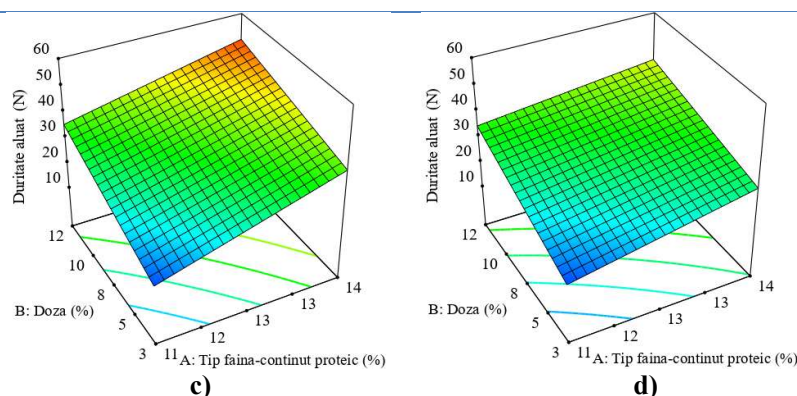


Figura 5.4. Efectul combinat al tipului de făină (conținut proteic) și al dozei de tescovină de morcovi din diferite soiuri: a) Baltimore, b) Belgrado, c) Niagara, d) Sirkana asupra durității aluatului

Modelele predictive pentru duritatea aluatului, aferente fiecărui soi de tescovină de morcovi, sunt exprimate prin relațiile 5.13 - 5.16.

$$\text{Duritate aluat}_{\text{Baltimore}}(N) = -36,75 + 4,57A + 4,14B - 0,19AB \quad (5.13)$$

$$\text{Duritate aluat}_{\text{Belgrado}}(N) = -49,18 + 5,38A + 4,05B - 0,19AB \quad (5.14)$$

$$\text{Duritate aluat}_{\text{Niagara}}(N) = -68,41 + 7,16A + 4,12B - 0,19AB \quad (5.15)$$

$$\text{Duritate aluat}_{\text{Sirkana}}(N) = -41,22 + 4,71A + 4,01B - 0,19AB \quad (5.16)$$

Culoarea pastelor făinoase nefierte a fost influențată semnificativ de doza, soiul de tescovină de morcovi și de tipul de făină. Creșterea dozei de adaos a determinat scăderea intensității culorii descrisă de parametrul Chroma, iar trendul a fost mai accentuat în cazul soiurilor Baltimore și Belgrado (figura 5.5).

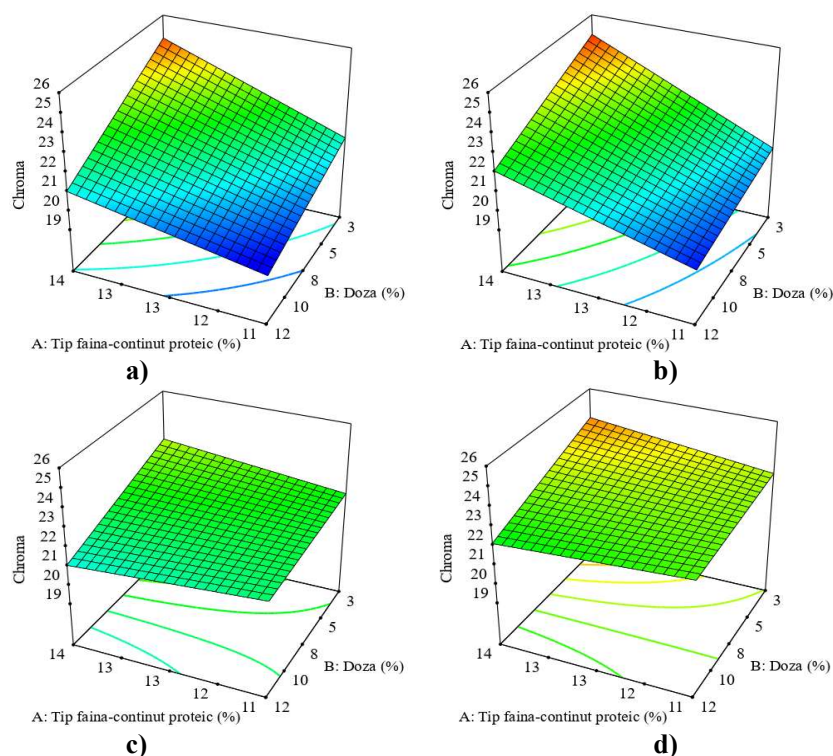


Figura 5.5. Efectul combinat al tipului de făină (conținut proteic) și al dozei de tescovină de morcovi din diferite soiuri: a) Baltimore, b) Belgrado, c) Niagara, d) Sirkana asupra culorii pastelor făinoase

Modificarea culorii pastelor făinoase se datorează pigmentilor din tescovina de morcovi care diferă în funcție de soi (Luca și colab., 2024; Witrowa-Rajchert și colab., 2009).

Relațiile 5.17 - 5.20 redau modelele predictive corespunzătoare variației parametrului Chroma în funcție de tipul de făină – conținutul proteic și doza de adaos, pentru fiecare soi de tescovină de morcovi.

$$Chroma_{Baltimore} = 6,89 + 1,37A + 0,49B - 0,06AB \quad (5.17)$$

$$Chroma_{Belgrado} = 3,27 + 1,62A + 0,59B - 0,06AB \quad (5.18)$$

$$Chroma_{Niagara} = 16,45 + 0,55A + 0,65B - 0,06AB \quad (5.19)$$

$$Chroma_{Sirkana} = 17,13 + 0,58A + 0,65B - 0,06AB \quad (5.20)$$

Pierderile de substanțe solide solubile (PSSF) în timpul fierberii sunt o caracteristică esențială a calității pastelor făinoase. Pe măsură ce doza de adaos a crescut, s-a observat o eliberare mai pronunțată de substanțe solide în apa de fierbere indiferent de soiul de tescovină de morcovi (figura 5.6).

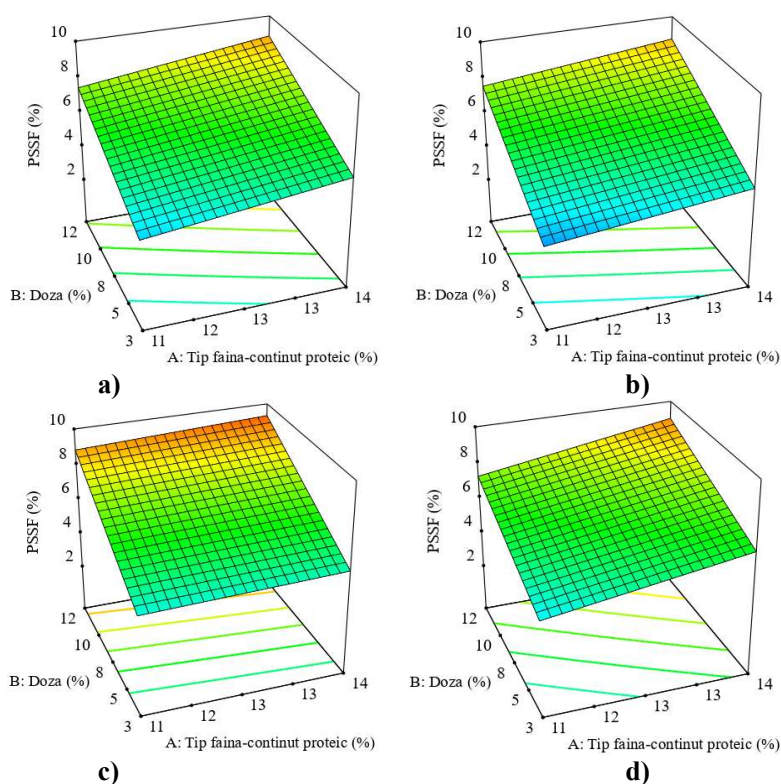


Figura 5.6. Efectul combinat al tipului de făină (conținut proteic) și al dozei de tescovină de morcovi din diferite soiuri: a) Baltimore, b) Belgrado, c) Niagara, d) Sirkana asupra pierderii de substanțe solide solubile (PSSF) ale pastelor făinoase

Modelul predictiv obținut pentru fiecare soi de tescovină de morcovi a descris variația pierderilor de substanțe solide solubile (PSSF) în funcție de tipul de făină – conținutul proteic și doza de adaos (relațiile 5.21 - 5.24).

$$PSSF_{Baltimore}(\%) = -1,02 + 0,40A + 0,26B + 0,01AB \quad (5.21)$$

$$PSSF_{Belgrado}(\%) = -0,61 + 0,31A + 0,32B + 0,01AB \quad (5.22)$$

$$PSSF_{Niagara}(\%) = 2,73 + 0,08A + 0,36B + 0,01AB \quad (5.23)$$

$$PSSF_{Sirkana}(\%) = -1,79 + 0,51A + 0,21B + 0,01AB \quad (5.24)$$

S-a demonstrat că ingredientele bogate în fibre, precum tescovina de morcovi, pot inhiba formarea matricei glutenice în timpul procesului de modelare a pastelor făinoase, apa pătrunde astfel mai ușor în structura acestora în timpul fierberii, iar granulele de amidon sunt eliberate mai ușor (Manthey & Schorno, 2002; Michalak-Majewska și colab., 2020).

Fracturabilitatea este o proprietate importantă care oferă informații referitoare la rezistența pastelor făinoase la manipulare și transport și se referă la forța maximă la care are loc ruperea pastelor făinoase. Creșterea dozei de adaos a condus la creșterea forței necesare ruperii pastelor făinoase, cel mai pronunțat trend ascendent fiind observat pentru soiul Baltimore (figura 5.7).

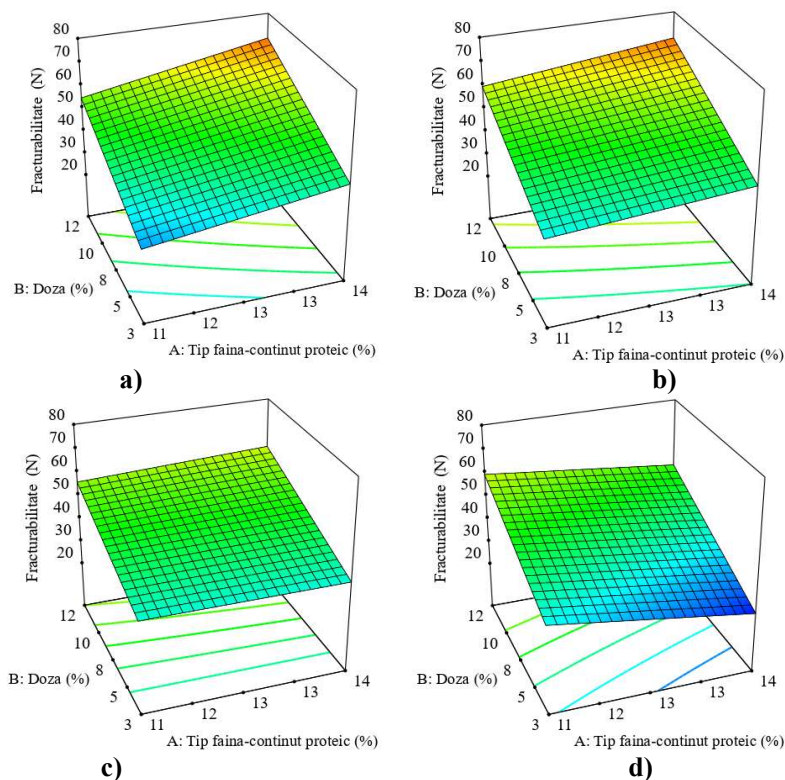


Figura 5.7. Efectul combinat al tipului de făină (conținut proteic) și al dozei de tescovină de morcovi din diferite soiuri: a) Baltimore, b) Belgrado, c) Niagara, d) Sirkana asupra fracturabilității pastelor făinoase

Modelele predictive care descriu variația fracturabilității în funcție de doza de tescovină de morcovi și tipul de făină – conținut proteic sunt exprimate prin relațiile 5.25 - 5.28.

$$Fracturabilitate_{Baltimore}(N) = -9,90 + 3,09A + 0,94B - 0,15AB \quad (5.25)$$

$$Fracturabilitate_{Belgrado}(N) = 14,97 + 1,32A + 0,90B - 0,15AB \quad (5.26)$$

$$Fracturabilitate_{Niagara}(N) = 39,64 - 0,59A + 0,29B - 0,15AB \quad (5.27)$$

$$Fracturabilitate_{Sirkana}(N) = 78,35 - 4,41A + 0,86B - 0,15AB \quad (5.28)$$

Probele din făină de grâu dur, cu un conținut mai ridicat de proteine, au prezentat o fracturabilitate mai mare față de cele din grâu comun care au un conținut proteic mai mic. Superioritatea grâului dur pentru paste făinoase nu este dată doar de conținutul mai mare de proteine, ci mai ales de compoziția specifică a fracțiilor proteice, unde alelele gluteninelor cu greutate moleculară mică (LMW-GS) din grâu dur formează o rețea densă specifică pastelor

făinoase, în contrast cu gluteninele cu greutate moleculară mare (HMW-GS) din grâul comun care contribuie la formarea structurii mai slabe specifice pâinii (Cecchini și colab., 2021).

Creșterea dozei de tescovină de morcovi a determinat scăderea *masticabilității* pastelor făinoase fierte (figura 5.8), iar cel mai accentuat trend a fost observat pentru soiurile Belgrado și Sirkana probabil datorită compoziției lor chimice diferită (Luca și colab., 2022).

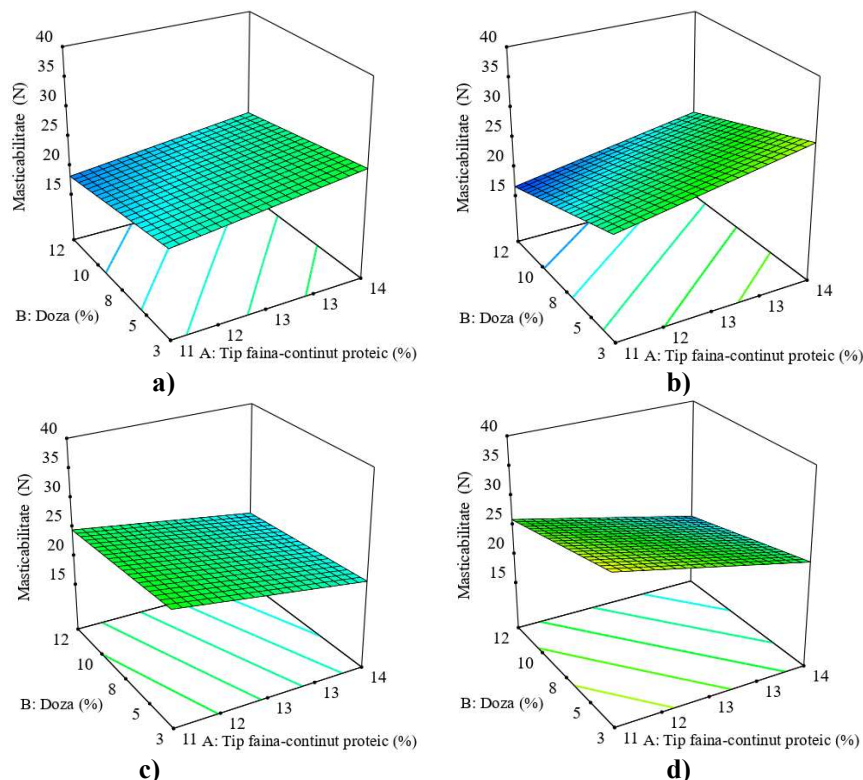


Figura 5.8. Efectul combinat al tipului de făină (conținut proteic) și al dozei de tescovină de morcovi din diferite soiuri: a) Baltimore, b) Belgrado, c) Niagara, d) Sirkana asupra masticabilității pastelor făinoase

Modelele predictive obținute, corespunzătoare fiecărui soi de tescovină de morcovi, au descris variația masticabilității în funcție de doza de tescovină de morcovi și tipul de făină – conținutul proteic, conform relațiilor 5.29 - 5.32.

$$Masticabilitate_{Baltimore}(N) = 8,12 + 1,32A - 0,32B - 0,01AB \quad (5.29)$$

$$Masticabilitate_{Belgrado}(N) = 5,19 + 1,93A - 0,77B - 0,01AB \quad (5.30)$$

$$Masticabilitate_{Niagara}(N) = 42,08 - 1,42A - 0,10B - 0,01AB \quad (5.31)$$

$$Masticabilitate_{Sirkana}(N) = 57,72 - 2,24A - 0,54B - 0,01AB \quad (5.32)$$

Pentru probele cu tescovină de morcovi din soiurile Baltimore și Belgrado masticabilitatea a fost mai ridicată când s-a utilizat făină de grâu dur cu conținut proteic mai mare comparativ cu cea de grâu comun, în timp ce pentru soiurile Sirkana și Niagara tendința a fost inversă. Aceste rezultate ar putea fi datorate compoziției chimice diferite între soiurile de morcovi, ceea ce determină interacțiuni diferite între componentele aluatului (Luca și colab., 2022, 2024).

Conținutul de *pigmenți galbeni totali* a crescut odată cu creșterea dozei de adaos, creșterea fiind mai accentuată în cazul soiurilor Sirkana și Niagara (figura 5.9). Tescovina de morcovi este bogată în β -caroten, iar conținutul acestuia variază în funcție de soi (Luca și colab., 2024).

Culoarea galbenă a tescovinei de morcovi este dată de prezența carotenoizilor, în special β -caroten, luteină, precum și polifenoli (Ikram și colab., 2024).

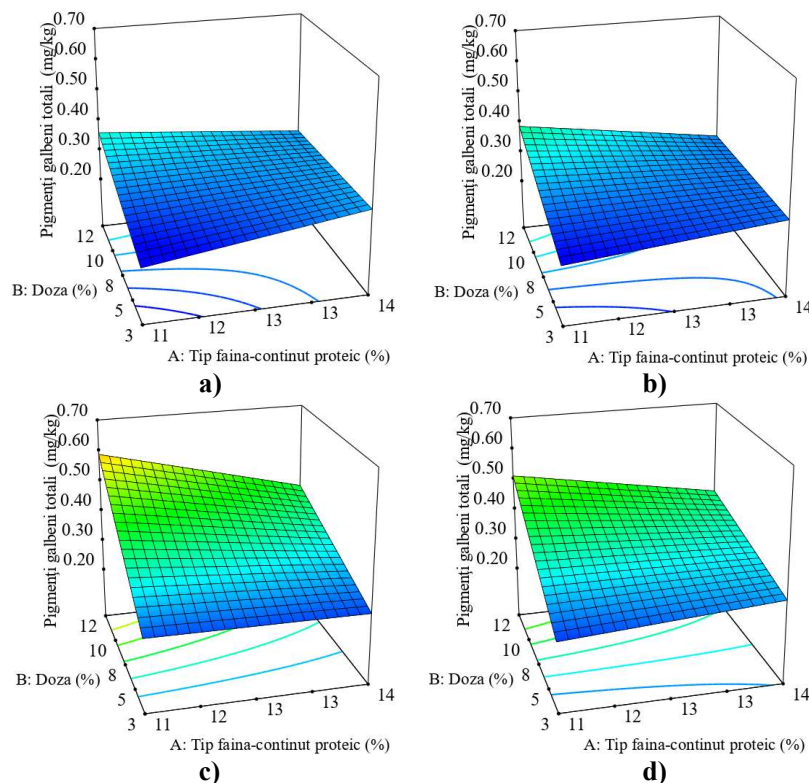


Figura 5.9. Efectul combinat al tipului de făină (conținut proteic) și al dozei de tescovină de morcovi din diferite soiuri: a) Baltimore, b) Belgrado, c) Niagara, d) Sirkana asupra conținutului de pigmenți galbeni totali ai pastelor făinoase

Modelele predictive care descriu variația conținutului de pigmenți galbeni totali în funcție de doza de tescovină de morcovi și tipul de făină de grâu – conținutul proteic, corespunzătoare celor patru soiuri, sunt exprimate prin relațiile 5.33 - 5.36.

$$\text{Pigmenți galbeni totali}_{\text{Baltimore}}(\text{mg/kg}) = -0,39 + 0,05A + 0,08B - 0,01AB \quad (5.33)$$

$$\text{Pigmenți galbeni totali}_{\text{Belgrado}}(\text{mg/kg}) = -0,23 + 0,04A + 0,08B - 0,01AB \quad (5.34)$$

$$\text{Pigmenți galbeni totali}_{\text{Niagara}}(\text{mg/kg}) = -0,01 + 0,02A + 0,10B - 0,01AB \quad (5.35)$$

$$\text{Pigmenți galbeni totali}_{\text{Sirkana}}(\text{mg/kg}) = -0,19 + 0,03A + 0,09B - 0,01AB \quad (5.36)$$

Tescovina de morcovi vine cu un aport semnificativ de fibre, fapt indicat de creșterea conținutului de *fibre totale* odată cu doza de adaos (figura 5.10). Studiile anterioare au demonstrat că tescovina de morcovi din cele patru soiuri utilizate în studiul de față este bogată în fibre (Luca și colab., 2022). Pastele făinoase cu tescovină de morcovi din soiul Sirkana au prezentat cel mai mare conținut de fibre (tabelul 5.2), aspect care este în conformitate cu conținutul cel mai mare de fibre al acestui soi comparativ cu celelalte (Luca și colab., 2022).

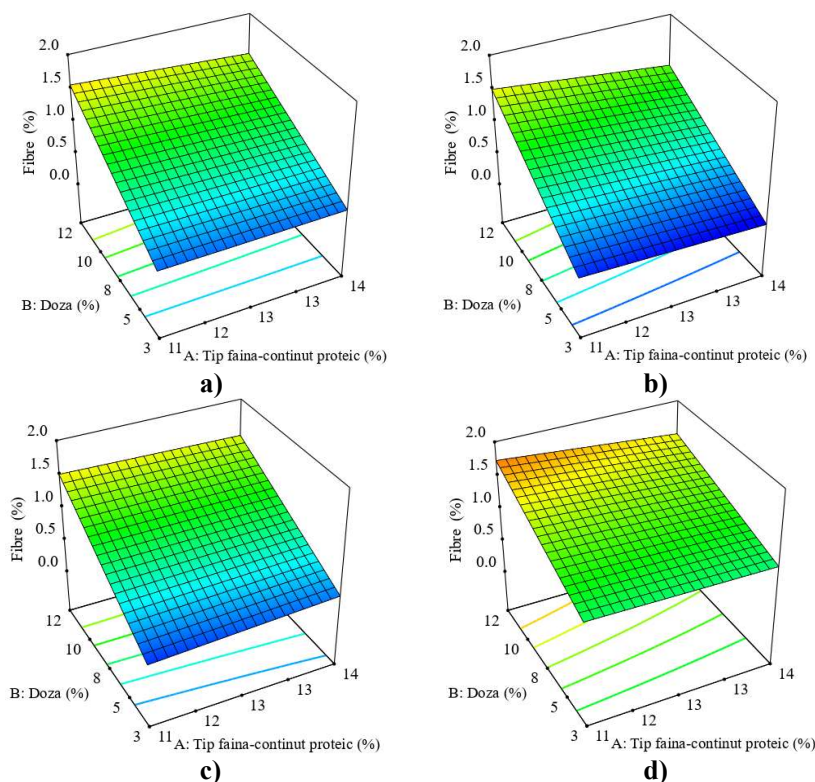


Figura 5.10. Efectul combinat al tipului de făină (conținut proteic) și al dozei de tescovină de morcovi din diferite soiuri: a) Baltimore, b) Belgrado, c) Niagara, d) Sirkana asupra conținutului de fibre brute al pastelor făinoase

Variația conținutului de fibre în funcție de tipul de făină – conținutul proteic și doza de tescovină de morcovi a fost descrisă de modelele predictive prin relațiile 5.37 - 5.40.

$$\text{Fibre brute}_{\text{Baltimore}}(\%) = -0,29 + 0,03A + 0,20B - 0,01AB \quad (5.37)$$

$$\text{Fibre brute}_{\text{Belgrado}}(\%) = 0,02 - 0,01A + 0,21B - 0,01AB \quad (5.38)$$

$$\text{Fibre brute}_{\text{Niagara}}(\%) = -0,79 + 0,06A + 0,21B - 0,01AB \quad (5.39)$$

$$\text{Fibre brute}_{\text{Sirkana}}(\%) = 0,61 + 0,01A + 0,17B - 0,01AB \quad (5.40)$$

Optimizarea dozei de adaos și verificarea modelului

S-a stabilit doza optimă de tescovină de morcovi din fiecare soi și pentru fiecare tip de făină, în dependență de răspunsurile luate în considerare, cu scopul de a obține beneficii nutriționale maxime, cu efecte negative minime asupra parametrilor de calitate a pastelor făinoase. Astfel, pentru făina de grâu dur (F1) s-a stabilit o doză optimă de 6,34% pentru soiul Baltimore (F1Ba), 9,25% pentru soiul Belgrado (F1Be), 8,30% pentru soiul Niagara (F1Ni) și 7,71% pentru soiul Sirkana (F1Si). În cazul făinii de grâu comun, s-au obținut doze optime de 8,12% pentru soiul Baltimore (F2Ba), 9,06% pentru soiul Belgrado (F2Be), 10,36% pentru soiul Niagara (F2Ni) și 11,17% pentru soiul Sirkana (F2Si). Validarea modelului matematic predictiv a fost realizată prin verificarea experimentală a valorilor prezise pentru fiecare răspuns. În general, diferențele dintre valorile experimentale și cele prezise au fost mai mici de 10%, cu câteva excepții care însă nu au depășit diferențe de 15%.

Capitolul 6, intitulat "Caracterizarea aluatului și a pastelor făinoase obținute din mixurile optime de făină de grâu și tescovină de morcovi" este dedicat caracterizării complexe

a aluatului și pastelor făinoase obținute din mixurile optime cu tescovină de morcovi și făină de grâu dur, respectiv făină de grâu comun.

Comportamentul reologic al aluatului reflectă structura și compoziția chimică a matricii, precum și natura interacțiunilor dintre proteine, amidon și fibre. Astfel, doza de tescovină de morcovi, precum și tipul de făină determină diferențe în ceea ce privește *proprietățile viscoelastice ale aluatului* pentru paste făinoase.

Variația modulelor de elasticitate (G') și vâscozitate (G'') cu frecvența în timpul testării oscilatorii este prezentată în figura 6.1. Toate probele testate au avut un comportament caracteristic solidelor întrucât $G' > G''$. Probele de aluat care conțin adaos de tescovină de morcovi au prezentat module viscoelastice mai ridicate comparativ cu probele martor, indicând o creștere a rigidității rețelei de gluten. Cele mai mari valori ale modulelor G' și G'' s-au obținut pentru probele cu tescovină de morcovi din soiurile Niagara și Sirkana în făină de grâu comun, F2Ni și F2Si, care au fost formulate cu cele mai mari doze de adaos. În cazul făinii de grâu dur, pentru G' și G'' s-au obținut valori mai mari comparativ cu cele ale aluatului din făină de grâu comun.

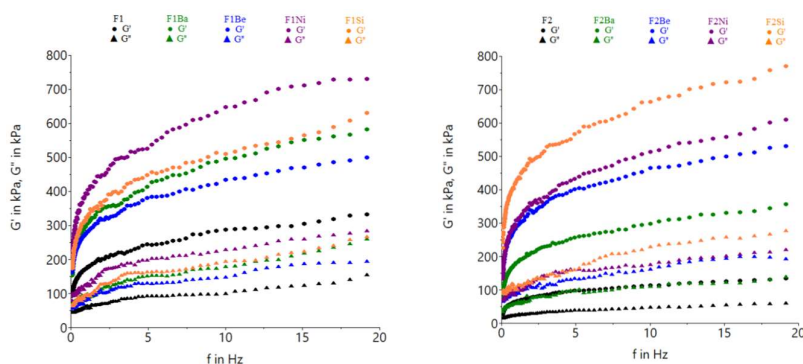


Figura 6.1. Variația modulelor viscoelastice cu frecvența: F1 – făină de grâu dur, F2 – făină de grâu comun, F1Ba – 6,34 % Baltimore, F1Be – 9,25% Belgrado, F1Ni – 8,30% Niagara, F1Si – 7,71% Sirkana, F2Ba – 8,12% Baltimore, F2Be – 9,06% Belgrado, F2Ni – 10,36% Niagara, F2Si – 11,17% Sirkana

Testarea la fluaj și revenire a evidențiat diferențe între probele de aluat în funcție de tipul făinii, soiul și cantitatea de tescovină de morcovi adăugată. Adaosul de tescovină de morcovi a determinat scăderea valorilor complianțelor comparativ cu probele martor. Aluatul din făină de grâu comun a prezentat complianțe mai mari comparativ cu cel din făină de grâu dur. Doze mai mari de tescovină (F1Be, F2Ni și F2Si) au condus la scăderile cele mai accentuate ale curbelor (figura 6.2), ceea ce indică o rezistență mai mare la deformare a aluatului.

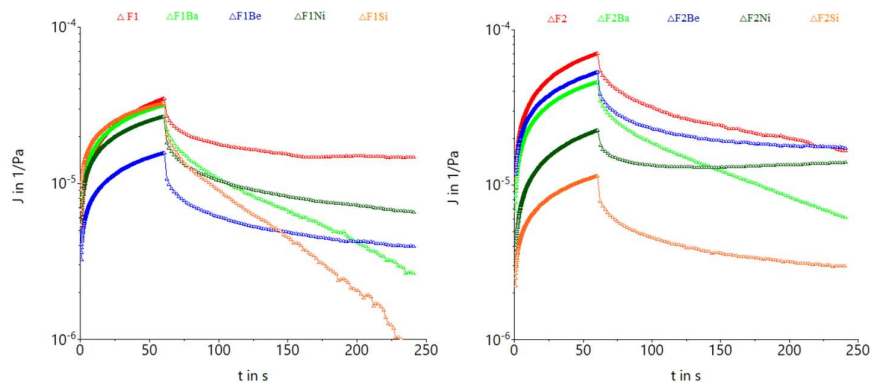


Figura 6.2. Curbele de fluaj și revenire: F1 – făină de grâu dur, F2 – făină de grâu comun, F1Ba – 6,34 % Baltimore, F1Be – 9,25% Belgrado, F1Ni – 8,30% Niagara, F1Si – 7,71% Sirkana, F2Ba – 8,12% Baltimore, F2Be – 9,06% Belgrado, F2Ni – 10,36% Niagara, F2Si – 11,17% Sirkana

Valori mari ale complianței maxime la fluaj indică un conținut ridicat de umiditate în matricea de gluten, iar capacitatea crescută a fibrelor de a reține moleculele de apă prin legături de hidrogen accelerează competiția pentru apă între proteine, amidon și fibre, reducând distribuția apei și lubrifierea matricei aluatului (Ranasinghe și colab., 2024).

Comportamentul reologic în timpul încălzirii aluatului pentru paste făinoase poate oferi informații despre modificările care au loc în timpul fierberii (figura 6.3). Adaosul de tescovină de morcovi a condus la creșterea modulelor G' și G'' în timpul încălzirii comparativ cu probele martor, în funcție de doză. În plus, se poate constata o întârziere a gelatinizării amidonului întrucât valoarea maximă a modulului G' a fost atinsă la temperaturi mai ridicate comparativ cu probele martor. Comparativ cu aluatul din făină de grâu comun, cel din grâu dur a prezentat valori mai reduse ale modulelor G' și G'' .

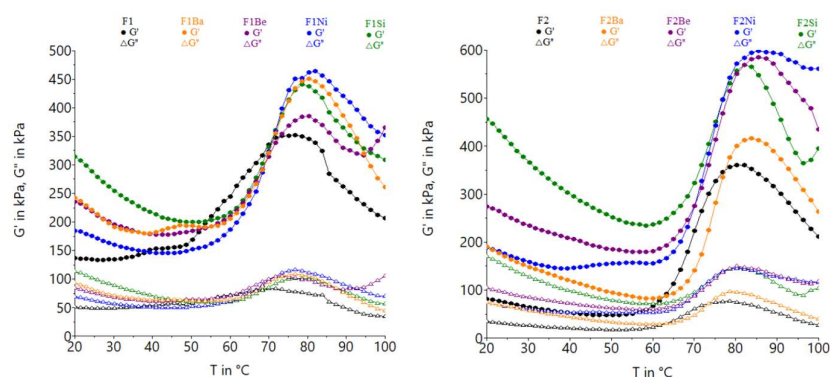


Figura 6.3. Variația modulelor vâscoelastice cu temperatura: F1 – făină de grâu dur, F2 – făină de grâu comun, F1Ba – 6,34 % Baltimore, F1Be – 9,25% Belgrado, F1Ni – 8,30% Niagara, F1Si – 7,71% Sirkana, F2Ba – 8,12% Baltimore, F2Be – 9,06% Belgrado, F2Ni – 10,36% Niagara, F2Si – 11,17% Sirkana

Adaosul de tescovină de morcovi a influențat considerabil *valoarea nutrițională a pastelor făinoase fierte* comparativ cu proba martor (tabelul 6.1). Rezultatele obținute evidențiază o scădere a conținutului de proteine datorită efectului de diminuare indus de tescovina de morcovi care este bogată în fibre (Luca și colab., 2022). S-a observat o îmbunătățire a conținutului de minerale (cenusă) și fibre față de probele martor, în timp ce conținutul de carbohidrați și polifenoli totali a scăzut în funcție de soiul și cantitatea de tescovină de morcovi adăugată. Valoarea energetică a pastelor făinoase a fost cuprinsă între 351,61 kcal/100 g și 358,94 kcal/100 g, iar comparativ cu probele martor valorile au scăzut odată cu adaosul de tescovină de morcovi.

Tabelul 6.1. Compoziția chimică a pastelor făinoase fierte obținute din mixurile optime

Proba	Proteine (% s.u.)	Lipide (% s.u.)	Cenusă (% s.u.)	Fibre brute (% s.u.)	Carbohidrați (% s.u.)	Valoare energetică kcal/100g	TPC (mg GAE/100g s.u.)
F1	14,57±0,03 ^b	0,78±0,04 ^d	0,95±0,03 ^f	0,64±0,03 ^e	83,05±0,14 ^d	357,26±0,04 ^b	15,25±0,09 ^a
F1Ba	14,02±0,03 ^c	0,75±0,03 ^d	1,32±0,02 ^c	0,90±0,01 ^d	83,01±0,03 ^d	355,74±0,13 ^c	11,16±0,04 ^f
F1Be	12,72±0,02 ^d	0,88±0,02 ^c	1,60±0,02 ^a	1,04±0,02 ^d	83,76±0,04 ^c	354,33±0,05 ^d	10,72±0,23 ^g
F1Ni	14,52±0,03 ^b	0,74±0,01 ^d	1,43±0,02 ^b	1,22±0,02 ^c	82,08±0,08 ^e	353,21±0,16 ^f	12,39±0,07 ^d
F1Si	14,69±0,02 ^a	0,72±0,04 ^d	1,48±0,01 ^b	1,31±0,03 ^c	81,79±0,05 ^f	353,36±0,17 ^{ef}	10,28±0,08 ^h
F2	12,13±0,02 ^g	1,19±0,02 ^b	0,54±0,02 ^g	0,63±0,02 ^e	85,51±0,00 ^a	358,94±0,02 ^a	14,80±0,04 ^b
F2Ba	12,43±0,03 ^e	0,50±0,03 ^e	1,11±0,02 ^e	1,22±0,03 ^c	84,73±0,10 ^b	354,00±0,01 ^d	11,11±0,04 ^f
F2Be	12,24±0,03 ^f	1,40±0,04 ^a	1,25±0,02 ^d	1,30±0,02 ^c	83,81±0,02 ^c	358,93±0,35 ^a	11,96±0,10 ^e
F2Ni	12,39±0,03 ^e	0,52±0,03 ^e	1,61±0,01 ^a	1,56±0,09 ^b	83,91±0,02 ^c	351,61±0,20 ^g	10,97±0,08 ^{fg}
F2Si	12,40±0,03 ^e	0,51±0,04 ^e	1,44±0,01 ^b	1,83±0,11 ^a	83,81±0,03 ^c	353,88±0,32 ^{de}	13,24±0,09 ^c

F1 – făină de grâu dur, F2 – făină de grâu comun, F1Ba – 6,34 % Baltimore, F1Be – 9,25% Belgrado, F1Ni – 8,30% Niagara, F1Si – 7,71% Sirkana, F2Ba – 8,12% Baltimore, F2Be – 9,06% Belgrado, F2Ni – 10,36% Niagara, F2Si – 11,17% Sirkana, TPC – conținut total de polifenoli, AA – activitate antioxidantă, s.u. – substanță uscată; a-g – litere distincte în aceeași coloană indică diferențe semnificative între probe ($p < 0,05$).

Conținutul de minerale al pastelor făinoase fierte a indicat o creștere a elementelor Na, Ca, Zn, Fe și Cu, cu câteva excepții, comparativ cu probele martor (figura 6.4). Îmbunătățirea conținutului de minerale se poate observa mai ales în cazul probelor cu adaos mai ridicat de tescovină de morcovi (F2Ni, F2Si), datorită aportului adus de aceasta.

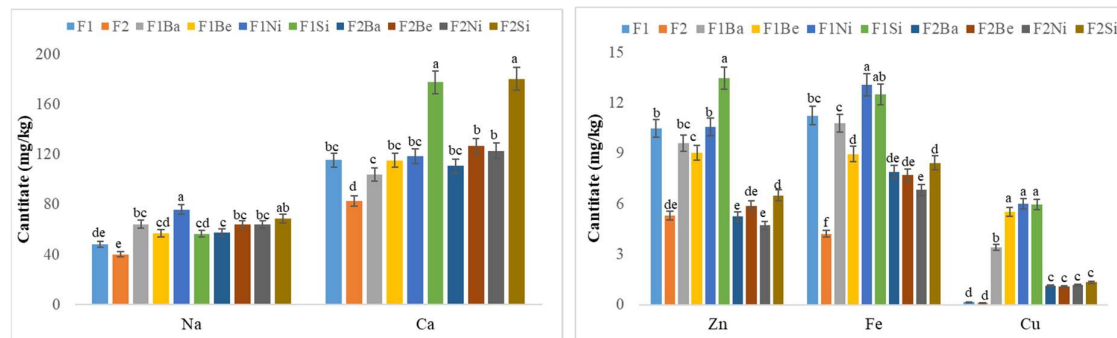


Figura 6.4. Conținutul de minerale al pastelor făinoase: F1 – făină de grâu dur, F2 – făină de grâu comun, F1Ba – 6,34 % Baltimore, F1Be – 9,25% Belgrado, F1Ni – 8,30% Niagara, F1Si – 7,71% Sirkana, F2Ba – 8,12% Baltimore, F2Be – 9,06% Belgrado, F2Ni – 10,36% Niagara, F2Si – 11,17% Sirkana

Valorile mai mici pentru Ca, Zn și Fe în cazul probelor F1Ba și F1Be comparativ cu proba martor (F1) ar putea fi atribuite compoziției chimice a tescovinelor de morcovi care determină interacțiuni diferite cu componentele aluatului și care, în final, pot conduce la pierderi de minerale în timpul fierberii datorită slăbirii matricii glutenice (Sobota și colab., 2015).

Proprietăți fizice și de structură

Adaosul de tescovină de morcovi a determinat modificări ale parametrilor corespunzători comportamentului la fierbere în funcție de doză. S-a observat o ușoară scădere a timpului de fierbere (TF) al pastelor făinoase odată cu adaosul de tescovină de morcovi comparativ cu probele martor (tabelul 6.2). Creșterea în volum (CV) a înregistrat valori mai ridicate odată cu adaosul de tescovină de morcovi în făina de grâu dur comparativ cu proba martor, în timp ce pentru paste din făină de grâu comun s-a observat o tendință opusă. Făina de grâu comun a prezentat valori mai mari pentru TF și CV comparativ cu făina de grâu dur. Pierderile de substanțe solide la fierbere (PSSF) au fost semnificativ mai mari în cazul pastelor făinoase cu adaos de tescovină de morcovi comparativ cu probele martor (tabelul 6.2).

Tabelul 6.2. Proprietăți fizice și comportament la fierbere

Proba	Comportament la fierbere			Paste făinoase nefierte				Paste făinoase fierte			
	TF (min)	PSSF (%)	CV (%)	L*	a*	b*	H	L*	a*	b*	H
F1	12,50±0,00 ^b	5.00±0,30 ^c	130,77±7,71 ^c	71,71±0,39 ^b	0,06±0,05 ^d	17,64±0,17 ^f	89,82±0,14 ^a	78,06±1,27 ^a	-1,35±0,28 ^h	14,59±0,32 ^h	95,28±1,00 ^a
F1Ba	12,25±0,25 ^{bc}	6.45±0,23 ^b	133,36±9,53 ^c	75,83±0,72 ^a	0,41±0,09 ^{cd}	21,30±0,05 ^{cd}	88,89±0,24 ^{ab}	66,64±0,44 ^e	1,70±0,21 ^{ef}	21,87±0,28 ^f	85,57±0,49 ^c
F1Be	12,00±0,00 ^c	7.82±0,36 ^a	128,27±1,30 ^c	66,30±0,84 ^{cd}	0,66±0,24 ^c	20,02±1,03 ^e	88,13±0,65 ^{bc}	72,65±0,24 ^c	2,84±0,08 ^d	26,67±0,23 ^{cd}	83,93±0,13 ^d
F1Ni	12,50±0,00 ^b	7.72±0,64 ^a	133,41±0,25 ^c	71,15±2,78 ^b	1,88±0,24 ^a	24,83±0,63 ^a	85,67±0,65 ^{de}	72,38±0,98 ^c	1,99±0,20 ^e	25,63±0,05 ^e	85,57±0,44 ^c
F1Si	12,00±0,00 ^c	7.72±0,33 ^a	133,28±3,21 ^c	68,98±0,56 ^{bc}	1,91±0,02 ^a	22,64±0,19 ^b	85,19±0,05 ^e	72,40±0,15 ^c	1,52±0,11 ^f	26,53±0,44 ^{cd}	86,72±0,17 ^c
F2	13,25±0,25 ^a	4.36±0,06 ^c	168,54±8,43 ^a	65,80±0,31 ^d	0,52±0,10 ^{cd}	16,07±0,04 ^g	88,16±0,34 ^b	75,52±0,20 ^b	0,18±0,01 ^g	19,95±0,18 ^g	89,49±0,02 ^b
F2Ba	13,25±0,25 ^a	7.38±0,00 ^a	125,15±2,42 ^c	63,98±0,65 ^d	2,10±0,25 ^a	22,05±0,18 ^{bc}	84,57±0,60 ^e	68,68±0,18 ^d	3,81±0,06 ^{ab}	27,46±0,04 ^b	82,11±0,12 ^e
F2Be	12,00±0,00 ^c	7.64±0,34 ^a	123,87±1,28 ^c	64,55±0,42 ^d	1,90±0,05 ^a	20,27±0,04 ^{de}	84,66±0,12 ^e	67,32±0,47 ^{de}	3,27±0,09 ^{cd}	26,11±0,43 ^d	82,87±0,08 ^{de}
F2Ni	12,50±0,00 ^b	7.94±0,03 ^a	135,01±6,78 ^c	63,58±0,27 ^d	1,28±0,33 ^b	23,17±0,28 ^b	86,85±0,78 ^{cd}	68,38±0,22 ^d	3,36±0,22 ^{bc}	27,18±0,16 ^{bc}	82,96±0,41 ^{de}
F2Si	12,00±0,00 ^c	7.82±0,00 ^a	150,83±0,55 ^b	63,96±0,54 ^d	1,22±0,01 ^b	22,24±0,07 ^{bc}	86,85±0,01 ^{cd}	67,81±0,17 ^{de}	3,95±0,11 ^a	29,01±0,10 ^a	82,25±0,19 ^e

F1 – făină de grâu dur, F2 – făină de grâu comun, F1Ba – 6,34 % Baltimore, F1Be – 9,25% Belgrado, F1Ni – 8,30% Niagara, F1Si – 7,71% Sirkana, F2Ba – 8,12% Baltimore, F2Be – 9,06% Belgrado, F2Ni – 10,36% Niagara, F2Si – 11,17% Sirkana, TF – timp optim de fierbere, PSSF – pierderi de substanțe solide la fierbere, CV – creșterea în volum; a-h – litere distincte în aceeași coloană indică diferențe semnificative între probe ($p < 0,05$).

Parametrii de culoare ai pastelor făinoase se modifică atât ca urmare a adaosului de tescovină de morcovi, cât și în timpul procesului de fierbere (tabelul 6.2). Comparativ cu probele martor, luminozitatea (L^*) a scăzut în probele cu tescovină de morcovi, în timp ce nuanța de galben (b^*) a crescut. Valoarea indicelui de nuanță (H) indică o culoare galben pal a pastelor făinoase cu tescovină de morcovi, valoare care în general a scăzut după fierbere. În urma tratamentului termic s-a observat o intensificare a nuanței de galben (crește b^*) și roșu (crește a^*) a pastelor făinoase cu tescovină de morcovi. Pe de altă parte, pastele din făină de grâu dur și-au intensificat nuanța de verde (scade a^*) și și-au diminuat culoarea galbenă (scade b^*) după fierbere, în timp ce pastele din făină de grâu dur au devenit mai puțin roșiatice (scade a^*) și mai galbene (crește b^*).

Structura suprafeței pastelor făinoase depinde de o serie de factori precum matrița utilizată, umiditatea aluatului, precum și de prezența și dimensiunea unor particule solide. Structura suprafeței pastelor făinoase cu adaos de tescovină de morcovi și rugozitatea acestora, comparativ cu proba martor, F1 și respectiv, F2 este prezentată în figura 6.5.

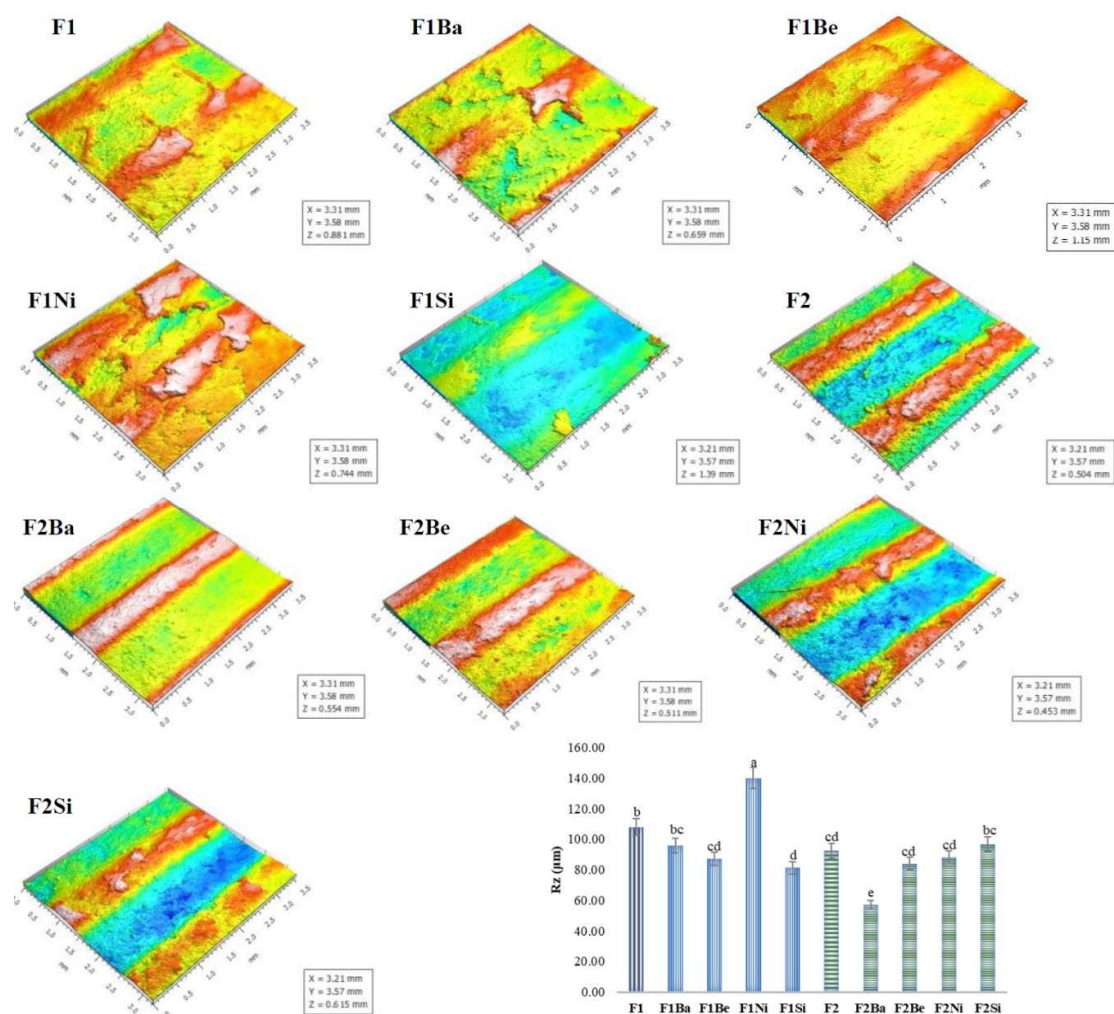


Figura 6.5. Structura suprafeței pastelor făinoase cu adaos de tescovină de morcovi: F1 – făină de grâu dur, F2 – făină de grâu comun, F1Ba – 6,34 % Baltimore, F1Be – 9,25% Belgrado, F1Ni – 8,30% Niagara, F1Si – 7,71% Sirkana, F2Ba – 8,12% Baltimore, F2Be – 9,06% Belgrado, F2Ni – 10,36% Niagara, F2Si – 11,17% Sirkana; Rz – rugozitate

Comparativ cu probele martor, rugozitatea suprafeței a scăzut odată cu adaosul de tescovină de morcovi, cu excepția probei F1Ni. Fibrele din tescovina de morcovi cu dimensiuni mici ale particulelor pot umple microspațiile de la suprafața pastelor, ceea ce conduce la o textură mai uniformă și mai netedă, fapt susținut de Bianchi și colab. (2021).

Textura pastelor făinoase fierte obținute din amestecurile optime de tescovină de morcovi cu făinuri de grâu este prezentată în tabelul 6.3. Comparativ cu probele martor, s-a observat o scădere a elasticității pastelor făinoase odată cu adaosul de tescovină de morcovi, iar cele mai accentuate modificări au fost observate în cazul probelor cu doze mai mari (F2Ni, F2Si). S-a observat o îmbunătățire a coezivității aluatului odată cu încorporarea tescovinei de morcovi comparativ cu probele martor. De asemenea, față de probele martor, s-au observat creșteri semnificative ale gumozității, masticabilității și fermității pastelor făinoase în funcție de doza de tescovină de morcovi adăugată.

Tabelul 6.3. Proprietăți de textură ale pastelor făinoase fierte

Proba	Masticabilitate (N)	Elasticitate (%)	Coezitate (adim.)	Gumozitate (N)	Fermitate (N)
F1	10,51±0,15 ^f	99,98±0,21 ^a	0,36±0,02 ^c	10,53±0,14 ^f	27,64±2,35 ^{bc}
F1Ba	22,97±1,09 ^{abc}	99,95±0,09 ^a	0,67±0,07 ^{ab}	23,03±1,08 ^{ab}	32,90±2,58 ^a
F1Be	21,97±1,65 ^{abc}	99,84±0,01 ^{ab}	0,67±0,01 ^{ab}	21,45±1,50 ^{abc}	32,01±0,53 ^{ab}
F1Ni	20,56±0,28 ^{bcd}	99,84±0,00 ^{ab}	0,60±0,03 ^b	20,62±0,28 ^{bcd}	33,30±0,90 ^a
F1Si	20,26±0,28 ^{bcd}	99,83±0,01 ^{ab}	0,66±0,04 ^{ab}	20,34±0,27 ^{bcd}	31,70±2,07 ^{ab}
F2	16,20±1,10 ^e	99,96±0,07 ^a	0,65±0,03 ^{ab}	16,23±1,10 ^e	25,48±1,97 ^c
F2Ba	18,00±0,54 ^{de}	99,84±0,23 ^{ab}	0,59±0,04 ^b	18,04±0,55 ^{de}	30,72±1,37 ^{ab}
F2Be	19,30±1,04 ^{cde}	99,65±0,01 ^b	0,61±0,01 ^b	19,38±1,02 ^{cde}	33,86±2,00 ^a
F2Ni	23,15±0,91 ^{ab}	99,68±0,00 ^{ab}	0,63±0,04 ^{ab}	22,68±0,00 ^{ab}	34,57±0,00 ^a
F2Si	24,93±2,95 ^a	99,83±0,00 ^{ab}	0,74±0,06 ^a	23,99±2,49 ^a	35,30±0,43 ^a

F1 – făină de grâu dur, F2 – făină de grâu comun, F1Ba – 6,34 % Baltimore, F1Be – 9,25% Belgrado, F1Ni – 8,30% Niagara, F1Si – 7,71% Sirkana, F2Ba – 8,12% Baltimore, F2Be – 9,06% Belgrado, F2Ni – 10,36% Niagara, F2Si – 11,17% Sirkana; a-d – litere distincte în aceeași coloană indică diferențe semnificative între probe ($p < 0,05$).

Profilul senzorial al pastelor făinoase obținute din mixurile optime de făină și tescovină de morcovi este reprezentat în figura 6.6. Se poate observa o creștere a punctajelor acordate pastelor făinoase cu adaos de tescovină de morcovi comparativ cu probele martor care au obținut cele mai mici punctaje pentru toate caracteristicile studiate. Proba F1Be (9,25%) din făină de grâu dur, respectiv probele F2Ba (8,12%) și F2Ni (10,36%) din grâu comun au obținut cele mai bune punctaje pentru aspect și formă, culoare, miros, gust, aromă, textură și acceptabilitate generală.

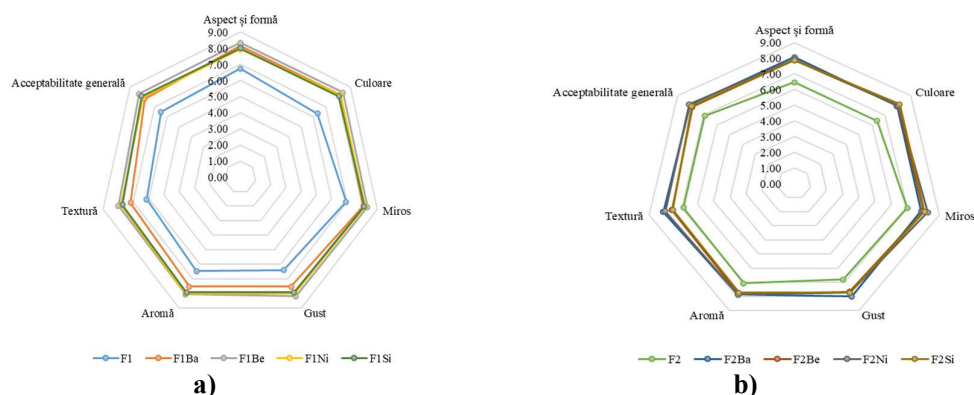


Figura 6.6. Profilul senzorial al pastelor făinoase din făină de grâu dur (a) și grâu comun (b) cu adaos de tescovină de morcovi: F1 – făină de grâu dur, F2 – făină de grâu comun, F1Ba – 6,34 % Baltimore, F1Be – 9,25% Belgrado, F1Ni – 8,30% Niagara, F1Si – 7,71% Sirkana, F2Ba – 8,12% Baltimore, F2Be – 9,06% Belgrado, F2Ni – 10,36% Niagara, F2Si – 11,17% Sirkana

Aceste rezultate confirmă oportunitatea de a utiliza tescovina de morcovi pentru obținerea unor paste făinoase îmbunătățite nutrițional care să fie acceptate de către consumatori.

Corelații și Analiza Componentelor Principale

Analiza componentelor principale aplicată pentru caracteristicile făinii cu adaos de tescovină de morcovi și ale aluatului pentru paste făinoase a evidențiat faptul că prima componentă (PC1) explică 76,21% din variația datelor, iar cea de-a doua (PC2) explică 12,98% din varianța totală (figura 6.7a). Modulele de elasticitate (G') și vâscozitate (G''), precum și complianța maximă ($J_{\max}$) sunt asociate cu PC1, în timp ce capacitatea de hidratare (CH), modulul complex (G^*) și duritatea aluatului se asociază cu PC2. Se observă o grupare a probelor de aluat din făină de grâu dur în cadranul din dreapta sus (figura 6.7a). Probele martor se situează în cadranele din partea stângă și se diferențiază mai ales prin valoarea $J_{\max}$.

Conform analizei componentelor principale aplicată pentru caracteristicile produsului finit (figura 6.7b), PC1 a explicat 61,33% din variația datelor, iar PC2 a explicat 18,71%. PC1 a fost asociată cu proprietățile de textură, senzoriale, conținutul de fibre, Na, parametrii de culoare, conținutul de pigmenți galbeni totali, TPC. PC2 a fost asociată cu conținutul de carbohidrați, proteine, Zn, Fe, Cu, TF și CV. Probele martor se află în opoziție una față de cealaltă și se situează în cadranele din stânga față de probele cu adaos de tescovină de morcovi care se situează în cadranele din dreapta. Probele din făină de grâu comun cu adaos de tescovină de morcovi se diferențiază prin aspect și formă, PSSF, fracturabilitate, miros și culoare, fermentare și gust, în timp ce probele din făină de grâu comun cu tescovină de morcovi se disting prin masticabilitate, gumozitate, pigmenți galbeni totali, a^* , b^* și coezivitate.

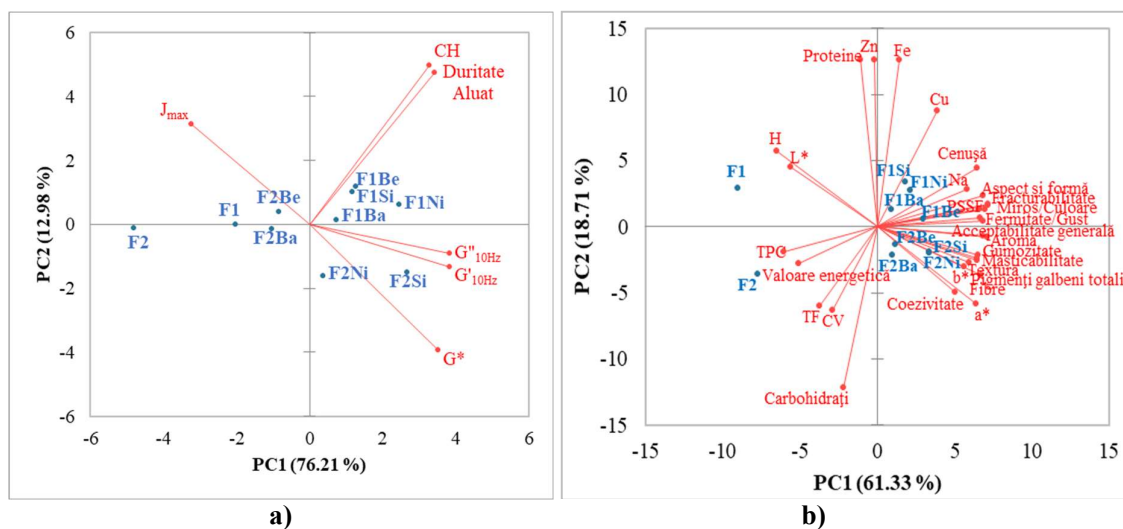


Figura 6.7. Reprezentarea grafică a primelor două componente conform analizei componentelor principale pentru caracteristicile aluatului (a) și pastelor făinoase (b) cu adaos de tescovină de morcovi

S-au observat o serie de corelații între caracteristicile aluatului care sunt prezentate în tabelul 6.4. Valorile modulelor de elasticitate și vâscozitate la frecvența de 10 Hz ($G'_{10\text{Hz}}$ și $G''_{10\text{Hz}}$) s-au corelat pozitiv cu duritatea aluatului și capacitatea de hidratare a făinii (CH) ($r > 0,65$, $p < 0,05$) și negativ cu complianța maximă ($J_{\max}$) ($r > -0,66$, $p < 0,05$). O corelație pozitivă semnificativă a fost observată între duritatea aluatului și CH ($r = 0,88$, $p < 0,05$).

Tabelul 6.4. Corelații între caracteristicile făinii și aluatului

Variabila	$G'_{10\text{Hz}}$	$G''_{10\text{Hz}}$	Duritate Aluat	J_{max}	$G^*_{10\text{Hz}}$	CH
$G'_{10\text{Hz}}$	1,00					
$G''_{10\text{Hz}}$	0,99	1,00				
Duritate Aluat	0,73	0,75	1,00			
J_{max}	-0,69	-0,66	-0,55	1,00		
$G^*_{10\text{ Hz}}$	0,85	0,84	0,53	-0,78	1,00	
CH	0,65	0,67	0,88	-0,54	0,54	1,00

Valorile îngroșate sunt semnificative la $p < 0,05$, $G'_{10\text{Hz}}$ – modul de elasticitate la frecvența de 10 Hz, $G''_{10\text{Hz}}$ – modul de vâscozitate la frecvența de 10 Hz, J_{max} – complianța maximă, $G^*_{10\text{Hz}}$ modulul complex al aluatului la 10 Hz, CH – capacitatea de hidratare a făinii.

Corelațiile între caracteristicile produsului finit sunt prezentate în tabelul 6.5.

Valorificarea tescovinei provenite din soiuri diferite de morcovi: o abordare sustenabilă în producția de paste făinoase
Rezumatul tezei de doctorat

Marian-Ilie LUCA

Tabelul 6.5. Corelații între caracteristicile produsului finit

Variabila	Zn	Fe	Cu	Na	TF	CV	PSSF	L*	a*	b*	H	Aspect și formă	Culoare	Miros	Gust	Aromă	Textură	Acceptabilitate generală	Pigmenți galbeni totali	Fracturabilitate	Proteine	Cenușă	Fibre	Carbhidrați	Valoare energetică	Masticabilitate	Coezivitate	Gumozitate	Fermitate	TPC
Zn	1,00																													
Fe	0,89	1,00																												
Cu	0,72	0,69	1,00																											
Na	0,08	0,45	0,43	1,00																										
TF	-0,45	-0,46	-0,47	-0,47	1,00																									
CV	-0,27	-0,51	-0,32	-0,40	0,35	1,00																								
PSSF	0,04	0,28	0,51	0,78	-0,54	-0,54	1,00																							
L*	0,38	0,13	-0,01	-0,64	0,28	0,27	-0,64	1,00																						
a*	-0,46	-0,22	0,12	0,62	-0,22	-0,26	0,83	-0,83	1,00																					
b*	-0,23	-0,07	0,36	0,62	-0,29	-0,19	0,89	-0,69	0,93	1,00																				
H	0,43	0,22	-0,19	-0,62	0,20	0,22	-0,81	0,86	-0,98	-0,94	1,00																			
Aspect și formă	0,13	0,34	0,61	0,72	-0,51	-0,62	0,90	-0,71	0,77	0,78	-0,79	1,00																		
Culoare	0,10	0,31	0,63	0,79	-0,54	-0,49	0,92	-0,74	0,80	0,84	-0,83	0,98	1,00																	
Miros	0,09	0,28	0,64	0,78	-0,55	-0,46	0,94	-0,69	0,78	0,84	-0,81	0,95	0,98	1,00																
Gust	0,04	0,20	0,65	0,65	-0,34	-0,42	0,90	-0,60	0,81	0,90	-0,85	0,92	0,94	0,93	1,00															
Aromă	-0,03	0,11	0,61	0,65	-0,33	-0,34	0,89	-0,63	0,83	0,93	-0,87	0,87	0,92	0,93	0,98	1,00														
Textură	-0,20	-0,03	0,46	0,55	-0,13	-0,35	0,86	-0,61	0,87	0,93	-0,89	0,82	0,83	0,85	0,95	0,96	1,00													
Acceptabilitate generală	-0,05	0,11	0,56	0,65	-0,38	-0,39	0,92	-0,71	0,87	0,93	-0,90	0,93	0,95	0,96	0,97	0,98	0,95	1,00												
Pigmenți galbeni totali	-0,27	-0,05	0,12	0,67	-0,41	-0,04	0,77	-0,58	0,74	0,78	-0,69	0,54	0,62	0,70	0,57	0,62	0,62	0,66	1,00											
Fracturabilitate	0,01	0,27	0,44	0,80	-0,61	-0,50	0,84	-0,74	0,75	0,69	-0,74	0,91	0,92	0,90	0,77	0,73	0,66	0,82	0,66	1,00										
Proteine	0,92	0,91	0,54	0,14	-0,25	-0,29	-0,08	0,38	-0,56	-0,39	0,54	0,00	-0,04	-0,04	-0,13	-0,20	-0,32	-0,21	-0,30	-0,07	1,00									
Cenușă	0,26	0,44	0,62	0,74	-0,71	-0,53	0,90	-0,50	0,60	0,67	-0,58	0,86	0,86	0,91	0,77	0,74	0,66	0,80	0,73	0,88	0,15	1,00								
Fibre	-0,22	0,02	0,13	0,70	-0,42	-0,14	0,83	-0,67	0,82	0,86	-0,76	0,61	0,68	0,71	0,64	0,67	0,66	0,71	0,94	0,66	-0,28	0,69	1,00							
Carbhidrați	-0,87	-0,95	-0,71	-0,50	0,61	0,45	-0,37	-0,05	0,16	-0,03	-0,15	-0,37	-0,37	-0,39	-0,24	-0,20	-0,03	-0,19	-0,12	-0,31	-0,87	-0,56	-0,15	1,00						
Valoare energetică	-0,16	-0,35	-0,49	-0,56	0,17	0,26	-0,70	0,29	-0,48	-0,60	0,45	-0,63	-0,62	-0,69	-0,65	-0,61	-0,65	-0,66	-0,69	-0,59	-0,18	-0,76	-0,63	0,39	1,00					
Masticabilitate	-0,13	-0,01	0,41	0,68	-0,47	0,00	0,73	-0,76	0,77	0,80	-0,82	0,75	0,84	0,86	0,75	0,79	0,70	0,83	0,77	0,82	-0,26	0,73	0,73	-0,13	-0,57	1,00				
Coezivitate	-0,20	-0,24	0,33	0,37	-0,27	0,31	0,49	-0,62	0,66	0,75	-0,75	0,52	0,64	0,63	0,64	0,70	0,62	0,70	0,55	0,51	-0,41	0,40	0,56	0,11	-0,31	0,88	1,00			
Gumozitate	-0,11	0,01	0,43	0,69	-0,46	-0,02	0,73	-0,78	0,76	0,80	-0,82	0,77	0,86	0,87	0,76	0,80	0,71	0,84	0,74	0,81	-0,23	0,72	0,71	-0,15	-0,56	0,99	0,89	1,00		
Fermitate	-0,04	0,25	0,33	0,90	-0,64	-0,41	0,89	-0,79	0,78	0,75	-0,76	0,81	0,87	0,87	0,71	0,72	0,64	0,78	0,83	0,91	-0,08	0,86	0,85	-0,38	-0,58	0,82	0,51	0,81	1,00	
TPC	-0,15	-0,23	-0,60	-0,45	0,35	0,56	-0,78	0,61	-0,64	-0,71	0,69	-0,90	-0,85	-0,86	-0,86	-0,84	-0,83	-0,90	-0,41	-0,70	-0,01	-0,75	-0,46	0,31	0,60	-0,64	-0,50	-0,67	-0,61	1,00

Valorile îngroșate sunt semnificative la $p < 0,05$; TF – timpul optim de fierbere, CV – creștere în volum, TPC – conținut total de polifenoli, L* - luminozitate, a*- nuanța de verde-roșu, b*- nuanța de albastru-galben, H – unghiul de nuanță.

Conținutul de Fe a fost corelat pozitiv cu cel de proteine ($r = 0,91, p < 0,05$). Conținutul de Cu s-a corelat pozitiv cu parametrii senzoriali de miros și gust ($r > 0,64, p < 0,05$). Conținutul de Na a fost corelat pozitiv cu PSSF, parametrii senzoriali cu excepția texturii, conținutul de pigmenți galbeni totali, fracturabilitatea, masticabilitatea, gumozitatea, fermitatea și conținutul de cenușă ($r > 0,64, p < 0,05$), în timp ce cu L^* corelația a fost negativă ($r > -0,64, p < 0,05$). TF a fost corelat negativ cu fermitatea ($r = -0,64, p < 0,05$). Parametrii de culoare (a^*, b^*) s-au corelat pozitiv cu caracteristicile de textură, senzoriale, conținutul de fibre și pigmenți galbeni totali ($r > 0,66, p < 0,05$), în timp ce cu TPC corelația a fost negativă ($r > -0,64, p < 0,05$). L^* și H s-au corelat negativ cu unele caracteristici senzoriale, mai ales cele legate de aspectul vizual, precum și cu conținutul de fibre, fermitatea și gumozitatea ($r > -0,69, p < 0,05$). Proprietățile senzoriale s-au corelat pozitiv cu gumozitatea, fermitatea, masticabilitatea și fracturabilitatea pastelor făinoase ($r > 0,63, p < 0,05$). Fracturabilitatea a fost corelată pozitiv cu conținutul de fibre ($r = 0,66, p < 0,05$) și negativ cu TPC ($r = -0,70, p < 0,05$). Conținutul de fibre a fost corelat pozitiv cu masticabilitatea, gumozitatea și fermitatea ($r > 0,71, p < 0,05$). Conținutul de fibre a indicat corelații pozitive semnificative cu toți parametrii de textură, argumentând rolul fibrelor în consolidarea matricei structurale și obținerea consistenței optime. Corespunzător, parametrii senzoriali au fost validați ca fiind predictorii ai texturii prin corelațiile pozitive cu gumozitatea și fermitatea. Aceste date susțin ipoteza că elementele minerale și fibrele contribuie la modularea percepției organoleptice și a integrității structurale. În concluzie, calitatea superioară a pastelor făinoase este o funcție multifactorială ce depinde de sinergia dintre compoziția chimică (carbohidrați, fibre, minerale) și caracteristicile texturale și cromatice ale pastelor făinoase.

În finalul tezei de doctorat sunt cuprinse **Concluziile generale** ale cercetării doctorale.

Cercetările realizate în cadrul prezentei teze de doctorat evidențiază potențialul tescovinei de morcovi, care provine din patru soiuri de morcovi cultivate în România, Baltimore, Belgrado, Niagara și Sirkana, de a fi valorificat în paste făinoase din grâu dur și din grâu comun, impactul diferitelor doze de adaos a acestui subprodus vegetal, precum și a dozei optime stabilită pentru tescovina de morcovi provenită din soiurile studiate, asupra caracteristicilor făinii, aluatului și produsului finit.

Analiza stadiului actual al cercetărilor în domeniu, împreună cu evaluarea metodologiei de cercetare utilizate și a rezultatelor experimentale obținute, permite formularea următoarelor concluzii generale:

- studiile realizate până în prezent evidențiază potențialul tescovinei de morcovi ca ingredient funcțional sustenabil, care poate contribui la formularea de produse alimentare cu valoare nutritivă și funcțională sporită, prin aportul său de fibre, minerale și compuși bioactivi, iar doza de adaos depinde de tipul de produsul alimentar care este dezvoltat;

- pentru a studia efectele adaosului de tescovină de morcovi asupra calității făinii și pastelor făinoase, s-au utilizat două tipuri de făină, din grâu dur (*Triticum durum*) și din grâu comun (*Triticum aestivum*) și tescovina de morcovi din patru soiuri, Baltimore, Belgrado, Niagara și Sirkana;

- aparatura din dotarea laboratoarelor Facultății de Inginerie Alimentară din cadrul Universității “Ștefan cel Mare” și din cadrul altor laboratoare de cercetare a permis determinarea caracteristicilor fizico-chimice, compușilor bioactivi și activității antioxidante, elementelor minerale, microstructurii, proprietăților moleculare și funcționale ale tescovinei de morcovi din cele patru soiuri, făinurilor din grâu dur și din grâu comun, ale mixurilor formulate cu diferite doze de adaos din fiecare soi pentru fiecare tip de făină, precum și evaluarea comportamentului reologic al aluatului și caracterizarea pastelor făinoase obținute;

- pentru studiul influenței dozei de adaos de tescovină de morcovi, variată la 4 nivele și a tipului de făină - conținut proteic variat la 2 nivele, s-a utilizat design-ul experimental de tip D-optimal și metodologia suprafeței de răspuns; doza optimă de adaos a tescovinei de morcovi

pentru fiecare soi de proveniență și tip de făină s-a determinat prin aplicarea optimizării numerice a răspunsurilor multiple și utilizarea funcției obiectiv;

- tescovina de morcovi reprezintă o sursă importantă de fibre și carbohidrați, oferind de asemenea un aport de proteine și minerale; datele obținute pentru compoziția chimică au indicat diferențe remarcabile între varietățile de tescovină de morcovi analizate; un aport mai ridicat de fibre, minerale și proteine poate fi adus de consumul tescovinei de morcovi Sirkana;

- comparativ cu făinurile de grâu analizate, tescovinele de morcovi au prezentat un conținut mai redus de proteine, lipide, carbohidrați și o valoare energetică mai mică, în timp ce conținutul de cenușă și fibre a fost mai ridicat;

- proprietățile funcționale ale pudrelor din tescovină de morcovi au variat ușor în funcție de soi; diferențe nesemnificative au fost obținute între probe în ceea ce privește capacitatea de hidratare, cu excepția probei din soiul Niagara, dar varietățile Baltimore și Sirkana au prezentat diferențe remarcabile în ceea ce privește capacitatea de absorbție a uleiului, Baltimore înregistrând cea mai mare capacitate de absorbție a uleiului; diferențe semnificative între soiuri au fost obținute și în ceea ce privește capacitatea de absorbție a apei, precum și capacitatea de retenție a apei, soiul Baltimore înregistrând cele mai mari valori, în timp ce soiul Niagara, a înregistrat cele mai mici valori; cele mai scăzute valori pentru capacitatea de spumare au fost obținute pentru tescovina de morcovi din soiurile Baltimore și Sirkana, comparativ cu celelalte varietăți, iar probele Baltimore și Sirkana au prezentat cea mai mare densitate aparentă, în timp ce proba Niagara a prezentat cea mai mare capacitate de umflare;

- parametrii de culoare ai tescovinei de morcovi au variat în funcție de soi, în special luminozitatea, nuanța roșie indicată de valorile pozitive ale parametrului a^* și intensitatea culorii care a prezentat cea mai mare valoare pentru soiul Niagara;

- conținutul total de polifenoli al pudrelor din tescovină de morcovi a indicat diferențe considerabile între soiurile de morcovi, iar cel mai mare conținut de polifenoli a fost identificat în tescovina din soiul Sirkana; tescovina de morcovi din soiurile studiate a prezentat un conținut total de polifenoli considerabil mai mare comparativ cu cel din făinurile de grâu;

- dintre soiurile analizate, tescovina de morcovi din soiurile Sirkana și Belgrado a prezentat cel mai ridicat conținut de β -caroten;

- pudrele din tescovină de morcovi au evidențiat un conținut mai ridicat de Na, Zn, Fe și Cu, comparativ cu cele două tipuri de făină de grâu; cele mai mari valori pentru Na și Zn au fost obținute pentru tescovina din soiurile de morcovi Baltimore și Belgrado, în timp ce tescovina din soiul Niagara a fost cea mai bogată în Fe;

- microstructura tescovinei de morcovi a indicat o rețea celulară compactă și regulată, cu o structură fibroasă care se observă în toate probele analizate;

- studiul proprietăților moleculare a evidențiat prezența β -carotenului, pectinei, celulozei, proteinelor și carbohidraților în tescovina de morcovi, fiind observate unele diferențe între probele studiate în ceea ce privește intensitatea absorbanțelor;

- evaluarea influenței adaosului de tescovină de morcovi în făina de grâu dur și făina de grâu comun a evidențiat următoarele efecte asociate conținutului ridicat de fibre și polifenoli:

- creșterea semnificativă a activității alfa-amilazei și scăderea conținutului de gluten și a indicelui de deformare au fost observate odată cu creșterea dozei;
- pe măsură ce conținutul de tescovină de morcovi a crescut, luminozitatea a scăzut iar nuanțele de galben și roșu s-au intensificat, în funcție de soiul utilizat;
- capacitatea de hidratare a făinii, capacitatea de absorbție a uleiului și capacitatea de absorbție și retenție a apei au crescut proporțional cu doza de adaos;
- capacitatea de spumare și stabilitatea spumei pentru mixurile pe bază de făină de grâu dur au urmat un trend ușor crescător odată cu creșterea dozei de adaos, iar pentru mixurile pe bază de grâu comun capacitatea de spumare a scăzut;

- o îmbunătățire în polifenoli pentru făina de grâu dur și de grâu comun, proporțională cu creșterea dozei de tescovină de morcovi adăugată, indiferent de soiul utilizat;
- caracteristicile moleculare ale mixurilor formulate au confirmat prezența compușilor bioactivi, cum ar fi polifenolii, fibrele și β -carotenul;
- studiul impactului conținutului de proteine al făinii, dozei de tescovină de morcovi și soiului de morcovi asupra caracteristicilor făinurilor, aluatului și pastelor făinoase a evidențiat:
 - creșterea capacității de hidratare a făinii, a modulului complex și durtății aluatului odată cu creșterea dozei de adaos, iar gradul de modificare a depins de soiul de tescovină de morcovi, în timp ce complianța maximă a aluatului a evidențiat o tendință opusă;
 - creșterea dozei de adaos a determinat scăderea intensității culorii descrisă de parametrul Chroma, trend mai accentuat în cazul mixurilor cu tescovină de morcovi din soiurile Baltimore și Belgrado, creșterea forței necesare ruperii pastelor făinoase cu cel mai pronunțat trend ascendent pentru mixurile din făină de grâu dur și tescovină de morcovi din soiul Baltimore, eliberarea mai accentuată de substanțe solide solubile în timpul fierberii pastelor făinoase, creșterea conținutului de pigmenți galbeni totali, fiind mai accentuată în cazul mixurilor din făină de grâu comun cu un conținut proteic mai mic și tescovină de morcovi din soiurile Sirkana și Niagara, precum și a conținutului de fibre totale, în timp ce masticabilitatea pastelor făinoase fierte a scăzut, îndeosebi pentru mixurile cu tescovină de morcovi din soiurilor Belgrado și Sirkana;
 - doza optimă de tescovină de morcovi din fiecare soi și pentru fiecare tip de făină, în dependență de răspunsurile luate în considerare, stabilită cu scopul de a obține beneficii nutriționale maxime, cu efecte negative minime asupra parametrilor de calitate corespunzători pastelor făinoase a indicat pentru făina de grâu dur următoarele valori: 6,34% pentru soiul Baltimore, 9,25% pentru soiul Belgrado, 8,30% pentru soiul Niagara și 7,71% pentru soiul Sirkana, iar în cazul făinii de grâu comun, 8,12% pentru soiul Baltimore, 9,06% pentru soiul Belgrado, 10,36% pentru soiul Niagara și 11,17% pentru soiul Sirkana;
 - compoziția chimică a pastelor făinoase fierte obținute din mixurile optime de făină și tescovină de morcovi a evidențiat îmbunătățirea conținutului de minerale și fibre comparativ cu proba martor, în timp ce conținutul de carbohidrați, polifenoli totali și valoarea energetică au scăzut în funcție de soiul și cantitatea de tescovină de morcovi din mix;
 - studiul proprietăților fizice și de structură a indicat următoarele:
 - o ușoară scădere a timpului de fierbere a pastelor făinoase în funcție de adaosul de tescovină de morcovi comparativ cu probele martor;
 - creșterea în volum a înregistrat valori mai ridicate în dependență cu adaosul de tescovină de morcovi în făina de grâu dur, comparativ cu proba martor, în timp ce pentru paste din făină de grâu comun s-a observat o tendință opusă;
 - pierderile de substanțe solide la fierbere au fost semnificativ mai mari în cazul pastelor făinoase cu adaos de tescovină de morcovi comparativ cu proba martor datorită unei structuri mai slabe și mai puțin coezivă;
 - parametrii de culoare ai pastelor făinoase se modifică atât ca urmare a adaosului de tescovină de morcovi, cât și în timpul procesului de fierbere;
 - scăderea rugozității suprafeței pastelor făinoase în funcție de adaosul de tescovină de morcovi;
 - textura pastelor făinoase fierte obținute din amestecurile optime de tescovină de morcovi cu făinuri de grâu a indicat creșteri semnificative ale gumozității, masticabilității și fermității acestora în funcție de doza de tescovină de morcovi din mix, scăderea elasticității, cu cele mai accentuate modificări observate în cazul

probelor cu doze mai mari, în timp ce coezivitatea aluatului s-a îmbunătățit comparativ cu proba martor;

– analiza senzorială a pastelor făinoase obținute din mixurile optime de tescovină de morcovi cu făinuri de grâu a confirmat posibilitatea dezvoltării unor astfel de produse inovative prin integrarea acestor subproduse din soiurile studiate.

În concluzie, tescovina de morcovi din cele patru soiuri studiate reprezintă o modalitate sustenabilă de valorificare a acestui subprodus vegetal, care contribuie la îmbunătățirea compoziției făinii de grâu și la creșterea valorii nutriționale a pastelor făinoase, în dependență de doza optimă stabilită.

Contribuții originale

Prezenta teză de doctorat se înscrie în tendințele actuale ale cercetării internaționale privind dezvoltarea produselor alimentare cu valoare nutrițională sporită și reprezintă o contribuție substanțială la creșterea calității și funcționalității pastelor făinoase prin integrarea ingredientelor naturale cu rol bioactiv.

Valorificare produselor secundare de origine vegetală, precum tescovina de morcovi, în scopul obținerii de produse alimentare funcționale, reprezintă o direcție prioritară a cercetării moderne, integrată în conceptul de economie circulară și orientată spre dezvoltarea sustenabilă a industriei alimentare.

Prin raportare la nivelul actual al cercetărilor în domeniu, prezenta teză de doctorat se distinge printr-un grad ridicat de originalitate, conferit de metodele utilizate în determinări și relevanța științifică a rezultatelor experimentale originale obținute, aspecte evidențiate prin următoarele contribuții:

- realizarea în premieră la nivel național și internațional a unei cercetări ample cu privire la compoziția chimică a morcovului și tescovinei de morcov, impactul tratamentelor și tehnologiilor de uscare ale tescovinei de morcovi asupra parametrilor de calitate, precum și la efectele adaosului de tescovină de morcovi asupra caracteristicilor făinii, aluatului și produsului finit;

- în premieră la nivel național și internațional, pentru patru tipuri de tescovină de morcovi provenite din soiurile Baltimore, Belgrado, Niagara și Sirkana au fost investigate: compoziția chimică, proprietățile funcționale, parametrii de culoare, conținutul de minerale, compuși bioactivi și activitatea antioxidantă, microstructura și caracteristicile moleculare;

- pentru prima dată, la nivel național și internațional, s-a investigat influența concomitentă a tipului de făină – conținut de proteine și a diferitelor doze de adaos de tescovină de morcovi, pentru fiecare din cele patru soiuri, asupra caracteristicilor făinii de grâu dur și de grâu comun, reologiei aluatului și calității pastelor făinoase;

- pe baza rezultatelor experimentale obținute, s-au stabilit modele matematice adecvate pentru a prezice parametrii evaluați;

- s-au stabilit dozele de adaos optime pentru fiecare tip de făină, corespunzătoare fiecăruia din cele patru soiuri de tescovină de morcovi;

- cercetarea realizează, în premieră la nivel național și internațional, o caracterizare complexă a pastelor făinoase din grâu dur și respectiv, din grâu comun, cu doze optime de adaos de tescovină de morcovi, stabilite pentru fiecărui soi;

- s-au evidențiat asemnările și/sau deosebirile dintre variabilele studiate prin analiza relațiilor dintre caracteristicile determinate.

Prin activitățile experimentale și analitice desfășurate, precum și prin rezultatele obținute, prezenta teză de doctorat și-a atins obiectivele propuse, contribuind la aprofundarea cunoștințelor privind valorificarea tescovinei de morcovi din diferite soiuri în industria pastelor făinoase. Tema de cercetare se dovedește a fi de un real interes atât pentru procesatori, preocupați de inovarea și diversificarea sortimentală, cât și pentru consumatorii interesați de produse cu profil nutrițional îmbunătățit și efecte pozitive asupra stării de sănătate.

Perspective și direcții de cercetare

Tematica abordată în prezenta lucrare oferă noi perspective de cercetare și desfășurarea de investigații referitoare la:

- posibilitatea valorificării tescovinei de morcovi din soiurile studiate pentru obținerea de ingrediente cu proprietăți bioactive și dezvoltarea de diverse produse funcționale;

- posibilitatea substituirii făinurilor non-gluten cu doze diferite de tescovină de morcovi în vederea diversificării sortimentale de paste făinoase non-gluten;

- valorificarea altor produse secundare vegetale pentru îmbunătățirea profilului nutrițional al pastelor făinoase.

Diseminarea rezultatelor cercetării

A. Articole publicate în reviste indexate și cotate Web of Science

1. **Luca, M. I.**, Ungureanu-Iuga, M., Mironeasa, S. (2022). Carrot pomace characterization for application in cereal-based products. *Applied Sciences*, 12(16), 7989, <https://doi.org/10.3390/app12167989>. Factor de impact = 2,70 (Q2).
2. **Luca, M. I.**, Ungureanu-Iuga, M., Mironeasa, S., (2025). Influence of carrot pomace from different varieties on common and durum wheat flour mixtures properties. *Carpathian Journal of Food Science&Technology*, 17 (1), pp. 70-88, ISSN 2066-6845, <https://doi.org/10.34302/crpjfst/2025.17.1.6>. Factor de impact = 0,70 (Q4)
3. **Luca, M. I.**, Ungureanu-Iuga, M., Batariuc, A., Mironeasa, S. (2025). Physical characteristics of durum wheat dough and pasta with different carrot pomace varieties. *Gels*, 11 (7), pp. 481-500, ISSN 2310-2861, <https://doi.org/10.3390/gels11070481>. Factor de impact = 5,30 (Q1)
4. **Luca, M. I.**, Ungureanu-Iuga, M., Batariuc, A., Mironeasa, S. (2025). Effect of carrot pomace addition on the rheological and textural properties of soft wheat pasta dough. *Ukrainian Food Journal*, 14 (2), 259-272, ISSN 2310-1008. <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2025-14-2-6>. Factor de impact = 0,70 (Q4)

B. Articole publice în reviste indexate în alte baze de date internaționale

1. **Luca, M. I.**, Iuga, M., Mironeasa, S., (2021). The effects of drying methods on the characteristics of carrot pomace – a minireview, *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 27 (1), 21-26, ISSN 2069-0053, [https://journal-of-agroalimentary.ro/admin/articole/58208L04_Madalina_Iuga_2021_27\(1\)_021-026.pdf](https://journal-of-agroalimentary.ro/admin/articole/58208L04_Madalina_Iuga_2021_27(1)_021-026.pdf)
2. **Luca, M. I.**, Ungureanu-Iuga, M., Mironeasa, S. (2024). Nutritional and bioactive composition of different carrot pomace varieties. *Ukrainian Journal of Food Science*, 12 (2), 105-116, ISSN 2310-1008, <https://doi.org/10.24263/2310-1008-2024-12-2-3>
3. **Luca, M. I.**, Ungureanu-Iuga, M., Mironeasa, S. (2025). Influence of carrot pomace on the rheological properties of durum wheat flour dough, *Proceedings of 25th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2025*, 25(4.1), ISSN 1314-2704. DOI: 10.5593/sgem2025/4.1/s17.32
https://epslibrary.at/sgem_jresearch_publication_view.php?page=view&editid1=10428

C. Lucrări comunicate la manifestări științifice cu caracter internațional

1. **Luca, M. I.**, Mironeasa, S. (2020). Carrot by-products: a valuable source to develop new products based wheat flour, *International Conference for Students "Student in Bucovina" 9th Edition*, 18 decembrie 2020, Suceava, România, ISSN 2068-7648. http://fia-old.usv.ro/fiajournal/Student_in_Bucovina_2020/
2. **Luca, M. I.**, Mironeasa, S. (2022). Evaluation of β -carotene content from different dried carrot pomaces, *International Conference for Students "Student in Bucovina", 10th Edition*, 10 noiembrie 2022, Suceava, România, ISSN 2068-7648. https://fiajournal.usv.ro/sib2022/doc/2022/abstracts_sib_2022_9_11.pdf
3. **Luca, M. I.**, Iungureanu-Iuga, M., Mironeasa, S. (2025). Influence of carrot pomace on the rheological properties of durum wheat flour dough, *International Multidisciplinary Scientific GeoConference 25th SGEM 2025*, 30 June – 07 July, Albena, Bulgaria – conferință indexată SCOPUS.

D. Alte publicații în domeniul tezei de doctorat

1. Khalil, E., Sultan, M. T., Khalid, W., Khalid, M. Z., Rahim, M. A., Saleem, S. R., **Luca, M. I.**, Mironeasa C., Batariuc A., Ungureanu-Iuga M., Coțovanu I., Mironeasa, S. (2023). Evaluation of different Terminalia chebula varieties and development of functional muffins. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7, 1227851. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1227851> (Q2)
2. Ejaz, A., Waliat, S., Arshad, M. S., Khalid, W., Khalid, M. Z., Rasul Suleria, H. A., **Luca, M. I.**, Mironeasa C., Batariuc A., Ungureanu-Iuga M., Coțovanu I., Mironeasa, S. (2023). A comprehensive review of summer savory (*Satureja hortensis* L.): Promising ingredient for production of functional foods. *Frontiers in Pharmacology*, 14, 1198970. <https://doi.org/10.3389/fphar.2023.1198970> (Q1)

Bibliografie selectivă

- Ahmad, M., Ahmed, T., & Wani, W. S. M. (2016). Incorporation of carrot pomace powder in wheat flour: effect on flour, dough and cookie characteristics. *Journal of Food Science and Technology*, 53(10), 3715–3724. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2345-2>
- Alam, M. S., Gupta, K., Khaira, H., & Javed, M. (2013). Quality of dried carrot pomace powder as affected by pretreatments and methods of drying. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 15(4), 236-243. <https://cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/2541>
- Alasalvar, C., Grigor, J. M., Zhang, D., Quantick, P. C., & Shahidi, F. (2001). Comparison of volatiles, phenolics, sugars, antioxidant vitamins, and sensory quality of different colored carrot varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(3), 1410-1416.
- Awuchi, C. G., Igwe, V. S., & Echeta, C. K. (2019). The functional properties of foods and flours. *International Journal of Advanced Academic Research*, 5(11), 139-160.
- Bao, B. & Chang, K. C. (1994). Carrot Pulp Chemical Composition, Color, and Water-holding Capacity as Affected by Blanching. *Journal of Food Science*, 59(6), 1159–1161. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1994.tb14666.x>
- Bianchi, F., Tolve, R., Rainero, G., Bordiga, M., Brennan, C. S., & Simonato, B. (2021). Technological, nutritional and sensory properties of pasta fortified with agro-industrial by-products: A review. *International Journal of Food Science and Technology*, 56(9), 4356–4366. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15168>
- Böhm, V., Otto, K., & Weissleder, F. (1999). Yield of juice and carotenoids of the carrot juice production. In *Symposium Jena-Thüringen, Germany* (pp. 115-119)
- Bratte, A. G., Adeleye, A. S., Oyerinde, A. S. (2016). Comparison of nutritional and colour properties of fresh and dried carrot (*Daucus carota* L.) slices and carrot pomace, *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST)*, 3(8), 5366–5370.
- Cecchini, C., Bresciani, A., Menesatti, P., Pagani, M. A., & Marti, A. (2021). Assessing the rheological properties of durum wheat semolina: A review. *Foods*, 10(12). <https://doi.org/10.3390/foods10122947>
- EUROSTAT (2024), Carrot harvesting area in Romania. Accesat 30.10.2024 la adresa <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/explore/all/agric?lang=en&subtheme=agr&display=list&sort=category>
- Fuentes-Alventosa, J. M., Rodríguez-Gutiérrez, G., Jaramillo-Carmona, S., Espejo-Calvo, J. A., Rodríguez-Arcos, R., Fernández-Bolaños, J., ... & Jiménez-Araujo, A. (2009). Effect of extraction method on chemical composition and functional characteristics of high dietary fibre powders obtained from asparagus by-products. *Food Chemistry*, 113(2), 665-671. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.07.075>

- Ikram, A., Rasheed, A., Ahmad Khan, A., Khan, R., Ahmad, M., Bashir, R., & Hassan Mohamed, M. (2024). Exploring the health benefits and utility of carrots and carrot pomace: a systematic review. *International Journal of Food Properties*, 27(1), 180–193. <https://doi.org/10.1080/10942912.2023.2301569>
- Kaur, P., Ghoshal, G., Jain, A. (2019). Bio-utilization of fruits and vegetables waste to produce β -carotene in solid-state fermentation: Characterization and antioxidant activity. *Process Biochemistry*, 76, 155–164. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2018.10.007>
- Kultys, E., & Moczowska-Wyrwisz, M. (2022). Effect of using carrot pomace and beetroot-apple pomace on physicochemical and sensory properties of pasta. *LWT - Food Science and Technology*, 168. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113858>
- Kumar, K., & Kumar, N. (2012). Development of vitamin and dietary fibre enriched carrot pomace and wheat flour based buns. *Journal of Pure and Applied Science & Technology*, 2(1), 107-115.
- Kumar, N., Sarkar, B. C., & Sharma, H. K. (2010). Development and characterization of extruded product of carrot pomace, rice flour and pulse powder. *African Journal of Food Science*, 4(11), 703-717.
- Luca, M. I., Ungureanu-Iuga, M., & Mironeasa, S. (2022). Carrot Pomace Characterization for Application in Cereal-Based Products. *Applied Sciences*, 12(16). <https://doi.org/10.3390/app12167989>
- Luca, M. I., Ungureanu-Iuga, M., & Mironeasa, S. (2024). Nutritional and bioactive composition of different carrot pomace varieties. *Ukrainian Journal of Food Science*, 12(2), 105–115. <https://doi.org/10.24263/2310-1008-2024-12-2-3>
- Luca, M. I., Ungureanu-Iuga, M., Batariuc, A., & Mironeasa, S. (2025a). Physical Characteristics of Durum Wheat Dough and Pasta with Different Carrot Pomace Varieties. *Gels*, 11(7), 481. <https://doi.org/10.3390/gels11070481>
- Ly, W. & Zhang, M., (2017). Main current vegetable drying technology I. Hot airflow drying and related combination drying (Chapter 1). In: M., Zhang, B., Bhandari, Z., Fang, (eds.), *Handbook of drying of vegetables and vegetable products*. CRC Press, Boca Raton, 3-21.
- Michalak-Majewska, M., Teterycz, D., Muszyński, S., Radzki, W., & Sykut-Domańska, E. (2020). Influence of onion skin powder on nutritional and quality attributes of wheat pasta. *PLoS ONE*, 15(1), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227942>
- Mironeasa, S., Codină, G. G., & Mironeasa, C. (2012). The effects of wheat flour substitution with grape seed flour on the rheological parameters of the dough assessed by mixolab. *Journal of Texture Studies*, 43(1), 40–48. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2011.00315.x>
- Miś, A., Nawrocka, A., & Dziki, D. (2017). Behaviour of dietary fibre supplements during bread dough development evaluated using novel farinograph curve analysis. *Food and Bioprocess Technology*, 10(6), 1031–1041. <https://doi.org/10.1007/s11947-017-1881-8>
- Nguyen, V. T., & Scarlett, C. J. (2016). Mass proportion, bioactive compounds and antioxidant capacity of carrot peel as affected by various solvents. *Technologies*, 4(4), 36.

- Ponce-García, N., Figueroa, J. D. C., López-Huape, G. A., Martínez, H. E., & Martínez-Peniche, R. (2008). Study of viscoelastic properties of wheat kernels using compression load method. *Cereal Chemistry*, 85(5), 667–672. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-85-5-0667>
- Rezvani, Z., & Goli, S. A. H. (2023). Fabrication, physicochemical properties and structural characteristics of nanoparticles from carrot pomace and its insoluble dietary fiber. *Food Hydrocolloids*, 145, 109131. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.109131>
- Sahni, P., Shere, D. M. (2018). Utilization of fruit and vegetable pomace as functional ingredient in bakery products: A review. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 202-211.
- Sarkar, B. C., Sharma, H. K. (2011). Carrots. In: Sinha, N.K. (Ed.), *Handbook of Vegetables and Vegetable Processing*. Blackwell Publishing Ltd., pp. 565-580.
- Schweiggert, U., (2004). Carrot pomace as a source of functional ingredients. *Flussiges Obst*, 71(3), 136-140.
- Sobota, A., Rzedzicki, Z., Zarzycki, P., & Kuzawińska, E. (2015). Application of common wheat bran for the industrial production of high-fibre pasta. *International Journal of Food Science and Technology*, 50(1), 111–119. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12641>
- Struck, S., Straube, D., Zahn, S., & Rohm, H. (2018). Interaction of wheat macromolecules and berry pomace in model dough : Rheology and microstructure. *Journal of Food Engineering*, 223, 109–115. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.12.011>
- Upadhyay, A., Sharma, H. K., & Sarkar, B. C. (2008). Characterization and dehydration kinetics of carrot pomace. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 10, 1-9.
- Vihishima, R. I., Yusufu, M. I., & Adah, C. A. (2024). Blends of Wheat, Mango Kernel and Orange Pomace Flours: Chemical and Functional Properties. *Asian Food Science Journal*, 23(2), 1–12. <https://doi.org/10.9734/afsj/2024/v23i2696>
- Wang, Y. H., Zhang, Y. Q., Zhang, R. R., Zhuang, F. Y., Liu, H., Xu, Z. S., & Xiong, A. S. (2023). Lycopene ϵ -cyclase mediated transition of α -carotene and β -carotene metabolic flow in carrot fleshy root. *Plant Journal*, 115(4), 986–1003. <https://doi.org/10.1111/tpj.16275>