



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

# **TEZĂ DE DOCTORAT REZUMAT**

Conducător de doctorat,  
Prof. univ. dr. ing. Georgiana Gabriela CODINĂ

Doctorand,  
Chim. Maria Camelia CIUBOTARIU (GOLEA)

Suceava  
2024



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

**TEZĂ DE DOCTORAT**  
**REZUMAT**

**CERCETĂRI PRIVIND CALITATEA**  
**UNOR VARIETĂȚI DE GRÂU**  
**PENTRU INDUSTRIA DE PANIFICAȚIE**

Conducător de doctorat,  
Prof. univ. dr. ing. Georgiana Gabriela Codină

Doctorand,  
Chim. Maria Camelia CIUBOTARIU (GOLEA)

Suceava  
2024



## ***Mulțumiri***

„Oamenii sunt păsări cu aripile crescute înăuntru” (Nichita Stănescu)

În primul rând, doresc să mulțumesc coordonatorului meu științific, doamnei *prof. univ. dr. ing. Georgiana Gabriela Codină* pentru blândețea, răbdarea, încurajarea și implicarea, cu care m-a susținut pe tot parcursul studiilor mele doctorale.

De asemenea, doresc să le mulțumesc doamnei *dr. biol. CSI Silvia Străjeru* și colegilor mei de la Banca de Resurse Genetice Vegetale *Mihai Cristea* Suceava, pentru ajutorul și sprijinul acordat, de câte ori am avut nevoie.

Adresez cuvinte de mulțumire și recunoștință, membrilor comisiei de îndrumare: *prof. univ. dr. ing. Mircea-Adrian Oroian*, *prof. univ. dr. ing. Adriana Dabija* și *prof. univ. dr. ing. Silvia Mironeasa* pentru sfaturile și recomandările oferite, pe întreg parcursul elaborării tezei de doctorat.

Multe mulțumiri se îndreaptă și către *șef de lucrări dr. ing. Silviu-Gabriel Stroe*, *șef de lucrări dr. ing. Anca-Mihaela Gâtlan*, *dr. ing. Vasile-Florin Ursachi* și *drd. ing. Ancuța Petraru* din cadrul Facultății de Inginerie Alimentară, pentru ajutorul și sprijinul, pe care mi le-au oferit.

Nu în ultimul rând, dedic această teză soțului meu, *Marius* și fetelor mele, *Diana* și *Miruna*, care m-au înconjurat cu dragoste, mi-au oferit încredere și susținere necondiționată, pe tot parcursul acestor 4 ani.

Maria-Camelia GOLEA

*Cercetări privind calitatea unor varietăți de grâu pentru industria de panificație*

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

---

## CUPRINS

### LISTĂ DE ABREVIERI

### SCOPUL ȘI OBIECTIVELE TEZEI DE DOCTORAT

### CAPITOLUL I. POSIBILITĂȚI DE UTILIZARE A VARIETĂȚILOR DE GRÂU CULTIVATE ÎN ROMÂNIA ÎN INDUSTRIA DE PANIFICAȚIE (STUDIUL DOCUMENTAR)

#### 1.1. SCURT ISTORIC AL GRÂULUI

#### 1.2. ARIA DE RĂSPÂNDIRE A GRÂULUI

#### 1.3. EVOLUȚIA FILOGENETICĂ A GRÂULUI

#### 1.4. IMPORTANȚA ECONOMICĂ A GRÂULUI

#### 1.5. SPECII DE GRÂU

##### 1.5.1. Specii antice de grâu

##### 1.5.1.1. Grâul einkorn sau alacul (*Triticum monococcum* L. ssp. *monococcum*)

##### 1.5.1.2. Grâul emmer (*Triticum turgidum* L. ssp. *dicoccum*)

##### 1.5.1.3. Grâul spelta (*Triticum aestivum* L. ssp. *spelta*)

##### 1.5.2. Specii moderne de grâu

##### 1.5.2.1. Grâul durum (*Triticum turgidum* L. ssp. *durum*)

##### 1.5.2.2. Grâul comun sau grâul de panificație (*Triticum aestivum* L. ssp. *aestivum*)

#### 1.6. COMPOZIȚIA CHIMICĂ ȘI STRUCTURA BOBULUI DE GRÂU

##### 1.6.1. Structura bobului de grâu

##### 1.6.2. Compoziția chimică a bobului de grâu

##### 1.6.2.1. Glucide

##### 1.6.2.1.1. Amidon

##### 1.6.2.1.2. Poliglucide neamidonoase

##### 1.6.2.2. Proteine

##### 1.6.2.3. Lipide

##### 1.6.2.4. Vitamine

##### 1.6.2.5. Substanțe minerale

##### 1.6.2.6. Substanțe fitochimice

#### 1.7. CONCLUZII PARȚIALE

### CAPITOLUL II. DETERMINAREA COMPOZIȚIEI CHIMICE PRIN METODE STANDARD DE ANALIZĂ ȘI TEHNICA AVANSATĂ FT-IR-ATR PENTRU DIFERITE VARIETĂȚI DE GRÂU CULTIVATE ÎN ROMÂNIA

#### 2.1. INTRODUCERE

#### 2.2. MATERIALE ȘI METODE

##### 2.2.1. Materiale

##### 2.2.2. Metode de analiză

##### 2.2.2.1. Determinarea umidității

##### 2.2.2.2. Determinarea cenușii

##### 2.2.2.3. Determinarea proteinei

##### 2.2.2.4. Determinarea amidonului total

##### 2.2.2.5. Determinarea amidonului deteriorat

##### 2.2.2.6. Determinarea lipidelor

##### 2.2.2.7. Determinarea conținutului de gluten umed

##### 2.2.2.8. Determinarea calității glutenului umed

##### 2.2.2.9. Determinarea indicelui de sedimentare

##### 2.2.2.10. Determinarea indicelui de cădere

2.2.2.11. Determinarea pH-ului și acidității

2.2.2.12. Analiza FT-IR a probelor de grâu

2.2.2.13. Analiza statistică a datelor

2.3. REZULTATE ȘI DISCUȚII

2.3.1. Caracteristicile fizico-chimice ale probelor de grâu

2.3.2. Analiza FT-IR a probelor de grâu

2.3.3. Analiza în componente principale (ACP) a caracteristicilor varietăților de grâu

2.3.4. Corelația de regresie parțială a celor mai mici pătrate a spectrelor FTIR cu parametrii fizico-chimici ai făinii de grâu

2.3.4.1. Selectarea intervalului spectral

2.3.4.2. Evaluarea performanțelor modelelor

2.4. CONCLUZII PARȚIALE

### **CAPITOLUL III. EVALUAREA DIVERSITĂȚII GENETICE PENTRU DIFERITE VARIETĂȚI DE GRÂU CULTIVATE ÎN ROMÂNIA**

3.1. INTRODUCERE

3.2. MATERIALE ȘI METODE

3.2.1. Materiale

3.2.2. Metode de analiză

3.2.2.1. Izolarea ADN-ului genomic

3.2.2.2. Analiza spectrofotometrică a ADN-ului

3.2.2.3. Analiza PCR

3.2.2.4. Electroforeza pe gel de agaroză

3.2.2.5. Analiza statistică a datelor

3.3. REZULTATE

3.3.1. Amplificarea ADN-ului

3.3.2. Analiza grupată a probelor folosind metoda UPGMA

3.3.3. Analiza grupată a probelor folosind metoda Neighbor Joining

3.4. DISCUȚII

3.5. CONCLUZII PARȚIALE

### **CAPITOLUL IV. EVALUAREA CARACTERISTICILOR FIZICO-CHIMICE ȘI A MICROSTRUCTURII BOABELOR UNOR VARIETĂȚI MODERNE ȘI ANTICE DE GRÂU CULTIVATE ÎN ROMÂNIA**

4.1. INTRODUCERE

4.2. MATERIALE

4.3. METODE DE ANALIZĂ

4.3.1. Compoziția chimică a probelor de făină de grâu

4.3.2. Determinarea conținutului de substanțe minerale al făinii de grâu

4.3.3. Analiza microstructurii boabelor de grâu

4.3.4. Analiza statistică

4.4. REZULTATE ȘI DISCUȚII

4.4.1. Caracteristicile fizico-chimice ale făinii de grâu

4.4.2. Conținutul de substanțe minerale al făinii de grâu

4.4.2.1. Determinarea conținutului de substanțe minerale utilizând metoda EDX

4.4.2.2. Determinarea conținutului de substanțe minerale utilizând spectrometria de absorbție atomică (AAS)

4.4.3. Microstructura boabelor de grâu

4.5. CONCLUZII PARȚIALE



**CAPITOLUL V. EVALUAREA COMPUȘILOR FENOLICI ȘI A ACTIVITĂȚII ANTIOXIDANTE A FĂINII INTEGRALE DE GRÂU OBȚINUTE DIN DIFERITE SPECII MODERNE ȘI ANTICE DIN GENUL *TRITICUM***

5.1. INTRODUCERE

5.2. MATERIALE ȘI METODE

5.2.1. Materiale

5.2.2. Metode de analiză

5.2.2.1. Determinarea compușilor polifenolici

5.2.2.1.1. Determinarea conținutului total de polifenoli (TPC)

5.2.2.1.2. Determinarea conținutului total de flavonoide (TFC)

5.2.2.1.3. Determinarea polifenolilor individuali

5.2.2.1.4. Determinarea capacității antioxidante

5.2.2.2. Analiza statistică a datelor

5.3. REZULTATE ȘI DISCUȚII

5.4. CONCLUZII PARȚIALE

**CAPITOLUL VI. EVALUAREA CALITĂȚII FĂINII DE GRÂU OBȚINUTE DIN DIFERITE SPECII MODERNE ȘI ANTICE DIN GENUL *TRITICUM***

6.1. INTRODUCERE

6.2. MATERIALE ȘI METODE

6.2.1. Materiale

6.2.2. Metode de analiză

6.2.2.1. Determinarea caracteristicilor chimice ale făinii de grâu (integrală, albă)

6.2.2.2. Determinarea profilului capacității de retenție a solvenților făinii de grâu

6.2.2.3. Determinarea proprietăților reologice ale aluatului

6.2.2.3.1. Determinarea proprietăților reologice de frământare și de vâscozitate ale aluatului

6.2.2.3.2. Determinarea proprietăților reologice de întindere biaxială ale aluatului

6.2.2.3.3. Determinarea proprietăților reologice ale aluatului în timpul fermentării și valoarea indicelui de cădere

6.2.2.4. Analiza statistică a datelor

6.3. REZULTATE ȘI DISCUȚII

6.3.1. Caracteristicile chimice ale făinii de grâu (integrală, albă)

6.3.2. Profilul capacității de retenție a solvenților făinii de grâu (integrală, albă)

6.3.3. Proprietățile reologice ale aluatului

6.3.3.1. Proprietățile reologice de frământare și de vâscozitate ale aluatului

6.3.3.2. Proprietățile reologice de întindere biaxială ale aluatului

6.3.3.3. Proprietățile reologice ale aluatului în timpul fermentării și valoarea indicelui de cădere

6.4. CONCLUZII PARȚIALE

**CAPITOLUL VII. CONCLUZII GENERALE. CONTRIBUȚII ORIGINALE ȘI PERSPECTIVE DE CERCETARE**

**DISEMINAREA REZULTATELOR CERCETĂRII**

**BIBLIOGRAFIE**

## LISTĂ DE ABREVIERI

<b>AA</b>	activitate antioxidantă;
<b>ADN</b>	acidul dezoxiribonucleic;
<b>AFLP</b>	polimorfismul lungimii fragmentului amplificat;
<b>ANOVA</b>	analiza de varianță;
<b>ATR</b>	reflectanță totală atenuată;
<b>BRGV</b>	Banca de Resurse Genetice Vegetale "Mihai Cristea" Suceava;
<b>CTAB</b>	tampon de bromură de cetiltrimetilamoniu;
<b>CR</b>	coeficient de retenție;
<b>DF</b>	fibre;
<b>DDT</b>	timpul de dezvoltare a aluatului;
<b>EDTA</b>	acidul etilendiaminotetraacetic;
<b>EDX</b>	spectroscopia de raze X cu dispersie de energie;
<b>FAO</b>	Organizația Națiunilor Unite pentru Alimentație și Agricultură;
<b>FAOSTAT</b>	Baza de date statistică corporativă a FAO;
<b>G</b>	indicele de umflare a aluatului, (mm) obținut la alveograf;
<b>GAE</b>	echivalent acid galic;
<b>HPLC</b>	cromatografie de lichide de înaltă performanță;
<b>H'm</b>	înălțimea maximă a curbei formării și reținerii gazelor de fermentare, (mm);
<b>IR</b>	spectroscopia în infraroșu;
<b>ISSR</b>	tehnica de repetare a secvenței inter-simple;
<b>LSD</b>	diferența cea mai puțin semnificativă;
<b>MGMG</b>	monogalactosildiacylglicerol;
<b>NIR</b>	spectroscopia în infraroșu apropiat;
<b>NSP</b>	polizaharide non-amidon;
<b>P</b>	tenacitatea sau presiunea maximă, obținută la alveograf (mm);
<b>PIC</b>	conținutul de informații polimorfe;
<b>PCR</b>	reacția în lanț a polimerazei;
<b>QE</b>	echivalent quercetină;
<b>RAPD</b>	analiza ADN-ului polimorfic amplificat aleatoriu;
<b>REP</b>	eroarea relativă de predicție;
<b>RS</b>	conținutul de amidon rezistent (g/100 g substanță uscată);
<b>RT</b>	temperatura camerei;
<b>RSM</b>	metodologia suprafeței de răspuns;
<b>ST</b>	stabilitatea aluatului;
<b>SRC</b>	capacitatea de retenție a solventului;
<b>TA</b>	<i>Triticum aestivum</i> ;
<b>TS</b>	<i>Triticum spelta</i> ;
<b>UBC</b>	marker ISSR (primer);
<b>UCDc</b>	nivelul de amidon deteriorat exprimat în unități UCD (Chopin);
<b>VR</b>	volumul de retenție, volumul de CO <sub>2</sub> reținut de aluat la sfârșitul testului, (mL);
<b>WA</b>	capacitatea de hidratare a făinii (%);

## SCOPUL ȘI OBIECTIVELE TEZEI DE DOCTORAT

**Scopul** tezei de doctorat vizează analiza calității și diversității genetice a unor varietăți de grâu, aparținând unor specii diferite (*Triticum aestivum* L., *Triticum monococcum* L., *Triticum spelta* L.), care sunt reprezentative pentru România, și în special, pentru culturile intensive de grâu din regiunea de nord-est, precum și identificarea probelor cu proprietăți de panificație superioare.

Îndeplinirea scopului propus prin cercetările realizate a vizat următoarele obiective:

**O1:** Elaborarea unui studiu al literaturii de specialitate privind posibilitatea de utilizare a diferitelor specii de grâu pentru obținerea de diferite produse de panificație. În acest sens, au fost descriși mai mulți factori, în special, specia, varietatea și condițiile de cultivare, care influențează compoziția și calitatea grâului, pentru a fi corespunzătoare industriei de panificație și alimentației umane.

**O2:** Determinarea compoziției chimice, prin metode standard de analiză (conținut de gluten umed, pH, aciditate, indice de cădere, umiditate, cenușă, conținut de proteină, lipide, indice de sedimentare, amidon, amidon deteriorat) și tehnica avansată FT-IR a 70 de probe de grâu cultivate în România și păstrate în colecția Băncii de Resurse Genetice Vegetale *Mihai Cristea* Suceava.

**O3:** Analiza diversității genetice a 31 varietăți de grâu, cultivate în România, aparținând unor specii moderne (*Triticum aestivum*) și antice (*Triticum monococcum*, *Triticum spelta*) și cultivate în special, în regiunea de nord-est a României, luând în considerare, particularitatea fiecărei specii, statutul biologic și originea acesteia. Marea majoritate a soiurilor de grâu comun, luate în studiu, de origine românească, cum ar fi: Izvor, Glosa, Andrada, Dumbrava sau străină, precum: Sosthene, Amicus, Apache, Anapurna sunt înscrise în Catalogul Oficial al Soiurilor din România, publicat în anul 2021.

**O4:** Analiza caracteristicilor chimice (umiditate, cenușă, proteină, gluten umed, lipide, amidon, fibre, substanțe minerale cu determinarea elementelor: calciu, magneziu, fosfor, sodiu, zinc, fier, mangan, cupru, conținutul total de polifenoli, compoziția polifenolilor individuali, conținutul total de flavonoide și activitatea antioxidantă) și a microstructurii a 24 varietăți de grâu, din specii antice și moderne, cultivate în aceleași condiții de creștere, pentru care s-a evaluat în prealabil diversitatea genetică.

**O5:** Evaluarea proprietăților reologice pentru făina albă și făina integrală de grâu obținute din cele 24 varietăți de grâu, aparținând unor specii diferite (*Triticum aestivum*, *Triticum monococcum*, *Triticum spelta*), a căror compoziție chimică și profil genetic au fost evaluate în prealabil, pentru a determina comportamentul acestora la frământare, întindere biaxială, vâscozitate și fermentare, în vederea stabilirii calității acestora pentru industria de panificație.

### Cuvinte cheie:

- grâu;
- specie de grâu;
- diversitate genetică;
- făină integrală de grâu;
- făină albă de grâu;
- calitatea făinii;
- proprietățile reologice ale aluatului.

Teza de doctorat, intitulată „Cercetări privind calitatea unor varietăți de grâu pentru industria de panificație” cuprinde lista de abrevieri, scopul și obiectivele lucrării, studiul documentar care este prezentat în primul capitol, studiul experimental care cuprinde următoarele cinci capitole, concluziile generale ale tezei, contribuțiile originale și perspectivele de cercetare, precum și diseminarea rezultatelor cercetării și bibliografia.

**Capitolul I** intitulat „Posibilități de utilizare a varietăților de grâu cultivate în România în industria de panificație” cuprinde stadiul actual al cunoașterii din domeniu, privind beneficiile utilizării speciilor antice și moderne de grâu pentru a îmbunătăți din punct de vedere calitativ produsele de panificație.

Istoria grâului modern începe cu aproximativ 10.000 î.e.n. și reprezintă o parte importantă a istoriei agriculturii. Treptat, prin selecția empirică s-a creat un emmer cultivat (*Triticum dicoccum*). Pe parcurs, mutația naturală a schimbat spicele de emmer, cât și de spelta într-un tip de spic mai ușor de treierat, care mai târziu, cu aproximativ 8.500 î.e.n., au evoluat în spicele de treierat liber de grâu dur (*Triticum durum*) și grâu de pâine (*Triticum aestivum*) (Charmet, 2011). Domesticirea grâului și dezvoltarea diferitelor practici agrotehnice au avut loc independent într-un număr mare de locații din întreaga lume.

În evoluția genetică a grâului au existat două etape importante de poliploidizare. Prima etapă de poliploidizare a avut loc cu 500.000-150.000 ani î.e.n., între 2 specii sălbatice diploide (cu 2 seturi de cromozomi,  $2n = 2x = 14$ ) și anume specia *Triticum urartu* (AA), care a furnizat genomul A și posibil o specie dispărută, strâns înrudită cu *Aegilops speltoides* (BB), care a furnizat genomul B, creând astfel o nouă specie amfi-tetraploidă (cu 4 seturi de cromozomi,  $2n = 4x = 28$ ) și anume *Triticum turgidum* L. ssp. *diccoides* (sau *Triticum diccoides*, genomul AABB,). Ulterior, această specie a fost domesticită și a evoluat în *Triticum turgidum* L. ssp. *dicoccum* Schübl. (sau *Triticum dicoccum*) (AABB), care este promotorul grâului dur (*Triticum durum*), de astăzi.

A doua etapă de poliploidizare a avut loc cu aproximativ 10.000 î.e.n., între tetraploidul domesticit *Triticum turgidum* ssp. *dicoccum* (genomul AABB) și specia diploidă sălbatică *Aegilops tauschii* (genomul DD), care a dat naștere speciilor hexaploide (cu 6 seturi de cromozomi,  $2n = 6x = 42$ ), *Triticum aestivum* L. (genomul AABBDD), mai exact unui spelta alohexaploid timpuriu *Triticum aestivum* ssp. *spelta* (AABBDD), din care după domesticire și secole de cultivare și selecție a rezultat grâul comun sau grâul pentru panificație (*Triticum aestivum* L. ssp. *vulgare*), care se cultivă astăzi pe scară largă, în întreaga lume (Goriewa-Duba et al., 2018). Astfel, problema reconstrucției filogeniei grâului de panificație poate fi redusă în esență la determinarea originii a trei genomuri: A, B și D și la identificarea a patru donatori genomici: AA, BB, DD și AABB (Graurb, 1995).

În timpul acestui proces evolutiv, au avut loc modificări rapide și sporadice ale genomului grâului, datorită hibridizării naturale, poliploidizării, domesticirii și mutației, care au avut loc timp de peste 300.000 de ani, făcând ca grâul să fie o plantă model distinctă pentru studiul evolutiv (Peng et al., 2011). Acest lucru a condus la unele modificări în evoluția grâului și la o pierdere semnificativă a genelor. Drept urmare, grâul modern cultivat nu conține toate genele progenitorilor lui (Rahman et al., 2020).

Formarea diploidelor, tetraploidelor și hexaploidelor în culturile de grâu poate fi dată ca exemplu de modificări genetice care apar în mod natural. Studiile genetice comparative pot explica modul în care apar aceste modificări. De asemenea, pot oferi informații despre relațiile dintre gen și specie (Ilhan et al., 2021). Contrar faptului că, această evoluție „naturală” a grâului a fost foarte reușită, aceasta a durat foarte mulți ani, iar în prezent biotehnologia explorează posibilitățile efectuării mai rapide și eficiente a gestionării materialului genetic prin manipularea foarte specifică a genelor.

La începutul civilizației, grâul antic reprezenta o sursă importantă de hrană în

alimentația umană. Cu toate acestea, de-a lungul secolelor, consumul lor în alimentația umană a scăzut dramatic datorită apariției speciilor moderne (domestice), care prezintă un randament mai mare și caracteristici tehnologice superioare, date de proteinele glutenice (Charmet, 2011, Tran *et al.*, 2020).

În prezent, grâul este cereala care se cultivă pe cea mai mare suprafață la nivel mondial, datorită proprietăților sale tehnologice, dar și a capacității sale ridicate de adaptabilitate la condițiile climatice și productivității ridicate (Kan *et al.*, 2015, FAO, 2018, Karaman *et al.*, 2021). Conform Anuarului FAO din 2018, grâul este cultivat extensiv în mai mult de 100 de țări, pe 17% din toate suprafețele de cultură. Aproximativ 95% din grâul cultivat la nivel mondial este grâul comun sau grâul de pâine (*Triticum aestivum* L. ssp. *aestivum*), restul de 5% este grâul durum sau grâul de paste (*Triticum turgidum* L. ssp. *durum*). Cantități mici din alte grâuri antice (alac, emmer, spelta) sunt cultivate încă, în unele regiuni din Spania, Turcia și Balcani sau din subcontinentul Indian.

La ora actuală, în România se cultivă grâu, doar pe un sfert din totalul suprafeței arabile și pe aproximativ 1/3 din suprafețele pe care pot fi cultivate cereale. Majoritatea soiurilor de grâu cultivate sunt soiuri românești, create la Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare Agricolă Fundulea sau în rețeaua de Stațiuni de Cercetare-Dezvoltare Agricolă.

În prezent, formele sălbatice și locale de resurse genetice vegetale, care se pot dezvolta prin adaptarea la diferite condiții geografice, sunt foarte valoroase și reprezintă o resursă genetică subexploată în programele moderne de ameliorare a grâului (Longin *et al.*, 2016), (Mefleh *et al.*, 2019).

Literal, termenul de grâu antic se referă la acele specii primitive de *Triticum*, care nu au suferit nici un proces modern de selecție sau reproducere și care și-au păstrat anumite caracteristici de la strămoșii sălbatici, precum indicele scăzut de recoltă, variabilitatea individuală și rahisul fragil (Giambanelli *et al.*, 2013). Grâul antic are o compoziție chimică și o valoare nutritivă diferită față de soiurile moderne, cum ar fi amidonul rezistent, carotenoizii, compușii fitochimici și antioxidanții, care conferă numeroase beneficii pentru sănătate.

Astăzi, se regăsesc pe piață diferite amestecuri de făinuri din aceste grâuri vechi cu soiuri moderne pentru a compensa lipsa unor componente cu beneficii pentru sănătate. De exemplu, s-a observat că, în comparație cu grâul modern, există o cantitate destul de mare de proteine în bobul de emmer și o cantitate mai mare de lizină în grâul einkorn. Astfel, coacerea pâinii cu făinuri din aceste grâuri ancestrale poate fi mai benefică pentru sănătate, datorită faptului că, acestea au un conținut mai ridicat de lizină, un aminoacid esențial pentru organism și care ajută la obținerea unui echilibru alimentar mai bun.

De asemenea, se pare că există o cerere din ce în ce mai mare pentru produse durabile, regionale și artizanale, care au fost fabricate într-un mod care protejează resursele (promovarea biodiversității și reducerea amprenteii ecologice). De aceea, încă se explorează speciile vechi de grâu, acestea fiind considerate, alternative sănătoase ale speciilor moderne de grâu, fiind utilizate pentru obținerea a diferite tipuri de pâine, cereale integrale pentru salate, dar și ca hrană pentru animale (Popescu, 2018). Grâul spelta este folosit în principal, pentru produsele de panificație, iar grâul einkorn și emmerul sunt utilizate în special, pentru obținerea de paste făinoase. Aceste alegeri, de utilizare a diferitelor specii și soiuri de grâu, pentru obținerea unor sortimente specifice, încearcă să răspundă cererii în creștere, pentru o varietate mai largă de produse alimentare (de Sousa *et al.*, 2021).

Din categoria speciilor moderne, cele mai utilizate în industria de panificație sunt grâul comun (*Triticum aestivum* L.) și grâul dur (*Triticum durum* L.), iar conform studiilor, făina lor produce un aluat cu proprietăți reologice superioare (elasticitate, extensibilitate, vâscozitate), față de făina din speciile antice, care are o calitate mai slabă a glutenului (Șerban *et al.*, 2021). Astfel, calitatea făinii de grâu (care implică evaluarea proprietăților reologice ale aluatului din

făină de grâu) sunt principalii factori care determină distribuția și utilizarea grâului la nivel mondial. Calitatea făinii de grâu depinde în mare măsură de compoziția și de cantitatea proteinelor din grâu, în principal proteinele glutenice (Takač *et al.*, 2021).

Pentru obținerea unei făini de grâu de calitate este necesară selecționarea anumitor soiuri și varietăți de grâu. Proprietățile grâului care-l fac corespunzător pentru obținerea de produse de panificație, biscuiți, paste făinoase, produse de patiserie, depind de compoziția acestuia formată din glucide, proteine, lipide, vitamine, substanțe minerale etc. Acestea au o valoare nutritivă ridicată favorabilă alimentației umane. Pe lângă aceste substanțe nutritive, grâul conține o serie de compuși, care pot fi antioxidanți importanți în alimentația zilnică. Dintre aceștia, acizii fenolici esterificați și liberi, concentrați în structurile periferice ale bobului pot fi considerați ca substanțe cu un real beneficiu pentru sănătate, prin acțiunea lor de îndepărtare a radicalilor liberi. Aceste caracteristici sunt la rândul lor condiționate de o serie de factori, cum ar fi: particularitățile botanice (specie), timpul de însămânțare (toamna sau primăvara), regiunea de cultură a grâului (condițiile ei climaterice și de sol), calitățile intrinseci ale soiurilor selecționate, precum și de agrotehnica aplicată. La nivel mondial, cererea de grâu crește cu 1,7% anual, preconizându-se că, se va ajunge la un total de 1 miliard de tone în anul 2050 (Tadesse *et al.*, 2019, Wieser *et al.*, 2020).

În **capitolul II** al tezei, intitulat „*Determinarea compoziției chimice prin metode standard de analiză și tehnica avansată FT-IR-ATR pentru diferite varietăți de grâu cultivate în România*” se evaluează compoziția chimică, determinată prin metode standard de analiză și tehnica avansată FT-IR, pentru 70 de probe de grâu cultivate în România și păstrate în colecția Băncii de Resurse Genetice Vegetale Mihai Cristea Suceava.

În prima parte a capitolului sunt prezentate: materialul vegetal, care constă în 56 de probe de grâu comun, 10 de grâu spelta și 4 de grâu einkorn și metodele de analiză utilizate pentru desfășurarea studiului experimental.

Probele de grâu măcinate cu ajutorul unei mori de laborator Perten 3100 (Perten Instruments, Hägersten, Suedia), au fost analizate după metode standard de analiză internaționale și naționale, pentru următoarele caracteristici: umiditate, cenușă, proteine, amidon total, amidon deteriorat, lipide, indice de sedimentare, conținut de gluten umed, calitatea glutenului umed (extensibilitate și elasticitate), indice de cădere, pH și aciditate.

Conținutul de umiditate a fost determinat conform metodei standard ICC 110/1 și a fost exprimat, ca procent din greutatea probei inițiale de făină de grâu. De asemenea, conținutul de cenușă a fost determinat conform metodei ICC 104/1 și a fost exprimat, ca procent din greutatea rezidului, față de proba inițială de grâu. Referitor la conținutul de proteine, acesta a fost obținut cu ajutorul metodei Kjeldahl (AOAC, metoda 945.18-B), utilizând un analizor Kjeldahl automat (UDK127; VELP SCIENTIFICA, Milano, Italia), iar rezultatele s-au exprimat prin determinarea compușilor azotați totali ai făinii de grâu, care au fost înmulțiți cu factorul convențional 5,7.

Conținutul total de amidon a fost determinat după metoda 76-13.01, aprobată de AACC prin utilizarea unui kit achiziționat de la Megazyme Internațional (Bray, Irlanda), iar amidonul deteriorat a fost determinat prin metoda amperometrică, cu ajutorul aparatului SDmatic (Chopin Technologies, CEDEX, Villeneuve-la-Garenne, Franța), conform metodelor aprobate standard AACC 76-33 și AFNOR V03-731. Rezultatele exprimate au fost sub forma indicelui de absorbție a iodului (AI%) și au fost convertite în funcție de umiditatea și conținutul de proteine din probele de grâu, în unități personalizate Chopin Dubois (UCDe).

Conținutul de lipide a fost determinat cu ajutorul metodei Soxhlet, folosind un analizor Soxhlet automat (SER 148/6; VELP, Milano, Italia) și a fost exprimat în procente. Conținutul de gluten umed a fost determinat conform metodei ICC 137/1, utilizând aparatul de spălat gluten, Glutomatic 2200 (Perten Instruments, Suedia), iar rezultatele au fost exprimate ca

procente din masa probei inițiale (10g) și s-au calculat cu formula: conținut de gluten umed (%) = conținut de gluten total x 100/10 (g).

Evaluarea calității glutenului umed, din punct de vedere al întinderii și relaxării aluatului, s-a realizat utilizând aparatul Glutograph-E (Brabender, Duisburg, Germania), conform metodei descrise de (Alamri *et al.*, 2009). Determinarea indicelui de sedimentare (testul Zeleny) s-a realizat conform metodei standard ICC 116/1, iar indicele de cădere a fost evaluat conform metodei ICC 107/1, utilizând aparatul de Falling Number Perten FN 1305 (Perten Instruments, Suedia).

pH-ul și aciditatea făinii de grâu au fost determinate conform metodei standard SR 90:2007. pH-ul făinii de grâu a fost determinat, utilizând un pH-metru portabil HQ30d (HACK, Loveland, CO, SUA). Pentru determinarea acidității făinii de grâu, s-a folosit metoda cu alcool etilic 67% (V/V), iar rezultatele au fost exprimate în grade de aciditate raportate la 100 g făină.

A fost efectuată și analiza FT-IR a probelor din făina de grâu, pentru a realiza o serie de corelații între caracteristicile fizico-chimice ale probelor de grâu și datele obținute prin spectroscopie. Analiza FT-IR a probelor de grâu a fost obținută utilizând metoda spectroscopiei în infraroșu cu transformată Fourier și cu ajutorul unui spectrofotometru Nicolet iS-20 (Thermo Scientific, Karlsruhe, Dieselstraße, Germania), în modul reflectanță totală atenuată (ATR), în regiunile spectrale de la 4000 la 650  $\text{cm}^{-1}$ , la o rezoluție de 4  $\text{cm}^{-1}$ .

Rezultatele au fost supuse analizei de varianță (ANOVA), folosind programul statistic XLSTAT (Microsoft, SUA). S-a aplicat procedura Fisher cu o diferență mai puțin semnificativă (LSD) la un nivel de încredere de 95%. Linia de referință, normalizarea, prima derivată, a doua derivată, transformarea standard normală variabilă (SNV) și corecția de împrăștiere multiplicativă (MSC) au fost efectuate utilizând software-ul Unscrambler X versiunea 10.1 (Camo, Norvegia).

Predicția parametrilor fizico-chimici a fost efectuată utilizând regresia parțială a celor mai mici pătrate (PLS-R), iar analiza în componente principale (ACP) a fost realizată utilizând software-ul Unscrambler X versiunea 10.1 (Camo, Norvegia). Performanța modelului a fost verificată folosind: panta, offset-ul, eroarea pătratică medie de calibrare (RMSECV) și eroarea pătratică medie de predicție (RMSEP), iar pentru întregul model, eroarea relativă de predicție (REP), care trebuie să fie mai mică de 10% și deviația de performanță a raportului (RPD), care trebuie să fie mai mare de 3.

Intervalele și valoarea medie a datelor fizico-chimice pentru probele de grâu luate în studiu sunt prezentate în tabelul 1. Rezultatele analizei de varianță au indicat că aproape toate caracteristicile fizico-chimice au prezentat diferențe semnificative între speciile de grâu analizate. Conținutul de umiditate a variat între 10,80 și 13,00%, cu o valoare medie de 11,75–11,87%. Conținutul de proteine a prezentat diferențe semnificative ( $p < 0,001$ ) între grâul comun și speciile de grâu spelta și einkorn.

Valorile conținutului de proteină au variat între 9,8-16,4%, 14,9-15,2% și, respectiv, 11,5-16,9%. După cum era de așteptat, grâul comun a avut cea mai mică valoare medie a proteinei, în comparație cu speciile spelta și einkorn.

Conform datelor obținute, există diferențe semnificative între speciile de grâu ( $p < 0,05$ ), din punct de vedere al conținutului de gluten umed. Valoarea acestuia a arătat o tendință similară cu cea a conținutului de proteine din făinurile de grâu, cea mai mare valoare medie, fiind înregistrată pentru grâul einkorn 31,3%, urmat de de grâul spelta 30,99% și grâul comun 28,16%. Totuși, unele soiuri din grâu comun au prezentat valori mai mici pentru glutenul umed sub 22%, ceea ce nu le recomandă pentru obținerea pâinii.

De asemenea, între speciile de grâu există diferențe semnificative ( $p < 0,001$ ), cu privire la valorile parametrilor glutograf: extensibilitate și elasticitate, care determină calitatea

glutenului. Astfel, făinurile de grâu spelta și einkorn au prezentat valori semnificativ mai mici ale acestor parametri, comparativ cu probele de grâu comun..

Comparând făinurile celor 3 specii de grâu s-au constatat diferențe semnificative ( $p < 0,01$ ) între valorile indicelui de sedimentare a probelor. Specia de grâu comun a prezentat valoarea medie cea mai mare a indicelui de sedimentare de 36,16 mL, fiind urmată de einkorn cu 27,02 mL și de spelta cu 25,77 mL.

**Tabelul 1.** Caracteristicile fizico-chimice ale probelor de grâu.

Parametru	Specia de grâu			Valoarea F
	<i>Triticum aestivum</i>	<i>Triticum monococcum</i>	<i>Triticum spelta</i>	
Umiditate (%)	11,85(10,80-12,90) a	11,75(11,20-12,30) a	11,87(11,30-13,00) a	0,06ns
Cenușă (%)	1,35(1,16-1,60) a	1,75(1,73-1,79) b	1,84(1,58-2,06) b	85,54***
Proteină (%)	12,66(9,80-16,40) a	15,05(14,90-15,20) b	14,48(11,50-16,90) b	9,94***
Gluten umed (%)	28,16(20,90-35,50) a	31,30(28,10-34,40) a	30,99(25,70-39,70) a	4,12*
Indice de sedimentare (mL)	36,16(17-66) a	27,02(14-46) ab	25,77(11-43) b	7,59**
pH	6,31(6,22-6,43) b	6,07(6,00-6,10) a	6,04(5,95-6,11) a	130,94***
Aciditate (grade)	2,44(1,95-3,97) a	3,44(3,40-3,50) b	3,57(1,90-4,50) b	24,05***
Lipide (%)	1,61(1,50-1,80) a	2,11(2,05-2,18) b	2,13(1,95-2,42) b	155,19**
Amidon (%)	60,92(56,30-64,50) b	58,60(54,90-58,30) ab	56,24(53,10-60,10) a	4,68*
FN (s)	279,18(83,00-404,00) b	172,75(98,00-240,00) a	236,90(189,00-328,00) ab	5,31**
Extensibilitate (s)	57,02(13,00-125,00) b	13,50(9,00-21,00) a	13,60(6,00-29,00) a	8,87***
Elasticitate (BU)	237,10(160,00-299,00) b	138,50(107,00-166,00) a	146,20(103,00-176,00) a	44,45***
Amidon deteriorat (UCD)	9,73(1,40-14,60) ab	8,02(6,40-9,70) a	11,76(7,70-19,40) b	2,73ns

*ns -  $p > 0,05$ , \* -  $p < 0,01$ , \*\* -  $p < 0,001$ , \*\*\* -  $p < 0,0001$*

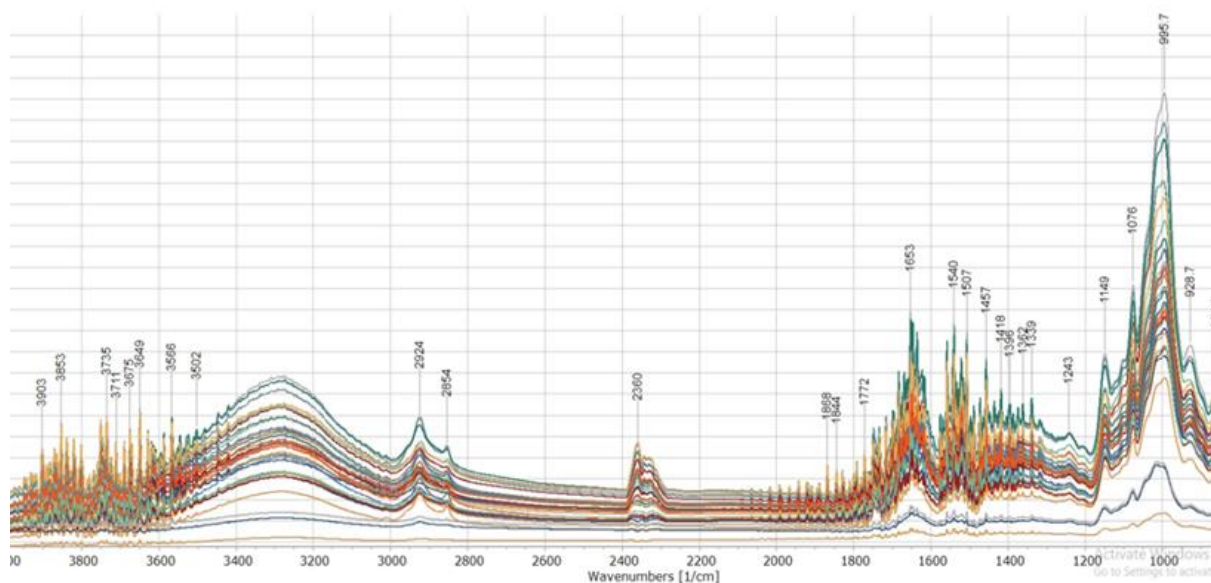
Valorile pH-ului și acidității au prezentat diferențe semnificative mari ( $p < 0,001$ ), între speciile de grâu. Cel mai mare pH și cea mai mică valoare a acidității au fost obținute pentru probele de făină de grâu comun. Din datele obținute se observă că, speciile de grâu spelta și einkorn au prezentat un conținut semnificativ mai mare de cenușă, de proteine ( $p < 0,001$ ) și de lipide ( $p < 0,01$ ), comparativ cu probele de grâu comun.

Conținutul de cenușă a variat de la 1,73 la 1,79%, pentru făinurile de grâu einkorn, de la 1,58 la 2,06%, pentru făinurile de grâu spelta și de la 1,16 la 1,60%, pentru făinurile de grâu comun. Conținutul de lipide a prezentat cea mai mare valoare medie de 2,13%, pentru făinurile de grâu spelta, urmate de 2,11%, pentru făinurile de einkorn și de 1,61%, pentru făinurile de grâu comun.

Conținutul de amidon a variat semnificativ ( $p < 0,05$ ), între speciile de grâu analizate. Cel mai mare conținut de amidon s-a obținut la făinurile de grâu comun, cu o valoare medie de 60,92%, urmate de făinurile de grâu einkorn, cu o medie de 58,60% și cele de grâu spelta, cu o medie de 56,24%. Valoarea indicelui de cădere, care indică activitatea  $\alpha$ -amilazei în făinurile de grâu a variat semnificativ ( $p < 0,01$ ), între speciile de grâu analizate de la 83 la 404s. Valorile conținutului de amidon deteriorat ale făinurilor de grâu nu au prezentat diferențe semnificative între speciile de grâu analizate.

În ceea ce privește analiza FT-IR, în figura 1 este prezentat spectrul FT-IR al probelor de grâu analizate. Au fost luate în considerare 13 regiuni spectrale, specific definite în literatură. Inspecția vizuală a spectrelor FT-IR obținute pentru probele evaluate relevă un model similar de spectru pentru fiecare dintre probele individuale, fapt ce indică similitudine din punct de vedere al compoziției chimice. Astfel, pentru proteine au fost luate în considerare regiunile spectrale  $3025\text{--}2800\text{ cm}^{-1}$ ,  $1868\text{--}1583\text{ cm}^{-1}$ ,  $1583\text{--}1494\text{ cm}^{-1}$  și  $1494\text{--}1280\text{ cm}^{-1}$ , pentru lipide intervalele  $3903\text{--}3025\text{ cm}^{-1}$ ,  $1834\text{--}1583\text{ cm}^{-1}$ ,  $1279\text{--}1221\text{ cm}^{-1}$  și  $952\text{--}886\text{ cm}^{-1}$  și pentru apă (umiditate), intervalele spectrale  $3903\text{--}3025\text{ cm}^{-1}$  și  $1279\text{--}1221\text{ cm}^{-1}$ .





**Figura 1.** Spectrul probelor de grâu analizate

Amidonul a fost observat, de asemenea, în intervalul de lungimi de undă între 2800 și 3000  $\text{cm}^{-1}$ . Spectrele benzilor de amidon provin în principal din modurile vibraționale ale amilozei și amilopectinei, deoarece acestea sunt componentele principale ale amidonului. Picurile au fost observate în regiunile sub 800  $\text{cm}^{-1}$  și de la 800 până la 1.500  $\text{cm}^{-1}$  (regiunea amprentelor digitale), regiunea cuprinsă între 2.800 și 3.000  $\text{cm}^{-1}$  (regiunea legăturii CH) și în regiunea cuprinsă între 3.000 și 3.600  $\text{cm}^{-1}$  (regiune a legăturii OH).

Analiza în componente principale ale caracteristicilor fizico-chimice ale făinii de grâu indică o asociere strânsă între conținutul de proteine și indicele de sedimentare și între conținutul de proteine și conținutul de gluten ( $p < 0,05$ ). Între proteine, gluten, umiditate, lipide, cenușă și amidon sunt corelații inverse semnificative ( $p < 0,05$ ), iar între lipide, cenușă și aciditate se poate observa o corelație semnificativă ridicată ( $p < 0,05$ ).

Analiza ACP evidențiază o relație indirectă dintre valoarea pH-ului și variabilele cenușă, lipide, aciditate care sunt semnificativ corelate indirect ( $p < 0,05$ ). În consecință, cu cât făina de grâu este mai bogată în amidon și are un conținut mai ridicat de amidon deteriorat cu atât activitatea amilolitică crește. De aceea, între FN și amidon și conținutul de amidon deteriorat sunt corelații inverse semnificative ( $p < 0,05$ ).

A fost efectuată, de asemenea, analiza ACP pentru caracteristicile fizico-chimice ale făinii de grâu pentru a testa variația dintre probele de făină, așa cum se arată în figura 2.

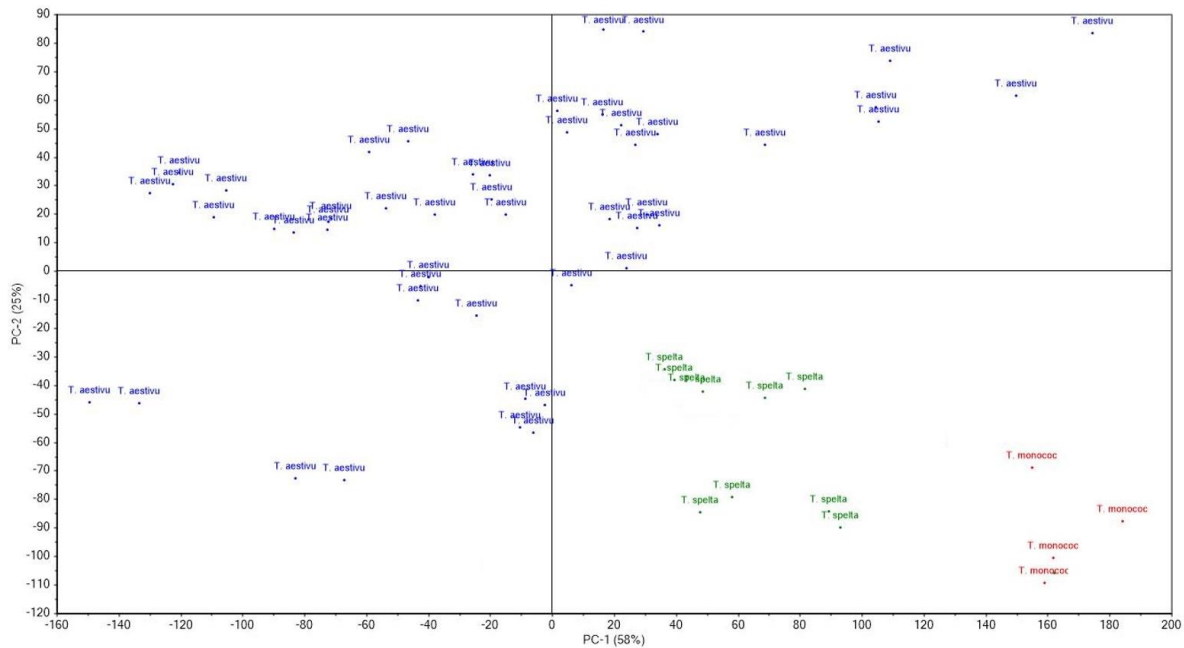


Figura 2. Analiza în componente principale pentru probele de grâu

După cum se poate observa din graficul ACP, toate speciile de grâu sunt grupate aproape unele de altele. În ceea ce privește prima componentă principală PC1, se poate observa că există o corelație foarte bună între probele de grâu spelta (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) și probele de einkorn (*Triticum monococcum*) care sunt asociate cu prima componentă ACP. A doua componentă PC2 pare să indice o corelație inversă între probele de grâu comun și probele de grâu antic einkorn și spelta. Aceste amplasări ale probelor de grâu pe graficul ACP pot fi explicate prin caracteristicile lor fizico-chimice. Distribuția mare a probelor de grâu comun pe graficul ACP se datorează variabilității mari a caracteristicilor lor fizico-chimice.

De asemenea, predicția parametrilor fizico-chimici a fost realizată folosind regresia parțială a celor mai mici pătrate bazată pe spectrele FTIR între 4000 și 650  $\text{cm}^{-1}$ , cu ajutorul unor benzi specifice, care pot fi asociate parametrilor. Înainte de aplicarea modelului PLS-R, toate spectrele au fost supuse unor diferite pretratamente statistice.

Astfel, conținutul de umiditate a fost prezis pe baza intervalului spectral 3650-2840 - 1800-700  $\text{cm}^{-1}$ , conținutul de proteine în intervalul spectral 1750-1100  $\text{cm}^{-1}$ , conținutul de amidon și FN (s) pe baza intervalului spectral 1800-700  $\text{cm}^{-1}$ , iar UCDC în intervalul spectral 1200-900  $\text{cm}^{-1}$ .

Parametrii modelului de calibrare (panta, decalarea, rădăcina pătrată a erorii medii pătratice RMSE, coeficientul de determinare  $R^2$ ) și procedura de validare, care au fost calculate pentru datele noastre, sunt prezentate în tabelul 2., alături de parametrii modelului, pentru care s-au obținut cei mai buni parametri statistici.

Conform datelor prezentate în tabelul 2, nu există același pretratament, care a generat modelul PLS-R potrivit pentru predicție. Așa cum se poate observa, predicția parametrului bazată pe întregul spectru, nu a atins performanța predicției, pe baza unui interval spectral specific. Prima derivată a fost pretratamentul adecvat pentru prezicerea conținutului de umiditate și UCDC, în timp ce a doua derivată a fost un pretratament adecvat, pentru prezicerea conținutului de proteine, gluten umed, amidon și FN (s). Eroarea pătratică medie de calibrare (RMSECV) și eroarea pătratică medie de validare (RMSEV) pentru fiecare parametru au fost foarte similare, ceea ce denotă un model bun de calibrare.

*Cercetări privind calitatea unor varietăți de grâu pentru industria de panificație*  
**REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT**

**Tabelul 2.** Parametrii de regresie ai procedurii de calibrare și validare, calculate pentru datele spectrale FTIR, supuse analizei de regresie parțială a celor mai mici pătrate (PLS-R)

Parametru	Tratament	Fără factori	Intervalul spectral (cm <sup>-1</sup> )	Calibrare				Validare				
				Pantă	Decalaj	RMSECV	R2	Pantă	Decalaj	RMSEV	R2	
Umiditate	Fără tratament	10	3650-2840+ 1800-700	0,727	3,207	0,278	0,727	0,689	3,571	0,373	0,619	
		10	4000-650	0,708	3,427	0,287	0,708	0,665	3,865	0,379	0,607	
	Normalizare	10	3650-2840+ 1800-700	0,740	3,054	0,271	0,740	0,707	3,359	0,327	0,707	
		10	4000-650	0,734	3,128	0,274	0,734	0,683	3,647	0,351	0,663	
	Linie de bază	10	3650-2840+ 1800-700	0,725	3,236	0,279	0,725	0,745	2,920	0,340	0,683	
		10	4000-650	0,715	3,345	0,284	0,716	0,714	3,282	0,359	0,648	
	Prima derivată	14	3650-2840+ 1800-700	0,988	0,132	0,056	0,988	0,776	2,627	0,302	0,749	
		13	4000-650	0,987	0,181	0,066	0,984	0,793	2,419	0,301	0,742	
	A doua derivată	11	3650-2840+ 1800-700	0,988	0,134	0,057	0,988	0,766	2,759	0,311	0,735	
		10	4000-650	0,982	0,206	0,070	0,982	0,759	2,824	0,312	0,733	
	SNV	12	3650-2840+ 1800-700	0,899	1,185	0,169	0,899	0,849	1,746	0,307	0,741	
		11	4000-650	0,847	1,796	0,208	0,847	0,831	1,928	0,312	0,733	
	MSC	12	3650-2840+ 1800-700	0,881	1,395	0,183	0,881	0,851	1,724	0,301	0,751	
		13	4000-650	0,892	1,271	0,175	0,891	0,835	1,913	0,310	0,737	
	Proteină	Fără tratament	15	1750-1100	0,907	1,216	0,541	0,907	0,880	1,601	0,604	0,816
			15	4000-650	0,720	3,668	0,940	0,720	0,643	4,661	1,110	0,380
Normalizare		15	3650-2840+ 1800-700	0,901	1,288	0,557	0,901	0,797	2,696	0,648	0,788	
		15	4000-650	0,683	4,155	1,001	0,683	0,652	4,609	1,102	0,388	
Linie de bază		15	3650-2840+ 1800-700	0,892	1,419	0,585	0,892	0,873	1,692	0,649	0,787	
		15	4000-650	0,740	3,411	0,907	0,740	0,843	1,965	0,907	0,585	
Prima derivată		15	3650-2840+ 1800-700	0,976	0,309	0,273	0,976	0,941	0,780	0,327	0,943	
		15	4000-650	0,840	2,093	0,710	0,840	0,824	2,316	0,817	0,663	
A doua derivată		15	3650-2840+ 1800-700	0,986	0,171	0,203	0,986	0,944	0,779	0,282	0,959	
		15	4000-650	0,845	2,025	0,699	0,845	0,733	3,470	0,826	0,656	
SNV		15	3650-2840+ 1800-700	0,911	1,163	0,529	0,911	0,861	1,939	0,561	0,841	
		15	4000-650	0,734	3,488	0,917	0,734	0,619	4,172	1,057	0,437	
MSC		15	3650-2840+ 1800-700	0,903	1,264	0,552	0,903	0,881	1,698	0,580	0,830	
		15	4000-650	0,797	2,667	0,802	0,797	0,873	1,841	0,911	0,581	
Gluten		Fără tratament	15	1750-1100	0,932	1,954	0,996	0,932	0,910	2,631	1,271	0,776
			15	4000-650	0,707	8,417	2,069	0,707	0,817	5,241	2,442	0,176
	Normalizare	15	1750-1100	0,957	1,222	0,788	0,957	0,933	2,004	0,904	0,887	
		15	4000-650	0,618	10,98	2,364	0,618	0,715	8,367	2,627	0,047	
	Linie de bază	15	1750-1100	0,948	1,487	0,869	0,948	0,890	3,133	1,026	0,854	
		15	4000-650	0,746	7,303	1,927	0,746	0,906	2,516	1,997	0,449	
	Prima derivată	15	1750-1100	0,987	0,358	0,426	0,987	0,973	0,867	0,452	0,968	
		15	4000-650	0,785	6,190	1,774	0,785	0,809	5,606	2,024	0,434	
	A doua derivată	15	1750-1100	0,987	0,351	0,422	0,987	0,973	0,795	0,391	0,978	
		15	4000-650	0,823	5,083	1,608	0,823	0,721	8,183	1,906	0,498	
	SNV	15	1750-1100	0,951	1,390	0,841	0,951	0,878	3,645	1,034	0,852	
		15	4000-650	0,688	8,964	2,135	0,688	0,711	8,476	2,507	0,132	
	MSC	15	1750-1100	0,958	1,208	0,784	0,958	0,899	3,066	1,026	0,854	
		15	4000-650	0,736	7,582	1,964	0,736	0,812	5,745	2,378	0,219	
	Amidon	Fără tratament	10	1800-700	0,879	7,007	1,637	0,879	1,055	-2,769	2,203	0,789
			10	4000-650	0,864	7,853	1,733	0,865	1,041	-2,016	2,184	0,792
Normalizare		10	1800-700	0,931	3,974	1,233	0,931	1,033	-1,801	2,314	0,767	
		10	4000-650	0,897	5,990	1,513	0,897	1,049	-2,534	2,384	0,753	
Linie de bază		10	1800-700	0,896	6,023	1,518	0,896	1,044	-2,286	2,091	0,810	
		10	4000-650	0,867	7,895	1,737	0,864	1,028	-1,220	2,227	0,784	
Prima derivată		14	1800-700	0,862	8,019	1,751	0,862	1,020	-0,855	2,188	0,792	
		13	4000-650	0,874	7,254	1,665	0,875	1,025	-1,112	2,146	0,800	
A doua derivată		11	1800-700	0,964	2,041	0,883	0,964	1,084	-4,802	1,932	0,837	
		10	4000-650	0,912	5,091	1,395	0,912	1,053	-2,813	2,072	0,813	

*Cercetări privind calitatea unor varietăți de grâu pentru industria de panificație*  
**REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT**

FN (s)	SNV	12	1800-700	0,931	3,977	1,233	0,931	1,047	-2,538	2,300	0,770
		11	4000-650	0,897	5,950	1,509	0,897	1,028	-1,372	2,461	0,737
	MSC	12	1800-700	0,887	6,538	1,581	0,887	0,988	0,951	2,557	0,716
		13	4000-650	0,882	6,834	1,616	0,882	1,016	-0,746	2,473	0,734
	Fără tratament	10	1800-700	0,933	17,30	18,75	0,933	0,772	61,40	32,18	0,822
		10	4000-650	0,844	40,59	28,73	0,844	0,694	89,36	40,69	0,715
	Normalizare	10	1800-700	0,975	6,528	11,52	0,975	0,836	46,42	24,47	0,897
		10	4000-650	0,842	41,11	28,91	0,842	0,631	107,0	44,56	0,659
	Linie de bază	10	1800-700	0,965	9,107	13,61	0,965	0,810	51,17	24,81	0,894
		10	4000-650	0,832	43,76	29,83	0,832	0,689	85,73	43,23	0,679
	Prima derivată	14	1800-700	0,985	3,745	8,729	0,985	0,851	42,88	20,90	0,925
		13	4000-650	0,979	5,468	10,54	0,979	0,831	48,25	23,99	0,901
A doua derivată	11	1800-700	0,928	2,628	7,311	0,989	0,843	45,73	21,33	0,921	
	10	4000-650	0,976	6,081	11,12	0,976	0,792	60,71	24,86	0,893	
UCD <sub>c</sub>	SNV	12	1800-700	0,931	17,929	19,09	0,931	0,792	59,04	27,12	0,873
		11	4000-650	0,891	28,46	24,059	0,891	0,709	81,38	38,63	0,743
	MSC	12	1800-700	0,934	17,134	18,66	0,934	0,818	50,80	24,64	0,895
		13	4000-650	0,859	36,60	27,28	0,859	0,675	89,43	41,94	0,698
	Fără tratament	15	1200-900	0,831	1,684	1,235	0,831	0,806	2,293	1,459	0,792
		15	4000-650	0,844	40,59	28,73	0,844	0,694	89,36	40,69	0,715
	Normalizare	15	1200-900	0,861	1,377	1,120	0,861	0,822	2,122	1,388	0,812
			4000-650	0,651	3,469	1,777	0,651	0,503	5,158	2,188	0,534
	Linie de bază	15	1200-900	0,864	1,353	1,110	0,864	0,892	1,431	1,251	0,847
			4000-650	0,597	4,009	1,911	0,597	0,524	5,000	2,284	0,493
	Prima derivată	13	1200-900	0,971	0,287	0,511	0,971	0,959	0,323	0,558	0,969
			4000-650	0,682	3,159	1,686	0,682	0,636	4,015	2,011	0,606
A doua derivată	8	1200-900	0,943	0,566	0,718	0,943	0,908	0,986	0,817	0,935	
	15	4000-650	0,784	2,150	1,399	0,784	0,745	2,880	1,684	0,724	
SNV	15	1200-900	0,899	1,004	0,956	0,899	0,869	1,537	1,153	0,870	
		4000-650	0,606	3,918	1,889	0,606	0,515	5,261	2,185	0,535	
MSC	15	1200-900	0,886	1,133	1,016	0,886	0,856	1,634	1,263	0,844	
	15	4000-650	0,653	3,452	1,773	0,653	0,542	4,827	2,057	0,588	

După cum se poate observa în tabelul 2, condițiile pentru REP sunt mai mici de 10% și mai mari de 3, fiind astfel îndeplinite condițiile pentru predicția proteinelor, glutenului, amidonului, FN și UCD<sub>c</sub>, în timp ce, predicția conținutului de umiditate, nu a atins cele două condiții. Pre-tratamentul potrivit și regiunea spectrului pentru predicția parametrilor, având în vedere cele două condiții, au fost: pentru proteine – a doua derivată și regiunile spectrale 3650-2840 și 1800-700 cm<sup>-1</sup>, pentru gluten – prima derivată și regiunea 1750-1100 cm<sup>-1</sup>, pentru amidon – a doua derivată și regiunea 1800-700 cm<sup>-1</sup>, iar pentru FN – a doua derivată și regiunea 1800-700 cm<sup>-1</sup>, respectiv, a doua derivată și regiunea 1200-900 cm<sup>-1</sup>.

În **capitolul III** al tezei intitulat „*Evaluarea diversității genetice pentru diferite varietăți de grâu cultivate în România*” a fost analizat materialul genetic a 31 de varietăți de grâu cultivate în România (tabelul 3), cu origini diferite și păstrate în colecția activă a Băncii de Resurse Genetice Vegetale „Mihai Cristea” Suceava, cu ajutorul markerilor ISSR.

Marea majoritate a soiurilor de grâu comun, luate în studiu, cum ar fi: Izvor, Glosa, Andrada, Dumbrava sunt de origine românească, sau străină, precum: Sosthene, Amicus, Apache, Anapurna și sunt înscrise în Catalogul Oficial al Soiurilor din România, publicat în anul 2021.

Analiza diversității genetice a celor 31 de probe, s-a realizat urmând etapele: izolarea ADN-ului genomic, analiza spectrofotometrică a ADN-ului, analiza PCR, electroforeza pe gel de agaroză și analiza statistică a datelor. Izolarea ADN-ului genomic a fost efectuată folosind metoda CTAB, a lui Doyle și Doyle (1987). Din 200 mg de semințe din fiecare probă, ADN-ul extras a fost măsurat atât cantitativ, cât și calitativ, utilizând ThermoScientific NanoDrop One. Determinarea cantitativă implică concentrația de ADN obținută într-un μl, iar analiza calitativă determină puritatea probelor (raportul A260/A2680).

**Tabelul 3.** Identificarea genotipurilor în ceea ce privește specia, denumirea probei, originea și statutul biologic

Număr genotip	Specie	Denumire probă	Origine	Statut biologic
TA1	<i>Triticum aestivum</i> L.	Izvor	România	Soi modern <sup>1</sup>
TA2	<i>Triticum aestivum</i> L.	Glosa	România	Soi modern <sup>1</sup>
TA3	<i>Triticum aestivum</i> L.	Miranda	România	Soi modern <sup>1</sup>
TA4	<i>Triticum aestivum</i> L.	Andrada	România	Soi modern <sup>1</sup>
TA5	<i>Triticum aestivum</i> L.	Dumbrava	România	Soi modern <sup>1</sup>
TA6	<i>Triticum aestivum</i> L.	Aurelius	Austria	Soi modern <sup>1</sup>
TA7	<i>Triticum aestivum</i> L.	Sofru	Franța	Soi modern <sup>1</sup>
TA8	<i>Triticum aestivum</i> L.	Sosthene	Franța	Soi modern <sup>1</sup>
TA9	<i>Triticum aestivum</i> L.	Amicus	Austria	Soi modern <sup>1</sup>
TA10	<i>Triticum aestivum</i> L.	Sothys	Franța	Soi modern <sup>1</sup>
TA11	<i>Triticum aestivum</i> L.	Flavor	Franța	Soi modern <sup>1</sup>
TA12	<i>Triticum aestivum</i> L.	Solindo	Franța	Soi modern <sup>1</sup>
TA13	<i>Triticum aestivum</i> L.	Izalco	Franța	Soi modern <sup>1</sup>
TA14	<i>Triticum aestivum</i> L.	Tonnage	Austria	Soi modern <sup>1</sup>
TA15	<i>Triticum aestivum</i> L.	Sophie	Franța	Soi modern <sup>1</sup>
TA16	<i>Triticum aestivum</i> L.	Apache	Franța	Soi modern <sup>1</sup>
TA17	<i>Triticum aestivum</i> L.	Anapurna	Franța	Soi modern <sup>1</sup>
TA18	<i>Triticum aestivum</i> L.	Illico	Elveția	Soi modern <sup>1</sup>
TA19	<i>Triticum aestivum</i> L.	Sf. Ilie	România	Soi modern <sup>1</sup>
TA20	<i>Triticum aestivum</i> L.	Lucăcești	România	Soi modern <sup>1</sup>
TA21	<i>Triticum aestivum</i> L.	Udești 1	România	Soi modern <sup>1</sup>
TA22	<i>Triticum aestivum</i> L.	Udești 2	România	Soi modern <sup>1</sup>
TA23	<i>Triticum aestivum</i> L.	Udești 3	România	Soi modern <sup>1</sup>
TA24	<i>Triticum aestivum</i> L.	Frumoasa	România	Soi modern <sup>1</sup>
TA25	<i>Triticum aestivum</i> L.	Tișăuți	România	Soi modern <sup>1</sup>
TM26	<i>Triticum monococcum</i> L.	SVGB-11842	România	Populație locală <sup>2</sup>
TM27	<i>Triticum monococcum</i> L.	SVGB-11861	România	Linie de ameliorare <sup>3</sup>
TS28	<i>Triticum spelta</i> L.	Ebners Rotkorn	Austria	Soi modern <sup>1</sup>
TS29	<i>Triticum spelta</i> L.	Frankenkorn	Austria	Soi modern <sup>1</sup>
TS30	<i>Triticum spelta</i> L.	Alkoran	Rusia	Soi modern <sup>1</sup>
TS31	<i>Triticum spelta</i> L.	Oberkulmer Rotkorn	Germania	Soi modern <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Soi cultivat în prezent, care se remarcă prin caracteristici superioare de calitate, productivitate, uniformitate și stabilitate, în comparație cu un soi primitiv și care este utilizat pe scară largă, ca părinte, în programul de ameliorare.

<sup>2</sup> Varietate locală a unei specii de plante care a fost obținută sub acțiunea selecției empirice naturale și/sau artificiale, în condiții de mediu specifice și care prezintă o serie de caracteristici individuale distincte, pentru a fi recunoscută, ca aparținând unei regiuni geografice localizate.

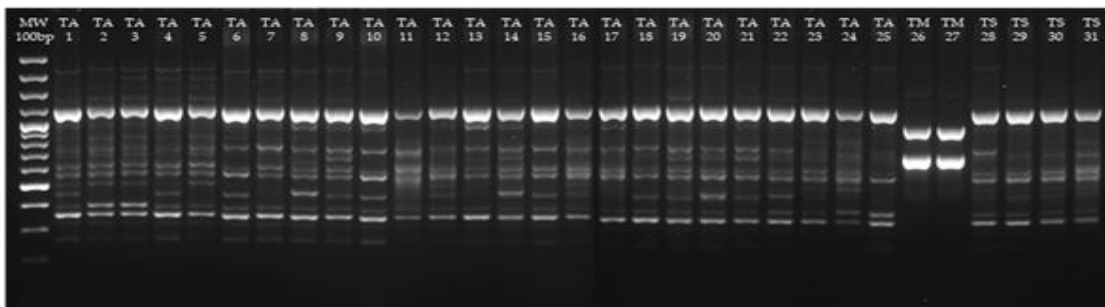
<sup>3</sup>Material biologic obținut de crescători prin selecție artificială, bazată pe scheme de selecție științifică.

În continuare, reacția PCR a fost determinată folosind protocolul GoTaq G2 Green Master Mix (Promega, M7822). Probele de ADN au fost amplificate folosind 11 markeri ISSR, mai exact: UBC 841, UBC 843, UBC 854, UBC 855, UBC 857, UBC 859, UBC 880, UBC 808, UBC 810, UBC 834, UBC 890.

Secvențele primerului au fost identificate în literatura de specialitate și au fost sintetizate la Eurogenetec, Belgia, iar amplificările au fost efectuate într-un Eppendorf Mastercycler. Fragmentele de ADN amplificate au fost separate prin electroforeză, folosind gel de agaroză 2%, ulterior au fost analizate, folosind sistemul de imagistică GelDoc Go, BioRad.

Datele obținute au fost sintetizate, având în vedere prezența/absența fragmentelor amplificate. Prezența a fost marcată ca 1 și absența ca 0. Fragmentele obscure de ADN sub expunere la UV nu au fost utilizate în interpretarea statistică. Toate datele au fost analizate folosind software-ul NTSYSpc luând în considerare coeficientii de similitudine (Jaccard) și de disimilaritate (Neighbor Joining).

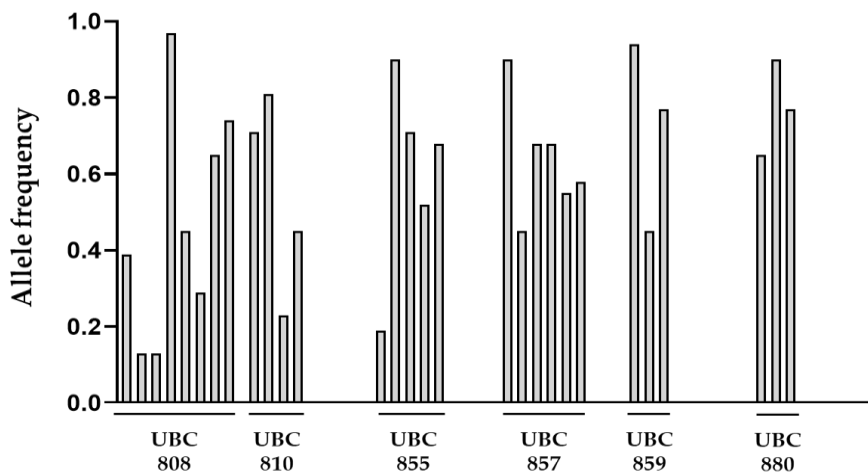
În etapa de amplificare a ADN-ului, s-au obținut modele de migrare ADN, caracteristice tuturor celor 31 de probe de grâu, ca rezultat al electroforezei pe gel de agaroză, care indică faptul că, doar 6 primeri ISSR din 11 au prezentat benzi clare și bine definite (UBC808, UBC810, UBC855, UBC857, UBC859 și UBC880). Modelul de migrare pentru UBC 808 poate fi văzut în figura 3.



**Figura 3.** Modelul de migrare ADN al markerului ISSR (UBC808)

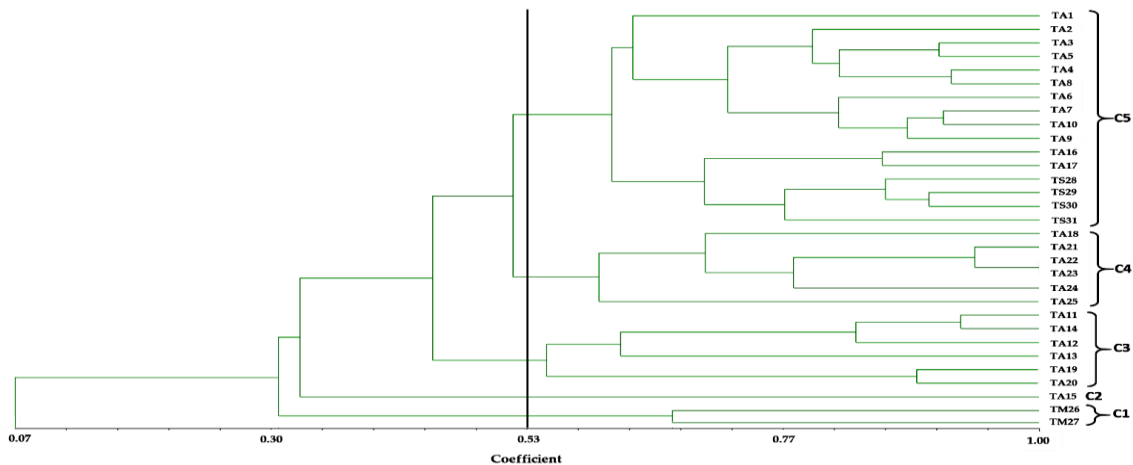
Numărul de benzi de ADN per primer a variat de la 3 (pentru UBC859 și UBC880), la 8 (pentru UBC808), cu o valoare medie de 4,83 benzi/primer. Majoritatea primerilor au avut un număr de fragmente polimorfe, egal cu numărul de fragmente amplificate, cu excepția UBC808, care a avut 7 fragmente polimorfe, dintr-un total de 8. Pentru fiecare primer ISSR s-a calculat conținutul de informații polimorfe (PIC). Conținutul de informații polimorfe a variat de la 0,32 pentru UBC859, la 0,42 pentru UBC857, cu o medie de 0,36.

Analiza celor 31 de probe de grâu, folosind 6 primeri ISSR a arătat că, numărul mediu de alele a fost de 4,83 (figura 4). De asemenea, numărul minim de alele a fost obținut pentru UBC859 și UBC880 (3 alele), iar numărul maxim de 8 alele a fost obținut pentru UBC808. Având în vedere, frecvența alelelor, media a fost de 0,6, cu cea mai mare valoare pentru UBC880 (0,77) și cea mai mică pentru UBC808 (0,45). Ceilalți primeri au înregistrat următoarele frecvențe ale alelelor: UBC810 – 0,55, UBC855 – 0,6, UBC857 – 0,64 și UBC859 – 0,72. Primerii cu cel mai mic număr de alele (3 pentru UBC859 și UBC880) au prezentat cea mai mare frecvență de alele (0,72, respectiv 0,77).



**Figura 4.** Numărul și frecvența alelelor pentru toți cei șase primeri ISSR

Modelul de migrare al fiecărui genotip a fost convertit într-un sistem binar, în care, 0 înseamnă absența unui anumit fragment de ADN și 1 înseamnă prezența acestuia. S-a calculat coeficientul de similitudine Jaccard, iar rezultatele sunt prezentate în dendrograma redată în figura 5.



**Figura 5.** Dendrogramă obținută prin metoda UPGMA și coeficientul Jaccard.  
 Punct de limită de aproximativ 50% (linie punctată)

Conform coeficientului de similitudine Jaccard, genotipurile sunt împărțite în cinci cluster (C1-C5), cu valori care variază între 0,53 – 1. C5 este cel mai extins cluster și conține 16 genotipuri, 5 din România, 5 din Franța, 4 din Austria, 1 din Rusia și 1 din Germania. De asemenea, în C5, există un subcluster format din genotipurile *Triticum spelta* (TS28, TS29, TS30, TS31). C4 conține 6 genotipuri, 5 din România și 1 din Elveția, similar cu C3, care include 6 genotipuri din diferite țări (2 din România, 3 din Franța și 1 din Austria). În C2 este prezent un singur genotip din Franța, iar în C1, 2 genotipuri din România.

De asemenea, s-a realizat analiza grupată a probelor, folosind metoda Neighbor Joining. Cele mai semnificative rezultate au fost înregistrate între probele 22 - 23 (coeficient = 0), unde genotipurile prezintă similitudini moleculare, iar valoarea maximă a distanței genetice a fost obținută între probele 25 - 29 (coeficient = 0,247), datorită unui profil genetic diferit.

Din punct de vedere al diversității genetice, gradul de polimorfism indicat de markerii

ISSR este foarte ridicat (aproape 100%). Astfel, s-a verificat dacă, primerii: UBC808 [(AG)8C], UBC810 [(GA)8T], UBC855 [(AC)8YT], UBC857 [(AC)8YG], UBC859 [(TG)8RC], UBC880 [(GGAGA)3] au produs niveluri ridicate de polimorfism ISSR, atât în genomul grâului comun, cât și în cel de spelta, reflectând durata de viață și abundența genomului grâului.

Metoda de grupare neponderată a perechilor utilizând media aritmetică (UP-GMA) a împărțit în mod clar, toate probele pe specii/ploidie, reflectând o structură genetică definită. De asemenea, variația coeficientului Jaccard, de la 0,53 la 1, reflectă diversitatea genetică mare a acestor varietăți de grâu.

Pentru probele de grâu, valorile PIC medii pentru toți primerii, variază în intervalul 0,32 – 0,42, care corespunde categoriei informative medii a PIC. Acest lucru arată că, cei mai informativi primeri au fost UBC857 (PIC mediu = 0,42) și UBC810 (PIC mediu = 0,39).

O valoare ridicată a PIC, pentru markerii ISSR sugerează o mare diversitate genetică, dar o valoare mai mică, poate fi rezultatul unor genotipuri strâns înrudite. Contrar faptului că, primerii ISSR sunt dominanți și au caracter bialelic, aceștia sunt capabili să diferențieze variabilitatea dintre germoplasmele de grâu, analizate în acest studiu.

În **capitolul IV** intitulat „*Evaluarea caracteristicilor fizico-chimice și a microstructurii boabelor unor varietăți moderne și antice de grâu cultivate în România*” s-a efectuat o analiză a compoziției fizico-chimice, dar și a substanțelor minerale (calciu, magneziu, fosfor, sodiu, zinc, fier, mangan, cupru) folosind spectrometria de absorbție atomică în flacără, pentru 24 varietăți de grâu cultivate în România, în aceleași condiții de creștere. În plus, s-a efectuat o analiză a conținutului de substanțe minerale a grâului utilizând un sistem EDX (Energy Dispersive X-ray Analysis), printr-o metodă mai puțin precisă, care doar cuantifică aceste substanțe minerale, pentru evaluarea lor. De asemenea, s-a analizat a microstructurii boabelor de grâu utilizând un microscop electronic cu scanare.

Cele 24 de probe de grâu studiate sunt prezentate în tabelul 4. Acestea sunt reprezentate de 3 specii diferite și anume: 15 probe sunt de grâu comun (*Triticum aestivum*), 5 de einkorn (*Triticum monococcum*) și 4 de spelta (*Triticum spelta*). Toate probele au fost cultivate și recoltate în câmpul experimental al instituției, conform perioadei agricole specifice grâului de toamnă, mai exact septembrie 2020 - iulie 2021. După măcinarea probelor de grâu, cu o moară de laborator Perten 3310 (Perten Instruments AB, Hagensen, Sweden), s-au obținut făinuri integrale, care au fost analizate pentru a determina compoziția chimică a acestora.

Folosind metode standard de analiză s-au determinat următoarele caracteristici chimice ale probelor de făină de grâu, și anume: umiditatea, conform ICC 110/1, cenușa, conform ICC 104/1, proteina, conform ICC 105/2, glutenul umed, conform ICC 137/1, lipidele, conform ICC 136, amidonul, conform AACC 76-13.01. Conținutul de poliglucide a fost determinat prin diferență după formula:  $100 - (\text{proteine} + \text{lipide} + \text{cenușă} + \text{umiditate})$ .

De asemenea, s-a mai determinat masa hectolitrică conform SR ISO 7971-1:2010, masa a 1000 boabe, conform SR EN ISO 520:2011 și conținutul de fibre brute, conform metodei ISO 5498:1981, utilizând analizorul de fibre brute FIBREITHERM FT12 (C. Gerhardt, Königswinter, Germania).

Pentru determinarea conținutului de substanțe minerale al făinii de grâu s-au utilizat două metode și anume: metoda EDX, o metodă mai puțin precisă, care doar cuantifică aceste substanțe minerale, pentru evaluarea lor și o metodă mult mai precisă, de spectrometrie de absorbție atomică (AAS) (AA-6300 SHIMADZU, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japonia), care s-a efectuat conform SR EN 14082:2003.

Fiecare metodă de analiză a fost configurată pentru a măsura fiecare probă de cinci ori, iar apoi a fost calculată media a trei determinări. Valorile obținute în urma analizelor AAS au fost utilizate pentru a calcula concentrațiile de substanțe minerale, utilizând formula: C mg/kg



=Cmg/L × Dilution factor × V/M, în care C reprezintă concentrația reală a elementului determinat, V este volumul soluției probei (50 ml) și M este greutatea probei luată în lucru (10g).

**Tabelul 4.** Probele de grâu analizate

Specia	Numărul probei	Denumirea probei	Statul biologic	Originea
<i>Triticum aestivum</i> L.	1	Izvor	Soi modern <sup>1</sup>	România
	2	Glosa	Soi modern <sup>1</sup>	România
	3	Miranda	Soi modern <sup>1</sup>	România
	4	Andrada	Soi modern <sup>1</sup>	România
	5	Dumbrava	Soi modern <sup>1</sup>	România
	6	Aurelius	Soi modern <sup>1</sup>	Austria
	7	Sofru	Soi modern <sup>1</sup>	Franța
	8	Sosthene	Soi modern <sup>1</sup>	Franța
	9	Amicus	Soi modern <sup>1</sup>	Austria
	10	Sothys	Soi modern <sup>1</sup>	Franța
	11	Flavor	Soi modern <sup>1</sup>	Franța
	12	Solindo	Soi modern <sup>1</sup>	Franța
	13	Izalco	Soi modern <sup>1</sup>	Franța
	14	Tonnage	Soi modern <sup>1</sup>	Austria
	15	Sophie	Soi modern <sup>1</sup>	Franța
<i>Triticum monococcum</i> L.	16	SVGB-11842	Populație locală <sup>2</sup>	România
	17	SVGB-11861	Linie de ameliorare <sup>3</sup>	România
	18	SVGB-11865	Linie de ameliorare <sup>3</sup>	România
	19	SVGB-11887	Linie de ameliorare <sup>3</sup>	România
	20	SVGB-11886	Linie de ameliorare <sup>3</sup>	România
<i>Triticum spelta</i> L.	21	Ebners Rotkorn	Soi modern <sup>1</sup>	Austria
	22	Frankenkorn	Soi modern <sup>1</sup>	Austria
	23	Alkoran	Soi modern <sup>1</sup>	Rusia
	24	Oberkulmer Rotkorn	Soi modern <sup>1</sup>	Germania

<sup>1</sup>soi cultivat în prezent, care are un potențial de producție și uniformitate ridicat în comparație cu un soi primitiv și care constituie o parte majoră a colecțiilor de lucru și este utilizat pe scară largă ca părinte în programul de ameliorare.

<sup>2</sup>varietate locală a unei specii de plante care are caracteristici distinctive care decurg din dezvoltarea și adaptarea în timp la condițiile unei regiuni geografice localizate.

<sup>3</sup>material biologic dezvoltat de crescători pentru a fi utilizat în ameliorarea științifică modernă a plantelor

Pentru a studia microstructura boabelor de grâu, acestea au fost uscate într-un cuptor Memmert (Memmert GmbH + Co. KG, Schwabach, Germania) la o temperatură de 125°C și apoi au fost secționare transversal. Morfologia boabelor a fost analizată utilizând un microscop electronic cu scanare (SEM), model Vega II LMU (Tescan, Brno - Kohoutovice, Republica Cehă), echipat cu un detector de electroni secundari (SE) Everhart-Thornley și electroni retroîmprăștiați (BSE), care funcționează numai într-un mediu cu vid înalt. Domeniul de tensiune de accelerație a fost de 30,00 kV, iar imaginile au fost obținute la o magnitudine între 400-1000x. Imaginile au fost analizate cu ajutorul software-ului ImageJ (v. 1.45, National Institutes of Health, Bethesda, MD, SUA), astfel încât, după o calibrare corespunzătoare, au fost măsurate diametrele granulelor de amidon.

Datele obținute au fost exprimate ca, valori medii ± abaterea standard, după efectuarea a trei determinări. Ca program statistic s-a utilizat SPSS (var. 20, Chicago, IL, SUA). Datele au fost analizate cu ajutorul clusterelor ierarhice (HCA), folosind metoda WARD a programului SPSS, ca algoritm de grupare. Analiza componentelor principale a fost obținută folosind software-ul XLSTAT 2021.2.1 (Addinsoft, New York, NY, SUA). Testul Tukey a fost utilizat la un nivel de semnificație de  $p < 0,05$ .

Caracteristicile fizico-chimice ale făinii de grâu sunt prezentate în tabelul 5.

**Tabelul 5.** Caracteristicile fizico-chimice ale probelor de grâu

Parametri	Specia de grâu			Valoarea F
	<i>Triticum aestivum</i>	<i>Triticum monococcum</i>	<i>Triticum spelta</i>	
Umiditate (%)	13,24(12,48-13, 76)b	11,52(11,40-11,69) a	11,78(11,68-11, 85)a	67,37***
Cenușă (%)	1,77(1,63-2, 25)a	2,47(2,34-2, 61) b	2,03(1,82-2, 54)a	26,07***
Proteine (%)	12,83(10,52-14, 43)a	18,15(17,29-18, 77) b	18,95(18,24-19, 27)b	87,47***
Gluten umed (%)	27,8(21,00-33,00)a	43,00(40,00-45,00) b	47,50(45,00-49,00)b	78,91***
Lipide (%)	1,77(1,42-2, 27)a	2,35(2,28-2, 42)c	2,07(1,91-2, 31)b	24,48***
Amidon (%)	63,77(60,90-67,7)b	56,18(55,90-56,4)a	56,90(53,10-59, 80)a	34,48***
Fibre (%)	2,59 (1,86-2,86) c	1,82 (1,64-1,93) a	2,12 (2,05-2,23) b	21,73***
Poliglucide (%)	70,44(67,96-73,31)b	66,48(65,07-65, 99)a	65,15(64,03-65, 91)a	43,55***
Masă hectolitrică (kg hl <sup>-1</sup> )	79,06(59-86 )a	73,68(71,2-75,7)a	73,55(67,80-77,40)a	2,42 ns
Masa a 1000 de boabe (g)	38,31(33,1-42, 9)b	24,92(19,60-28, 1)a	40,42(38,30-41,50)b	45,90***

*ns - p > 0,05, \* - p < 0,01, \*\* - p < 0,001, \*\*\* - p < 0,0001*

Conform datelor obținute există diferențe semnificative ( $p < 0,001$ ) între făinurile de grâu pentru toate caracteristicile chimice ale grâului. Boabele de grâu vechi au prezentat valori mai mari, pentru conținutul de cenușă, proteine, gluten umed și lipide, comparativ cu boabele de grâu comun. Conținutul de poliglucide și amidon a boabelor de grâu vechi este semnificativ mai mic ( $p < 0,001$ ). Masa a o mie de boabe (MMB) de grâu spelta a fost mai mare decât cea pentru grâul comun. Valorile masei hectolitrică nu au prezentat diferențe semnificative ( $p > 0,05$ ) între probele de grâu. Cea mai mare valoare medie a masei hectolitrică a boabelor de grâu a fost obținută pentru grâul comun, probabil datorită dimensiunii mai mari a acestora în comparație cu boabele de grâu vechi. Conținutul de umiditate a boabelor de grâu a fost mai mic de 14% pentru toate probele analizate, ceea ce înseamnă că toate boabele de grâu au un termen de valabilitate ridicat în timpul depozitării. Cu toate acestea, boabele antice au prezentat valori de umiditate semnificativ mai mici ( $p < 0,05$ ) decât boabele moderne, probabil datorită faptului că aceste boabe sunt decojite ceea ce protejează miezul de umiditatea externă.

Cele mai mari valori ale conținutului de cenușă se pot observa la boabele de einkorn, urmate de spelta și de grâu comun. De asemenea, s-au obținut valori semnificativ mai mari ( $p < 0,05$ ) pentru conținutul de lipide la boabele antice, comparativ cu cele moderne. Conținutul de proteine al speciilor de grâu vechi a fost semnificativ mai mare ( $p < 0,05$ ), decât în cel al boabelor de grâu modern. Glutenul umed este puternic corelat cu conținutul de proteine ( $r=0,994$ ) și, prin urmare, valorile pot avea un trend similar.

Scăderea proteinelor conduce la creșterea cantității de poliglucide din bobul de grâu, care se regăsește în cea mai mare cantitate în aceasta. Principalul poliglucid este amidonul, care este, de asemenea, principalul constituent al boabelor de grâu. Conform studiului nostru, boabele moderne de grâu au valori semnificativ mai mari ( $p < 0,05$ ) ale conținutului de poliglucide și amidon față de cele antice.

Masa hectolitrică este unul dintre parametrii boabelor de grâu care indică potențialul lor la măcinarea acestora. Valoarea medie cea mai mare a acestui parametru a fost obținută pentru grâul comun, urmat de einkorn și spelta. Cu toate acestea, nu au fost obținute diferențe semnificative ( $p < 0,05$ ) între valorile acestor parametri, ceea ce conduce la presupunerea că toate speciile de grâu au valori adecvate pentru utilizare, ca materie primă, pentru industria de panificație.

Cealaltă caracteristică fizică, masa a o mie de boabe este unul dintre cei mai importanți parametri tehnologici, care reflectă calitatea boabelor. Conform datelor obținute, cea mai mare

valoare a fost obținută pentru grâul spelta, urmat de grâu comun și de einkorn. S-a evidențiat că, MMB este bine corelat cu randamentul făinii și, prin urmare, morarii preferă boabele cu MMB mai mare. Astfel, grâul spelta pare să fie mai atractiv, însă valorile MMB reduse ale grâului einkorn pot afecta acceptabilitatea acestuia de către morari.

De asemenea, utilizând metoda EDX s-a determinat conținutul de potasiu (K), fosfor (P), calciu (Ca), fier (Fe), mangan (Mn), zinc (Zn) și cupru (Cu) din probele de grâu, % din conținutul total de substanțe minerale. Probele de făină de grâu cu cele mai mari cantități de substanțe minerale au fost: soiul românesc Andrada cu 57,62% K, soiul austriac Amicus cu 1,53% Fe, soiul francezesc Izalco cu 44,39% P și 1,80% Mn. O cantitate mare de substanțe minerale: 8,29% Ca, 0,08% Cu și 0,97 Zn% s-a obținut pentru proba SVGB-11865 de grâu einkorn. Cea mai mică cantitate de substanțe minerale s-a obținut pentru soiul românesc Dumbrava: 0,92% Ca, 0,39% Mn și 0,29% Fe, în proba de grâu comun, Sosthene cu 0,01% Cu și 0,15% Zn, în proba de alac SVGB-11886 cu 28,12% K și în soiul Alkoran cu 27,74% P.

Proba Oberkulmer Rotkorn a prezentat cea mai mică cantitate de calciu, în timp ce proba Alkoran a avut cea mai mare cantitate de calciu. Ambele probe aparțin speciei *Triticum spelta*, ceea ce indică o variabilitate intraspecifică mare a cantității de Ca.

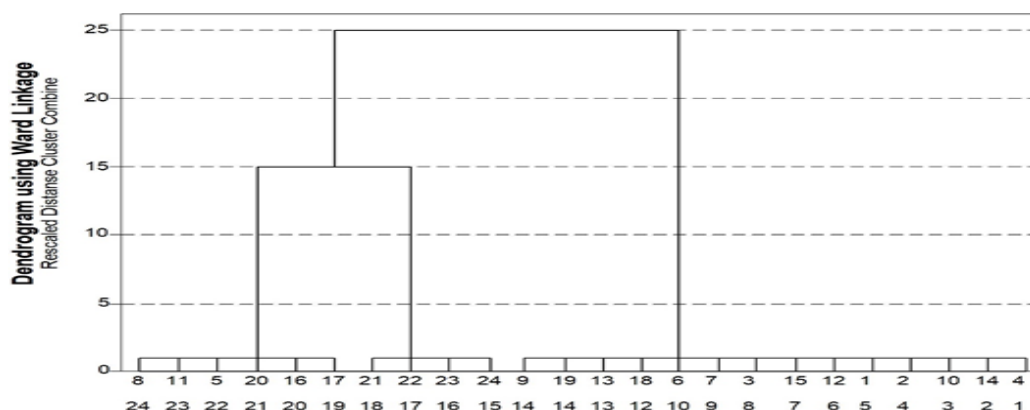
Cantitatea de K a variat între 28,119 și 57,617%, ceea ce indică faptul că, această substanță minerală, nu a prezentat diferențe semnificative, față de restul mineralelor analizate, care au înregistrat un interval de variație destul de mare. De asemenea, cantitatea de Ca din făinuri a prezentat diferențe semnificative între toate probele analizate, variind între 0,92 și 8,29%. Cantitățile de P au variat între 27,74 și 44,39%, iar valorile mai mari au fost la speciile moderne de grâu, comparativ cu cele antice.

Toate microelementele analizate, au variat între probele de făină de grâu, indiferent de varietatea lor. Conform datelor obținute, cantitatea de Mn a oscilat între 0,39 și 1,80%, observându-se diferențe semnificative între probe, iar cantitatea de Fe a variat între 0,29 și 1,53%, de asemenea rezultând diferențe semnificative între probele de grâu.

În ceea ce privește, cantitatea de Cu, s-au obținut diferențe semnificative ( $p < 0,05$ ) între probele analizate, cu excepția celor de spelta. Intervalul de variație al cantității de Cu a fost între 0,011 și 0,076%, reprezentând și cea mai mică concentrație minerală din probele de grâu. De asemenea, cantitatea de Zn determinată pentru probele de grâu a variat între 0,145 și 0,966%, indicând diferențe semnificative ( $p < 0,05$ ) între acestea.

În general, se poate observa că soiurile moderne au prezentat o valoare mai mică a zincului decât cele antice, fapt care se poate datora îmbunătățirii genetice a grâului, care pare să se „dilueze”. Conform rezultatelor obținute, se poate observa că toate probele de grâu antic au o cantitate mare de Zn și Fe, cu excepția probei SVGB-11886.

A fost utilizată analiza cluster (HCA), pentru a observa asemănările dintre genotipurile de grâu, pe baza compoziției în substanțe minerale. Metoda WARD a fost folosită ca algoritm de grupare pentru a evalua pentru fiecare cluster, media fiecărei variabile și distanța dintre cluster, care este determinată ca media distanțelor de la elementul mijlociu la toate elementele celui alt cluster. În funcție de parametrii selectați, respectiv media geometrică dată de concentrațiile celor șapte substanțe minerale determinate, probele de grâu au fost delimitate în trei grupe numite cluster, prezentate sub forma unei dendrograme în figura 6.



**Figura 6.** Dendrograma pentru probele de făină de grâu în funcție de conținutul acestora în substanțe minerale

Utilizarea HCA a fost eficientă pentru clasificarea soiurilor de grâu, pe baza compoziției acestora în substanțe minerale, rezultând trei grupuri (clustere) din cele 24 de probe de grâu studiate, după cum se poate observa în tabelul 6.

**Tabelul 6.** Clustere grupate pe varietăți de grâu

Cluster	Denumirea accesiei
Cluster 1	<i>Sosthene</i> (8), <i>Flavor</i> (11), <i>Dumbrava</i> (5), <i>Triticum monococcum</i> (20), <i>Triticum monococcum</i> (16), <i>Triticum monococcum</i> (17)
Cluster 2	<i>Ebners Rotkorn</i> (21), <i>Frankenkorn</i> (22), <i>Alkoran</i> (23), <i>Oberculmer Rotkorn</i> (24)
Cluster 3	<i>Amicus</i> (9), <i>Triticum monococcum</i> (19), <i>Izalco</i> (13), <i>Triticum monococcum</i> (18), <i>Aurelius</i> (6), <i>Sofru</i> (7), <i>Miranda</i> (3), <i>Sophie</i> (15), <i>Solindo</i> (12), <i>Izvor</i> (1), <i>Glosa</i> (2), <i>Sothys</i> (10), <i>Tonnage</i> (14), <i>Andrada</i> (4)

Conținutul de substanțe minerale din probele din făină de grâu, utilizând spectrometria de absorbție atomică (AAS) sunt prezentate în tabelul 7.

**Tabelul 7.** Substanțele minerale din probele de grâu determinate la AAS

Parametru	Specia de grâu			Valoarea F
	<i>Triticum aestivum</i>	<i>Triticum monococcum</i>	<i>Triticum spelta</i>	
Calciu (Ca) (mg kg <sup>-1</sup> )	232,87 <sup>a</sup> (189,03–277,78)	244,01 <sup>a</sup> (168,93–266,04)	428,46 <sup>b</sup> (380,69–469,12)	61,14 ***
Magneziu (Mg) (mg kg <sup>-1</sup> )	962,21 <sup>a</sup> (794,82–1147,09)	851,57 <sup>a</sup> (627,11–1142,51)	1016,37 <sup>a</sup> (771,24–1316,15)	1,38 ns
Potasiu (K) (mg kg <sup>-1</sup> )	3504,28 <sup>a</sup> (2757,19–4347,18)	4782,30 <sup>a</sup> (3934,51–5404,34)	5029,32 <sup>a</sup> (4694,62–5609,11)	19,88 ***
Sodiu (Na) (mg kg <sup>-1</sup> )	80,62 <sup>a</sup> (18,98–250,05)	25,35 <sup>a</sup> (19,82–33,21)	38,29 <sup>a</sup> (27,05–50,47)	2,19 ns
Zinc (Zn) (mg kg <sup>-1</sup> )	25,83 <sup>a</sup> (21,96–34,54)	30,36 <sup>a</sup> (17,07–34,13)	23,22 <sup>a</sup> (21,18–26,31)	3,55 *
Fier (Fe) (mg kg <sup>-1</sup> )	37,34 <sup>a</sup> (31,11–43,31)	21,90 <sup>a</sup> (19,93–23,13)	31,25 <sup>ab</sup> (23,63–41,58)	18,65 ***
Mangan (Mn) (mg kg <sup>-1</sup> )	58,54 <sup>ab</sup> (43,89–72,5)	74,45 <sup>b</sup> (52,78–93,36)	37,8 <sup>a</sup> (29,37–47,97)	13,46 ***
Cupru (Cu) (mg kg <sup>-1</sup> )	2,30 <sup>a</sup> (0,82–3,36)	4,52 <sup>b</sup> (3,21–5,9)	4,25 <sup>b</sup> (3,07–5,42)	20,36 ***

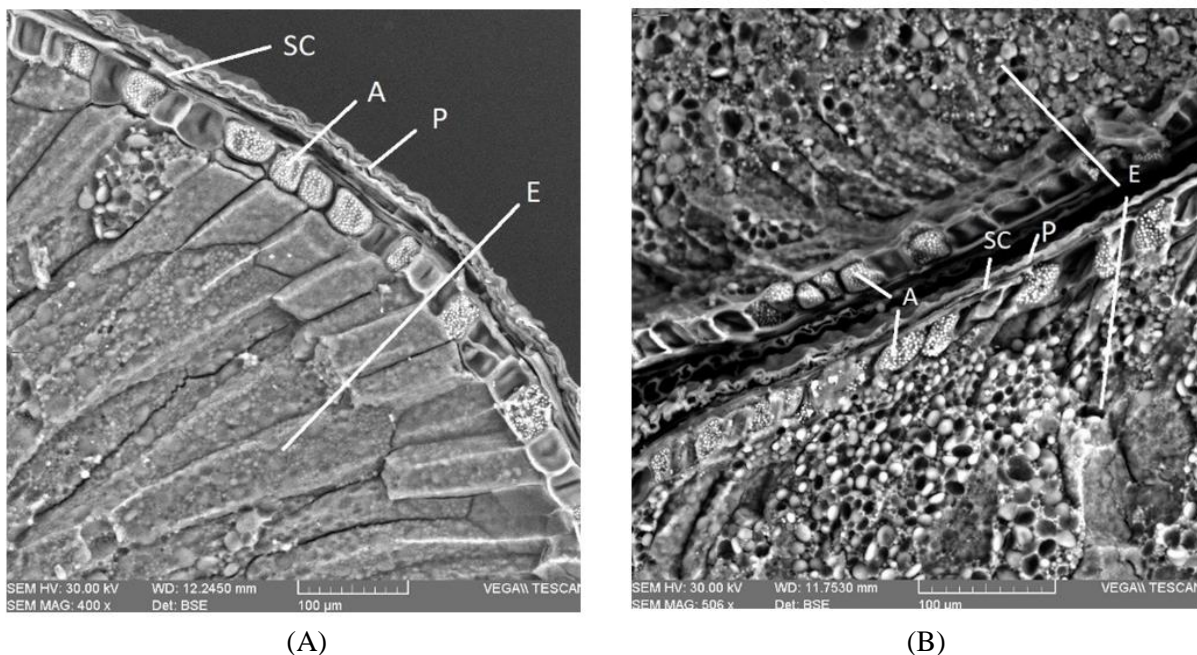
ns -  $p > 0,05$ , \* -  $p < 0,01$ , \*\* -  $p < 0,001$ , \*\*\* -  $p < 0,0001$

Dintre substanțele minerale analizate potasiul (K) a avut cea mai mare concentrație, urmată de magneziu (Mg), calciu (Ca) și sodiu (Na), pentru fiecare specie de grâu analizată.

Cele mai mari concentrații ale acestor substanțe minerale au fost găsite în boabele de grâu spelta. Nu s-au obținut diferențe semnificative pentru sodiu ( $p > 0,05$ ), pentru care grâul comun a prezentat cea mai mare valoare medie. Cu excepția fierului, toate microelementele analizate au prezentat cele mai ridicate valori pentru boabele de grâu einkorn. Din toate substanțele minerale determinate, Ca s-a modificat foarte puțin în perioada istorică, fiind mai puțin asociat cu anul lansării grâului. Conform rezultatelor obținute, speciile de grâu vechi au prezentat cantități mari de Ca, comparativ cu soiurile moderne. Dintre toate speciile luate în studiu, *Triticum spelta* a prezentat valori semnificativ ridicate ( $p < 0,05$ ) pentru Ca, în comparație cu cele obținute pentru *Triticum aestivum* și *Triticum monococcum*. Concentrații ridicate pentru substanțele minerale au fost obținute și pentru K și Cu la speciile antice, comparativ cu soiurile moderne. Dintre toate substanțele minerale, Cu a fost în cea mai mică cantitate, iar făina din boabele de grâu einkorn a prezentat cea mai mare cantitate pentru Zn și Mn, în timp ce făina de spelta pentru Mg. În toate probele au fost găsite cantități mici de Fe și Zn.

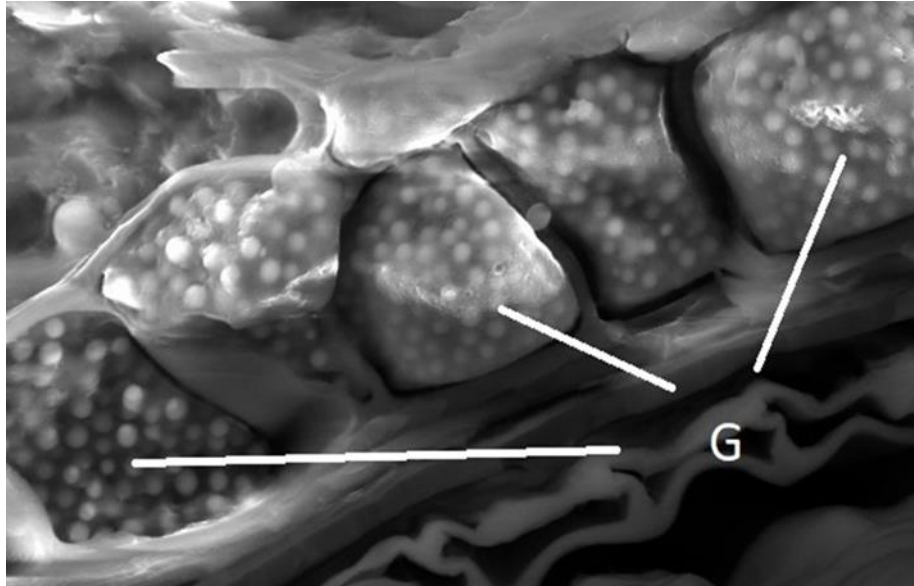
În ceea ce privește, microstructura boabelor de grâu, s-a efectuat un studiu imagistic bazat pe microscopia electronică cu scanare (SEM), pentru a descrie principalele straturi structurale ale cariopsei de grâu. Conform microgرافیilor cariopsei de grâu în secțiune transversală, prezentate în figura 7, au fost observate trei straturi importante și diferite din punct de vedere morfologic, după cum urmează: pericarpul (P) fuzionat cu învelișul (SC), stratul aleuronic (A) și endospermul (granulele de amidon) (E). Al patrulea strat principal, o componentă importantă a cariopsei de grâu, este embrionul, care nu poate fi văzut în aceste micrografii, deoarece este situat pe partea dorsală a bobului. Micrografiile SEM au fost evaluate folosind software-ul ImageJ, măsurătorile făcându-se după o calibrare corespunzătoare.

Astfel, primul strat, reprezentat de pericarp (P), este un strat lignificat, mort, care prezintă grosimi diferite în ambele cazuri: 15  $\mu\text{m}$  în *Triticum aestivum* și 8  $\mu\text{m}$  în *Triticum monococcum*. Pe de altă parte, tegumentul are grosimi distincte pentru fiecare specie: 11  $\mu\text{m}$  pentru *Triticum aestivum* și 5  $\mu\text{m}$  pentru *Triticum monococcum*, reprezintă stratul exterior care acoperă complet cariopsa și fuzionează cu pericarpul (P).



**Figura 7.** Micrografii SEM ale cariopsei de grâu caracteristice următoarelor specii: *Triticum aestivum* (A) și *Triticum monococcum* (B): P - pericarp; SC - învelișul; A – strat aleuronic; E – endosperm (granule de amidon)

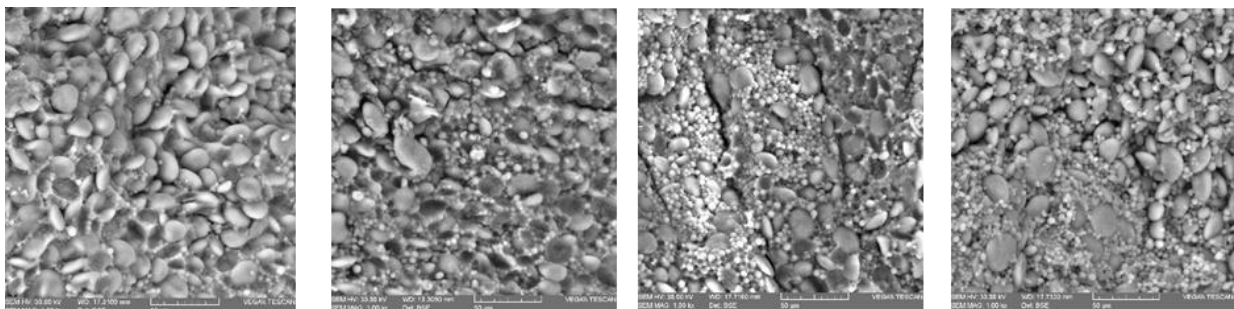
Un strat gros de celule, care reprezintă stratul exterior al endospermului, numit stratul aleuronic (A), care poate fi văzut în figura 8, a fost capturat în timpul analizei SEM pentru o probă de *Triticum monococcum*.



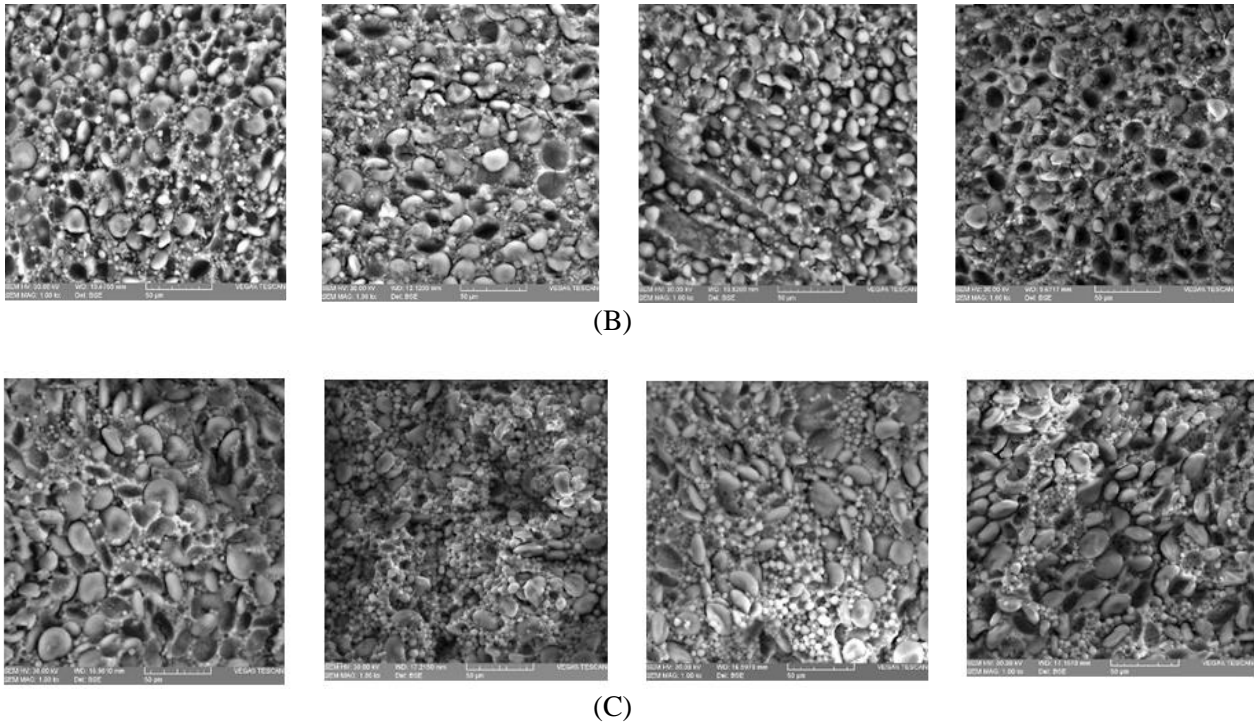
**Figura 8.** Micrografie SEM a stratului de aleuronă (A) caracteristic speciei *Triticum monococcum*: G - globoide corporale proteice ale stratului de aleuronă

Stratul de aleuronă (A) are grosimi vizibil diferite în cazul ambelor specii: 43  $\mu\text{m}$  pentru *Triticum aestivum* și 25  $\mu\text{m}$  pentru *Triticum monococcum*. Celulele aleuronice reprezintă țesut viu la maturitate, fiind umplute cu componente proteice sau globoizi (G) și picături de lipide. Globoizii sunt observați ca mărgelile albe având un diametru între 1,06÷2,76  $\mu\text{m}$  în cazul *Triticum aestivum*, și respectiv, 1,8÷4,8  $\mu\text{m}$  în cazul *Triticum monococcum*. Structura și proprietățile acestor granule sunt influențate de cantitatea de lipide asociată cu amidonul. De asemenea, spațiul gol care apare între pereți și celulele aleuronice se datorează deshidratării și manipulării probei în timpul pregătirii secțiunii.

Figura 9 prezintă imagini SEM ale endospermului de amidon din 12 probe de grâu, care aparțin a 3 specii distincte: *Triticum aestivum* (A), *Triticum monococcum* (B) și *Triticum spelta* (C).



(A)



**Figura 9.** Micrografiile prin microscopie electronică cu scanare (SEM) ale endospermului probelor de grâu: (A) *Triticum aestivum*; (B) *Triticum monococcum*; (C) *Triticum spelta*

Micrografiile SEM indică faptul că granulele de tip A și B sunt distribuite în întreaga matrice proteică, sunt evidente și pot fi separate vizual, la toate cele 3 specii analizate. Diametrele granulelor de amidon, determinate cu ajutorul software-ului ImageJ, au avut valori după cum urmează: granule tip A -  $16,63 \pm 3,53 \mu\text{m}$  în *Triticum aestivum*,  $12,59 \pm 4,99 \mu\text{m}$  în *Triticum monococcum* și  $16,39 \pm 5,4 \mu\text{m}$  în *Triticum spelta* și, respectiv, granule de tip B -  $4,38 \pm 2,25 \mu\text{m}$  în *Triticum aestivum*,  $3,85 \pm 1,69 \mu\text{m}$  în *Triticum monococcum*, respectiv,  $3,23 \pm 1,45 \mu\text{m}$  în *Triticum spelta*.

Conform imaginilor obținute, se poate constata faptul că din structura grâului, pericarpul (P), învelișul cariopsei (SC) și stratul aleuronic (A) sunt componentele principale ale fracției de tărațe, rezultate în timpul măcinării grâului. Imaginile SEM ale caracteristicii cariopsei de grâu indică faptul că boabele de *Triticum monococcum* au o grosime mai mică a stratului de tărațe decât grâul comun, relevând o proporție mai mare de endosperm în *Triticum monococcum* comparativ cu *Triticum aestivum*.

De asemenea, în toate imaginile cu endospermul sunt evidențiate granule de amidon de diferite forme și dimensiuni, încorporate într-o matrice proteică. Diferența față de stratul aleuronic este că proteina apare mai degrabă ca o matrice continuă, nu ca globule proteice separate. Dacă mărim imaginile, endospermul apare cu unele goluri (buzunare goale), probabil ca urmare a pierderii granulelor de amidon în timpul secționării semințelor.

Analiza SEM a probelor de grâu sugerează că *Triticum monococcum* are structuri proteice mai compacte în comparație cu boabele de grâu comun și spelta, iar diametrele granulelor de amidon de tip A din matricea proteică sunt mai mici. Dimensiunea granulelor de amidon are o influență asupra digestibilității amidonului, deoarece granulele mici sunt mai ușor de digerat decât cele mari. Astfel, putem afirma că grâul einkorn, datorită granulelor mici și netede de amidon poate fi ușor scindat de enzimele hidrolitice, fiind unul dintre cele mai bioaccesibile și digerabile tipuri de cereale.

În **capitolul V** intitulat „Evaluarea compușilor fenolici și a activității antioxidante a făinii integrale de grâu obținute din diferite specii moderne și antice din genul *Triticum*”, s-a

continuat studiul celor 24 de varietăți ale căror caracteristici de calitate au fost prezentate în capitolul IV, pentru a analiza și compara conținutul total de polifenoli (TPC), compoziția de polifenoli individuali, conținutul de flavonoide (FC) și activitatea antioxidantă (AA) (capacitatea de captare a radicalilor DPPH).

Pentru a evalua aceste caracteristici chimice au fost analizate extractele obținute din probele de făină integrală de grâu. Tehnica de extracție s-a realizat astfel: 1 g de făină integrală din fiecare probă de grâu s-a amestecat cu 5 ml metanol 40%/apă acidifiată (v/v, pH=2, HCl).

Conținutul de polifenoli s-a determinat folosind metoda Folin-Ciocalteu și un spectrofotometru 3600 UV-VIS-NIR (Shimadzu Corporation, Japonia), la lungimea de undă 750 nm, pe baza unei curbe de calibrare a acidului galic. Rezultatele s-au exprimat în mg GAE/kg (GAE= echivalent acid galic).

Determinarea conținutului total de flavonoide (TFC) s-a realizat cu ajutorul unui spectrometru HR4000CG-UV-NIR, la lungimea de undă de 510 nm, pe baza unei curbe de calibrare a quercetinei. Rezultatele s-au exprimat în mg QE/L(mg/L), fiind transformate apoi în mg QE /kg. Determinarea polifenolilor individuali s-a efectuat conform metodei de analiză descrisă de Palacios *et al.*, (2011) și de Pauliuc *et al.*, (2020), cu unele modificări și s-a realizat folosind un sistem HPLC (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japonia) cuplat cu un detector DAD.

Cuantificarea polifenolilor s-a bazat pe curbele de calibrare construite pentru fiecare dintre compușii identificați în probe, iar cromatogramele au fost obținute la lungimea de undă de 280 nm pentru acidul galic, acidul vanilic, acidul protocatecuic, acidul 4-hidroxibenzoic și la lungimea de undă de 320 nm pentru acidul clorogenic, acidul p-cumaric, acidul cafeic, acidul rosmarinic, miricetină, quercetină, luteolină și kaempferol. Colectarea datelor și prelucrarea ulterioară a fost efectuată utilizând soluția software LC versiunea 1.25 (Shimadzu Corporation, Japonia). Concentrația finală a fiecărui compus fenolic identificat a fost exprimată în mg/l.

Capacitatea antioxidantă sau activitatea de captare a radicalilor DPPH a fost măsurată cu ajutorul unui spectrofotometru 3600 UV-VIS-NIR (Shimadzu Corporation, Japonia), la lungimea de undă de 515 nm. Puterea de captare a radicalilor DPPH a fost exprimată, ca și capacitate antioxidantă (AA%) și a fost calculată folosind ecuația:  $AA\% = (1-A/A_0) \times 100$ , în care  $A_0$  este absorbanta probei martor și  $A$  este absorbanta probei de analizat.

În ceea ce privește analiza statistică a datelor, s-a folosit analiza de varianță (ANOVA), programul statistic SPSS (var. 20, Chicago, IL, SUA), la un nivel de semnificație de ( $p < 0,05$ ), utilizând testul Tukey. De asemenea, s-a utilizat software-ul XLSTAT al programului Excel, versiunea 2021 (Addinsoft, New York, NY, USA).

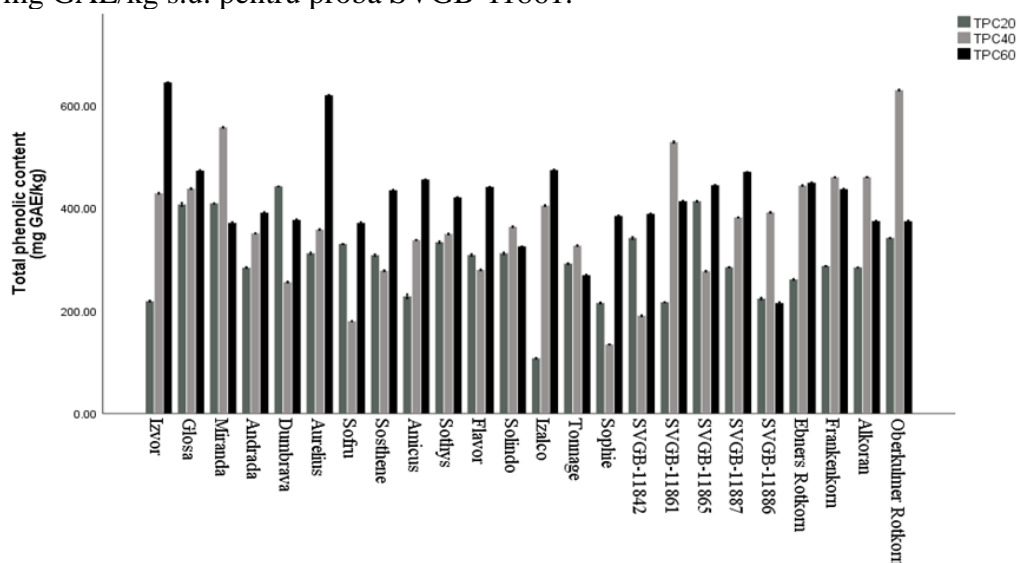
De asemenea, în acest studiu a fost investigat efectul creșterii temperaturii de extracție, de la 20°C la 40°C, respectiv 60°C, asupra randamentului parametrilor analizați.

Conform datelor obținute, creșterea temperaturii de lucru de la 20°C la 40°C a avut un efect pozitiv asupra extracției TPC din făinurile de grâu analizate. Concentrația medie de TPC măsurată în extracte la 40°C a fost de 335,91 mg GAE/kg s.u. pentru probele de *Triticum aestivum*, 353,52 mg GAE/kg s.u. pentru probele de *Triticum monococcum* și 497,97 mg GAE/kg s.u. pentru probele de *Triticum spelta*. Se observă că, cele mai mari valori ale TPC s-au obținut pentru grâul spelta, existând diferențe semnificative ( $p < 0,001$ ), față de celelalte 2 specii analizate.

Valorile TPC ale probelor de făină integrală de grâu, în funcție de variația temperaturii de extracție sunt prezentate în figura 10. Făinurile integrale de grâu comun au prezentat minimul de TPC obținut la 20°C (106,9 mg GAE/kg s.u.) pentru soiul Izalco și maximul de TPC extras la 60°C (644.54 mg GAE/kg s.u.) pentru soiul Miranda. De asemenea, pentru



probele de făină integrală de grâu einkorn, valorile minime și maxime TPC s-au înregistrat la temperatura de 40°C, și anume: 189,66 mg GAE/kg s.u. pentru proba SVGB-11842, respectiv 528,89 mg GAE/kg s.u. pentru proba SVGB-11861.



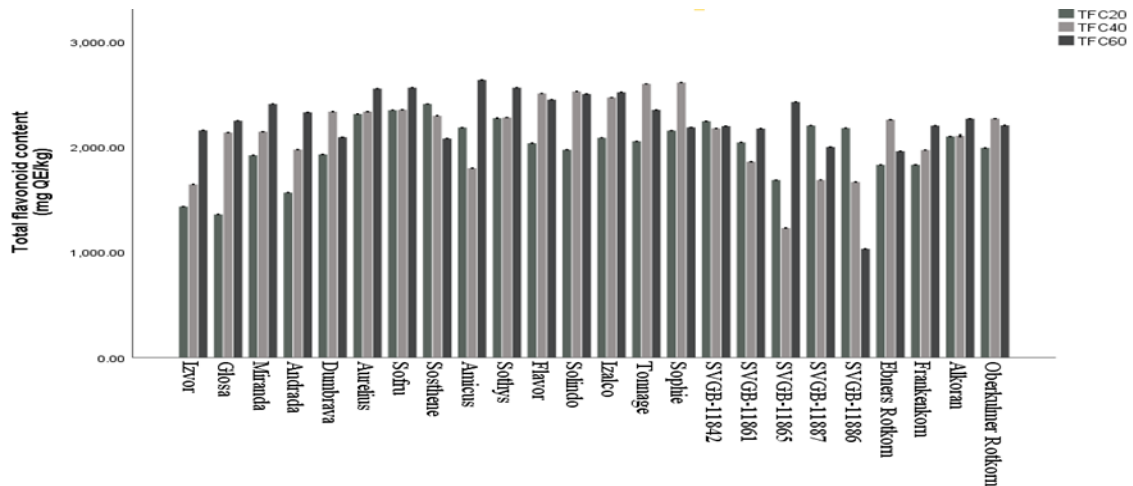
**Figura 10.** Conținutul total de polifenoli pentru fiecare varietate de grâu la diferite temperaturi: 20°C (TPC20), 40°C (TPC40), 60°C (TPC60)

Referitor la compușii fenolici individuali, din cei 12 considerați, s-au determinat 6, și anume: 2 derivați ai acidului hidroxibenzoic (acidul 4-hidroxibenzoic, acidul vanilic), 2 derivați ai acidului hidroxicinamic (acidul cafeic, acidul p-cumaric), 1 derivat al acidului cafeic (acidul clorogenic) și 1 flavonă (luteolina), în timp ce 6 au fost sub limita de detecție (acidul galic, acidul protocatecuic, acidul rosmarinic, miricetină, quercetină și kaempferol). Dintre acizii fenolici determinați, acidul p-cumaric a fost cel mai abundent, urmat de acidul 4-hidroxibenzoic, acidul vanilic, acidul cafeic și acidul clorogenic.

Rezultatele au confirmat existența diferențelor între speciile de grâu. Astfel, probele de *Triticum aestivum* au prezentat cel mai mare conținut de acid 4-hydroxybenzoic (12,06 mg/kg), extras la 40°C, din soiul Miranda, de acid vanilic (3,77 mg/kg) obținut la 40°C, din soiul Sosthene, de acid clorogenic (1,17 mg/kg) la 20°C, din soiul Izvor, de acid p-cumaric (22,59 mg/kg) la 40°C, din soiul Andrada, respectiv de luteolină (34,31 mg/kg) la 20°C din soiul Izvor. Pentru conținutul de acid cafeic, probele de *Triticum monococcum* se diferențiază în mod semnificativ de celelalte specii de grâu, având și cea mai mare valoare a acestuia de 3,37 mg/kg, aferentă probei SVGB-11865 și obținută la temperatura de extracție de 60°C.

În ceea ce privește conținutul total de flavonoide, acesta a urmat o tendință similară cu TPC, crescând odată cu temperatura. TFC a variat de la 135,79 mg QE/kg s.u. (20°C) la 263,7 mg QE/kg s.u. (60°C) pentru grâul comun, de la 103,17 mg QE/kg s.u. (60°C) la 242,65 mg QE/kg s.u. (60°C) pentru grâul einkorn, respectiv de la 183,04 mg QE/kg s.u. (20°C) la 226,9 mg QE/kg s.u. (40°C) pentru grâul spelta.

Variația extracției TFC în funcție de temperatură este prezentată în figura 11.



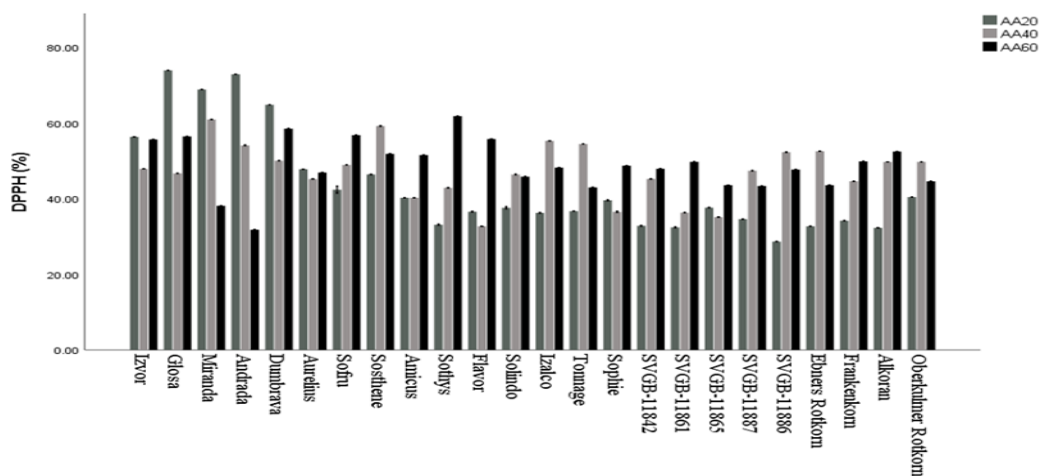
**Figura 11.** Conținutul total de flavonoide pentru fiecare varietate de grâu la diferite temperaturi: 20°C (TFC20), 40°C (TFC40), 60°C (TFC60)

Făinurile integrale de grâu au prezentat un TFC minim obținut la 20°C (103,17 mg QE/kg s.u.) pentru proba SVGB-11886 de grâu einkorn și un TFC maxim extras la 60°C (263,7 mg QE/kg s.u.) pentru soiul de grâu comun, Amicus.

Pentru a determina activitatea de captare a radicalilor liberi DPPH a fost utilizat testul DPPH, care se bazează pe donarea de electroni a antioxidanților pentru a neutraliza radicalul DPPH. După cum se poate observa în tabelul 9, la temperatura de extracție de 20°C, activitatea antioxidantă a variat semnificativ ( $p < 0,001$ ), în funcție de genotipul probelor de grâu analizate. Cea mai mare valoare medie a capacității de captare a DPPH s-a obținut la probele de grâu comun (48.84%), urmând probele de grâu spelta cu 34.86% și cele de grâu einkorn cu 33%.

În ceea ce privește, influența variației temperaturii de extracție asupra randamentului valorilor DPPH, putem afirma că, mărirea temperaturii în timpul extracției, a avut un impact pozitiv la toate speciile analizate, dar semnificativ, la cele de grâu antic. Astfel, valorile medii ale activității antioxidante ale probelor analizate a crescut odată cu creșterea temperaturii în timpul extracției, de la 33,18%(20°C) la 46,4%(60°C), pentru probele de grâu einkorn, respectiv de la 34,86% (20°C) la 49,08%(40°C), pentru probele de grâu spelta.

Variația valorilor DPPH în funcție de temperatura de extracție este prezentată în figura 12.



**Figura 12.** DPPH pentru fiecare varietate de grâu la diferite valori de temperatură: 20°C (AA20), 40°C (AA40), 60°C (AA60)

În ultimul parte a studiului experimental, în **capitolul VI**, intitulat „*Evaluarea calității făinii de grâu obținute din diferite specii moderne și antice din genul Triticum*” s-a evaluat calitatea făinii integrale și albe de grâu, prin determinarea proprietăților reologice ale aluatului, pentru cele 24 de varietăți caracterizate în capitolele IV și V.

Probele de făină de grâu au fost analizate pentru următorii parametri de calitate: conținut de proteină, conform ICC 105/2, conținut de cenușă conform ICC 104/1 și conținut de gluten umed, conform ICC 137/1. De asemenea, s-a determinat și profilul capacității de retenție a solvenților făinii de grâu, conform metodei standard AACC 56-11, utilizând aparatul SRC-Chopin 2.

Proprietățile reologice de frământare și de vâscozitate ale aluatului s-au determinat cu ajutorul aparatului Mixolab (Chopin Technologies, Paris, Franța), conform metodei standard ICC nr. 173.

De asemenea, proprietățile de întindere ale aluatului s-au analizat folosind aparatul alveograf (Chopin Technologies, Villeneuve La Garenne Cedex, Franța), conform metodelor standard AACC 54 - 30A, ICC 121 și ISO 5530/4, la o umiditate constantă de 14% a făinii de grâu. S-au determinat următorii parametri: extensibilitatea aluatului (L), tenacitatea sau presiunea maximă (P), energia de deformare (W), indicele de umflare (G) și raportul de configurare (de formă) a curbei alveografice (P/L).

Proprietățile reologice ale aluatului de grâu în timpul fermentării, s-au determinat cu ajutorul unui reofermentometru (Rheo F4, Villeneuve-La-Garenne Cedex, Franța). S-au determinat următorii parametri: înălțimea maximă a aluatului în timpul formării și reținerii gazelor (H'm, mm), volumul total de gaze formate în aluat (VT, mL), coeficientul de retenție (CR, %), volumul de retenție și volumul de CO<sub>2</sub> reținut în aluat, la sfârșitul testului (VR, mL).

De asemenea, au fost determinate valorile indicelui de cădere (FN), în conformitate cu specificațiile prevăzute de ICC 107/1, utilizând aparatul Falling Number (FN 1305, Perten Instruments AB Stockholm, Suedia).

Determinările au fost realizate în duplicat, iar datele au fost exprimate ca o medie a acestora ± deviația standard, folosind metoda analizei unidirecționale a varianței (ANOVA). De asemenea, testul Tukey a fost utilizat pentru a evidenția diferențele dintre valorile medii, la un nivel de semnificație  $p < 0,05$ , cu ajutorul pachetului statistic IBM SPSS Statistics Version 29.0.2.0 (versiunea 2023, Armonk, NY: IBM Corp, SUA).

Astfel, conform datelor obținute pentru caracteristicile chimice ale probelor de făină integrală de grâu, toate probele au un conținut de proteine mai mare de 10,85%, ceea ce le recomandă pentru a fi utilizate în panificație. Totuși, unele probe de grâu comun, precum Sofru, Flavor și Solindo au valori ale conținutului de gluten umed sub 24%, ceea ce le recomandă pentru utilizarea ca materii prime, pentru obținerea altor produse alimentare, precum: vafe, biscuiți zaharoși, etc. Cel mai mic conținut de proteine s-a obținut pentru făina integrală din grâu comun, urmată de făina integrală de *Triticum monococcum* și cea de *Triticum spelta*. Între toate speciile există diferențe semnificative ( $p < 0,05$ ) din punct de vedere al conținutului de proteine și gluten umed. Din punct de vedere cantitativ, speciile antice de grâu sunt superioare celor comune, fapt ce le recomandă a fi utilizate în panificație. Totuși, aceste valori nu pot oferi informații asupra calității proteinelor glutenice.

Raportându-ne la făina integrală de grâu, pentru probele din făină albă de grâu conținutul de proteine are valori mai mici, deoarece substanțele proteice se găsesc distribuite neuniform în diferitele componente ale structurii anatomice ale bobului de grâu. Conform valorilor medii obținute, nu există diferențe semnificative între speciile vechi de grâu pentru conținutul de proteine și de gluten umed. Totuși, comparativ cu grâul comun, aceste specii prezintă valori semnificativ mai mari ( $p < 0,05$ ), pentru conținutul de proteine și de gluten umed.

Profilul capacității de retenție a solvenților pentru făina de grâu s-a determinat utilizând următorii solvenți: apă deionizată (WA-SRC), carbonat de sodiu 5% (CAR-SRC), sucroză 50% (SUC-SRC) și acid lactic 5% (LAC-SRC). WA-SRC este asociată cu toți componenții făinii de grâu, oferind o imagine de ansamblu asupra comportamentului aluatului și calității produselor de panificație. Conform standardului internațional AACC 56-11.02, sunt recomandate următoarele valori pentru capacitatea de retenție a solvenților făinii de grâu: pentru prăjituri, făina de grâu este optimă pentru a fi utilizată, dacă: WA-SRC  $\leq$  51%, SUC-SRC  $\leq$  89%, LAC-SRC  $\geq$  87%, și CAR-SRC  $\leq$  64%; pentru panificație și alte produse obținute din aluat fermentat, făina de grâu este optimă pentru a fi utilizată, dacă: WA-SRC  $\leq$  57%, SUC-SRC  $\leq$  96%, LAC-SRC  $\geq$  100% și CAR-SRC  $\leq$  72%.

Din rezultatele obținute pentru WA-SRC, s-au obținut diferențe semnificative ( $p < 0,05$ ) între probele de făină analizate, cu excepția probelor Oberkulmer Rotkorn și Dumbrava, Flavor și Izalco, SVGB-11861 și SVGB-11865, respectiv SVGB-11842 și SVGB-11865, care nu au prezentat diferențe semnificative ( $p < 0,05$ ) pentru valorile parametrului WA-SRC. Cea mai mare valoare a parametrului WA-SRC a fost obținută pentru proba de alac, SVGB-11887 (78.33%), iar cea mai mică valoare s-a înregistrat pentru proba de grâu spelta, Ebners Rotkorn (62.13%). Conform rezultatelor obținute pentru WA-SRC, nici una dintre probele de grâu analizate nu sunt ideale pentru a fi utilizate în panificație.

Pentru parametrul SUC-SRC, se observă că, cele mai mari valori s-au obținut pentru probele de *Triticum monococcum*, existând diferențe semnificative față de celelalte probe analizate ( $p < 0,05$ ). Intervalul de variație a acestui parametru este destul de mare, fiind cuprins între 84,33%, valoare obținută pentru proba de grâu comun Sophie și 116,03%, valoare obținută pentru proba de grâu spelta Alkoran. Conform standardului internațional AACC 56-11.02, pentru obținerea unor produse bune de panificație se recomandă ca valoarea SUC-SRC  $\leq$  96%. Din 24 de probe analizate, doar 7 probe de grâu nu îndeplinesc acest criteriu. S-a raportat faptul că, valori mari ale acestui parametru vor conduce la produse cu un volum specific mic.

În ceea ce privește, parametrul CAR-SRC, multe probe de grâu au valori similare, neexistând diferențe semnificative între acestea. Pentru obținerea unor produse bune de panificație se recomandă ca valoarea lui LAC-SRC  $\geq$  100%. Conform datelor obținute, nici o probă de grâu analizată, nu îndeplinește acest criteriu.

Genetica speciei de grâu a avut o influență semnificativă ( $p < 0,05$ ) asupra profilului SRC pentru făina integrală de grâu. Pentru parametrul WA-SRC au existat diferențe semnificative ( $p < 0,05$ ) între specii, cea mai mare valoare a WA-SRC aparținând speciei *Triticum monococcum*, urmată de specia *Triticum aestivum* și apoi de *Triticum spelta*, cu cea mai mică valoare a WA-SRC. S-a concluzionat că, speciile nu au proprietăți similare pentru WA-SRC.

Speciile *Triticum aestivum* și *Triticum spelta* nu prezintă diferențe semnificative ( $p < 0,05$ ) pentru parametrii SUC-SRC și CAR-SRC, dar aceste valori diferă semnificativ pentru specia *Triticum monococcum*, care prezintă și cele mai mari valori ale acestor parametri. Se poate concluziona, că specia de grâu *Triticum monococcum* va conduce la obținerea de produse de panificație cu cel mai mic volum specific.

Rezultatele similare obținute pentru valoarea parametrului LAC-SRC pentru speciile *Triticum aestivum* și *Triticum monococcum*, pentru care nu s-au înregistrat diferențe semnificative ( $p < 0,05$ ), indică o calitate similară a acestora din punctul de vedere al proteinelor glutenice. În ceea ce privește specia *Triticum spelta*, care are cea mai mică valoare a parametrului LAC-SRC, se poate concluziona faptul că probele de spelta vor avea un volum specific mai mic al pâinii. Totuși, pentru obținerea unor produse de panificație cu volum specific mare, valoarea lui LAC-SRC trebuie să fie mai mare de 100% conform standardului

internațional AACC 56-11.02. Din rezultatele obținute, valoarea medie a speciilor de grâu analizate prezintă valori pentru LAC-SRC < 100%. Prin urmare, făinurile de grâu integrale, obținute din aceste specii vor avea nevoie de amelioratori pentru a fi utilizate cu succes în panificație.

Referitor la profilul capacității de retenție a solvenților pentru făina rafinată (albă) de grâu analizată, comparând rezultatele obținute pentru parametrul WA-SRC, se observă că există diferențe semnificative ( $p < 0,05$ ) între probe. Intervalul de variație pentru parametrul WA-SRC este cuprins între 43,57%, valoare corespunzătoare probei de grâu spelta Oberkulmer Rotkorn și 61,63%, valoare obținută pentru proba de alac, SVGB-11887.

Conform acestui parametru, exceptând probele SVGB-11887 și Andrada, toate probele de făină de grâu au o valoare a WA-SRC  $\leq 57\%$ , ceea ce le recomandă pentru utilizarea în panificație. O parte din aceste probe au valori ale WA-SRC  $\leq 51\%$  ceea ce le recomandă și pentru obținerea de prăjituri și biscuiți crackers de bună calitate.

În ceea ce privește, parametrul SUC-SRC, probele de *Triticum monococcum* au cele mai mari valori obținute, dintre toate probele analizate. De asemenea, analizând rezultatele obținute, s-a concluzionat că există diferențe semnificative ( $p < 0,05$ ) între toate probele analizate. S-a evidențiat proba de *Triticum monococcum*, SVGB-11887, care a prezentat cea mai mare valoare a parametrului SUC-SRC, respectiv 113,17%. Conform standardului internațional AACC 56-11,02, toate probele de grâu spelta și de grâu comun (exceptând Sofru și Andrada), pot fi utilizate cu succes în panificație. O parte dintre probele de făină de grâu prezintă valori ale SUC-SRC  $\leq 89\%$ , ceea ce le recomandă pentru a fi utilizate la obținerea de prăjituri și de biscuiți crackers.

Referitor la parametrul LAC-SRC, conform datelor obținute, între probele de făină s-au obținut diferențe semnificative ( $p < 0,05$ ), existând cel mai mare interval de variație a valorilor parametrului, cuprins între 57,77% (afereță probei de alac, SVGB-11861) și 103,03% (corespunzătoare probei de grâu spelta, Frankenkorn). Conform datelor obținute, doar probele Solindo și Frankenkorn prezintă valori ale LAC-SRC  $\geq 100\%$ , ceea ce le recomandă pentru utilizarea în panificație. Aceste probe de făină de grâu pot conduce la produse cu volum specific mare, indicator de calitate foarte important în industria de panificație. O mare parte din probele de făină de grâu prezintă valori ale LAC-SRC  $\geq 87\%$  ceea ce le recomandă a fi utilizate pentru obținerea de prăjituri sau biscuiți crackers. Totuși, ținând cont că acest indicator este asociat cu caracteristicile gluteninei și că o mare parte din probe au un conținut de gluten mare, calitatea acestor făinuri poate fi ușor ameliorată, astfel încât, făinurile să poată fi utilizate cu succes în panificație.

Pentru parametrul CAR-SRC, s-au obținut diferențe semnificative ( $p < 0,05$ ) între probele de făină albă analizate. Proba de grâu spelta, Oberkulmer Rotkorn a înregistrat cea mai mică valoare a acestui parametru, de 52,67%, în timp ce proba de grâu comun Andrada a avut cea mai mare valoare, de 89,53%. Cea mai mare parte a probelor analizate au prezentat valori optime pentru parametrul CAR-SRC  $\leq 72\%$ , ceea ce le recomandă pentru utilizare în industria de panificație. Unele probe au prezentat și valori ale CAR-SRC  $\leq 64\%$ , ceea ce le recomandă pentru obținerea de prăjituri și biscuiți crackers.

Comparând rezultatele obținute pentru parametrii SRC, specia *Triticum monococcum* se evidențiază prin cele mai mari valori obținute, exceptând valorile pentru LAC-SRC. De asemenea, specia *Triticum spelta* prezintă cele mai mici valori pentru toți parametrii SRC măsurați. Pentru parametrii WA-SRC și CAR-SRC au existat diferențe semnificative ( $p < 0,05$ ) între cele trei specii analizate.

În ceea ce privește, speciile *Triticum aestivum* și *Triticum spelta*, acestea nu prezintă diferențe semnificative ( $p < 0,05$ ) pentru parametrii SUC-SRC și LAC-SRC. Conform valorilor medii obținute la SRC aceste specii de grâu au obținut cele mai bune rezultate pentru

obținerea unor produse de panificație de calitate. Exceptând valoarea LAC-SRC, care este mai mică decât 100%, toți ceilalți parametri recomandă utilizarea acestor specii de grâu în panificație. Ținând cont că LAC-SRC este asociat cu caracteristicile gluteninei, calitatea acesteia poate fi îmbunătățită prin utilizarea unor amelioratori în panificație. Dintre cele 3 specii de grâu, specia *Triticum spelta* se recomandă pentru a fi utilizată la obținerea de prăjituri și biscuiți crackers, aceasta încadrându-se conform standardului internațional AACC 56-11.02, la toți parametrii determinați SRC și anume: WA-SRC  $\leq$  51%, SUC-SRC  $\leq$  89%, CAR-SRC  $\leq$  64% și LAC-SRC  $\geq$  87%.

În ceea ce privește, proprietățile reologice de frământare și de vâscozitate ale aluatului din făină albă de grâu determinate cu ajutorul aparatului mixolab, conform rezultatelor obținute, există diferențe semnificative ( $p < 0,05$ ), ale capacității de hidratare a făinii de grâu (WA) între probele analizate, probabil datorită compoziției diferite a acestora, în special a celor două componente majore ale făinii, cu rol în legarea apei în aluat, proteinele și amidonul. Pentru o făină albă de grâu capacitatea de hidratare variază în mod normal între 50 și 55%. În cazul făinurilor analizate, capacitatea de hidratare variază între 49,75 și 64,5%.

Pentru obținerea pâinii, timpul de dezvoltare a aluatului și stabilitatea aluatului sunt parametri esențiali, deoarece cu cât aceștia sunt mai mari, cu atât făina este mai puternică și implicit de o calitate mai bună pentru panificație. Conform rezultatelor obținute toate probele de făină analizate prezintă valori bune pentru stabilitate. Totuși, unele probe de făină prezintă valori mici pentru DDT, ceea ce le face de o calitate mai slabă pentru panificație.

În general, probele de grâu comun au avut cel mai mare timp de dezvoltare a aluatului (de la 4,91 min la 9,84 min). Cu excepția soiurilor Solindo și Tonnage (0,82 min), respectiv Sophie (0,69 min) s-au observat diferențe statistice semnificative ( $p < 0,05$ ) ale parametrului DDT, între probele de *Triticum aestivum*. Cele mai mari valori ale acestui parametru au fost obținute pentru probele de grâu comun: Amicus și Andrada, aceste valori fiind corelate cu o activitate proteolitică mai redusă (valori C12 mai mici). Probele de *Triticum monococcum* au avut timpul de dezvoltare a aluatului cel mai mic, iar cele de *Triticum spelta*, cel mai ridicat.

Al doilea parametru esențial în prima zona a curbei mixolab, stabilitatea aluatului, a variat între 5,35 și 10,75 min. Probele din speciile antice de grâu, exceptând proba de alac, SVGB-11887 au avut o stabilitate mai redusă, comparativ cu majoritatea probelor de grâu comun, care prezintă o stabilitate mai ridicată la frământarea aluatului.

Odată cu creșterea temperaturii aluatului, scade vâscozitatea acestuia, deoarece activitatea proteolitică atinge valoarea optimă și scindează proteinele din aluat, ceea ce conduce la o scădere a C2 și la o creștere a valorilor C12. Valorile mici ale parametrului C2 și valorile ridicate ale parametrului C12 indică o înmuiere mai intensă a proteinelor și o activitate proteolitică mai ridicată. Acest fapt poate conduce la o înmuiere a aluatului și la o creștere a extensibilității acestuia în timpul procesului tehnologic.

Momentul opus de aluat C3 nu a prezentat diferențe semnificative ( $p < 0,05$ ) între probele de *Triticum monococcum*: SVGB-11842 și SVGB-11861, respectiv cele de *Triticum spelta*: Alkoran și Oberkulmer Rotkorn, dar s-au observat diferențe semnificative ( $p < 0,05$ ) între acestea și restul probelor de aluat din făină de grâu comun. De asemenea, o situație similară se poate observa și pentru diferențele dintre momentele opuse de aluat C3 și C2, care au crescut concomitent cu scindarea amidonului.

Pentru probele de grâu comun a existat o diferență semnificativă ( $p < 0,05$ ) pentru parametrul C4, între soiurile Tonnage (1,33 N·m) și Sofru (2,03 N·m). De asemenea, se observă o diferență semnificativă ( $p < 0,05$ ) a parametrului C4 între soiurile de grâu spelta, Oberkulmer Rotkorn (1,09 N·m) și Frankenkorn (1,78 N·m). Cele mai mari valori pentru C34 s-au obținut pentru probele Sosthene și Sophie, ceea ce denotă, că acestea au cea mai mare viteză de hidroliză enzimatică.

În etapa finală, parametrii C5 și C54 ne oferă informații despre retrogradarea amidonului în timpul fazei de răcire. Astfel, putem spune că, probele de grâu spelta, Oberkulmer Rotkorn și Alkoran, care au cele mai mici valori ale momentului opus de aluat C5, se caracterizează printr-o retrogradare mai mică a amidonului. Din datele analizate, cele mai mari valori ale parametrului C5, corespund soiurilor de grâu comun Sofru și Dumbrava.

Rezultatele obținute pentru proprietățile reologice (de frământare și de vâscozitate) ale probelor de aluat din făină albă pe specii de grâu nu au indicat diferențe semnificative ( $p < 0,05$ ) între speciile de grâu pentru momentul opus de aluat C1. De asemenea, probele din specia *Triticum aestivum* au avut cele mai mari valori pentru momentul opus de aluat C2, C3, C4 și C5, comparativ cu probele din celelalte 2 specii de grâu studiate. Se poate concluziona că, specia *Triticum aestivum* prezintă făinuri mai puternice pentru panificație, cu o activitate proteolitică și un grad de înmuiere a proteinelor mai redus, cu o capacitate de gelatinizare a amidonului ridicată, cu o activitate amilolitică mai mică și cu un grad de retrogradare a amidonului mai ridicat. Făinurile de grâu antic prezintă o stabilitate bună, dar cea corespunzătoare speciei *Triticum monococcum* are valori DDT mici. Dintre aceste 2 specii, specia *Triticum monococcum* este de o calitate mai slabă pentru panificație, având un grad de înmuiere mai ridicat, o activitate proteolitică mare și o activitate amilolitică mai mare. Speciile antice de grâu au prezentat un grad de retrogradare a amidonului mai redus, ceea ce întârzie învechirea produselor de panificație.

În ceea ce privește proprietățile reologice de frământare și de vâscozitate ale aluatului pentru făina integrală de grâu, comparând datele obținute, nu au fost observate diferențe semnificative ( $p < 0,05$ ) ale valorilor parametrului WA, între probele și speciile de grâu luate în studiu.

Valoarea parametrului ST nu a variat semnificativ ( $p < 0,05$ ), pentru probele de *Triticum monococcum* și au fost cele mai mici dintre toate probele analizate. Intervalul de variație a valorilor ST a fost cuprins între 0,665 min (proba de alac, SVGB-11865) și 5,035 min (proba Izalco).

Parametrul DDT a avut valori, care diferă semnificativ ( $p < 0,05$ ) între probele de grâu comun și nesemnificativ ( $p < 0,05$ ) între probele de alac, SVGB-11842 și SVGB-11865, probele de grâu spelta Ebners Rotkorn și Frankenkorn, respectiv, Alkoran și Oberkulmer Rotkorn. În general, pentru parametrii Mixolab, în timpul procesului de încălzire s-au înregistrat diferențe semnificative ( $p < 0,05$ ) între probele de grâu.

Pentru proprietățile reologice de frământare și de vâscozitate ale aluatului pentru speciile din făină integrală de grâu, nu au fost obținute diferențe semnificative ( $p < 0,05$ ) între speciile de grâu, pentru valorile parametrilor WA, C2, C4 și C5. În ceea ce privește parametrii ST și C3 s-au obținut valori nesemnificative ( $p < 0,05$ ) între speciile *Triticum monococcum* și *Triticum spelta*, dar semnificativ diferite ( $p < 0,05$ ) comparativ cu cele ale speciei *Triticum aestivum* ( $p < 0,05$ ). Acest parametru este unul important pentru evaluarea calității produselor de panificație. De asemenea, speciile antice de grâu au prezentat diferențe semnificative ( $p < 0,05$ ) comparativ cu specia modernă *Triticum aestivum* pentru parametrul DDT. Totuși, valorile foarte mici pentru grâul antic a parametrului ST denotă că acestea sunt de calitate slabă pentru panificație.

Conform recomandărilor Chopin, o făină pentru panificație analizată la aveograf trebuie să aibă un  $P/L < 0,9$  și un  $W > 170$ . Pentru biscuiți, un  $P/L < 0,55$  și un  $W$  cuprins între 80-120. Un  $W < 170$  indică faptul că, făina este de calitate slabă pentru panificație și este recomandată pentru utilizarea la fabricarea biscuiților, vafelor, prăjiturilor, sosurilor, etc. Un  $W=200-300$  recomandă utilizarea făinii de grâu pentru obținerea de pâine, pizza, paste, briose, etc., iar un  $W > 350$ , pentru obținerea de pâine cu o durată lungă de fermentare, pentru ameliorarea făinurilor mai slabe pentru panificație, etc.

Datele obținute la alveograf pentru probele din făină albă de grâu ne arată că, exceptând făinurile corespunzătoare probelor Tonnage și Flavor, toate celelalte făinuri sunt de calitate foarte bună sau puternice pentru panificație, conform parametrului W. Raportul P/L prezintă valori ușor mărite pentru toate probele analizate raportat la criteriile de calitate optime recomandate de producători pentru obținerea unor produse de panificație de calitate. Acest fapt se datorează valorii foarte mari a parametrului P care exprimă rezistența la deformare, dependentă de elasticitatea aluatului.

Probele analizate au avut o valoare L destul de ridicată ceea ce indică o extensibilitate mare a aluatului. Având în vedere că, în general valoarea W este ridicată, o valoare mare a lui P și aproape de valoare optimă limită (0,9) a raportului P/L, permit ca făinurile să fie utilizate cu succes în industria de panificație, dacă sunt ameliorate.

Din rezultatele obținute s-a concluzionat că, între speciile de grâu, antice și comune, există diferențe semnificative ( $p < 0,05$ ), în ceea ce privește valorile medii determinate pentru parametrii G și L. Referitor la energia de deformare W, specia *Triticum spelta* prezintă cea mai mare valoare medie a acestui parametru de 421 ( $10^{-4}$  J), fiind urmată de specia *Triticum monococcum* cu 415 ( $10^{-4}$  J) și apoi de specia *Triticum aestivum* cu 319,2 ( $10^{-4}$  J).

Aceste rezultate indică faptul că speciile antice de grâu sunt mai puternice pentru panificație comparativ cu speciile de grâu comun. Totuși toate valorile parametrului  $W > 300$  indică faptul că, făinurile necesită o ameliorare pentru a fi optime pentru panificație. De asemenea, toate probele de făină prezintă o tenacitate ridicată și un raport P/L mai mare decât cel optim, ceea ce impune o ușoară ameliorare a probelor de făină de grâu pentru a fi utilizate în panificație.

Parametrii obținuți la reofermentometru, indică o valoare ridicată pentru VT și H'm la soiurile de grâu comun, Izalco și Tonnage, caracteristică ce poate fi corelată cu o activitate ridicată a  $\alpha$ -amilazei acestor făinuri integrale. Dintre toate probele de grâu luate în studiu, soiul Andrada se remarcă prin cele mai mici valori ale parametrilor H'm, VT și VR, dar și prin cea mai mare valoare a CR.

De asemenea, din datele obținute se observă că, cele mai ridicate valori ale VR au fost obținute pentru soiurile de grâu comun Izalco, Sophie și Tonnage, care, conform rezultatelor noastre anterioare, prezintă un conținut mare de gluten umed. Totuși, aceste probe prezintă valori scăzute ale CR, ceea ce înseamnă că, aceste aluaturi din făină integrală prezintă o capacitate scăzută de a reține gazele eliberate în timpul procesului de fermentare. Conform rezultatelor obținute între probele de grâu există diferențe semnificative ( $p < 0,05$ ), în ceea ce privește valoarea parametrului VT.

În ceea ce privește parametrul FN, acesta prezintă un interval de variație destul de mare, între 167 s pentru proba de alac, SVGB-11865 și 447 s pentru soiul de grâu comun, Sofru. De asemenea, atât între probele de *Triticum monococcum*, cât și între probele de *Triticum spelta* se observă diferențe semnificative ( $p < 0,05$ ) ale valorilor FN. Patru probe de făină de grâu SVGB-11865, SVGB-11886, Ebners Rotkorn și Oberkulmer Rotkorn au o activitate  $\alpha$ -amilazică superioară, 5 probe de făină de grâu Aurelius, Flavor, Sophie, SVGB-11842, Alkoran au o activitate  $\alpha$ -amilazică normală, restul probelor având o activitate  $\alpha$ -amilazică redusă.

Parametrii obținuți la reofermentometru și valorile indicelui de cădere pentru speciile de grâu din făină de grâu integrală indică faptul că specia *Triticum spelta* a prezentat cele mai mari valori medii pentru parametrii H'm, VT și VR, dar și cea mai mică valoare a parametrului CR. Totuși, nu s-au obținut diferențe semnificative ( $p < 0,05$ ) între speciile de grâu, pentru nici un parametru determinat la aparatul reofermentometru. Coeficientul de retenție a gazelor a prezentat valori ridicate peste 80%, ceea ce denotă o bună capacitate a aluatului, de reținere a gazelor.



În ceea ce privește parametrul FN, pentru speciile antice de grâu s-au obținut rezultate care nu diferă semnificativ ( $p < 0,05$ ), dar care sunt semnificativ ( $p < 0,05$ ) mai mici, decât valorile obținute pentru probele de grâu comun. Media valorii FN pentru speciile de grâu antic le încadrează ca făinuri cu activitate  $\alpha$ -amilazică normală și pe cele pentru grâul comun, ca făinuri cu activitate  $\alpha$ -amilazică redusă.

Parametrii obținuți la reofermentometru și valorile indicelui de cădere pentru probele de aluat din făină albă de grâu evidențiază faptul că proba de alac SVGB-11842, prezintă cele mai scăzute valori ale parametrilor H'm, VT și VR, iar soiul de grâu comun Sosthene prezintă cele mai ridicate valori pentru parametrii VT și VR, dintre toate probele analizate. Cea mai mare valoare determinată H'm de 85,65 mm s-a obținut pentru soiul de grâu spelta Frankenkorn. În ceea ce privește parametrul CR, nu s-au obținut diferențe semnificative ( $p < 0,05$ ), între probele Andrada, Dumbrava, SVGB-11887 și Oberkulmer Rotkorn, între soiurile de grâu comun Miranda, Sosthene și Tonnage, respectiv între probele Izvor, Amicus și Sophie. Totuși pentru majoritatea probelor de făină de grâu valoarea acestui parametru a fost mai mare de 80%, ceea ce indică o bună capacitate de reținere a gazelor de către aluat. Probele cu valori mai mici ale parametrului CR au înregistrat valori mai mari pentru parametrul VR, ceea ce denotă că pot conduce la produse de panificație cu volum specific ridicat.

Cele mai mici valori obținute pentru parametrul FN au fost pentru soiul de grâu comun Tonnage (191,5 s) și soiul de grâu spelta Alkoran (192 s). Soiul Aurelius a prezentat valoarea cea mai ridicată a indicelui de cădere FN, de 385,5 s. Patru probe de grâu au, conform valorii FN, o activitate  $\alpha$ -amilazică superioară, 3 probe de făină de grâu au o activitate  $\alpha$ -amilazică normală, restul probelor având o activitate  $\alpha$ -amilazică redusă.

Parametrii obținuți la reofermentometru pentru aluatul din făină albă pe specii de grâu sunt evidențiază faptul că, probele din specia *Triticum spelta* prezintă cele mai mari valori medii pentru parametrii H'm și VT, iar probele din specia *Triticum aestivum* prezintă cele mai ridicate valori pentru parametrii VR și CR. De asemenea, pentru parametrul VT nu s-au obținut diferențe semnificative ( $p < 0,05$ ) între speciile de grâu. Valorile mai ridicate pentru H'm și VT, în cazul făinii de grâu comun se pot datora unei activități amilolitice mai mari a acestor probe. Deși în cazul făinii de grâu din specia *Triticum monococcum*, activitatea  $\alpha$ -amilazică este normală, totuși aceasta prezintă valori mai mici pentru VR și CR, decât *Triticum aestivum*, ceea ce denotă o capacitate mai redusă a acestor probe de aluat, de reținere a gazelor.

Ca și în cazul făinii integrale de grâu, pentru valorile indicelui de cădere pentru speciile antice de grâu nu s-au obținut diferențe semnificative ( $p < 0,05$ ). Aceste valori medii au fost semnificativ ( $p < 0,05$ ) mai mici, decât cele obținute pentru probele de grâu comun. Valoarea medie a FN pentru grâul antic s-a încadrat în categoria făină de grâu cu o activitate  $\alpha$ -amilazică normală și cea pentru grâul comun în categoria făină cu o activitate  $\alpha$ -amilazică redusă.

La finalul tezei de doctorat sunt prezentate în **capitolul VII**, „*Concluziile generale. Contribuții originale și perspective de cercetare*”. Rezultatele obținute au condus la următoarele concluzii principale:

1. FT-IR-ATR poate fi considerat un aparat excelent pentru determinarea rapidă și precisă a compoziției chimice a făinii de grâu. Utilizând regresia parțială a celor mai mici pătrate pentru 70 de probe de făină de grâu integrală s-a demonstrat faptul că, această metodă poate înlocui cu succes metodele standard de analiză pentru determinarea conținutului de umiditate, proteine, amidon, gluten umed, indice de cădere și amidon deteriorat, consumatoare de timp, fapt util pentru procesatorii din industria de morărit-panificație.

2. Prin analiza celor 70 de probe de făină a speciilor de grâu luate în studiu (*Triticum aestivum* L., *Triticum monococcum* L., *Triticum spelta* L.), s-au obținut diferențe

semnificative ( $p < 0,05$ ) între acestea din punct de vedere al caracteristicilor fizico-chimice (cenușă, proteine, gluten umed, indice de sedimentare, pH, aciditate, lipide, amidon, indice de cădere, parametrii Glutograf elasticitate și extensibilitate) cu excepția umidității și conținutului de amidon deteriorat. Analiza în componente principale grupează anumite caracteristici fizico-chimice ale grâului, pe specii de grâu probabil datorită modului în care acestea sunt distribuite în structura bobului de grâu dar și condițiilor climatice în care au fost cultivate. Aceste diferențe sunt evidente în special între specia de grâu comun (*Triticum aestivum* L.) și speciile de grâu vechi (*Triticum monococcum* L., *Triticum spelta* L.). Conținutul cel mai ridicat de proteine, gluten umed, lipide, cenușă, aciditate a fost obținut pentru speciile de grâu antic, grâul comun prezentând un conținut mai ridicat de amidon și a prezentat valori mai mari pentru parametrii obținuți la glutograf elasticitate și extensibilitate.

3. Pentru evaluarea a 31 varietăți de grâu, aparținând unor specii moderne (*Triticum aestivum* L.) și antice (*Triticum monococcum* L., *Triticum spelta* L.), cultivate în special, în regiunea de nord-est a României, din punct de vedere al diversității genetice, s-a folosit tehnica ISSR („In-ter-Simple Sequence Repeats”), prin care s-a concluzionat că doar 6 din cei 11 primeri ISSR utilizați, au avut modele semnificative de fragmente amplificate cu benzi clare și bine definite. S-a observat că, primerii ISSR au produs niveluri ridicate de polimorfism (aproape 100%), în genomul probelor de grâu comun, emmer și spelta, reflectând durata de viață și abundența genomului grâului. În ciuda faptului că, primerii ISSR sunt dominanți și au un caracter bialelic, aceștia sunt capabili să discrimineze variabilitatea din cadrul germoplasmei de grâu analizată în acest studiu. Metoda grupului de perechi neponderat cu medii aritmetice (UP-GMA) a împărțit toate varietățile pe specie/ploidie, reflectând o structură genetică bine definită. În plus, variația de la 0,53 la 1, a distanței genetice între probe, care a fost determinată cu ajutorul coeficientului de unire Neighbor Joining reflectă o diversitate genetică mare a acestor varietăți de grâu. PIC este un instrument important pentru evaluarea calității markerului și a capacității acestuia de a detecta diversitatea genetică în interiorul și între specii. Pentru varietățile de grâu analizate, valorile PIC medii pentru toți primerii variază între 0,32 și 0,42, ceea ce corespunde categoriei informative medii a PIC. Cunoașterea diversității genetice a unei colecții de germoplasmă și evaluarea amplorii și naturii variației genetice la grâu este importantă pentru programele de ameliorare și pentru conservarea resurselor genetice.

4. Pentru evaluarea valorii nutritive a făinii de grâu (24 de probe) s-a determinat conținutul în următoarele substanțe minerale: potasiu (K), fosfor (P), calciu (Ca), magneziu (Mg), sodiu (Na), fier (Fe), mangan (Mn), zinc (Zn) și cupru (Cu). Conform rezultatelor obținute, făina din grâu spelta a avut cel mai mare conținut de substanțe minerale. Aceasta a prezentat cele mai mari valori pentru Ca, Mg și K, în timp ce făina din grâu einkorn pentru microelementele Zn, Mn și Cu. Cele mai mari valori pentru Fe au fost obținute pentru varietățile de grâu comun, în timp ce pentru conținutul de Na, nu s-au obținut diferențe semnificative ( $p < 0,001$ ) între specii. Cu a fost obținut în cele mai mici cantități pentru toate probele de făină de grâu analizate. Valorile mai mari ale Fe pentru speciile moderne de grâu comparativ cu cele antice este un rezultat neașteptat. Acest fapt s-ar putea datora unui efect de “diluare”, care a apărut de-a lungul timpului. În urma rezultatelor obținute unele varietăți de spelta cu un conținut mai ridicat de Ca și Mg ar putea fi incluse în viitor în programele de ameliorare. Totuși trebuie menționat faptul că toate probele de făină de grâu au prezentat valori mai mici pentru Fe și Zn. De-a lungul timpului conținutul acestor substanțe minerale s-a redus în boabele de grâu, inclusiv în probele de grâu din colecția Băncii de Resurse Genetice Vegetale Mihai Cristea Suceava.

5. Micrografiile SEM ale boabelor de grâu indică faptul că, boabele de einkorn conțin mai puține tărațe și, implicit, mai mult endosperm, decât boabele de grâu comun. Acesta are

un diametru mai mic a granulelor de amidon de tip A și o rețea proteică mai compactă, în comparație cu grâul comun și spelta. Dimensiunea mai mică a granulelor de amidon indică faptul că această specie de grâu ar putea avea un grad de digestibilitate mai ridicat.

6. Pentru cele 24 de varietăți de grâu, cultivate în același loc și în același sezon de creștere, a căror caracteristici de calitate au fost prezentate la capitolul IV, s-a analizat și comparat conținutul total de polifenoli, conținutul total de flavonoide, profilul polifenolic, și activitatea antioxidantă, caracteristici obținute pentru probele de făină integrală de grâu. De asemenea, s-a analizat efectul creșterii temperaturii de extracție, de la 20°C la 40°C, respectiv 60°C, asupra randamentului parametrilor analizați. Creșterea temperaturii de lucru de la 20°C la 40°C a avut un efect pozitiv asupra extracției TPC din făinurile de grâu analizate. Efectele pozitive ale temperaturilor ridicate asupra extracției de TPC s-au extins și la T=60°C, dar, doar pentru probele de grâu modern, deoarece pentru probele de grâu antic, stabilitatea acestor compuși a scăzut conducând la randamente de extracție mai mici. Prin urmare, creșterea temperaturii de extracție la 60°C a avut efecte atât pozitive, cât și negative asupra TPC. Se observă că, cele mai mari valori ale TPC s-au obținut pentru specia de grâu spelta, la temperatura de extracție de 40°C, existând diferențe semnificative ( $p < 0,001$ ), față de celelalte 2 specii analizate. Dintre probele de făină integrală, la cele de grâu comun și spelta s-a observat o influență pozitivă continuă, a creșterii temperaturii de extracție asupra randamentului TFC. În ceea ce privește conținutul total de flavonoide, acesta a urmat o tendință similară cu TPC, crescând odată cu temperatura. Referitor la activitatea antioxidantă, cea mai mare valoare medie a capacității de captare a DPPH s-a obținut la probele de grâu comun (48,84%), urmate de probele de grâu spelta cu 34,86% și cele de grâu einkorn cu 33%. În ceea ce privește, influența variației temperaturii de extracție asupra randamentului valorilor DPPH, putem afirma că, mărirea temperaturii în timpul extracției, a avut un impact pozitiv la toate speciile analizate, dar semnificativ, la cele de grâu antic. Compușii fenolici identificați în prezentul studiu sunt acidul 4-hidroxibenzoic, acidul vanilic, acidul cafeic, acidul p-cumaric, acidul clorogenic și luteolina. Dintre aceștia, acidul p-cumaric a fost în cantitatea cea mai mare, urmat de acidul 4-hidroxibenzoic, acidul vanilic, acidul cafeic și acidul clorogenic. Rezultatele obținute au arătat diferențe între speciile de grâu.

7. Dată fiind complexitatea compoziției făinii, utilizările ei în diverse domenii (panificație, paste făinoase, patiserie, biscuiți) impun exigențe tehnologice diferențiate. Calitatea făinii este o noțiune extrem de dificil de definit, având în vedere destinațiile multiple pe care aceasta le poate lua pentru obținerea unor produse finite. Evaluarea calității făinii în vederea utilizării acesteia pentru obținerea de produse finite a fost realizată în capitolul 6. Pentru aceasta, 24 de varietăți cultivate în România din colecția Băncii de Resurse Genetice Vegetale Mihai Cristea Suceava aparținând celor 3 specii de grâu dintre care 15 probe de grâu comun (*Triticum aestivum* L.), 5 de einkorn (*Triticum monococcum* L.) și 4 de spelta (*Triticum spelta* L.) au fost măcinate în vederea obținerii de făină integrală, respectiv făină albă de grâu. Făinurile obținute au fost analizate din punct de vedere al compoziției chimice (gluten, proteine, cenușă în cazul făinii albe), a profilului capacității de retenție a solvenților făinii de grâu și prin diferite metode reologice pentru evaluarea proprietăților reologice ale aluatului de frământare, întindere biaxială, vâscozitate și fermentare. În urma rezultatelor obținute se pot sintetiza următoarele concluzii:

7.1. Conținutul de proteine și gluten umed a fost mai mare la făina obținută din speciile antice de grâu comparativ cu cea obținută din grâu comun. Acești doi parametri constituie factori de bază al însușirilor de panificație al făinii de grâu. Un conținut ridicat de proteine implică și un conținut mare de gluten de care depinde capacitatea de reținere a gazelor, volumul și porozitatea pâinii. Conținutul ridicat de gluten nu garantează pe deplin o calitate superioară a pâinii, deoarece un rol important îl are calitatea acestuia și anume

elasticitatea și extensibilitatea. Conform datelor obținute, făina din grâu comun (atât integrală cât și albă) a prezentat un conținut bun și foarte bun de proteine și gluten umed. Totuși, câteva varietăți de făină, ca de exemplu, Flavor, Solindo (făină integrală) și Tonnage au prezentat un conținut mai mic de proteine și gluten umed ceea ce recomandă ameliorarea acestora (prin adaos de gluten vital) sau amestecarea cu alte varietăți de făină, dacă se doresc a fi utilizate în panificație.

7.2. Profilul capacității de retenție a solvenților făinii de grâu a fost determinat în premieră națională la aparatul SRC-Chopin 2 în cadrul firmei Chopin din Paris, Franța. Acest fapt a asigurat o acuratețe maximă a rezultatelor obținute fără eroare de operare. Solvenții SRC utilizați au fost apă deionizată (WA-SRC), carbonat de sodiu 5% (CAR-SRC), sucroză 50% (SUC-SRC) și acid lactic 5% (LAC-SRC). Conform datelor obținute s-a concluzionat că făina albă de grâu va conduce la produse de panificație de calitate mai bună comparativ cu făina de grâu integrală. Din punct de vedere a speciei analizate s-a concluzionat că făina obținută din specia *Triticum aestivum* va conduce la obținerea celor mai bune produse de panificație. Utilizarea făinii obținute din specia *Triticum monococcum* va conduce la obținerea de produse de panificație cu cel mai mic volum specific. Trebuie menționat faptul că în funcție de varietatea făinii de grâu aceasta poate prezenta conform standardului internațional AACC 56-11.02. utilizări diverse pentru obținerea de produse de calitate. De exemplu, 3 specii de grâu *Triticum spelta* (făină albă) se recomandă a se utiliza și pentru obținerea de prăjituri și biscuiți crackers.

7.3. Valorile obținute la aparatul mixolab indică faptul că *Triticum aestivum* prezintă cele mai bune caracteristici pentru utilizarea în panificație (stabilitate bună, grad de înmuiere a proteinelor mai redus, o capacitate de gelatinizare a amidonului ridicată, etc.). Cele mai slabe rezultate au fost obținute pentru specia *Triticum monococcum* (făină albă, făină integrală) care a prezentat un grad de înmuiere mai ridicat, o activitate proteolitică mai mare, un timp de dezvoltare mai mic. Speciile antice de grâu au prezentat un grad de retrogradare a amidonului mai redus ceea ce indică o prospețime mai mare a produselor de panificație. Totuși, trebuie menționat că toate probele de făină albă de grâu prezintă o valoare a stabilității bună/foarte bună ceea ce indică faptul că pot fi utilizate cu succes în panificație. Mai mult, unele probe de grâu comun prezintă o capacitate de hidratare mare ceea ce prezintă un avantaj economic pentru utilizarea acestora în panificație. Conform datelor obținute la mixolab toate probele de făină pot fi utilizate pentru obținerea unor produse finite de calitate. Totuși, o parte din acestea în funcție de destinația lor trebuie ameliorate.

7.4. La alveograf s-au efectuat determinări doar pentru făina albă de grâu. Trebuie menționat că acest aparat reologic este cel mai utilizat la nivel național pentru evaluarea calității făinii de grâu. Cei mai importanți parametri alveografici care reflectă calitatea făinii de grâu sunt energia de deformare (W) și raportul de configurare a curbei alveografice P/L. Conform valorilor acestor parametri toate varietățile de grâu (exceptând Tonnage, Flavor și Solindo) sunt puternice pentru panificație. Dintre specii, cele antice sunt mai puternice pentru panificație comparativ cu speciile de grâu comun. Aceste rezultate indică faptul că probele de făină de grâu necesită o ușoară ameliorare pentru obținerea unor produse finite de calitate.

7.5. Rezultatele obținute la aparatul reofermentometru indică faptul că specia *Triticum monococcum* ar putea conduce la produse de panificație de calitate mai slabă comparativ cu celelalte specii analizate (valori mai reduse pentru volumul total de gaze format în aluat (VT), coeficientul de retenție a gazelor - CR). Comparativ cu celelalte specii de grâu, specia de grâu comun (făină integrală, făină albă) a prezentat cele mai mari valori pentru CR dar valori mai mici ale VT comparativ cu specia *Triticum spelta*. Din punct de vedere al valorii indicelui de cădere (FN) în general, făina din grâu comun (albă, integrală) se încadrează ca făină cu activitate  $\alpha$ -amilazică redusă și speciile de făină din grâu antic se încadrează ca făinuri cu

activitate  $\alpha$ -amilazică normală. Totuși, există diferențe între varietăți, câteva probe prezentând o activitate  $\alpha$ -amilazică ridicată. Acest fapt este important pentru procesorii din industria de morărit-panificație, care după caz pot ajusta cantitatea de  $\alpha$ -amilază din făina de grâu (de exemplu în cazul probelor cu activitate  $\alpha$ -amilazică redusă pot adăuga exogen  $\alpha$ -amilază). Acest fapt poate îmbunătăți calitatea făinii de grâu și implicit proprietățile reologice ale aluatului de frământare, întindere biaxială, vâscozitate, fermentare.

Conform rezultatelor obținute toate speciile de grâu analizate pot fi utilizate cu succes în industria de morărit-panificație cu rezultate foarte bune dacă se realizează o ameliorare a acestora sau o adaptare a procesului tehnologic. Totuși, o parte dintre varietăți pot fi utilizate și neadaptate dar cu o adaptare a procesului tehnologic pentru obținerea unor produse finite de bună calitate.

Originalitatea tezei de doctorat constă în analiza calității și diversității genetice a unor varietăți de grâu, cultivate în România, aparținând unor specii diferite (*Triticum aestivum* L., *Triticum monococcum* L., *Triticum spelta* L.) din colecția Băncii de Resurse Genetice Vegetale *Mihai Cristea* Suceava și luând în considerare, particularitatea fiecărei specii, statutul biologic și originea acesteia. Marea majoritate a varietăților de grâu comun, luate în studiu, de origine românească, precum Izvor, Glosa, Andrada, Dumbrava sau străine, precum: Sosthene, Amicus, Apache, Anapurna sunt înscrise în Catalogul Oficial al Soiurilor din România, publicat în 2021. În plus, utilizarea speciilor antice de grâu din colecția Băncii de Resurse Genetice Vegetale *Mihai Cristea* Suceava, precum: *Triticum monococcum* și *Triticum spelta*, evidențiază aspecte importante privind vechile specii de grâu. Pentru evaluarea calității speciilor și varietăților s-au efectuat analize complexe, în premieră la nivel național și internațional, ca de exemplu, tehnica avansată FT-IR-ATR și corelarea cu succes a rezultatelor obținute cu metode standard de analiză. De asemenea, evaluarea complexă a compoziției fizico-chimice, inclusiv a substanțelor minerale (calciu, magneziu, fosfor, sodiu, zinc, fier, mangan, cupru), a conținutului total de polifenoli, de flavonoide, activitatea antioxidantă, profilul polifenolic pentru fiecare varietate de grâu, a microstructurii boabelor de grâu folosind aparatură modernă din cadrul laboratoarelor Universității “Ștefan cel Mare” Suceava este o premieră la nivel național și internațional. Utilizarea în premieră națională a aparatului SRC-Chopin 2 pentru evaluarea calității făinii de grâu dar și determinarea proprietăților reologice într-o formă complexă (frământare, întindere biaxială, vâscozitate, fermentare) pentru aceste varietăți de grâu este o premieră la nivel internațional.

Continuarea cercetărilor poate fi extrem de vastă. Obținerea de produse finite din aceste varietăți de grâu cu evaluarea caracteristicilor de calitate, ameliorarea acestor varietăți, adaptarea procesului tehnologic în vederea obținerii unor valori optime pentru industria de morărit-panificație, evaluarea caracteristicilor de calitate pe o perioadă de cultivare mai mare (ani/decenii) sunt câteva din direcțiile de cercetare care pot fi luate în considerare. De asemenea, evaluarea conținutului de aminoacizi, acizi grași, vitamine, etc. din aceste varietăți de grâu pot constitui obiective ale unor studii viitoare de cercetare.



## BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

- Alamri, M., Manthey, F., Mergoum, M., Elias, E., & Khan, K. (2009). Assessing spring wheat quality using the glutograph instrument. *Cereal Foods World*, 54(3). <https://doi.org/10.1094/CFW-54-3-0124>
- Charmet, G. (2011). Wheat domestication: Lessons for the future. In *Comptes Rendus - Biologies* (Vol. 334, Issue 3, pp. 212–220). Elsevier Masson SAS. <https://doi.org/10.1016/j.crvi.2010.12.013>
- de Sousa, T., Ribeiro, M., Sabença, C., & Igrejas, G. (2021). The 10,000-year success story of wheat! In *Foods* (Vol. 10, Issue 9). MDPI. <https://doi.org/10.3390/foods10092124>
- FAO. (2018). *Biodiversity of Turkey: Contribution of Genetic Resources to Sustainable Agriculture and Food System*.
- Giambanelli, E., Ferioli, F., Koçaoglu, B., Jorjadze, M., Alexieva, I., Darbinyan, N., & D'Antuono, L. F. (2013). A comparative study of bioactive compounds in primitive wheat populations from Italy, Turkey, Georgia, Bulgaria and Armenia. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(14), 3490–3501. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6326>
- Goriewa-Duba, K., Duba, A., Wachowska, U., & Wiwart, M. (2018). The Never-Ending Story of the Phylogeny and Taxonomy of Genus *Triticum* L. *Russian Journal of Genetics*, 54(12), 1429–1437. <https://doi.org/10.1134/S1022795418120037>
- Graurb, D. (1995). Wheat Evolution. *Israel Journal of Plant Sciences*, 43(2), 85–98. <https://doi.org/10.1080/07929978.1995.10676595>
- Kan, M., Küçükçongar, M., Keser, M., Morgounov, A., Muminjanov, H., Özdemir, F., & Qualset, C. (2015). *Wheat Landraces in Farmers' Fields in Turkey. National Survey, Collection and Conservation, 2009-2014*. [www.fao.org/publications](http://www.fao.org/publications)
- Longin, C. F. H., Ziegler, J., Schweiggert, R., Koehler, P., Carle, R., & Würschum, T. (2016). Comparative study of hulled (einkorn, emmer, and spelt) and naked wheats (durum and bread wheat): Agronomic performance and quality traits. *Crop Science*, 56(1), 302–311. <https://doi.org/10.2135/cropsci2015.04.0242>
- Mefleh, M., Conte, P., Fadda, C., Giunta, F., Piga, A., Hassoun, G., & Motzo, R. (2019). From ancient to old and modern durum wheat varieties: interaction among cultivar traits, management, and technological quality. In *Journal of the Science of Food and Agriculture* (Vol. 99, Issue 5, pp. 2059–2067). John Wiley and Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9388>
- Palacios, I., Lozano, M., Moro, C., D'Arrigo, M., Rostagno, M. A., Martínez, J. A., García-Lafuente, A., Guillamón, E., & Villares, A. (2011). Antioxidant properties of phenolic compounds occurring in edible mushrooms. *Food Chemistry*, 128(3), 674–678. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.085>
- Pauliuc, D., Dranca, F., & Oroian, M. (2020). Antioxidant activity, total phenolic content, individual phenolics and physicochemical parameters suitability for Romanian honey authentication. *Foods*, 9(3). <https://doi.org/10.3390/foods9030306>
- Peng, J. H., Sun, D., & Nevo, E. (2011). Domestication evolution, genetics and genomics in wheat. In *Molecular Breeding* (Vol. 28, Issue 3, pp. 281–301). <https://doi.org/10.1007/s11032-011-9608-4>
- Popescu, A. (2018). Maize and wheat-top agricultural products produced, exported and imported by Romania. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 18.
- Rahman, S., Islam, S., Yu, Z., She, M., Nevo, E., & Ma, W. (2020). Current progress in understanding and recovering the wheat genes lost in evolution and domestication. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(16), 1–19

- <https://doi.org/10.3390/ijms21165836>
- Șerban, L. R., Păucean, A., Man, S. M., Chiș, M. S., & Mureșan, V. (2021). Ancient wheat species: Biochemical profile and impact on sourdough bread characteristics—a review. In *Processes* (Vol. 9, Issue 11). MDPI. <https://doi.org/10.3390/pr9112008>
- Tadesse, W., Bishaw, Z., & Assefa, S. (2019). Wheat production and breeding in Sub-Saharan Africa: Challenges and opportunities in the face of climate change. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 11(5), 696–715. <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-02-2018-0015>
- Takač, V., Tóth, V., Rakszegi, M., Mikić, S., Miroslavljević, M., & Kondić-špika, A. (2021). Differences in processing quality traits, protein content and composition between spelt and bread wheat genotypes grown under conventional and organic production. *Foods*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/foods10010156>
- Tran, K. D., Konvalina, P., Capouchova, I., Janovska, D., Lacko-Bartosova, M., Kopecky, M., & Tran, P. X. T. (2020). Comparative study on protein quality and rheological behavior of different wheat species. *Agronomy*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/agronomy10111763>
- Wieser, H., Koehler, P., & Scherf, K. A. (2020). The Two Faces of Wheat. In *Frontiers in Nutrition* (Vol. 7). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.517313>



## DISEMINAREA REZULTATELOR CERCETĂRII

Rezultatele cercetărilor prezentate în teză s-au materializat prin publicarea a **4 articole** științifice în reviste de specialitate indexate Web of Science cu factor de impact, dintre care 3 articole Q1 și 1 articol Q4, a **1 articol** indexat în diferite baze de date internaționale (SCOPUS) și prin comunicarea a **4 lucrări** la manifestări științifice naționale și internaționale.

### A. Articole publicate în reviste indexate Web of Science (WoS) cu factor de impact

1. **Golea, C.M.**, Codină, G.G., Oroian, M., 2023, Prediction of wheat flours composition using fourier transform infrared spectrometry (FT-IR), *Food Control*, 143. (factor de impact 5,6) – **articol Q1**. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109318>
2. **Golea, C.M.**, Galan, P.-M., Leti, L.-I., Codină, G.G., 2023, Genetic diversity and physicochemical characteristics of different wheat species (*Triticum aestivum L.*, *Triticum monococcum L.*, *Triticum spelta L.*) cultivated in Romania, *Applied Sciences* 13, 4992. (factor de impact 2,5) – **articol Q1**. <https://doi.org/10.3390/app13084992>
3. **Golea, C.M.**, Stroe, S.-G., Gâțlan, A.-M., Codină, G.G., 2023, Physicochemical characteristics and microstructure of ancient and common wheat grains cultivated in Romania. *Plants* 12, 2138. (factor de impact 4,0) - **articol Q1**. <https://doi.org/10.3390/plants12112138>
4. **Golea, C.M.**, Șandru, M.D., Codină, G.G., 2022, Mineral composition of flours produced from modern and ancient wheat varieties cultivated in Romania, *Ukrainian Food Journal*, 11(1), 78–89. (factor de impact 0,13) - **articol Q4**. <https://nuft.edu.ua/doi/doc/ufj/2022/1/9.pdf>

### B. Articole publicate în reviste indexate BDI (SCOPUS)

1. **Golea, C.M.**, Stroe, S.-G., Codină, G.G., 2021, Mineral composition of different wheat varieties cultivated in Romania, 21(6.1), 23–30, International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM.

### C. Lucrări comunicate la manifestări științifice internaționale și naționale

1. **Golea, C.M.**, Codină, G. G., 2020, Aspects related of the wheat varieties conservation from the Vegetal Genetic Resources Bank of Suceava, (ISSN 2068-7648), Conferința internațională „Student in Bucovina”, Suceava, România, 18 decembrie, 2020.
2. **Golea, C. M.**, Codină, G. G., 2021, Chemical analyses of different wheat varieties cultivated in Romania, (ISSN 2068–0819), Conferința Internațională “Biotechnologies, Present and Perspectives” ediția a-8-a, Suceava, Romania, 15 noiembrie, 2021.
3. **Golea, C. M.**, Galan, P.-M., Leti, L.-I., Codină, G. G., 2022, Assessing of the genetic diversity of various wheat varieties cultivated in Romania. (ISBN 978-9975-45-851-1), Conferința Internațională “Modern Technology In The Food Industry”, ediția a-5-a, Chișinău, Republica Moldova, 20-22 octombrie, 2022.

4. **Golea, C. M.**, Codină, G. G., 2024, Studiu comparativ privind caracteristicile fizico-chimice și microstructura boabelor de grâu antic și modern., Sesiunea anuală de referate și comunicări științifice, BRGV, Suceava, Romania, 16 iulie, 2024.

#### **D. Alte publicații care nu sunt pe problematica tezei de doctorat**

1. Șandru M. D., **Golea M. C.**, Blaga D. D., 2023. *Vascular flora from the ecoton zones of the Slătioara secular forest*, Open Journal of Forestry , Volume 13, <https://doi.org/10.4236/ojf.2023.131006>.
2. Șandru M. D., Blaga D. D., **Golea M. C.**, 2023. *Conservation of crop wild relatives of to enhance food security*, Agriculture and Forestry Biodiversity (ISBN 978-606-34-0472-6), Editura ASE, București, 2023.

#### **E. Alte participări la conferințe care nu sunt pe problematica tezei de doctorat**

1. Atudorei, D., **Golea, M. C.**, 2020. Physical and physiological modifications of different legumes types during the germination process. Conferința internațională „Student in Bucovina”, Suceava, România, 18 decembrie, 2020.
2. Șandru M. D., **Golea M. C.**, 2024. Inventory of traditional cultivars/local varieties, especially of important food legumes (chickpeas, common beans, lentils, lupine) kept in peasant households in Romania. Sesiunea anuală din cadrul proiectului european INCREASE, FAO, Roma, Italia, 8-10 mai 2024.

#### **F. Membru proiecte de cercetare**

1. INCREASE - Colecții Inteligente de Resurse Genetice de Leguminoase Alimentare pentru Sistemele Europene de Produse Agroalimentare, Proiect european din cadrul programului HORIZON 2020, 2020-2025.
2. DECIDE - dezvoltare prin educație antreprenorială și cercetare inovativă doctorală și postdoctorală”, Proiect cofinanțat din Programul Operațional Capital Uman 2014-2020.
3. Ameliorarea de precizie a cultivarelor de grâu cu valoare agronomică ridicată, Proiect finanțat de MEC, PED 2019, 2020-2023.
4. Cercetări cu privire la colectarea germoplasmei, inițierea și dezvoltarea unui program de ameliorare a fasolei de câmp (*Phaseolus vulgaris* L.) cu rezistență față de stresul hidric, Proiect sectorial finanțat de MADR ADER 1.3.3., 2023-2026.

