



IOSUD – Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați
Școala doctorală de Științe fundamentale și ingineresti

TEZĂ DE DOCTORAT

– REZUMAT –

**Influența adaosului de pudră de măceșe
asupra reologiei aluatului și a calității pâinii**

Doctorand,

ing. Nicoleta PIRCU (VARTOLOMEI)

Conducător științific,

Prof. univ. dr. ing. Maria TURTOI

Seria I7: Ingineria produselor alimentare Nr. 11

GALAȚI 2020



TEZĂ DE DOCTORAT

– REZUMAT –

Influența adaosului de pudră de măceșe asupra reologiei aluatului și a calității pâinii

Doctorand,

ing. Nicoleta PIRCU (VARTOLOMEI)

Susținerea publică a tezei de doctorat va avea loc online în **04.12.2020**, ora **11:00** la adresa publică:

<https://teams.microsoft.com/l/team/19%3a1a86e71b0e5d47b08b6079122dbaf804%40thread.tacv2/conversations?groupId=6bc88f24-4976-48d6-99ce-26c43fcb3fd5&tenantId=445e5699-60fa-4f59-8e7f-778197a4d740>

Președinte

Prof. dr. ing. *Gabriela Elena BHRIM*
Decan, Facultatea Știința și Ingineria Alimentelor
Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați

**Conducător
științific**

Prof. dr. ing. *Maria TURTOI*
Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați

**Referenți
științifici**

1. Cercet. șt. gr. I dr. ing. *Nastasia BELC*
Director general, Institutul Național de Cercetare Dezvoltare pentru
Bioresurse Alimentare, IBA București; Membru titular al Academiei
de Științe Agricole și Silvicultură „Gheorghe Ionescu Șișești”
2. Prof. dr. ing. *Silvia MIRONEASA*
Universitatea „Ștefan cel Mare” din Suceava
3. Prof. dr. ing. *Iuliana BANU*
Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați

Seriile tezelor de doctorat susținute public în UDJG începând cu 1 octombrie 2013 sunt:

Domeniul fundamental Științe Inginerești

Seria I 1: **Biotehnologii**

Seria I 2: **Calculatoare și tehnologia informației**

Seria I 3: **Inginerie electrică**

Seria I 4: **Inginerie industrială**

Seria I 5: **Ingineria materialelor**

Seria I 6: **Inginerie mecanică**

Seria I 7: **Ingineria produselor alimentare**

Seria I 8: **Ingineria sistemelor**

Seria I 9: **Inginerie și management în agricultură și dezvoltare rurală**

Domeniul fundamental Științe Sociale

Seria E 1: **Economie**

Seria E 2: **Management**

Seria SSEF: **Știința sportului și educației fizice**

Domeniul fundamental Științe Umaniste și Arte

Seria U 1: **Filologie-Engleză**

Seria U 2: **Filologie-Română**

Seria U 3: **Istorie**

Seria U 4: **Filologie–Franceză**

Domeniul fundamental Matematică și Științe ale Naturii

Seria C: **Chimie**

Domeniul fundamental Științe Biologice și Biomedicale

Seria M: **Medicină**

„*Valoarea unui om se măsoară după greutățile pe care el le învinge.*” – *Voltaire*

Cuvânt înainte

Mulțumiri

Orice teză de doctorat își propune rezolvarea unei necunoscute, aducând argumente mai mult sau mai puțin inedite, în funcție de domeniul de cercetare.

Cu ajutorul Bunului Dumnezeu am ajuns aici, la ultima pagină a acestui capitol interesant din viața mea: cel al trăirii și scrierii acestei teze de doctorat. Au fost momente când am privit cu multă încredere țelul pe care voiam să îl ating, dar și clipe când m-am întrebat dacă merg în direcția bună, dacă timpul va ține cu mine și îmi va acorda răgazul de a încheia munca începută.

Sunt oameni din viața mea care m-au înconjurat cu inteligența și energia lor, cu dragoste sau grijă. Din pasiunea lor m-am inspirat. Și am căpătat certitudini din crezul cu care ei au privit către mine.

Le mulțumesc lor! Și tuturor celor care citind aceste rânduri se vor recunoaște ca fiind printre cei care mi-au fost aproape.

Vreau să cred că munca mea, concretizată în această lucrare, va contribui într-o măsură cât de mică la progresul industriei de panificație, un domeniu minunat, în care am avut privilegiul să pătrund.

Teza de doctorat *Influența adaosului de pudră de măceșe asupra reologiei aluatului și a calității pâinii* a fost elaborată sub conducerea de înaltă competență și probitate profesională a conducătorului științific **Prof. dr. ing. Maria TURTOI**. Experiența din domeniul ingineriei, profesionalismul și competența științifică și didactică, calitățile umane deosebite, dar mai ales răbdarea pe care mi-a acordat-o pe întreaga perioadă a activității mele de cercetare m-au ajutat să finalizez lucrarea de doctorat. *Vă mulțumesc domnă profesoară că ați acceptat să-mi împărtășiți din bogata dumneavoastră experiență dobândită de-a lungul anilor de studiu. Fără sprijinul dumneavoastră nu aș fi putut realiza această teză.*

Deosebită grațitudine datorez membrilor comisiei de îndrumare: prof. dr. ing. **Iuliana BANU**, prof. dr. ing. **Anca NICOLAU**, conf. dr. ing. **Gheorghe ZGHEREA** și șef lucrări dr. ing. **Livia PATRAȘCU** atât pentru timpul prețios acordat, pentru sfaturile științifice valoroase, cât și pentru îndrumarea competență și permanență pe parcursul elaborării și realizării acestei lucrări.

Mulțumesc distinșilor referenți oficiali, doamna Cercet. Șt. gr. I dr. ing. **Nastasia BELC** și doamna prof. dr. ing. **Silvia MIRONESA** pentru onoarea de a face parte din comisia de susținere publică și de a evalua și analiza teza de doctorat.

În mod special doresc să mulțumesc domnului ing. dipl. **Dumitru ZAHARIA**, directorul S.C. **DIZING S.R.L.** Brusturi, Tg. Neamț pentru înțelegerea, sprijinul acordat și, mai ales, pentru suportul material și logistic pus la dispoziție pentru realizarea determinărilor experimentale.

Mulțumiri domnului prof. dr. ing. ec. **Mihai LEONTE** care mi-a îndreptat pașii spre cercetarea științifică în domeniul panificației încă din perioada studiilor de licență și master.

Recunoștința mea se îndreaptă către șef lucrări dr. fiz. **Alin Cristian TEUSDEA**, Universitatea din Oradea, Facultatea de Protecția Mediului, Departamentul de Ingineria Mediului căruia doresc să-i mulțumesc pentru timpul și sfaturile științifice prețioase acordate.

Această teză de doctorat nu ar fi fost completă fără sfatul domnului prof. dr. chim. **Neculai Doru MIRON** † care din păcate nu mai este prezent printre noi.

Multe mulțumiri foștilor colegi de la Universitatea „Vasile Alecsandri” din Bacău, Facultatea de Inginerie, Departamentul ICA care m-au sprijinit și încurajat în fiecare moment dificil, în mod special prof. dr. chim. **Adriana-Luminița FÎNARU**, conf. dr. ing. **Alisa Vasilica ARUȘ**, șef lucrări dr. ing. **Andrei Ionuț SIMION**, dr. ing. **Alina Mihaela MOROI** cărora le adresez nenumărate mulțumiri.

Părinților mei, le mulțumesc pentru sprijinul moral, pentru înțelegerea și susținerea acordate pe întreaga perioadă a studiilor doctorale.

*Mai mult decât simple mulțumiri, adresez în mod special soțului meu **Lucian Dumitru** care a fost alături de mine de la începutul călătoriei pe acest drum, m-a ridicat în momente de îndoială, m-a susținut necondiționat în fiecare clipă. Fără el, obstacolele apărute ar fi părut de netrecut, succesele obținute și-ar fi pierdut din strălucire.*

Cele mai multe și sincere mulțumiri le dedic *copiilor **Lucian Nicolae, Andrei și Casian Ioan, lumina sufletelor noastre**, care au trecut în tot acest timp printr-o perioadă grea, privați fiind de atenția totală care li s-ar fi convenit. Lor le dedic această reușită.*

Și celor pe care nu i-am menționat aici și au fost alături de mine și mi-au oferit ajutorul lor ori de câte ori am avut nevoie, le mulțumesc!

„Nu cred că există vreo emoție ce poate străbate inima omului precum cea simțită de un inventator când vede o creație a minții îndreptându-se către success.”
(Nikola TESLA)

Vă mulțumesc!

Drd. ing. **Nicoleta PIRCU VARTOLOMEI**



Galați, decembrie 2020

Cuprins

	Pag. teză	Pag. rezumat
Introducere	xiii	ix
Introduction	xv	
Notații și abrevieri	xvii	
Lista figurilor și tabelor	xvii	
Lista figurilor	xix	
Lista tabelor	xxiii	
1. Importanța pâinii în alimentație	1	1
1.1. Istoricul apariției pâinii pe scurt	1	1
1.2. Importanța produselor de panificație în alimentația omului	2	1
<i>Bibliografie</i>	4	
2. Adaosuri în pâine	5	1
2.1. Introducere: beneficii ale adaosurilor în pâine	5	1
2.2. Adaosul de ingrediente de origine vegetală	6	2
2.2.1. Adaosul de făină sau crupe din alte cereale	6	2
2.2.2. Adaosul de făină sau semințe de pseudocereale	7	2
2.2.3. Adaosul de tuberculi	8	2
2.2.4. Adaosul de făină de leguminoase	9	2
2.2.5. Adaosul de fructe	10	3
2.2.6. Alte adaosuri	12	3
2.3. Amelioratori utilizați în panificație	15	3
2.4. Utilizarea și rolul acidului ascorbic în panificație	17	4
2.5. Posibilități de înlocuire a acidului ascorbic de sinteză	20	6
<i>Bibliografie</i>	23	
3. Reologia aluatului	33	
3.1. Proprietățile reologice ale aluatului	33	
3.2. Factori care influențează proprietățile reologice ale aluatului	34	
3.2.1. Calitatea făinii	34	
3.2.2. Umiditatea aluatului	35	
3.2.3. Temperatura aluatului	35	
3.2.4. Prelucrarea mecanică	35	
3.2.5. Durata de fermentare	36	
3.2.6. Adaosurile	36	
3.3. Tendințe ale cercetărilor actuale în reologia aluatului	37	
<i>Bibliografie</i>	39	

4. Calitatea pâinii	44
4.1. Aspecte privind calitatea pâinii	44
4.2. Evaluarea caracteristicilor de calitate ale pâinii	47
4.2.1. Caracteristicile de calitate externe ale pâinii	47
4.2.2. Caracteristicile de calitate interne ale pâinii	48
4.2.3. Textura, caracteristicile de calitate la consumare și aroma pâinii	48
4.3. Calitatea pâinii influențată de adaosurile vegetale	49
<i>Bibliografie</i>	50
5. Materiale și metode	55
5.1. Materiale	55
5.1.1. Făină de grâu	55
5.1.2. Pudra de măceșe	56
5.1.2.1. Obținerea pudrei de măceșe	56
5.1.2.2. Caracterizarea pudrei de măceșe	57
5.1.3. Reactivi și ustensile de laborator	58
5.1.4. Aparatură de laborator	58
5.1.4.1. Cernător mecanic	59
5.1.4.2. Termobalanță	60
5.1.4.3. Cuptor de calcinare	60
5.1.4.4. Aparat pentru spălat gluten	60
5.1.4.5. Termostat	60
5.1.4.6. Farinograf	61
5.1.4.7. Extensograf	61
5.1.4.8. Amilograf	62
5.1.4.9. Reofermentometru	62
5.2. Metode	63
5.2.1. Metode pentru determinarea indicatorilor de calitate ai făinii de grâu	63
5.2.2. Metode pentru determinarea indicatorilor de calitate ai pudrei de măceșe	63
5.2.3. Metode pentru determinarea proprietăților reologice ale aluatului	64
5.2.3.1. Determinarea proprietăților reologice de frământare ale aluatului și a puterii făinii (Metoda farinografică)	64
5.2.3.2. Determinarea proprietăților reologice de întindere ale aluatului (Metoda extensografică)	65
5.2.3.3. Determinarea proprietăților reologice ale gelului de făină (Metoda amilografică)	66
5.2.3.4. Determinarea capacității făinii de a forma gaze și de a reține gazele de fermentare și determinarea dezvoltării aluatului (Metoda fermentografică)	68
5.2.4. Testul de coacere	70
5.2.5. Metode pentru determinarea caracteristicilor pâinii	70
5.2.6. Metode de analiză senzorială	71
5.2.6.1. Metoda cu 20 puncte	71
5.2.6.2. Testul hedonic	72
5.2.7. Analiza culorii și a imaginii pâinii	73
5.2.8. Metode de calcul și analiză statistică a datelor	74
<i>Bibliografie</i>	74

6. Stabilirea sortimentului de făină și a adaosurilor de pudră de măceșe	75	9
6.1. Alegerea făinurilor	75	9
6.1.1. Sortimente de făină analizate	75	9
6.1.2. Alegerea făinurilor pentru studiu	78
6.2. Analiza amestecurilor de făină cu pudră de măceșe	80	10
6.2.1. Umiditatea amestecurilor	81
6.2.2. Conținutul de cenușă al amestecurilor	82
6.2.3. Conținutul de proteine al amestecurilor	83
6.2.4. Conținutul de gluten umed al amestecurilor	84
6.2.5. Concluzii parțiale – alegerea sortimentului de făină	86
6.3. Stabilirea adaosurilor de pudră de măceșe	86	10
6.3.1. Compoziția fizico-chimică a amestecurilor FA cu 1, 2,5 și 5,0 % Pm	87	10
6.3.2. Testul farinografic	88	10
6.3.3. Testul extensografic	91	11
6.3.4. Testul amilografic	96	11
6.3.5. Testul fermentografic	97	11
6.3.6. Concluzii parțiale – alegerea nivelului de adaos pentru pudra de măceșe	101	11
<i>Bibliografie</i>	102
7. Influența adaosului de pudră de măceșe asupra reologiei aluatului	105	12
7.1. Influența pudrei de măceșe asupra compoziției amestecului făină albă de grâu – pudră de măceșe	105	12
7.2. Influența pudrei de măceșe asupra caracteristicilor farinografice ale aluatului	111	13
7.2.1. Capacitatea de hidratare	113	14
7.2.2. Timpul de dezvoltare al aluatului	115	14
7.2.3. Stabilitatea aluatului	116	15
7.2.4. Gradul de înmuiere al aluatului	117	15
7.2.5. Indicele de calitate farinografic	119	15
7.3. Influența pudrei de măceșe asupra caracteristicilor extensografice ale aluatului	120	16
7.4. Influența pudrei de măceșe asupra caracteristicilor amilografice ale aluatului	127	19
7.5. Influența pudrei de măceșe asupra caracteristicilor reofermentografice ale aluatului	129	20
7.6. Concluzii parțiale – influența adaosului de Pm asupra reologiei aluatului	134	23
<i>Bibliografie</i>	135
8. Influența adaosului de pudră de măceșe asupra caracteristicilor fizico-chimice și senzoriale ale pâinii	139	25
8.1. Introducere. Determinarea calității pâinii	139	25
8.2. Influența pudrei de măceșe asupra caracteristicilor fizico-chimice ale pâinii	140	25
8.2.1. Influența pudrei de măceșe asupra dimensiunilor pâinii	140	25
8.2.2. Influența pudrei de măceșe asupra volumului pâinii	141	27

8.2.3. Influența pudrei de măceșe asupra umidității pâinii	144	27
8.2.4. Influența pudrei de măceșe asupra acidității pâinii	145	28
8.2.5. Influența pudrei de măceșe asupra porozității miezului pâinii	146	28
8.2.6. Influența pudrei de măceșe asupra elasticității miezului pâinii	147	29
8.3. Influența pudrei de măceșe asupra însușirilor senzoriale ale pâinii	148	29
8.3.1. Analiza senzorială cu ajutorul metodei cu 20 puncte	148	29
8.7.2. Analiza senzorială cu ajutorul testului hedonic	150	
8.4. Concluzii parțiale – influența pudrei de măceșe asupra însușirilor pâinii	151	31
<i>Bibliografie</i>	152	
9. Colorimetria și imagistica pâinii	155	31
9.1. Introducere. Importanța studierii culorii pâinii	155	31
9.2. Materiale și metode	156	32
9.2.1. Analiza culorii miezului pâinii	156	32
9.3. Influența adaosului de pudră de măceșe asupra culorii și imaginii pâinii	159	
9.4. Rezultatele testului bifactorial ANOVA	167	33
9.5. Rezultatele analizei multivariate	175	
9.6. Concluzii parțiale – colorimetria și imagistica pâinii	180	35
<i>Bibliografie</i>	181	
10. Concluzii finale, contribuții originale și perspective	183	36
10.1. Concluzii finale	183	36
10.2. Contribuții originale	188	42
10.3. Perspective și direcții viitoare de cercetare	188	42
<i>Bibliografie selectivă</i>		43
Lista lucrărilor publicate și prezentate	189	52
<i>Curriculum vitae</i>	193	
Anexe	196	
Anexa 1. Farinograme	197	
Anexa 2. Amilograme	199	
Anexa 3. Extensograme	201	
Anexa 4. Reofermentograme	203	
Anexa 5. Imagini ale pâinilor obținute	205	

Introducere

Motivația și obiectivele științifice ale tezei de doctorat

Din punct de vedere nutrițional, pâinea reflectă în mare măsură valoarea nutritivă a făinii, principalul ingredient din care se obține. Pentru a suplini unele deficiențe ale făinii sau pentru a i se îmbunătăți proprietățile bioactive, pâinea este adesea fortifiată prin adaosul altor ingrediente. Multe dintre adaosuri, în funcție de proporția în care sunt folosite, modifică proporția componentelor din făină, influențând în special formarea unei rețele glutenice puternice care să rețină gazele produse la fermentare, prin reducerea proporției de proteine formatoare de gluten în amestecul rezultat. Pentru remediere și pentru a influența pozitiv calitatea și prospețimea pâinii se utilizează amelioratori.

Acidul ascorbic (AA) sau vitamina C este utilizat atât pentru accelerarea maturării făinii, cât și la prelucrarea făinurilor slabe, respectiv la frământarea intensivă și rapidă datorită rolului important de mediere a reacțiilor de oxidare care stabilizează aluatul pentru păstrarea proprietăților elastice și vâscoase astfel încât aluatul să rețină cât mai multe gaze de fermentare. AA mai contribuie la o dospire mai rapidă, la obținerea unei pâini cu volum mai mare, cu un miez mai fin, cu pori mai mici și mai mulți, uniform distribuiți, dar și la reducerea grosimii cojii. Aceste modificări au ca rezultat și un miez mai moale, ceea ce face ca pâinea să fie proaspătă mai mult timp.

AA utilizat în panificație este obținut în general prin sinteză chimică (E300). Orientările actuale către compuși bioactivi proveniți din surse naturale au identificat posibilitatea înlocuirii AA de sinteză cu materiale naturale. Există multe produse vegetale care conțin în mod natural niveluri ridicate de AA, de exemplu măceșe, merișoare, acerola și prune kakadu. Acerola a fost utilizată în pâine sub formă de extract ca înlocuitor de AA cu rezultate bune.

Măceșele au fost utilizate în cercetări sub formă de pudră sau extract, în diferite amestecuri de ingrediente, însă în nici un studiu nu s-a urmărit înlocuirea AA de sinteză cu măceșe. Ideea utilizării măceșelor ca posibil înlocuitor al AA de sinteză a generat obiectivele acestei lucrări.

Obiectivul general al tezei de doctorat este determinarea influenței adaosului de pudră de măceșe, ca înlocuitor natural al acidului ascorbic, asupra reologiei aluatului și a calității pâinii.

Obiectivele specifice care derivă din obiectivul general sunt:

- Studiul rolului acidului ascorbic în făină și aluat la obținerea pâinii și a posibilității înlocuirii compusului chimic de sinteză cu materiale naturale cu conținut ridicat de vitamina C;

- Obținerea și caracterizarea pudrei de măceșe (Pm);
- Studiul influenței Pm asupra proprietăților fizico-chimice ale făinii;
- Stabilirea intervalului de adaos a Pm și alegerea făinii potrivite pentru studiu;
- Studiul influenței Pm asupra caracteristicilor reologice ale aluatului;
- Studiul influenței Pm asupra proprietăților fizico-chimice și senzoriale ale pâinii;
- Depunerea unei cereri de brevet de invenție *Pâine cu adaos de pudră de măceșe și procedeu de obținere a acesteia*.

Descrierea capitolelor tezei de doctorat

Primul capitol prezintă informații despre istoricul apariției pâinii și importanța produselor de panificație în alimentația omului.

Capitolul doi conține un studiu documentar despre adaosuri în pâine, utilizarea și rolul acidului ascorbic în panificație și posibilitățile de înlocuire a acidului ascorbic de sinteză cu produse naturale cu conținut mare de vitamina C.

În capitolul trei sunt prezentate proprietățile reologice ale aluatului, factorii care le influențează și tendințe ale cercetărilor actuale privind reologia aluatului.

Aspecte privind calitatea pâinii, influența unor adaosuri vegetale asupra proprietăților pâinii și evaluarea caracteristicilor de calitate ale pâinii sunt prezentate în capitolul patru.

În capitolul cinci sunt descrise succint materialele și metodele utilizate în cercetări.

Capitolul șase conține caracterizarea și alegerea făinurilor pentru studiu, influența pudrei de măceșe asupra făinii și stabilirea intervalului de adaos.

În capitolul șapte sunt prezentate rezultatele și discuțiile privind influența adaosului de pudră de măceșe asupra reologiei aluatului rezultată din analiza parametrilor reologici specifici obținuți în testele farinografic, extensografic, amilografic și reofermentografic.

Capitolul opt prezintă rezultatele și discuțiile privind influența adaosului de pudră de măceșe asupra caracteristicilor fizico-chimice și senzoriale ale pâinii, evidențiind îmbunătățirile datorate adaosului de pudră de măceșe și acceptabilitatea pâinii de către consumatori.

Capitolul nouă prezintă rezultatele obținute și centralizate în urma analizei de culoare a imaginilor prin scanarea color a miezului pâinii cu adaos de pudră de măceșe și prelucrare cu ajutorul unui soft de conversie din RGB în CIE $L^*a^*b^*$.

Ultimul capitol conține concluziile finale ale studiului, contribuțiile originale ale autoarei tezei de doctorat și direcțiile viitoare de cercetare propuse.

1. Importanța pâinii în alimentație

1.1. Istoricul apariției pâinii pe scurt

Pâinea, în formele variate în care se produce, reprezintă unul dintre cele mai importante alimente de bază consumate de omenire de-a lungul timpului (Cauvain, 2015, p. 1).

Mulți oameni consideră pâinea ca unul dintre cele mai vechi alimente. Deși este puțin probabil să fie identificat vreodată momentul în care a fost descoperită pâinea, producerea sa este datată estimativ cu circa 8.000 ani î.H (Zohari, 1986). Regiunea în care a fost obținută pentru prima dată este considerată a fi Orientul Mijlociu, mai exact regiunea denumită Semiluna Fertilă (*Fertile Crescent*) care cuprinde Irakul actual, Siria, Libanul, Israelul, Palestina, Iordania, Egiptul, regiunea de sud-est a Turciei, marginile vestice ale Iranului și Ciprul (Havilland *et al.*, 2013, p. 104).

Pâinea a evoluat, de-a lungul timpului, către forme variate, cu caracteristici distinctive și diferite, meșterii brutari realizând varietăți tradiționale pe baza cunoștințelor acumulate care aveau ca scop utilizarea cât mai bună a materiilor prime disponibile pentru a obține pâine cu calitatea dorită prin adaptarea metodelor existente și, adesea, dezvoltarea unora noi (Cauvain, 2015, p. 2).

1.2. Importanța produselor de panificație în alimentația omului

De-a lungul anilor, recomandările nutriționiștilor privind produsele dietetice care contribuie la îmbunătățirea și întreținerea stării de sănătate a populației au dus la creșterea consumului de produse pe bază de cereale, în special a celor cu conținut ridicat de fibre și a produselor cu valoare energetică redusă. Aceste recomandări au stat la baza întocmirii Piramidei Nutriționale la baza căreia se află produsele pe bază de cereale: pâine, paste făinoase, cereale pentru micul dejun, considerate baza unei alimentații raționale (USDA, 2011).

2. Adaosuri în pâine

2.1. Introducere: beneficii ale adaosurilor în pâine

Întrucât este unul dintre cele mai comercializate și consumate alimente, pentru multe popoare și categorii de populație reprezentând un aliment de bază, pâinea este adesea fortifiată pentru îmbunătățirea proprietăților bioactive (Boukid *et al.*, 2019). Fortifierea pâinii se realizează prin îmbogățire cu diferite ingrediente, cele mai răspândite fiind făinurile altor cereale (secară, orez, orz, ovăz,

porumb), pseudocereale (hrișcă, mei), cartofi sau semințe, dar și fructe, pudră de fructe, ciuperci, borhot de malț etc. (Martins *et al.*, 2017).

Dezvoltarea industriei de premixuri alimentare a permis obținerea unui sortiment bogat de pâine și produse de panificație cu destinație specială – pâine funcțională, îmbogățită cu compuși bioactivi: pâine îmbogățită în fibre alimentare, produse hipoglucidice, pâine vitaminizată etc. (Bijlwan *et al.*, 2019; Gioia *et al.*, 2017). Concomitent, se poate realiza și fortifierea proteică a pâinii, prin adaos de făină de soia (Shao *et al.*, 2009), făină din lapte de soia (Nilufer-Erdil *et al.*, 2012), izolat proteic din lupin (Paraskevopoulou *et al.*, 2012), făină din semințe degresate de floarea soarelui (Grasso *et al.*, 2020), leguminoase (Angioloni & Collar, 2012; Mohammed *et al.*, 2012), derivate proteice din industria laptelui (Kenny *et al.*, 2000) etc.

2.2. Adaosul de ingrediente de origine vegetală

2.2.1. Adaosul de făină sau crupe din alte cereale. Pâine și produse de panificație se obțin și din alte cereale, diferite de grâu. Pâinea multicereale este bogată în semințe și cereale (Moraru & Georgescu, 1999, p. 350), având în compoziție cantități variabile de făină sau crupe de cereale, de exemplu: făină de orez (Torbica *et al.*, 2010; Wu *et al.*, 2019), făină de ovăz (Hager *et al.*, 2011; Fraš *et al.*, 2018), făină de porumb (Aprodu & Banu, 2015), făină de orz (Al-Attabi *et al.*, 2017), făină de secară (Döring *et al.*, 2015; Cardoso *et al.*, 2019), făină de alac, grâu spelt, grâu einkorn (Geisslitz *et al.*, 2017).

2.2.2. Adaosul de făină sau semințe de pseudocereale. În literatură există numeroase studii referitoare la adaosul de făină de pseudocereale în pâine, de exemplu: făină de hrișcă (Nikolić *et al.*, 2011; Liu *et al.*, 2017), făină de sorg (Sibanda *et al.*, 2015), făină de mei (Singh *et al.*, 2012; Wang *et al.*, 2019), făină de tef (Ronda *et al.*, 2015; Shumoy *et al.*, 2018), făină de amarant (Heredia-Sandoval *et al.*, 2016; Miranda-Ramos *et al.*, 2019).

2.2.3. Adaosul de tuberculi. În pâine se adaugă făină obținută din tuberculi de cartofi (Ezekiel & Singh, 2011; Cao *et al.*, 2019, 2020), manioc (Rodriguez-Sandoval *et al.*, 2016), yam (Amandikwa *et al.*, 2016; Liu *et al.*, 2019), cartofi dulci (Azeem *et al.*, 2020; Mau *et al.*, 2020; Monthe *et al.*, 2019; Zhu & Sun, 2019) și topinambur (Barktiene *et al.*, 2013).

2.2.4. Adaosul de făină de leguminoase. Leguminoasele (fasole boabe, mazăre, linte, năut, manioc, chia, arahide, lupin etc.) sunt surse bogate de carbohidrați, vitamine și substanțe minerale (Wang *et al.*, 2010). Mazărea, linte, năutul și fasolea boabe sunt printre cele mai importante surse de proteine, amidon și fibre dietetice (Perez-Hidalgo *et al.*, 1997) întrucât conțin, raportat la substanța uscată, 18,5–30 % proteine, 35–51 % amidon și 14,6–26,3 % fibre

dietetice (Dalgetty & Baik, 2003; de Almeida Costa *et al.*, 2006; Wang *et al.*, 2009). Prin urmare, datorită compoziției bogate în aminoacizi și a conținutului de fibre, făinurile de leguminoase sunt ingrediente ideale pentru îmbunătățirea valorii nutritive a pâinii și a produselor de panificație (Mohammed *et al.*, 2012).

2.2.5. Adaosul de fructe. Deși fructele se adaugă în pâine de multă vreme, în ultimul timp au fost raportate numeroase studii care au investigat influența adaosului de fructe proaspete tăiate și fructe uscate bucăți sau sub formă de făină/pudră asupra proprietăților fizico-chimice, senzoriale și funcționale ale pâinii: pomelo proaspăt și uscat (Reshmi *et al.*, 2017), fibre de pere, mere și curmale (Bchir *et al.*, 2014), pudră de mere (Lauková *et al.*, 2016), făină de castane (Dall'Asta *et al.*, 2013; Moreira *et al.*, 2014), făină de banane (Ho *et al.*, 2013), pudră de boabe de cafea verde (Jakubczyk *et al.*, 2018), făină de dovleac uscat (Rakcejeva *et al.*, 2011), făină de semințe de roșcove (Papakonstantinou *et al.*, 2018) etc.

2.2.6. Alte adaosuri. În făina de grâu și în pâine se folosesc multe alte adaosuri, fie pentru consum, fie pentru studiu, precum: semințe sau făină din semințe degresate (susan, hrișcă, in, mei, mac), semințe oleaginoase (floarea-soarelui, dovleac), fibre dietetice din grâu, orz și ovăz (Sabanis *et al.*, 2009) sau din cartofi, făină de cereale germinate (grâu, orz, porumb) (Özlem *et al.*, 2011), făină din germeți de grâu (Sun *et al.*, 2015), făină din germeți de porumb degresați (Siddiq *et al.*, 2009), făină din sâmburi de caise (Dhen *et al.*, 2018), deșeuri de la prelucrarea ardeilor iuți (Sowbhagya *et al.*, 2015), făină de coji de ceapă uscată (Gawlik-Dziki *et al.*, 2013), făină din boștină (Karnopp *et al.*, 2015), făină din semințe de tomate (Mironeasa *et al.*, 2016), făină din semințe de struguri (Meral & Dogan, 2012; Peng *et al.*, 2010), făină din pielțe de struguri (Mironeasa *et al.*, 2018), ciuperci (Ulziijargal *et al.*, 2013), mirodenii: frunze de moringa, semințe de susan, chimion și mei (Agrahar-Murugkar, 2020), alge (*Chlorella vulgaris*) (Graça *et al.*, 2018).

2.3. Amelioratori utilizați în panificație

Amelioratorii sunt ingrediente utilizate în panificație, în cantități foarte mici, pentru a influența pozitiv calitatea și prospețimea pâinii și a produselor de panificație. Alegerea amelioratorului se face în funcție de ceea ce trebuie sau se dorește să fie îmbunătățit și cunoscând principalele proprietăți tehnologice ale făinii, în special puterea făinii și capacitatea ei de a forma gaze astfel încât să se obțină cel mai bun rezultat posibil (Bordei, 2004, p. 383).

Amelioratorii cei mai utilizați în panificație sunt:

- Enzime amilolitice: α -amilază din malț de cereale, α -amilază fungică (*Bacillus subtilis*), β -amilază, amilo-glucozidază fungică (*Aspergillus niger*);

- Enzime proteolitice: proteaze din malț, *A. oryzae* sau proteaze vegetale (papaină, bromelină);
- Pentozanaze: xilanaze exogene sau fungice;
- Lipaze fungice;
- Lipoxigenaze din grâu sau făină de soia;
- Transglutaminază produsă de bacteria *Streptovorticillium*;
- Celulaze;
- Emulgatori naturali: lecitină de la desmucilaginarea uleiului;
- Emulgatori sintetici: polialcool esterificat cu catene parafinice;
- Agenți de oxidare: acid L-ascorbil (E300), KBr (E924), KI (E917);
- Agenți de reducere: L-cisteină.

2.4. Utilizarea și rolul acidului ascorbic în panificație

Acidul ascorbic (AA) este utilizat ca ameliorator la fabricarea pâinii încă din 1935 (Wieser, 2012, p. 461). AA se adaugă fie în făină, fie direct în aluat. Rolul AA în panificație este de mediere a reacțiilor de oxidare care stabilizează aluatul pentru păstrarea proprietăților elastice și vâscoase astfel încât aluatul să poată reține gaze și să treacă prin etapele procesului de fabricare a pâinii (întindere, modelare etc.) (Wieser, 2012, p. 459). În prezența oxigenului și a ascorbat-oxidazei, enzimă prezentă în mod natural în făină, AA este convertit în acid dehidroascorbic (ADA) – forma activă în aluat. Efectul de îmbunătățire produs în aluat de către ADA se bazează pe îndepărtarea rapidă a glutatationului endogen care altfel ar cauza slăbirea aluatului prin schimbul reciproc de grupări SH/SS cu proteinele glutenice (Grosch & Wieser, 1999). Glutatationul (GSH) este o tripeptidă, γ -glutamyl-cisteinil-glicină, prezentă în mod natural în făină, atât liberă, cât și legată de proteine. GSH poate forma legături disulfurice (SS) cu proteinele glutenice cu masă moleculară mică (LMW-GS), împiedicându-le astfel să participe în legăturile încrucișate care duc la formarea rețelei glutenice și slăbind astfel rețeaua glutenică (Li *et al.*, 2004b; Joye *et al.*, 2009a).

În prima etapă, AA este oxidat la ADA de către oxigenul prezent în aluat. Reacția depinde de cantitatea de oxigen introdus în aluat. Prin urmare, viteza de oxidare a AA în aluat este corelată cu turația brațului frământătorului; ea crește semnificativ atunci când turația brațului malaxorului este mărită (Wieser, 2012, p. 462). În etapa următoare, GSH endogen este convertit în GSSG de către ADA care este redus la AA (Wieser, 2012, p. 462), astfel că ciclul se reia. Reformarea AA explică de ce cantități relativ mici de AA sunt suficiente pentru îmbunătățirea făinii, respectiv a aluatului (Belitz *et al.*, 2009, p. 718). Ciclul ascorbat–glutation, denumit și Halliwell–Asada, este prezentat în fig. 2.3 (Szöllősi, 2014, p. 92).

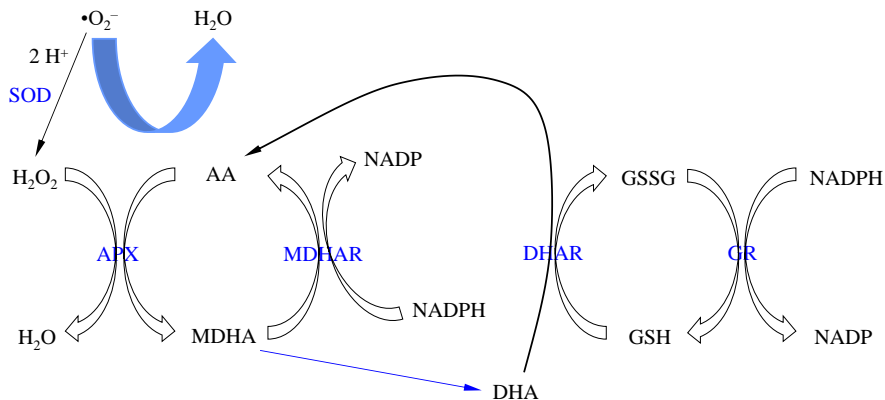


Fig. 2.3. Ciclul ascorbat–glutation / Halliwell–Asada (după Szöllösi, 2014, p. 92)

Săgețile albastre reprezintă reacțiile neenzimatice.

AA – acid ascorbic; MDHA – monodehidro-ascorbat; DHA – dehidro-ascorbat;
 GSH – glutation redus; GSSG – glutation oxidat; **APX** – ascorbat-peroxidaza;
MDHAR – monodehidro-ascorbat reductază; **DHAR** – dehidro-ascorbat reductază;
GR – glutation reductază; **SOD** – superoxid dismutază;
 NADPH – nicotinamid– adenin–dinucleotid fosfat redus;
 NADP – nicotinamid–adenin–dinucleotid fosfat.

AA se utilizează ca ameliorator întrucât adaosul său în aluat determină o creștere a volumului pâinii și o îmbunătățire a structurii miezului. Face parte din grupul amelioratorilor oxidanți cu acțiuni lentă întrucât viteza de reacție este rapidă doar la început, apoi este lentă dar de lungă durată datorită naturii ciclice (Wieser, 2012, p. 462). Într-adevăr, procesul are loc cu viteză mare la început, respectiv în primele 10 minute de frământare, după care scade datorită epuizării grupurilor –SH reactive (Berlitz *et al.*, 2009, p. 717).

Aceste procese au nevoie de o dezvoltare rapidă a aluatului care, odată obținut, trebuie stabilizat astfel încât să aibă rezistență mecanică bună și proprietăți bune de retenție a gazelor. De aceea, durata de obținere a aluatului atunci când se adaugă antioxidanți trebuie să fie scurtă, metoda de fabricare a pâinii fiind cea directă. Prin urmare, AA este un agent de oxidare utilizat pentru fabricarea pâinii prin procese cu timp redus sau chiar fără timp de dezvoltare a aluatului (*no-time dough*). În afara îmbunătățirii capacității glutenului de a reține gazele, acidul ascorbic mai contribuie la o dospire mai rapidă, la obținerea unei pâini cu volum mai mare, cu un miez mai fin, cu pori mai mici și mai mulți, uniform distribuiți, și la reducerea grosimii cojii. Aceste modificări au ca rezultat și un miez mai moale, ceea ce face ca pâinea să arate proaspătă mai mult timp (Campbel & Martin, 2012).

2.5. Posibilități de înlocuire a acidului ascorbic de sinteză

Deși vitamina C este prezentă în mod natural în multe fructe și legume, cea mai mare parte a AA cu care se aprovizionează industria de panificație este obținută prin reacții chimice care folosesc glucoza ca materie primă. Prin urmare, acidul ascorbic este clasificat compus chimic și are numărul E300.

Sahi (2012) prezintă o parte din rezultatele unor cercetări realizate la Campden BRI, Marea Britanie în care s-a urmărit înlocuirea AA de sinteză cu materiale vegetale bogate în AA. În cercetări au folosit extract de acerola. Datele experimentale divulgate arată că adaosul de extract de acerola a permis obținerea unui aluat cu proprietăți farinografice și extensografice bune. Astfel, timpul de dezvoltare a aluatului a fost egal cu cel obținut pentru proba martor cu adaos de AA de sinteză, iar gradul de înmuiere în încercările de frământare în farinograf a fost redus la 65 UB, dar apropiat de cel al aluatului cu AA de sinteză (70 UB), ambele mult mai mici decât gradul de înmuiere al matorului (120 UB). Rezistența la deformare a fost similară cu cea produsă de acidul ascorbic sintetizat chimic, chiar dacă extensibilitatea aluatului a fost mai redusă, iar volumul pâinii, structura miezului și textura au fost similare cu cele ale pâinii obținute cu acid ascorbic produs chimic.

Cercetarea efectuată la Campden BRI demonstrează că performanța aditivilor chimici, așa cum este acidul ascorbic, poate fi obținută cu materiale vegetale naturale cu concentrații ridicate de acid ascorbic astfel că aceste materiale vegetale pot fi utilizate pentru a înlocui acidul ascorbic produs chimic și deschide calea spre posibilități mai mari de alegere a aditivilor în special atunci când se dorește o etichetare curată (*clean label*) (Sahi, 2012).

Fructele de măceș (*Rosa canina* L.) se utilizează în alimentație datorită conținutului bogat de compuși bioactivi precum polifenoli, acizi grași esențiali, galactolipide, folați, antioxidanți, vitamine și substanțe minerale, îndeosebi pentru vitamina C (acid ascorbic), măceșele fiind recunoscute ca sursă vegetală bogată în vitamina C. Conținutul de vitamină C în măceșe proaspete din soiul *R. canina* L. variază, de obicei, între 100 și 1400 mg/100 g (0,03–1,3 %), cu valori medii în intervalul 400–800 mg/100 g (Ziegler *et al.*, 1986; Czyzowska *et al.*, 2014).

Măceșele sub formă de pudră sau extract au fost utilizate în panificație în diferite formule. Totuși, în nicio încercare nu s-a urmărit studiul înlocuirii AA de sinteză cu măceșe, astfel că cercetările prezentate în această teză de doctorat sunt originale și urmăresc în premieră înlocuirea AA chimic cu pudră de măceșe.

5. Materiale și metode

5.1. Materiale

5.1.1. Făină de grâu. Făina de grâu utilizată în cercetări (făină albă tip 550, făină intermediară tip 900, făină integrală tip 1250 și făină neagră tip 1350), a provenit din prelucrarea grâului pentru panificație (grâu comun *Triticum aestivum* L. var. Andrada, Apache, Discus, Fabula, Glosa, Izvor, Miranda, Otilia, Pajura și Solehio) din recoltele anilor 2013–2017 cultivat în Regiunea de Dezvoltare N-E a României, în județele Botoșani, Neamț, Suceava și Bacău.

5.1.2. Pudra de măceșe (Pm) a fost obținută din măceșe recoltate manual din zona Comunei Dofteana, județul Bacău, la sfârșitul lunii august, anii 2013-2017. Măceșele au fost sortate, spălate și zvântate, apoi pulpa a fost separată de semințe. Uscarea pulpei de măceșe s-a realizat în mediul ambiant ($t = 20^{\circ}\text{C}$, $\phi = 60\%$). După mărunțirea pulpei uscate, pudra obținută a fost cernută pentru a separa particulele cu dimensiunea de $180\ \mu\text{m}$, similară cu granulometria făinii de grâu. Compoziția pudrei de măceșe este: umiditate $13,40 \pm 0,15\ \%$, cenușă $6,50 \pm 0,07\ \%$, proteine $4,89 \pm 0,11\ \%$, grăsimi $0,76 \pm 0,01\ \%$, carbohidrați $73,66 \pm 0,19\ \%$ din care zaharuri reducătoare $65,03 \pm 0,21\ \%$, fibre $8,63 \pm 0,03\ \%$, vitamina C $820 \pm 37,75 - 200 \pm 24\ \text{mg}/100\ \text{g}$.

5.1.3. Reactivi și ustensile de laborator specifici metodelor de determinare a compoziției fizico-chimice a făinii și pudrei de măceșe.

5.1.4. Aparatură de laborator utilizată: aparat INFRATEC 1241 Grain Analyzer, cernător mecanic, termobalanță Sartorius, cuptor de calcinare, instalație Kjeldahl, aparat Glutomatic, centrifugă cu sită specială, termostat, farinograf Brabender E, amilograf Brabender E, extensograf Brabender E, reofermentograf Chopin, moară de laborator ultracentrifugală, etuvă, balanță analitică cu precizie de $0,0001\ \text{g}$.

5.2. Metode

Metodele pentru determinarea indicatorilor de calitate ai făinii de grâu și ai pudrei de măceșe sunt sintetizate în tabelul următor:

Indicatori de calitate	UM	Metoda
Granulozitate	μm	SR 90:2007
Umiditate	%	SR 90:2007
Cenușă	%	SR EN ISO 2171:2010
Aciditate	grade	SR 90:2007
Proteine totale	%	SR EN ISO 20483:2014

Gluten umed	%	SR EN ISO 21415-1:2007
		SR EN ISO 21415-2:2016
Gluten uscat	%	SR EN ISO 21415-3:2007
Deformarea glutenului	mm	SR 90:2007
Indice glutenic	%	SR EN ISO 21415-2:2016
Carbohidrați	%	Metoda iodometrică- Luff-Schoorl
Lipide	%	Extracție cu solvenți organici
Fibre	%	SR ISO 6541:1993
Vitamina C	mg/100 g	Titrare cu iod
Metale grele	mg/kg su	Spectrometrie de absorbție atomică
Microorganisme	CFU/g	Cultivare pe mediu nutritiv

5.2.3. Metode pentru determinarea proprietăților reologice ale aluatului

Pentru determinarea proprietăților reologice ale aluatului s-au utilizat:

Metoda farinografică (5.2.3.1.)

Metoda extensografică (5.2.3.2.)

Metoda amilografică (5.2.3.3.)

Metoda fermentografică (5.2.3.4.)

5.2.4. Testul de coacere

Obținerea pâinii din făină albă cu adaos de pudră de măceșe s-a realizat prin metoda directă de preparare a aluatului, respectând cerințele standardului [SR 90:2007](#). Aluatul dospit a fost introdus în cuptorul din fluxul tehnologic existent la S.C. Dizing S.R.L. Brusturi, județul Neamț.

5.2.5. Metode pentru determinarea caracteristicilor pâinii

Analiza fizico-chimică a pâinii a cuprins:

- determinarea umidității, porozității, elasticității și acidității miezului ([SR 91:2007](#));
- determinarea volumului pâinii ([SR 91:2007](#));

5.2.6. Metode de analiză senzorială

Analiza senzorială a pâinii a respectat cerințele standardului [SR 91:2007](#). Evaluarea senzorială s-a realizat de o echipă de 21 degustători (7 bărbați și 14 femei) instruiți și antrenați în prealabil.

Au fost apreciate aspectul exterior al pâinii, simetria formei, volumul, culoarea și structura cojii, elasticitatea și porozitatea miezului, gustul, mirosul, aroma, semnele de alterare microbială și prezența corpurilor străine. Au fost aplicate două teste specifice: testul cu 20 puncte și testul hedonic.

5.2.7. Analiza culorii și a imaginii pâinii

Analiza a fost efectuată pe șase probe de pâine realizate cu făină de grâu tip 550 fără Pm adăugată (martor) și cu adaos de Pm de 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 și 2,5 %.

Procedura de digitizare a imaginii fețelor feliilor de pâine s-a realizat cu un scanner CanoScan 9000F la o rezoluție optică de 300 dpi generând o rezoluție fizică liniară de 0,0846 mm/pixel și de arie 0,0071 mm²/pixel, iar fundalul a fost negru. Eșantioanele au fost scanate pe ambele fețe, în prima zi, a doua zi și a treia zi, astfel încât au rezultat 36 de imagini scanate.

Analiza statistică univariată a fost utilizată pentru a determina diferențele statistice între eșantioane pentru factorii: concentrația de pudră de măceșe și timpul de depozitare (zile). Au fost utilizate secvențe multivariate pentru analiza componentelor principale (*principal component analysis*, PCA), analiza multivariată a variației (*multivariate analysis of variance*, MANOVA) și analiza ierarhică cluster (*hierarchical cluster analysis*, HCA) pentru a stabili gruparea probelor, utilizând parametrii cromatici și porozitatea pâinii.

5.2.8. Metode de calcul și analiză statistică a datelor

Fiecare experiment a fost realizat în duplicat și rezultatele au fost utilizate ca medie ± abatere standard. Prelucrarea datelor experimentale – calcule, grafice etc. – s-a realizat în programul Excel din pachetul Microsoft Office 2010.

Analiza statistică a datelor experimentale s-a realizat tot în Excel și a constat în analiza dispersională cu un singur factor (One-way ANOVA,) pentru a se stabili dacă diferențele între valorile parametrilor determinați sunt semnificative sau ne semnificative, în funcție de nivelul de semnificație (valoarea p) calculat care a fost comparat cu un nivel de semnificație standard, de obicei $\alpha = 0,05$ (Hubbard, 2003, p. 105; Judd *et al.*, 2017, p. 168).

6. Stabilirea sortimentului de făină și a adaosurilor de Pm

6.1. Alegerea făinurilor

6.1.1. Sortimente de făină analizate

Pentru a stabili tipul de făină cu care să fie realizate determinările experimentale au fost analizate mai multe făinuri produse de SC Dizing Brusturi - Neamț, SC Pambac SA Bacău sau de alte mori: făină albă tip 550 (cinci sortimente) făină intermediară tip 900 (patru sortimente), făină integrală tip 1250 (patru sortimente), făină neagră tip 1350 (trei sortimente).

S-au determinat indicatorii de calitate ai făinurilor: umiditatea, conținutul de cenușă, conținutul de proteine, conținutul de gluten umed, și indicele de

sedimentare, conținutul de gluten uscat, indicele de deformare a glutenului, aciditatea, capacitatea de hidratare, indicele de maltoză, indicele de cădere și granulozitatea. Analiza valorii acestor indicatori a permis selectarea câte unui sortiment din fiecare tip de făină cu care să se continue experimentele.

6.2. Analiza amestecurilor de făină cu pudră de măceșe

Cu cele patru sortimente de făină selectate s-au obținut amestecuri prin adaos de Pm 3, 6, 9, 12, 15, 18 și 21 %. Au rezultat 28 amestecuri de făină de grâu cu Pm care au fost analizate din punct de vedere chimic cu determinarea umidității, conținutului de cenușă, proteine și gluten umed.

6.3. Stabilirea adaosurilor de pudră de măceșe

După analiza rezultatelor obținute s-a stabilit ca adaosul de Pm să fie sub 6 %. Astfel au fost alese următoarele adaosuri: 1,0 %, 2,5 % și 5,0 %.

6.3.1. Compoziția fizico-chimică a amestecurilor FA cu 1, 2,5 și 5,0 % Pm

Amestecurile FA-Pm au fost analizate (Tabelul 6.11).

Tabelul 6.11. Proprietățile fizico-chimice ale amestecurilor

Proba	Umiditate, %	Cenușă, %	Proteine, %	Gluten umed, %
Martor (FA)	14,15 ± 0,02 a	0,550±0,002 a	14,75±0,01 a	34,10±0,07 a
FA-Pm 1,0 %	14,14 ± 0,01 a	0,610±0,002 b	14,65±0,00 b	33,76±0,09 b
FA-Pm 2,5 %	14,13 ± 0,01 a	0,699±0,004 c	14,50±0,01 c	33,29±0,07 c
FA-Pm 5,0 %	14,11 ± 0,01 a	0,848±0,002 d	14,26±0,02 d	32,39±0,08 d

FA – făină albă, Pm – pudră de măceșe, FA-Pm – amestecuri de făină de grâu cu pudră de măceșe;

a, b, c, d – Litere diferite în aceeași coloană indică diferențe semnificative între valorile medii ($p < 0,05$)

6.3.2. Testul farinografic

FA tip 550 martor și amestecurile FA-Pm cu adaosurile de Pm prestabilite (1,0; 2,5 și 5,0 %) au fost testate cu farinograful obținându-se farinograme independente, în duplicat, pentru fiecare făină. Programul soft al farinografului calculează și furnizează valorile parametrilor farinografici: capacitatea de hidratare (CH), durata de dezvoltare a aluatului, stabilitatea aluatului, gradul de înmuiere la 10 minute de la începutul amestecării/ frământării și la 12 minute după ce se atinge maximul curbei farinografice și numărul de calitate farinografic (nota farinografică).

6.3.3. Testul extensografic

Pentru testul extensografic s-au preparat în farinograf aluaturi din făina martor și amestecurile FA-Pm cu adaos de 1,0 % 2,5 % și 5,0 % Pm, apă și sare, apoi alaturile au fost testate cu ajutorul extensografului care trasează extensograme pentru fiecare probă de aluat. În extensogramă sunt trasate curbe extensografice pentru fiecare încercare la 30, 60 și 90 min.

Din extensograme s-au determinat caracteristicile extensografice: rezistența la întindere (deformare), R_{50} , în UE, extensibilitatea, E , în mm, rezistența maximă la întindere, R_{max} , în UE, indicele de calitate extensografic $I_c = R_{50}/E$, în UE/min, indicele de calitate maxim, $I_{cmax} = R_{max}/E$, în UE/min și energia, în cm^2 , măsurată sub curba extensografică.

6.3.4. Testul amilografic

Testul amilografic aplicat aluatului este util pentru determinarea proprietăților reologice ale gelului de făină. Apa și făina se amestecă pentru a se obține o suspensie care este încălzită cu o viteză constantă de $1,5^\circ C/min$. Amilograful trasează curba amilografică (amilograma) care reprezintă variația vâscozității gelului format în funcție de timp și temperatură. Pe amilogramă se determină momentul în care începe gelatinizarea, temperatura și vâscozitatea gelului la începutul gelatinizării și evoluția gelatinizării în timp, curba înregistrând un maxim care corespunde maximumului gelatinizării pentru care se determină temperatura maximă, în $^\circ C$ și vâscozitatea maximă de gelatinizare în unități amilografice (UA).

6.3.5. Testul fermentografic

Testul fermentografic realizat cu reofermentograful Chopin oferă informații importante despre dezvoltarea aluatului și producția de gaze în timpul fermentării aluatului la $30^\circ C$, pentru o durată determinată de 3 ore (180 min).

Din graficul formării aluatului la fermentare se determină înălțimea maximă a aluatului, H_m , în mm, timpul în care se obține înălțimea maximă, T_1 , în minute, înălțimea aluatului la final, h , în mm și timpul de stabilizare relativă la punctul de maxim, la înălțimea de 12 % din H_m , fără a fi mai mică de 6 mm. Graficul formării și reținerii gazelor în aluat furnizează timpul T_x , la care începe pierderea de CO_2 din aluat, volumul de gaze total, volumul de CO_2 pierdut și volumul de CO_2 reținut în aluat.

6.3.6. Concluzii parțiale – alegerea nivelului de adaos pentru Pm

Studiul influenței adaosului de Pm asupra proprietăților reologice realizat în testele farinografic, extensografic, amilografic și fermentografic permite următoarele constatări:

- Adaosul de Pm asigură un aport de fibre care crește semnificativ ($p < 0,05$) CH a făinii;
- Adaosul de Pm asigură prezența AA în aluat; se reduce semnificativ ($p < 0,05$) TDA și crește semnificativ ($p < 0,05$) SA pentru adaosuri sub 2,5 %;
- Pentru adaosuri de 2,5 și 5,0 % Pm se obține un aluat cu rezistență la întindere și rezistență maximă la întindere prea mari și mai puțin extensibil;
- Efortul necesar pentru întinderea bucății de aluat scade semnificativ ($p < 0,05$) pentru adaosuri mai mari de 2,5 % Pm;
- Temperatura la începutul gelatinizării, temperatura maximă de gelatinizare și vâscozitatea maximă cresc cu diferențe semnificative ($p < 0,05$) cu adaosul de Pm;
- Înălțimea maximă și înălțimea finală a aluatului cresc semnificativ ($p < 0,05$) cu adaosul de Pm până la 2,5 % Pm după care scad;
- Adaosul de Pm stabilizează aluatul (timpul de stabilizare relativă este zero);
- Volumul de gaze reținute în aluat crește la adaosul de Pm.

Rezultă că adaosul de Pm are o influență pozitivă asupra parametrilor reologici, îndeosebi asupra CH, TDA, SA, energia aluatului, rezistența la întindere, rezistența maximă la întindere, temperatura de gelatinizare, înălțimea maximă și finală a aluatului, procentul de cădere, volumul de gaze pierdute la fermentare și volumul de gaze reținute în aluat.

Testele reologice prezentate pentru 1,0 %, 2,5 % și 5,0 % adaos Pm comparativ cu matorul, îndeosebi testele extensografic și reofermentografic indică faptul că adaosul de Pm trebuie să fie până în 2,5 % pentru a se obține un aluat corespunzător și o pâine crescută, cu porozitate și elasticitate bune.

Pentru o analiză eficientă și discuții corespunzătoare, în studiile următoare sunt propuse adaosuri de Pm de 0,5 %, 1,0 %, 1,5 %, 2,0 % și 2,5 %.

7. Influența adaosului de pudră de măceșe asupra reologiei aluatului

Pentru studiul influenței adaosului de pudră de măceșe asupra reologiei aluatului s-a utilizat făină albă (FA) de grâu tip 550, netratată cu AA sau alți amelioratori și adaosuri de 0,5 %, 1,0 %, 1,5 %, 2,0 % și 2,5 % Pm.

7.1. Influența pudrei de măceșe asupra compoziției amestecului făină albă de grâu – pudră de măceșe

Amestecurile obținute au fost analizate pentru determinarea următorilor parametri fizico-chimici: umiditatea, cenușa, conținutul de proteine, lipide,

glucide, fibre, gluten umed și indicele de sedimentare, respectiv s-a calculat valoarea energetică.

Adaosul de Pm influențează compoziția amestecurilor astfel:

- umiditatea variază nesemnificativ ($p > 0,05$);
- conținutul de cenușă crește semnificativ ($p < 0,05$) cu adaosul de Pm întrucât Pm conține mai multă cenușă decât FA;
- conținutul de proteine scade semnificativ ($p < 0,05$);
- conținutul de lipide și glucide variază nesemnificativ ($p > 0,05$);
- conținutul de gluten umed scade semnificativ ($p < 0,05$) cu adaosul de Pm care nu conține proteine formatoare de gluten;
- indicele de sedimentare variază semnificativ ($p < 0,05$) cu adaosul de Pm, însă rămâne în intervalul 20–39 caracteristic pentru o făină de calitate bună;
- valoarea energetică prezintă variații nesemnificative ($p > 0,05$) cu adaosul de Pm întrucât cele două componente au valoare energetică apropiată, iar adaosurile de Pm sunt mici.

7.2. Influența Pm asupra caracteristicilor farinografice ale aluatului

Farinografele sunt utilizate, în mod obișnuit, pentru a determina CH a făinii, în special industrial (Mondal & Datta, 2008; D'Apollonia, 2015).

În [fig. 7.9](#) este prezentată ca exemplu farinograma obținută cu farinograful Brabender model E, pentru proba martor (FA).

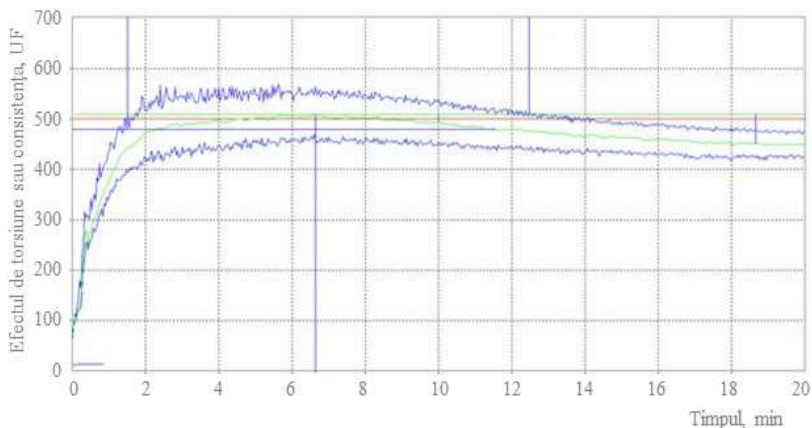


Fig. 7.9. Farinograma probei martor (FA)

Din farinograme se determină: capacitatea de hidratare (CH) a făinii, %, timpul de dezvoltare al aluatului (TDA), min, stabilitatea aluatului (SA), min, gradul de înmuiere și numărul de calitate farinografic.

7.2.1. Capacitatea de hidratare. CH a celor doi martori, FA și FA-AA, respectiv a amestecurilor FA-Pm, obținută la aplicarea metodei farinografice, este reprezentată grafic în funcție de adaosul de Pm în [fig. 7.10](#) și [7.11](#)).

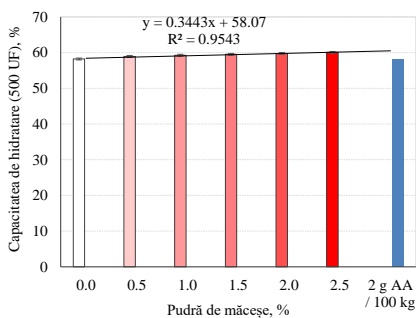


Fig. 7.10. CH a făinii, corectată pentru 500 UF, în funcție de adaosul de Pm

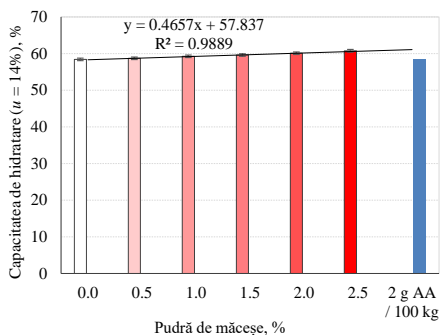


Fig. 7.11. CH a făinii, corectată pentru $u = 14\%$, în funcție de adaosul de Pm

CH crește linear ($R^2 = 0,95-0,98$) cu adaosul de Pm, de la 58 % (martor) la 60,8 % pentru proba FA-Pm_{2,5}. Variațiile sunt semnificative ($p < 0,05$). Cei doi martori au aceeași CH întrucât diferă doar prin adaosul de AA.

Întrucât prin adaosul de Pm în FA conținutul proteic al amestecurilor obținute scade, creșterea CH se datorează aportului de fibre prin adaos de Pm, concluzie la care au ajuns numeroși alți cercetători: adaos de fibre din portocale ([Gómez et al., 2003](#)), tărâțe din grâu ([Banu et al., 2012](#)), pudră de mere hidratată ([Lauková et al., 2016](#)), pudră de morcov ([Kohajdová et al., 2012](#)), pudră din coji de mango ([Ajila et al., 2008](#)).

7.2.2. Timpul de dezvoltare al aluatului. TDA este timpul de la adăugarea apei în făină până când aluatul atinge consistența maximă fără rupere. În timpul fazei de amestecare, apa hidratează componentele făinii și se dezvoltă aluatul ([Lauková et al., 2016](#)). TDA pentru proba martor a fost de 6,7 min, iar pentru amestecurile FA-Pm a variat între 6,6 min (1,0 % Pm) și 7,2 min (2,5 % Pm), o variație nesemnificativă ($p > 0,05$), deși la limită ($p = 0,054$), deci adaosul de Pm are o influență relativ redusă asupra TDA ([fig. 7.12](#)). Martorul FA-AA are TDA = 6,6 min, mai mic decât al martorului FA, reflectând faptul că adaosul de AA în făină reduce TDA. Date similare au raportat mai multe studii, de ex. [Sudha et al. \(2007\)](#): creșterea TDA de la 1,5 min (martor) la 3,5 min (adaos de 15 % fibre din borhot de mere rezultat de la fabricarea sucului de mere), [Lauková et al. \(2016\)](#): creșterea TDA de la 3,5 min. (martor) la 11,0 min pentru un adaos de 15 % pudră de mere hidratată în făina albă de grâu, [Kohajdová et al. \(2014\)](#): creștere TDA de la 3,43 min (martor) la 5,53 min (15 % pudră din borhot de mere).

7.2.3. Stabilitatea aluatului. SA reprezintă diferența dintre timpul de prelucreare și timpul de hidratare și se măsoară în minute (fig. 7.13). SA crește de la 11 min (martor) la 11,8 min (0,5 % Pm), apoi scade sub valoarea pentru martor, ajungând la 10,4 min (1,5 % Pm) și la 9,6 min (2,5 % Pm); diferențele sunt semnificative ($p < 0,05$).

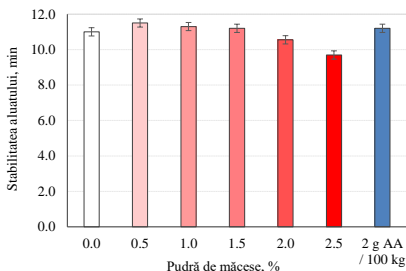
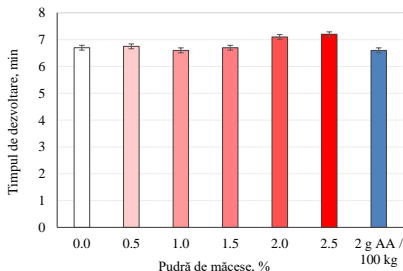


Fig. 7.12. TDA în funcție de adaosul de Pm **Fig. 7.13.** SA în funcție de adaosul de Pm

SA oferă indicații referitoare la toleranța făinii la amestecare-frământare (Lei *et al.*, 2008). Nassar *et al.* (2008) au raportat creșterea SA de la 5,9 min (martor) la 12,4 % respectiv 11,5 min la adaosul a 25 % făină din coajă, respectiv din pulpă de portocale. SA a fost considerabil mai mare față de valorile obținute la adosul de făină din hrișcă, situație în care SA a crescut de la $0,3 \pm 0,1$ min (martor), la $4,6 \pm 0,3$ min pentru un adaos de 30 g făină de hrișcă / 100 g făină de grâu (Nikolić *et al.*, 2011). Efectul opus a fost raportat de Sudha *et al.* (2007) după adaosul în proporție diferită de pudră din borhot de mere. Astfel, SA a scăzut de la 4,2 min la 2,1 min pentru un adaos de 15 % fibre din borhot de mere. Aceste rezultate sunt susținute de Rosell *et al.* (2010) care au observat o scădere a SA la adaosuri crescute (12,5 – 25 %) de făină de quinoa la făina de grâu și de Liu *et al.* (2016) care au raportat scăderea SA la adaosuri de făină din cartofi de până la 30 % în făina de grâu.

7.2.4. Gradul de înmuiere. Gradul de înmuiere al aluatului după 10 minute de la începerea determinării, pentru probele cu adaos de Pm, are valori care nu se încadrează într-o tendință de creștere sau de scădere față de valoarea obținută pentru proba martor. Gradul de înmuiere al aluatului după 10 minute pentru FA-AA este 18 UF, egal cu al probei cu 1,0 % Pm. În schimb, gradul de înmuiere al aluatului are o variație ascendentă cu creșterea adaosului de Pm; diferențele sunt semnificative ($p < 0,05$).

7.2.5. Indicele de calitate farinografic al probelor cu adaos de Pm este, de regulă, mai mare decât al martorului FA, cu excepția probei cu 2,0 % Pm. Variația este nesemnificativă ($p > 0,05$). Nota farinografică a aluatului pentru proba FA-AA este situată între valorile pentru 1,0 și 1,5 % Pm. Nota

farinografică mai mare decât a martorului arată că adaosul de Pm are o influență pozitivă asupra acesteia, fapt observat și de [Nikolić et al. \(2011\)](#).

7.3. Influența Pm asupra caracteristicilor extensografice ale aluatului

Măsurătorile cu extensograful oferă informații utile despre comportamentul vâscoelastic al aluatului. Extensogramele generate la testarea făinii după 30, 60 și 90 min sunt analizate pentru a obține informații cantitative despre rezistența la deformare constantă (R_{50}), UB, rezistența maximă (R_{max}), UB, extensibilitate, E , mm, energie (aria de sub curba extensografică), cm^2 și raportul R/E .

Rezistența la întindere (R_{50} , UB) în funcție de Pm este prezentată în [fig. 7.18](#).

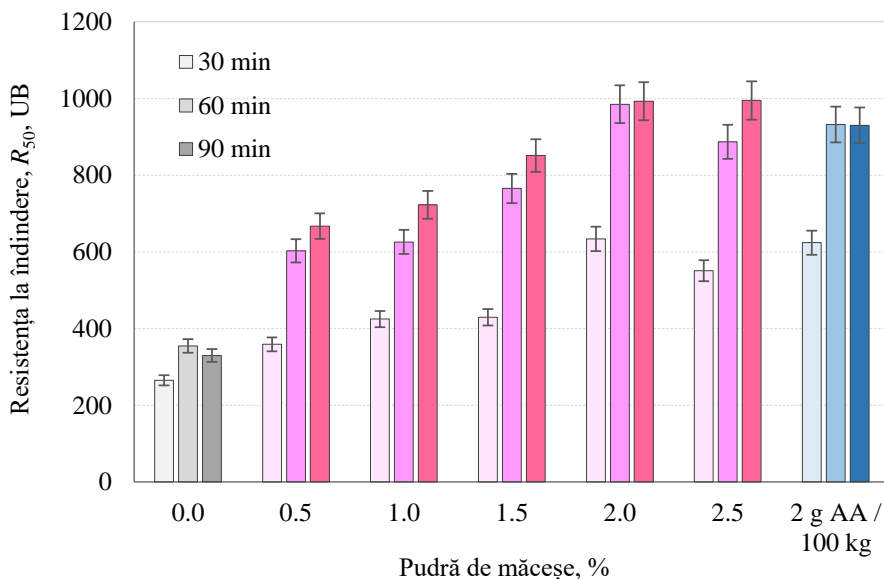


Fig. 7.18. Rezistența la întindere a aluatului în funcție de adaosul de Pm

Adaosul de Pm, datorită conținutului în vitamina C, a determinat creșterea R_{50} pentru toate probele, la toate duratele (30, 60 și 90 min) cu excepția R_{50} a probei martor la 90 min care este mai mică decât la 60 min și a R_{50} a amestecului FA-Pm_{2,5} care are valori mai mici decât pentru amestecul FA-Pm_{2,0} pentru toate duratele. Diferențele sunt semnificative ($p < 0,05$). R_{50} pentru amestecul FA-Pm_{2,0} la 60 (985 UB) și 90 min (993 UB) și pentru amestecul FA-Pm_{2,5} la 90 min (995 UB) aproape ating maximum posibil a fi înregistrat cu extensograful Brabender E (1000 UE).

Extensibilitatea aluatului în funcție de Pm este prezentată în [fig. 7.19](#).

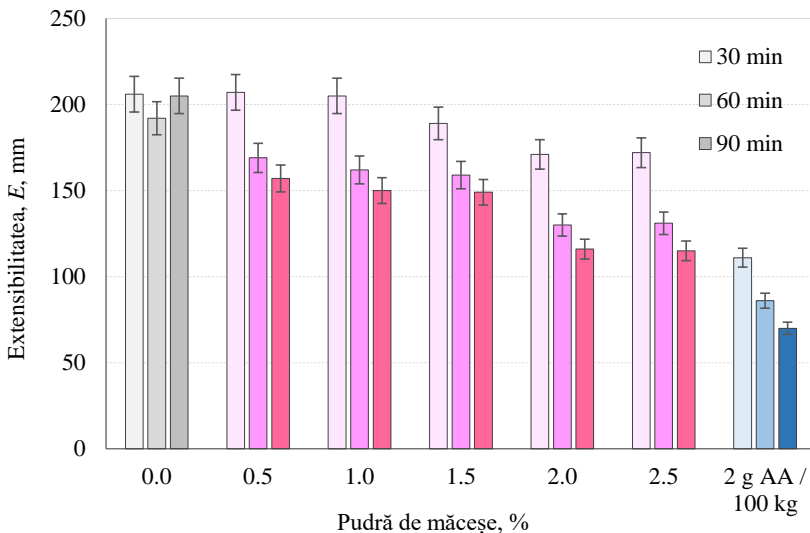


Fig. 7.19. Extensibilitatea aluatului în funcție de adaosul de Pm

După 30 min E pentru 0,5 și 1,0 % Pm scade nesemnificativ ($p > 0,05$). Pentru celelalte adaosuri și durate se observă scăderea semnificativă ($p < 0,05$) a E . De asemenea, pentru adaosurile de Pm de 2,0 și 2,5 %, E prezintă valori foarte apropiate ($171 \pm 0,71$ mm și $172 \pm 1,41$ mm pentru testul la 30 min, $130 \pm 0,71$ mm și $131 \pm 1,41$ mm pentru testul la 60 min, $116 \pm 1,41$ mm și $115 \pm 1,41$ mm pentru testul la 90 min). Cea mai mare scădere a extensibilității, cuprinsă între 46,1 și 65,8 % față de martor, o are aluatul cu adaos de acid ascorbic. Koletta *et al.* (2014) au înlocuit făina de grâu rafinată în proporție de 60 % cu făină integrală de secară, de orz și din fulgi de ovăz și au obținut o scădere a E față de martor ceea ce a determinat o creștere a raportului R_{50}/E . Rezultate asemănătoare au fost obținute la adaosul de fibre obținute din mazăre, cacao, cafea, portocale și grâu și adaosul de celuloză microcristalină în proporție de 2 și 5 % (Gómez *et al.*, 2003). Alte studii, însă, au prezentat rezultate diferite: Mohammed *et al.* (2012) au raportat o scădere atât a R_{50} cât și a E cu adaosul de 10, 20 și 30 % făină de năut în făina de grâu, respectiv o creștere în funcție de perioadele de rapaus de 45, 90 și 135 min. Autorii au susținut că adaosuri de făină de năut mai mari de 20 % reduc conținutul de gluten din amestec, rezultând o rețea glutenică mai slabă, ceea ce explică scăderea R_{50} și E și înrăutățirea proprietăților reologice ale aluatului și caracteristicile pâinii (Mohammed *et al.*, 2012).

R_{max} are o evoluție asemănătoare R_{50} , însă cu valori mai mari, determinate în momentul în care curbele extensografice ating valoarea maximă.

Valorile indicilor de calitate extensografici, R_{50}/E și R_{max}/E cresc proporțional cu adaosul de Pm și durata de repaus între testele extensografice. Creșteri mai mici se observă pentru testele după 90 min față de 60 min de repaus. Cele mai mari valori ale indicilor de calitate extensografici s-au obținut pentru proba cu adaos de AA. Toate diferențele sunt semnificative ($p < 0,05$).

Energia aluatului E_a , în cm^2 , în funcție de adaosul de Pm este prezentată în graficul din [fig. 7.23](#). Acest parametru cuantifică forța totală aplicată în timpul întinderii aluatului care are ca rezultat deformarea acestuia. Energia este calculată de programul soft al extensografului ca produs dintre forța de întindere a aluatului (UB sau UE) și distanța de pe abscisă (cm). Cu cât energia este mai mare, toleranța aluatului este mai mare.

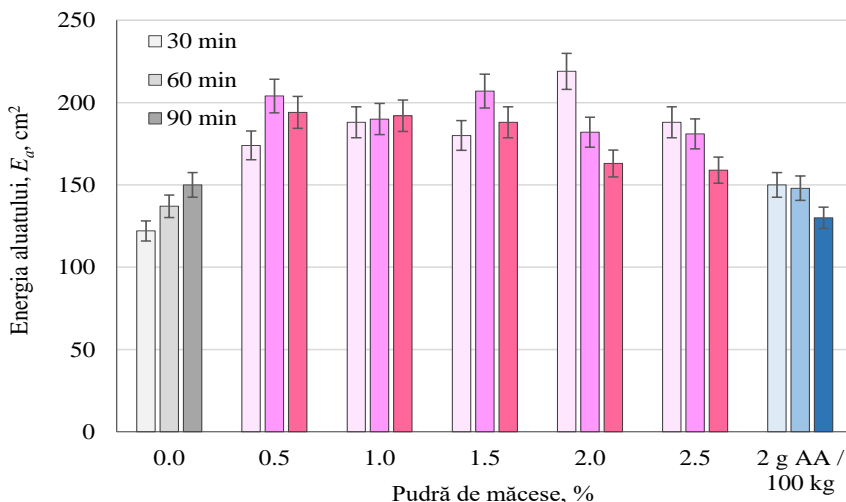


Fig. 7.23. Energia aluatului în funcție de adaosul de Pm

Energia necesară pentru întinderea aluatului până la rupere pentru martor crește în funcție de timpul de repaus cu diferențe semnificative ($p < 0,05$): 122 cm^2 la 30 min, 137 cm^2 la 60 min și 150 cm^2 la 90 min. E_a crește, de asemenea, față de martor, pentru toate adaosurile de Pm ($p < 0,05$). La adaos de 1,0 % Pm E_a diferă nesemnificativ ($p > 0,05$) în funcție de timpul de repaus (188 cm^2 la 30 min, 190 cm^2 la 60 min și 192 cm^2 la 90 min), iar la adaosuri mai mari, scade cu diferențe semnificative în funcție de timpul de repaus. Cea mai mică creștere a E_a , față de martor o prezintă proba cu adaos de AA, cu variație descrescătoare în funcție de timpul de repaus: 150 cm^2 la 30 min, 148 cm^2 la 130 min ($p > 0,05$) și 80 cm^2 la 90 min ($p < 0,05$). Aceste valori mai mici ale E_a la adaosul de AA în comparație cu adaosurile de Pm pot fi explicate prin E mai mică a aluatului obținut din FA-AA.

Rezultatele sunt diferite de cele obținute în alte studii datorită specificului adaosurilor și a dozei utilizate. Astfel, Koletta *et al.* (2014) au constatat că la adaosul a 60 % făină integrală de secară, de orz și din fulgi de ovăz în făina de grâu E_a a fost mai mică decât pentru martor din cauza conținutului mai mic de proteine formatoare de gluten în amestecurile de făină. De asemenea, E_a scade la adaosul de 10, 20 și 30 % făină de năut în făina de grâu pentru toate timpurile de repaus, 45, 90 și 135 min. Acest efect poate fi accentuat de prezența în făina de năut a unor enzime nedorite care interacționează puternic cu proteinele glutenice și astfel inhibă dezvoltarea proprietăților reologice dorite (Mohammed *et al.*, 2012).

7.4. Influența Pm asupra caracteristicilor amilografice ale aluatului

Testul amilografic aplicat aluatului servește la determinarea proprietăților reologice ale gelului de făină. Amilograma este o curbă care reprezintă variația vâscozității gelului format în funcție de timp și temperatură. Pe amilogramă se stabilește momentul în care începe gelatinizarea, temperatura și vâscozitatea gelului la începutul gelatinizării și evoluția gelatinizării în timp. Temperatura maximă de gelatinizare este prezentată în fig. 7.25, iar vâscozitatea maximă în fig. 7.26.

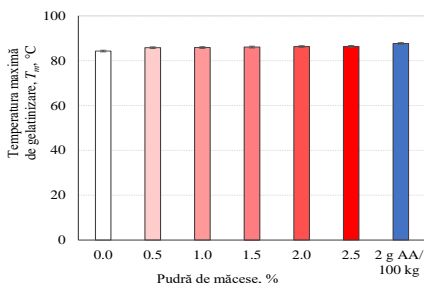


Fig. 7.25. Temperatura maximă în funcție de adaosul Pm

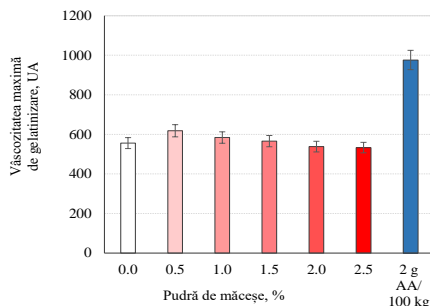


Fig. 7.26. Vâscozitatea maximă în funcție de adaosul de Pm

Temperatura de gelatinizare crește semnificativ ($p < 0,05$) de la 61,0°C pentru martor, la 62,9°C pentru adaosul de 2,5 % Pm, iar pentru proba FA-AA are valoarea 61,6°C. Temperatura maximă de gelatinizare are o evoluție asemănătoare, o creștere cu diferențe semnificative ($p < 0,05$) de la 84,3°C pentru martor, la 86,4°C pentru adaosul de 2,5 % Pm. În schimb, pentru pentru proba FA-AA are o valoare mai mare, 87,7°C. Vâscozitatea maximă de gelatinizare crește de la 556 UA pentru martor, la 618 UA pentru 0,5 % Pm apoi scade treptat până la 533 UA pentru 2,5 % Pm. Pentru adaosul de AA în făină, vâscozitatea maximă de gelatinizare are valoarea 976 UA.

7.5. Influența Pm asupra caracteristicilor reofermentografice ale aluatului

Dezvoltarea aluatului și capacitatea de a forma și a reține gaze în timpul fermentării au fost studiate prin testul fermentografic realizat cu reofermentometrul Chopin F pentru o durată determinată, de 3 ore (180 min).

Graficul furnizat de reofermentometru pentru dezvoltarea aluatului permite determinarea înălțimii maxime a aluatului, H_m , în mm (fig. 7.27), timpul în care ajunge aluatul la înălțimea maximă, T_1 , în min (fig. 7.28), înălțimea aluatului după cele 3 ore de fermentare, h , în mm (fig. 7.27), și timpul de stabilizare relativă la punctul de maxim, la înălțimea de 12 % din H_m , fără a fi mai mică de 6 mm, T_2 și T_2' , în minute, valori utilizate pentru calculul toleranței aluatului. Pe reofermentogramă este indicat și procentul de cădere a aluatului după 3 ore comparativ cu momentul T_1 în care se înregistrează înălțimea maximă, $(H_m - h)/H_m$.

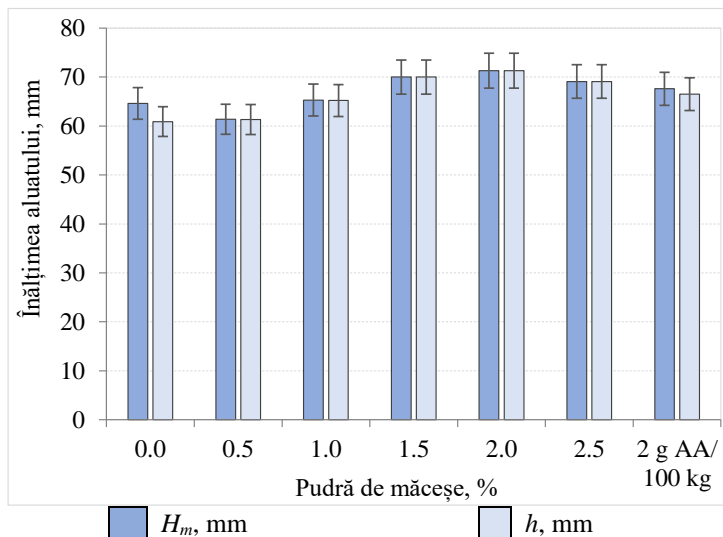


Fig. 7.27. Înălțimea aluatului în funcție de adaosul de Pm

Din punct de vedere al înălțimii aluatului și al procentului de cădere, toate adaosurile de Pm contribuie la formarea unui aluat stabil.

Rezultatele din literatură sunt diferite întrucât scopul adaosurilor a fost altul. Astfel, *Cao et al. (2020)* au arătat că înălțimea aluatului scade semnificativ la adaosuri de pulpă de cartofi mai mari de 30 %, la un adaos de 50 % pulpă de cartofi obținându-se o înălțime a aluatului mai mică cu 58 %.

Timpul până la obținerea înălțimii maxime (fig. 7.28) este aproape dublu pentru toate adaosurile de Pm și pentru proba cu AA față de martor (96 min). Astfel, înălțimea maximă se obține la finalul duratei de fermentare (180 min) pentru probele cu 1,5 %, 2,0 % și 2,5 % Pm și cu doar două minute mai devreme (178 min) pentru adaosurile de 0,5 % și 1,0 % Pm, respectiv pentru adaosul de AA.

Timpul T_x la care începe pierderea de CO_2 din aluat are valori mai mari decât martorul (69 min) pentru adaosurile de 0,5 % Pm (91 min), 1,0 % Pm (84 min) și 1,5 % (83 min), respectiv de AA (80 min) și mai mici pentru restul probelor: 68 min pentru 2,0 % Pm și 67 min pentru 2,5 % Pm.

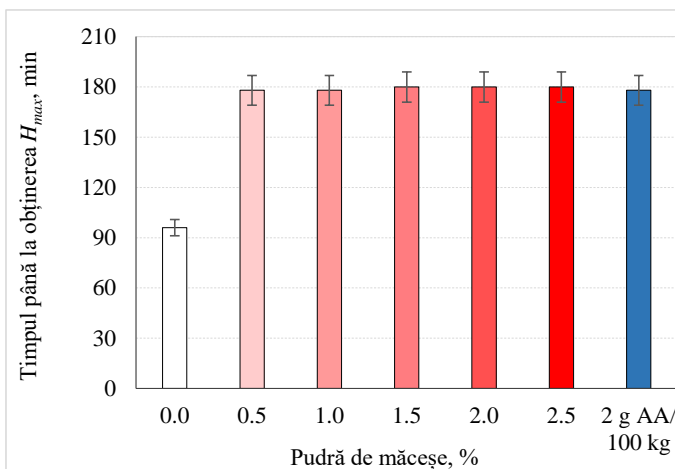


Fig. 7.28. Timpul până la obținerea înălțimii maxime în funcție de adaosul de Pm

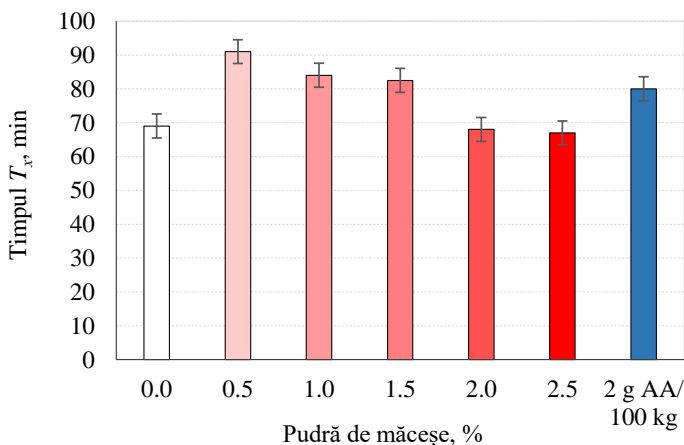
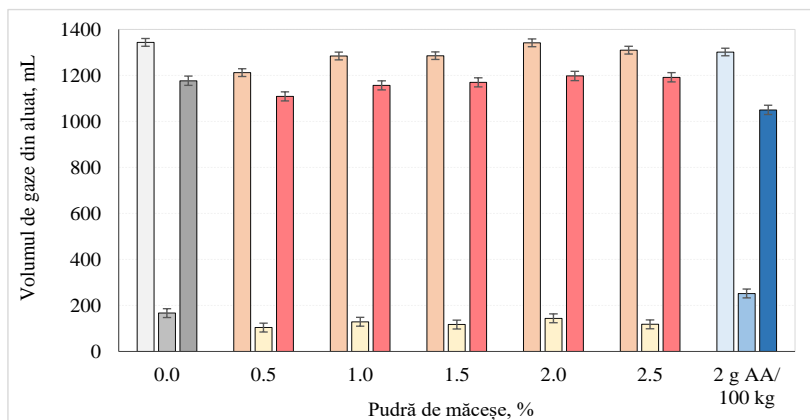


Fig. 7.30. Timpul T_x la care începe pierderea gazelor, în funcție de adaosul de Pm

În studiul de față, adaosul de pudră de măceșe are rolul de a suplini acidul ascorbic necesar pentru a stabili rețeaua glutenului astfel încât să fie capabilă să rețină cât mai multe gaze de fermentare în aluat pentru a se obține o pâine crescută, cu porozitate corespunzătoare. Pentru a stabili cum s-a realizat aceasta, din reofermentograme s-a determinat volumul de gaz total, pierdut și reținut (fig. 7.31). Astfel, volumul total de gaze are valori relativ apropiate pentru toate probele, astfel: $1.344 \pm 2,83$ mL pentru martor, $1.212 \pm 2,83$ mL pentru 0,5 % Pm, $1.285 \pm 1,42$ mL pentru 1,0 % Pm, $1.286 \pm 1,42$ mL pentru 1,5 % Pm, $1.342 \pm 2,83$ mL pentru 2,0 % Pm, $1.310 \pm 2,83$ mL pentru 2,5 % Pm și $1.302 \pm 4,25$ mL pentru adaosul de AA. Diferențele sunt semnificative ($p < 0,05$).



Volumul total de gaze, mL: Martor FA FA-Pm Martor FA-AA
 Volumul de CO₂ pierdut, mL: Martor FA FA-Pm Martor FA-AA
 Volumul de CO₂ reținut, mL: Martor FA FA-Pm Martor FA-AA

Fig. 7.31. Volumul de gaze la fermentare în funcție de adaosul de Pm

Volumul de gaze pierdute din aluat în timpul fermentării are valori cuprinse între 104 și 144 mL pentru probele cu adaos de Pm, mai mici decât pentru martor (167 mL). Cea mai mare valoare a fost obținută pentru proba cu adaos de AA. Prin urmare, volumul de gaz reținut în aluat, calculat ca diferență între volumul total și volumul de gaze pierdut din aluat are valorile: 1.177 mL pentru martor, 1.109 mL pentru 0,5 % Pm, 1.157 mL pentru 1,0 % Pm, 1.170 mL pentru 1,5 % Pm, 1.198 mL pentru 2,0 % Pm, 1.192 mL pentru 2,5 % Pm și 1.050 mL pentru 2 g AA/100 kg făină. Volumul de gaz reținut în aluat pentru adaosurile de Pm crește până la 2,0 % Pm, apoi scade. Diferențele sunt semnificative ($p < 0,05$).

Coeficientul de reținere a gazelor în aluat are valori cuprinse între 89,3 % și 91,5 % pentru 0,5 – 2,0 % Pm și 88,45 % pentru 2,5 % Pm toate mai mari decât 87,6 % cât are mărtoșul.

Coeficientul de reținere a gazelor în aluat este srâns legat de calitatea glutenului. Cu cât structura rețelei glutenului este mai puternică, cu atât ea este mai capabilă să rețină gazul produs prin fermentare (Pasqualone *et al.*, 2019). Prin urmare, coeficientul de reținere a gazelor în aluat este important întrucât afectează volumul de gaz reținut în aluat și determină calitatea produsului (Xu *et al.*, 2018). Huang *et al.* (2008) au observat că valori crescute ale coeficientului de reținere a gazelor în aluat vor permite obținerea unei pâini cu volum crescut și porozitate bine dezvoltată.

Cao *et al.* (2020) au afirmat că adaosul de pulpă de cartofi a contribuit la creșterea semnificativă a volumului total de CO₂ de la 1.506,7 ± 25,4 mL pentru mărtoș, la 1.697,3 ± 7,6 mL pentru proba cu adaos de 30 % pulpă de cartofi. În schimb, coeficientul de reținere a gazelor în aluat a scăzut de la 73,8 % pentru mărtoș la 69,8 % pentru adaosul de 30 % pulpă de cartofi. Adaosul de pulpă de cartofi poate slăbi rețeaua glutenului și are efecte negative asupra capacității de reținere a gazelor (Cao *et al.*, 2020).

7.6. Concluzii parțiale – influența Pm asupra reologiei aluatului

Studiul influenței adaosului de Pm asupra reologiei aluatului permite următoarele constatări:

- Adaosul de Pm în făina de grâu influențează compoziția amestecurilor prin scăderea ne semnificativă ($p > 0,05$) a umidității, creșterea semnificativă ($p < 0,05$) a cenușii, scăderea semnificativă ($p < 0,05$) a conținutului de proteine și de gluten umed și variația ne semnificativă ($p > 0,05$) a conținutului de lipide și glucide.
- Parametrii farinografici sunt influențați de adaosul de Pm astfel:
 - CH crește semnificativ ($p < 0,05$) cu adaosul de Pm cel mai probabil datorită aportului de fibre în amestecurile FA-Pm;
 - TDA variază ne semnificativ ($p > 0,05$) cu adaosul de Pm;
 - SA variază semnificativ ($p < 0,05$) cu adaosul de Pm, valori mai mici față de mărtoș obținându-se pentru adaosuri de Pm mai mari de 1,5 %;
 - Gradul de înmuiere obținut la 12 min după atingerea maximumului curbei crește semnificativ ($p < 0,05$) cu adaosul de Pm.

Deși sunt constatate influențe semnificative ale adaosului de Pm asupra proprietăților de prelucrare ale aluatului, din analiza farinografică nu se poate stabili dacă există adaos de Pm optim, respectiv ce adaosuri de Pm pot fi recomandate pentru utilizare ca înlocuitor de acid ascorbic la fabricarea pâinii.

- Adaosul de 0,5–2,5 % Pm în făina de grâu influențează parametrii extensografici astfel:
 - R_{50} crește cu diferențe semnificative ($p < 0,05$) cu adaosul de Pm și timpul de repaus, la 2,0 % Pm ajungând la valorile maxime pe care le poate înregistra aparatul;
 - Extensibilitatea aluatului scade cu adaosul de Pm, la început nesemnificativ ($p > 0,05$), apoi semnificativ ($p < 0,05$);
 - R_{max} crește semnificativ ($p < 0,05$) față de martor, similar R_{50} , însă la adaosuri mai mari de 1,5 % se atinge maximul pe care îl poate înregistra aparatul;
 - Indicii de calitate extensografici cresc indicând un aluat bun;
 - Energia necesară pentru întinderea aluatului până la rupere crește față de martor însă nu prezintă diferențe semnificative ($p > 0,05$).

Din analiza extensografică rezultă că adaosul de Pm trebuie realizat astfel încât rezistența la întindere să crească foarte mult; în condițiile experimentale ale studiului, valorile optime ale adaosului de Pm sunt până în 2,0 %
- Adaosul de 0,5–2,5 % Pm în făina de grâu influențează parametrii amilografici:
 - Temperatura la începutul gelatinizării și temperatura maximă de gelatinizare cresc cu diferențe semnificative ($p < 0,05$) cu adaosul de Pm;
 - Vâscozitatea maximă de gelatinizare prezintă diferențe semnificative ($p < 0,05$) cu adaosul de Pm și indică obținerea unui gel de făină mai vâscos la adaosuri de Pm mari.
- Adaosul de 0,5–2,5 % Pm în făina de grâu influențează parametrii reofermentografici astfel:
 - Înălțimea maximă a aluatului variază semnificativ față de martor;
 - Alaturile sunt stabile întrucât înălțimea aluatului la finalul fermentării are valori aproape identice cu Hm , cu excepția martorului;
 - Timpul T_x la care începe pierderea de CO_2 din aluat are valori mai mari decât martorul pentru adaosurile de 0,5–1,5 % și AA, respectiv mai mici pentru restul probelor;
 - Volumul total de gaze are valori relativ apropiate pentru toate probele;
 - Volumul de gaze pierdute din aluat în timpul fermentării are valori mai mici pentru probele cu adaos de Pm față de martor;
 - Volumul de gaz reținut în aluat crește până la adaosul de 2,0 % Pm, apoi scade.

În concluzie, adaosul de Pm în făina de grâu îmbunătățește proprietățile reologice ale aluatului în mod asemănător cu AA de sinteză, chiar dacă apar unele diferențe care sunt provocate de alte componente ale Pm. Aceste diferențe sunt relativ mici întrucât adaosul nu trebuie să fie efectuat în cantități mari. În plus, unele diferențe sunt benefice, de exemplu creșterea capacității de hidratare a aluatului datorată cel mai probabil aportului de fibre prin adaosul de Pm.

Conform cu rezultatele experimentale, parametrii făinii și conținutul de vitamina C din Pm utilizată, pot fi recomandate adaosuri de până la 2,0 % Pm cu mențiunea că este necesară cunoașterea conținutului de vitamina C în Pm.

8. Influența adaosului de pudră de măceșe asupra caracteristicilor fizico-chimice și senzoriale ale pâinii

8.1. Introducere. Determinarea calității pâinii

Pentru a determina proprietățile fizico-chimice și senzoriale ale pâinii, din făinurile utilizate pentru studiul influenței pudrei de măceșe asupra reologiei aluatului s-a obținut pâine conform rețetei de fabricație și parametrilor tehnologici prezentați în teză. Aluatul a fost preparat prin metoda directă, iar după fermentare a fost divizat în bucăți de 380 g, introdus în tăvi pentru dospire, apoi copt în cuptor la Dizing S.R.L. Din fiecare făină: FA (mator 1), FA-Pm_{0,5}, FA-Pm_{1,0}, FA-Pm_{1,5}, FA-Pm_{2,0}, FA-Pm_{2,5} și FA-AA (mator 2) s-a preparat aluat în cantitate suficientă pentru a se obține câte cinci pâini. După coacere, pâinea a fost etichetată și lăsată două ore la temperatura mediului ambiant pentru răcire, apoi a fost pregătită pentru analizele fizico-chimice și senzoriale.

Pentru pâinea obținută s-au determinat umiditatea (%), aciditatea (grade de aciditate), dimensiunile (lungime, lățime și înălțime, mm), volumul (cm³/100 g pâine), volumul specific (cm³/g pâine), porozitatea (%) și elasticitatea miezului (%). De asemenea, s-a efectuat analiza senzorială prin testul cu 20 puncte și testul hedonic.

8.2. Influența Pm asupra caracteristicilor fizico-chimice ale pâinii

8.2.1. Influența pudrei de măceșe asupra dimensiunilor pâinii

În [fig. 8.1](#) sunt prezentate imagini în secțiune ale pâinilor obținute.

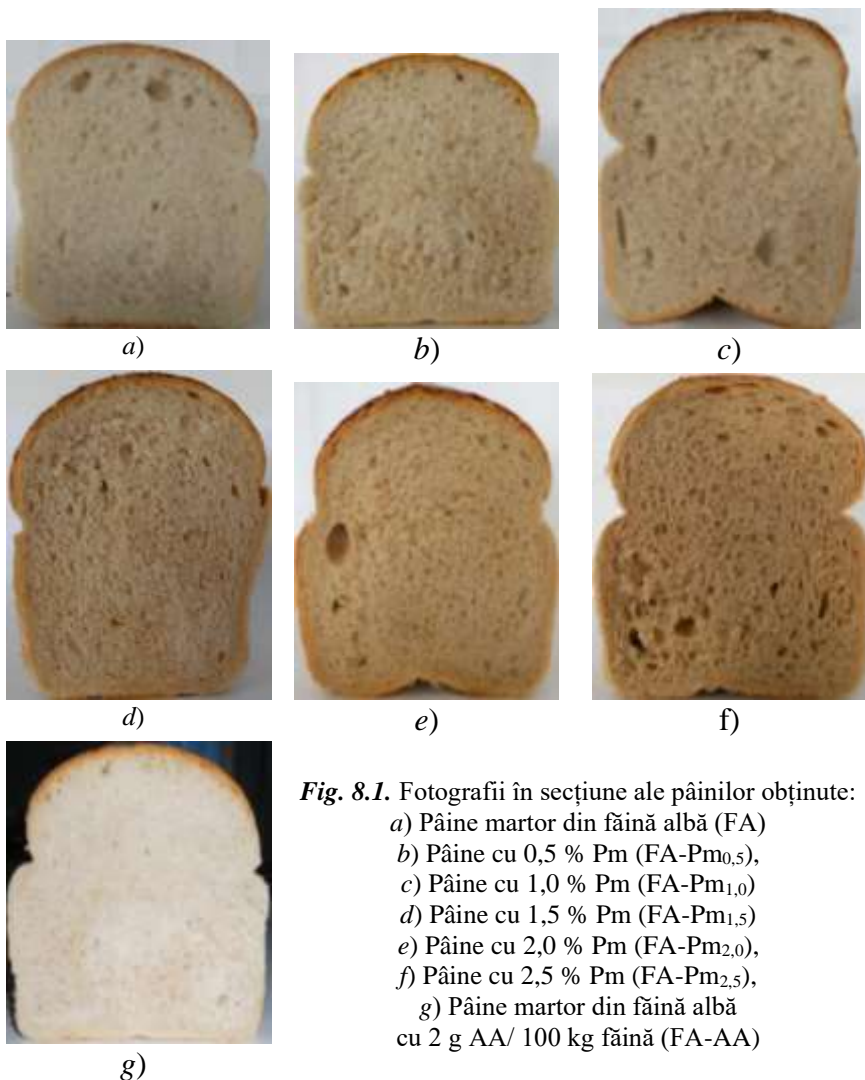


Fig. 8.1. Fotografii în secțiune ale pâinilor obținute:

- a) Pâine martor din făină albă (FA)
- b) Pâine cu 0,5 % Pm (FA-Pm_{0,5}),
- c) Pâine cu 1,0 % Pm (FA-Pm_{1,0})
- d) Pâine cu 1,5 % Pm (FA-Pm_{1,5})
- e) Pâine cu 2,0 % Pm (FA-Pm_{2,0}),
- f) Pâine cu 2,5 % Pm (FA-Pm_{2,5}),
- g) Pâine martor din făină albă
cu 2 g AA/ 100 g făină (FA-AA)

Înălțimea pâinii este mai mare decât a probei martor pentru toate probele cu adaos de Pm, mai puțin pentru 0,5 % Pm care are $97,15 \pm 0,07$ mm față de martor ($100,10 \pm 0,14$ mm). Înălțimea crește pentru 1,0 % Pm ($113,05 \pm 0,07$ mm) și 1,5 % ($115,50 \pm 0,14$ mm) apoi scade ușor pentru 2,0 % Pm ($111,15 \pm 0,21$ mm) și 2,5 % Pm ($108,25 \pm 0,07$ mm). Pâinea obținută din făină cu adaos de AA are înălțimea $113,90 \pm 0,28$ mm, apropiată și situată între valorile înălțimii pentru adaos de 1,0 % și 1,5 % Pm.

8.2.2. Influența pudrei de măceșe asupra volumului pâinii

Volumul pâinii reprezintă, pentru majoritatea consumatorilor autohtoni, unul din principalele criterii de evaluare a calității pâinii și implicit unul din principalele elemente decizionale de cumpărare. Volumul pâinii a fost determinat conform STAS 91:2007, metoda gravimetrică, prin dezlocuirea unui volum de semințe de rapiță. Rezultatele obținute pentru determinări duplicate sunt prezentate în [fig. 8.3](#).

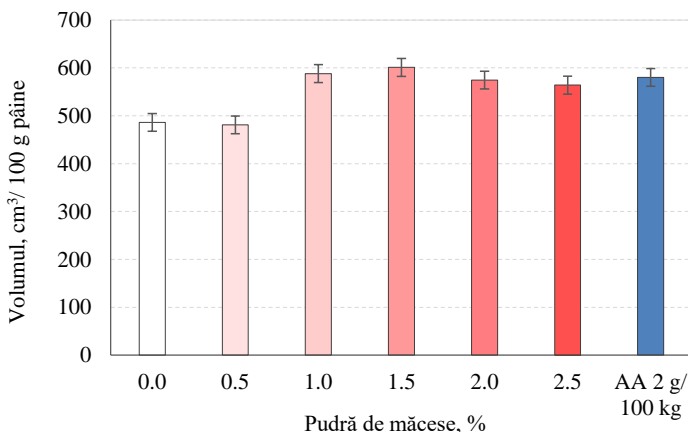


Fig. 8.3. Volumul pâinii în funcție de adaosul de Pm

8.2.3. Influența pudrei de măceșe asupra umidității pâinii

Umiditatea pâinii crește față de martor ($u_0 = 41,81 \pm 0,40$ %) pentru toate probele cu adaos de Pm, fiind cuprinsă între $42,64 \pm 0,33$ % (1,5 % Pm) și $43,92 \pm 0,15$ % (2,0 % Pm). Diferențele sunt semnificative ($p < 0,05$). Umiditatea probei cu 2,5 % Pm este $42,51 \pm 0,34$ %, situată între umiditățile martorului și a probei cu 0,5 % Pm, deci mai mică decât în cazul celorlalte adaosuri. Proba martor cu adaos de AA are umiditatea $42,06 \pm 0,16$ % apropiată de a martorului FA (fără adaos de Pm). Creșterea umidității pâinii se datorează creșterii capacității de hidratare a amestecurilor FA-Pm datorită aportului de fibre din Pm adăugată.

Rezultate asemănătoare sunt raportate în literatură. Astfel, pâinea toast cu conținut ridicat de fibre obținută prin adaos de 10, 20 și 30 % tărâțe fină sau grosieră, închisă sau deschisă la culoare și germeni de grâu are umiditatea mai mare decât pâinea martor obținută din făină de grâu nealbită ($u = 39,29 \pm 0,34$ %) pentru toate tipurile de tărâțe. Creșterea umidității se datorează cantităților mai mari de apă utilizate la prepararea aluatului ca urmare a adaosului de tărâțe care contribuie cu fibre. De asemenea, umiditatea crește ușor și cu procentul de tărâțe utilizate (Sidhu et al., 1999).

8.2.4. Influența pudrei de măceșe asupra acidității pâinii

Aciditatea pâinii obținute doar din făină albă de grâu (martor) este cea mai mică (2 grade de aciditate), pâinea obținută din făină cu adaos de Pm sau AA prezentând valori mai mari ale acidității. Valorile acidității cresc cu creșterea adaosului de Pm, dar cu diferențe nesemnificative ($p > 0,05$), ajungând la 2,20 grade de aciditate pentru 2,5 % Pm. Pâinea cu adaos de AA are aciditatea 2,05 grade de aciditate, foarte apropiată de cea a probei martor.

Valorile acidității pâinii cu adaos de Pm și AA nu se datorează acidului ascorbic întrucât acesta se consumă la frământare, iar dacă rămâne cumva în exces în aluat, este denaturat la coacere. Alte componente ale pudrei de măceșe, de exemplu acizi organici prezenți în compoziția măceșelor, nedeterminați, pot fi răspunzători de valorile obținute pentru aciditate.

8.2.5. Influența pudrei de măceșe asupra porozității miezului pâinii

Pâinile obținute sunt caracterizate de valori mari ale porozității (fig. 8.6). Astfel, pâinea martor a avut porozitatea $87,75 \pm 1,06$ %, iar pentru pâinile cu adaos de Pm s-au obținut valori mai mari, cu excepția probei cu 0,5 % Pm pentru care valoarea este mai mică, $87,50 \pm 0,71$ %. Valorile cresc pentru 1,0 % Pm ($90,00 \pm 0,71$ %) și 1,5 % Pm ($90,70 \pm 0,99$ %) apoi scad la $89,00 \pm 0,71$ % pentru 2,0 % Pm și $89,4 \pm 0,57$ % pentru 2,5 % Pm. Proba cu adaos de AA a avut porozitatea $88,6 \pm 1,56$ %. Diferențele sunt semnificative ($p < 0,05$).

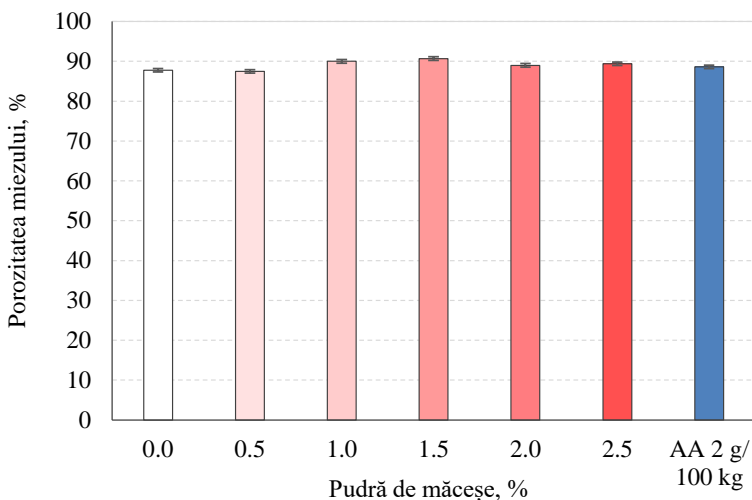


Fig. 8.6. Porozitatea miezului în funcție de adaosul de Pm

Corelând datele obținute pentru porozitate cu imaginile prezentate în [fig 8.1](#) pentru pâini în secțiune, se observă că porii sunt mici, în general, iar distribuția lor este uniformă, cu câteva excepții de pori mai mari, situați în apropierea cojii pâinii.. Aceasta înseamnă că frământarea a fost eficientă și a favorizat înglobarea suficientă de aer în aluat pentru ca în acesta să rămână, după consumul oxigenului în reacțiile de oxidare, pori mici de azot, ca nuclee în care să se acumuleze dioxidul de carbon rezultat din fermentare ([Cauvain, 2015, p. 28–29](#)).

8.2.6. Influența pudrei de măceșe asupra elasticității miezului pâinii

Elasticitatea miezului pâinii este proprietatea acestuia de a reveni la forma inițială, după încetarea acțiunii forței de presare. Depinde de calitatea și cantitatea glutenului din făină și de starea de prospețime a produsului ([Bordei, 2007, p. 517](#)). Datele experimentale obținute sunt prezentate în [fig. 8.7](#).

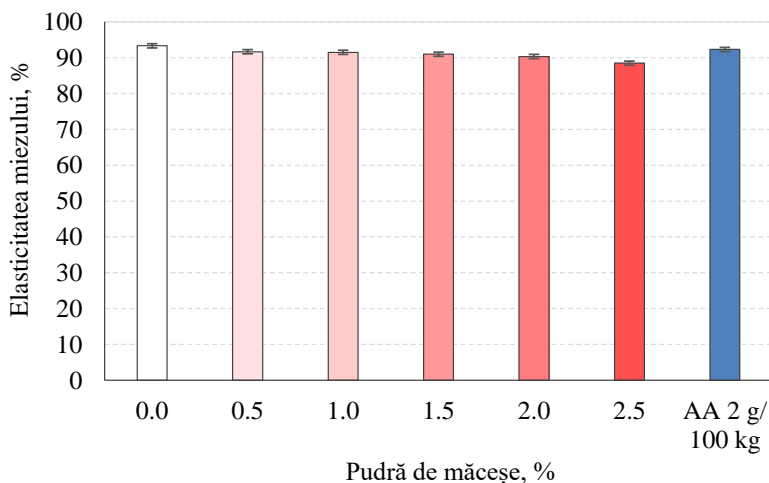


Fig. 8.7. Elasticitatea miezului în funcție de adaosul de Pm

Valorile obținute pentru elasticitatea miezului sunt cuprinse între 93,3 % pentru martor și 88,5 % pentru pâinea din făină cu 2,5 % Pm, adică scad cu creșterea adaosului de Pm. Diferențele sunt semnificative ($p < 0,05$).

8.3. Influența pudrei de măceșe asupra însușirilor senzoriale ale pâinii

8.3.1. Analiza senzorială cu ajutorul metodei cu 20 puncte

Testul cu 20 puncte se bazează pe evaluarea și acordarea de puncte următoarelor însușiri senzoriale: forma, aspectul exterior, volumul (3 puncte), aspectul cojii (3 puncte), aspectul miezului (4 puncte), consistența și

comportarea la masticăție a miezului (3 puncte), mirosul (3 puncte) și gustul (4 puncte) astfel încât punctajul maxim să fie 20.

Cele mai apreciate însușiri senzoriale sunt forma, aspectul exterior și volumul, mirosul și gustul (fig. 8.8). Astfel, forma, aspectul exterior și volumul a obținut punctaje medii din maximum 3 puncte astfel: 2,9 puncte pentru pâinea cu adaos de 0,5 % Pm, 1,0 % Pm și 1,5 % Pm, respectiv 2,8 puncte pentru restul pâinilor. Mirosul a primit punctaj maxim pentru martor și pâinea cu 1,5 % Pm, 2,7 puncte pentru pâinea cu 2,5 % Pm și 2,9 puncte pentru celelalte pâini. Gustul a obținut punctaje medii din maximum 4 puncte cuprinse între 3,4 pentru pâinea cu 2,5 % Pm și 3,8 pentru 1,5 % Pm, martorul și pâinea cu AA având 3,5 puncte.

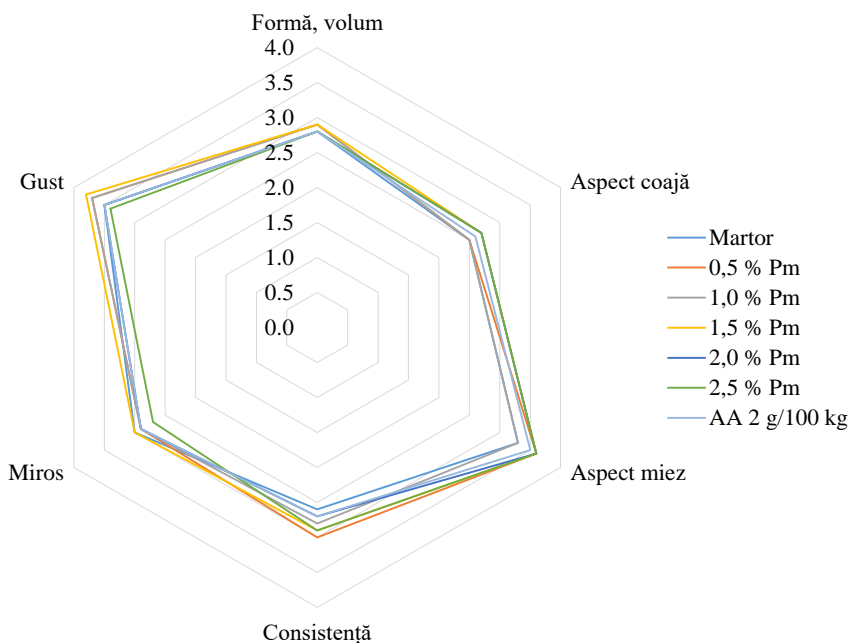


Fig. 8.8. Profilul senzorial pentru pâinea cu adaos de Pm

Faptul că pâinea martor a primit cel mai mic punctaj arată că pâinea cu adaos de Pm a fost acceptată și apreciată de către degustători. Adaosul de Pm a îmbunătățit proprietățile reologice ale aluatului astfel că pâinea obținută a avut și proprietăți fizico-chimice bune. Nuanțele de culoare nu au deranjat, consumatorii fiind obișnuiți cu existența în comerț a pâinii integrale sau negre, chiar dacă pudra de măceșe a imprimat culori cu tentă roșietică datorită pigmentilor carotenoidici pe care îi conține.

8.4. Concluzii parțiale – influența Pm asupra însușirilor pâinii

Din studiul influenței adaosului de Pm asupra însușirilor pâinii rezultă următoarele constatări:

- Volumul pâinii cu adaos de Pm prezintă valori mai mari decât maritorul, cu excepția probei cu 0,5 % Pm, cu diferențe semnificative ($p < 0,05$) și cea mai mare creștere pentru 1,0 % Pm și 1,5 % Pm;
- Volumul specific are aceeași evoluție ca volumul pâinii, valori mai mari față de maritor fiind obținute pentru adaosurile de Pm cu excepția adaosului de 0,5 % Pm.
- Umiditatea pâinii crește față de maritor pentru toate probele cu adaos de Pm, diferențele fiind semnificative ($p < 0,05$).
- Aciditatea crește cu creșterea adaosului de Pm cu diferențe ne semnificative ($p > 0,05$);
- Pâinile obținute au porozitate mare, cu diferențe semnificative ($p < 0,05$) în funcție de adaosul de Pm;
- Elasticitatea miezului scade cu valori semnificative ($p < 0,05$) față de maritor, cu creșterea adaosului de Pm;
- Cele mai apreciate însușiri senzoriale sunt forma, aspectul exterior și volumul, mirosul și gustul;
- Pâinile cu adaos de Pm au primit punctaj total mai mare decât maritorul ceea ce înseamnă că au fost acceptate de către degustători;
- La testul hedonic, cele mai apreciate însușiri senzoriale au fost aspectul exterior, aspectul și culoarea cojii și culoarea miezului, urmate îndeaproape de elasticitate și porozitate, miros, respect gust și aromă;
- Acceptabilitatea generală, evaluată prin manifestarea intenției de cumpărare, a primit punctaje mai mici, dar mediile sunt situate tot peste 7.

În concluzie, pâinea cu adaos de Pm prezintă proprietăți fizico-chimice și senzoriale bune, apreciate la degustare, influența AA din pudră de măceșe adăugată în făină fiind incontestabilă la frământarea aluatului.

9. Colorimetria și imagistica pâinii

9.1. Introducere. Importanța studierii culorii pâinii

Culoarea alimentelor este primul parametru de calitate evaluat de consumatori și este esențial în acceptarea produsului, chiar înainte ca acesta să intre în gură. Observarea culorii permite astfel detectarea anumitor anomalii sau defecte pe care le pot prezenta produsele alimentare (Abdullah *et al.*, 2004; Du & Sun, 2004; Hatcher *et al.*, 2004; Pedreschi *et al.*, 2000).

Aspectul alimentului determinat în principal de culoarea suprafeței este prima senzație pe care consumatorul o percepe și o folosește ca instrument de acceptare sau respingere a alimentelor (Leon *et al.* 2006).

Metoda utilizată se bazează pe analiza imaginii color (AIC) a pâinii cu adaos de pudră de măceșe scanate la sfârșitul procesului tehnologic. Spațiul tricromatic CIE L*a*b* a fost utilizat pentru codarea culorilor și discriminarea în procesul de clasificare a pixelilor.

Scopul principal fost găsirea unei metode rapide și non-invazive pentru a evalua calitatea pâinii din punct de vedere cantitativ și igienic (Teusdea *et al.*, 2010; Fumiere *et al.*, 2004). Metoda a trebuit să fie adecvată pentru aplicarea industrială și pentru medii agresive biochimic sau microbiologic.

Procesul de clasificare s-a bazat pe conversia imaginilor scanate digital pentru pâinea cu adaos de pudră de măceșe în CIE L*a*b* spațiu color care are avantajul de a fi un spațiu liniar.

9.2. Materiale și metode

9.2.1. Analiza culorii miezului pâinii

Metoda de analiză utilizată pentru evidențierea schimbării culorii pâinii la diferite adaosuri de pudră de măceșe a fost **analiza de culoare a imaginilor** (ACI). Această metodă utilizează spațiul tricromatic CIE L*a*b*, în locul celui nativ de codare a imaginilor digitale, și anume RGB (fig. 9.1). O analiză aprofundată a conversiei fiabile RGB în CIE L*a*b* este discutată de Leon *et al.* (2006).

Imaginea capturată este o imagine bitmap care constă din mulți pixeli, fiecărui pixel fiindu-i atribuit un loc specific și valoarea culorii. Software-ul face conversia între valorile din RGB la CIE L*a*b* (Teușdea *et al.*, 2010).

Probele au fost studiate prin intermediul unei analize digitale a imaginii cu un software propriu, codul fiind scris în mediul de programare Matlab R2015. Imaginile au fost capturate cu un scanner CanoScan 9000F (rezoluție 300 dpi) din trei zone centrale ale feliilor de pâine cu grosime de 20 mm tăiate din fiecare pâine. Scanarea s-a repetat timp de trei zile succesive.

Rezoluția optică a secțiunilor de pâine scanate a fost 300 × 300 dpi (1 pixel = 0,0846 × 0,0846 mm), iar fundalul a fost ales negru. Probele, adică feliile de pâine, au fost scanate pe ambele fețe (probe în duplicat), în prima zi, a doua zi și a treia zi, astfel încât au fost 36 de imagini scanate.

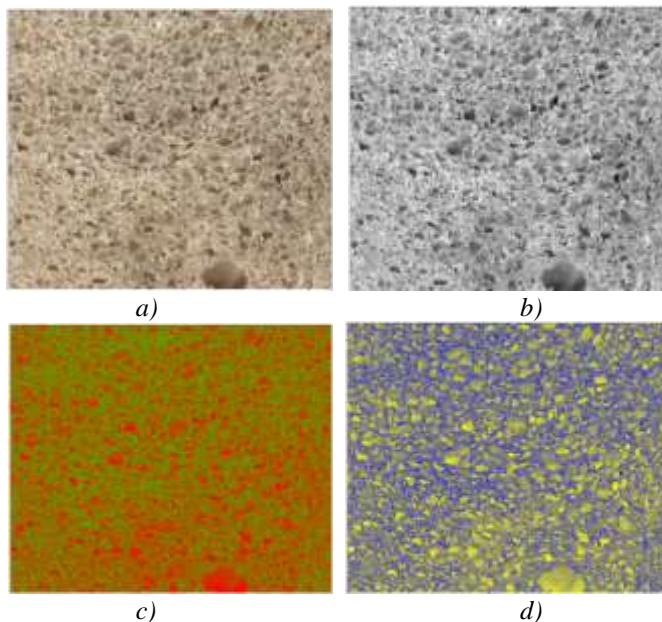


Fig. 9.2. Exemplificarea transformării culorii unei probe de pâine, din sistemul tricromatic RGB (*a*) în CIE $L^*a^*b^*$: *b*) Imaginea codată în luminanța L^* ; *c*) Imaginea codată în cromaticitatea a^* ; *d*) Imaginea codată în cromaticitatea b^* .

Porozitatea totală a probelor de pâine a fost evaluată prin clasificarea pixelilor de miez și pori utilizând histograme CIE $L^*a^*b^*$ cromatice (1D și 2D).

Analiza statistică univariată a fost utilizată pentru a determina diferențele statistice dintre eșantioane pentru factorii adaosului de Pm și timpul de depozitare (zile). Ansamblul eșantioanelor multivariate a evidențiat modul în care adăugarea de Pm modifică proprietățile de păstrare a pâinii albe.

Au fost utilizate secvențe multivariate pentru analiza componentelor principale (PCA), analiza multivariată a variației (MANOVA) și analiza ierarhică cluster (HCA) pentru a stabili gruparea probelor, utilizând parametri cromatici și porozitatea pâinii.

9.4. Rezultatele testului bifactorial ANOVA

Testul analizei de varianță ANOVA pentru probele de pâine analizate a cuprins doi factori (bifactorial). Primul factor este procentul de pudră de măceșe adăugat, Adaos, cu nivelele: 0%, 0.50%, 1.00%, 1.50%, 2.00% și 2.50%. Al doilea factor este perioada de analiză în zile, Ziua, cu nivelele: Ziua_0, Ziua_1 și Ziua_2.

Testul ANOVA ($p = 0,05$) pentru probele de pâine a fost realizat pentru parametrii cromatici CIE L^*a^*b și indicele de brunificare, BI.

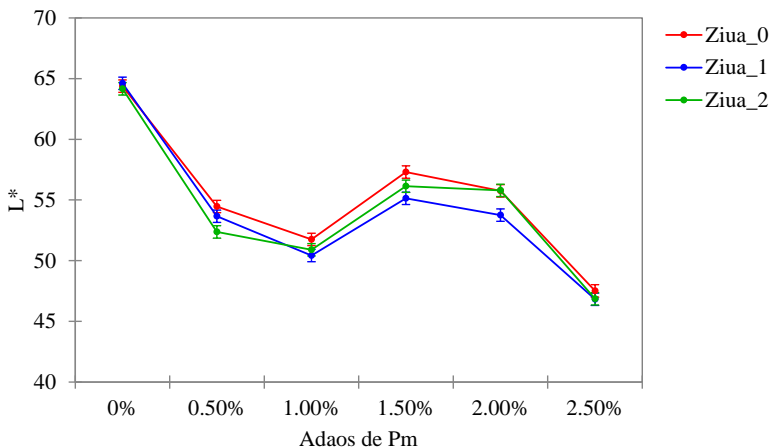


Fig. 9.13. Valorile medii ale luminanței L^* din probele de pâine pentru nivelele factorului Adaos*Ziua (varianta 1)

În mod natural, evoluția luminanței cu creșterea adaosului de pudră de măceșe ar fi una monoton descrescătoare, dar în cazul analizat probele de adaos 0,5% și 1,0% prezintă valori mai mici decât cele ale probelor de 1,5% și 2,0%. O evoluție identică este prezentă și pentru cromaticitatea a^* .

Evoluția cromaticității b^* și a indicelui de brunificare, BI, prezintă doar o singură sincopă pentru proba de pâine 1,5%.

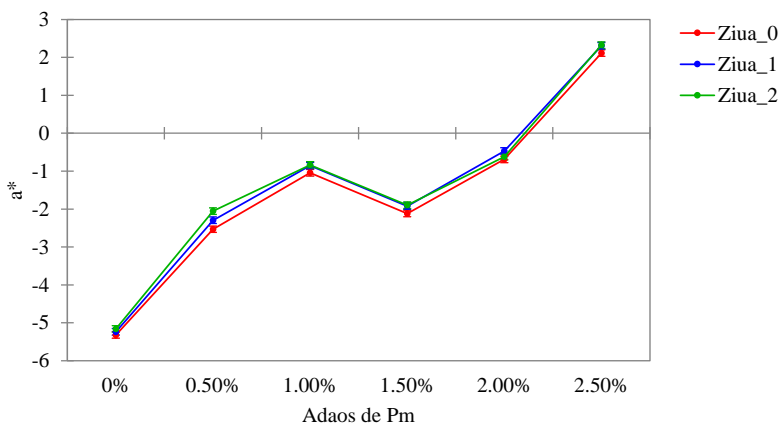


Fig. 9.17. Valorile medii ale cromaticității a^* din probele de pâine pentru nivelele factorului Adaos*Ziua (varianta 1)

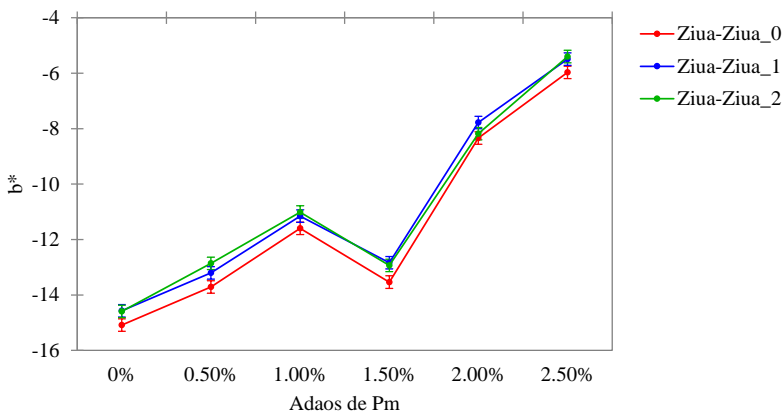


Fig. 9.21. Valorile medii ale cromaticității b^* din probele de pâine pentru nivelele factorului Adaos*Ziua (varianta 1)

Tendențele generale ale evoluțiilor parametrilor analizați sunt cele așteptate la adaosul de Pm, care prin prezența unei cantități însemnate de antociani duc la schimbarea cromaticității spre o culoare brun roșcată. Ca urmare odată cu creșterea adaosului, culoarea probelor de pâine prezintă luminanță (L^*) mai scăzută, cromaticități a^* , b^* și indice de brunificare, BI, mai mari.

9.6. Concluzii parțiale – colorimetria și imagistica pâinii

Progresele recente în achiziția de imagini și calculul de mare putere fac din aceasta o realitate viitoare.

Luminanța probelor de pâine prezentate denotă faptul că evoluția acestora este aproape constantă după a doua zi de la preparare. În mod natural, evoluția luminanței cu creșterea adaosului de pudră de măceșe ar fi una monoton descrescătoare, dar în cazul analizat probele de adaos 0,5 % Pm și 1,0 % Pm prezintă valori mai mici decât cele ale probelor cu 1,5 % și 2,0 % Pm. O evoluție identică este prezentă și pentru cromaticitatea a^* . Evoluția cromaticității b^* și a indicelui de brunificare, BI prezintă doar o singură ”sincopă” pentru proba de pâine 1,5%.

Tendențele generale ale evoluțiilor parametrilor analizați sunt cele așteptate la adaosul de pudră de măceșe care prin prezența unei cantități însemnate de pigmenți carotenoidici duc la schimbarea cromaticității spre o culoare brun roșcată. Ca urmare, odată cu creșterea adaosului, culoarea probelor de pâine prezintă luminanță (L^*) mai scăzută, cromaticități a^* , b^* și indice de brunificare, BI, mai mari.

10. Concluzii finale, contribuții originale și perspective

10.1. Concluzii finale

Preocuparea de bază a specialiștilor din panificație o constituie aplicarea celor mai noi metode care să asigure obținerea industrială a unor produse de calitate superioară, bine afânate, cu porozitate crescută, cu gust și aromă plăcute, cu valoare alimentară ridicată și care să se mențină mult timp în stare proaspătă.

Utilizarea amelioratorilor se înscrie în această preocupare întrucât, adăugați în făină în cantități foarte mici, influențează pozitiv calitatea și prospețimea pâinii și a produselor de panificație.

Acidul ascorbic (AA) sau vitamina C este un ameliorator utilizat atât pentru accelerarea maturării făinii, cât și la prelucrarea făinurilor slabe, respectiv la frământarea intensivă și rapidă. Rolul AA în panificație este să medieze reacțiile de oxidare care stabilizează aluatul pentru păstrarea proprietăților elastice și vâscoase astfel încât aluatul să poată reține gazele produse în timpul fermentării și dospirii. Pe lângă îmbunătățirea capacității glutenului de a reține gazele, AA contribuie la o dospire mai rapidă, la obținerea unei pâini cu volum mai mare, cu miez mai fin, cu pori mai mici și mai mulți, uniform distribuiți și la reducerea grosimii cojii. Aceste modificări au ca rezultat și un miez mai moale, iar pâinea va arăta proaspătă mai mult timp. AA utilizat în panificație provine preponderent din sinteză chimică astfel că este clasificat compus chimic cu numărul E300.

Tendințele actuale de utilizare a compușilor bioactivi proveniți din surse naturale au îndreptat cercetările spre înlocuirea compușilor de sinteză cu materiale naturale. Multe produse vegetale, îndeosebi fructe, conțin cantități mari de AA în mod natural, de exemplu măceșe, merișoare, acerola și prune kakadu. Dintre acestea, acerola a fost utilizată sub formă de extract ca înlocuitor de AA la fabricarea pâinii, iar rezultatele bune obținute au deschis calea altor utilizări.

Măceșele au utilizări diverse în alimentație datorită conținutului bogat de compuși bioactivi precum polifenoli, acizi grași esențiali, galactolipide, folați, antioxidanți, vitamine și substanțe minerale, îndeosebi pentru vitamina C care variază între 100 și 1400 mg/100 g, cu valori medii în intervalul 400–800 mg/100 g.

Ideea utilizării măceșelor în studiul înlocuirii AA de sinteză la fabricarea pâinii se bazează pe conținutul mare de vitamina C din aceste fructe și faptul că arbustul care le produce este răspândit în România. Această idee a generat obiectivul general și obiectivele specifice ale tezei de doctorat.

Rezultatele obținute în cercetările care au urmărit **determinarea influenței adaosului de pudră de măceșe**, ca înlocuitor natural al AA, **asupra reologiei aluatului și a calității pâinii**, au fost interpretate și discutate pentru stabilirea unor concluzii și verificarea îndeplinirii obiectivelor.

În continuare sunt prezentate succint concluziile obținute urmărind îndeplinirea obiectivelor specifice.

• **Obținerea și caracterizarea pudrei de măceșe**

Pudra de măceșe (Pm) s-a obținut din pulpă de măceșe coapte, recoltate manual, uscată blând, în mediul ambiant ($t = 20^{\circ}\text{C}$, $\varphi = 60\%$), măcinată fin și cernută pentru separarea particulelor cu dimensiuni de maximum 180 μm , similare cu dimensiunile particulelor de făină. Pm a fost depozitată la întuneric, în borcane de sticlă închise ermetic și păstrată până la utilizare.

Pudra de măceșe obținută a avut următoarea compoziție biochimică: umiditate $13,40 \pm 0,15 \%$, cenușă $6,50 \pm 0,07 \%$, proteine $4,89 \pm 0,11 \%$, grăsimi $0,76 \pm 0,01 \%$, carbohidrați $73,66 \pm 0,19 \%$ din care zaharuri reducătoare $65,03 \pm 0,21 \%$ și fibre $8,63 \pm 0,03 \%$ și conținut de vitamina C între $820 \pm 37,75$ și 200 ± 24 mg/100 g.

• **Studiul influenței Pm asupra proprietăților fizico-chimice ale făinii**

Din analiza fizico-chimică a mai multor sortimente de făină albă, intermediară, integrală și neagră a fost aleasă câte o făină pentru obținerea amestecurilor cu adaos de pudră de măceșe (Pm) 3, 6, 9, 12, 15, 18 și 21 %. Au rezultat 28 de amestecuri pentru care s-au determinat umiditatea, conținutul de cenușă, proteine și gluten umed. Compoziția chimică a amestecurilor obținute s-a modificat semnificativ ($p < 0,05$) prin adăugarea pudrei de măceșe: umiditatea, conținutul de proteine și gluten umed au scăzut, iar conținutul de cenușă a crescut. Pentru continuarea cercetărilor a fost aleasă făina albă (FA).

• **Stabilirea adaosului de Pm și alegerea făinii potrivite pentru studiu**

S-au obținut amestecuri FA-Pm cu adaos de 1,0 %, 2,5 % și 5,0 % Pm care au fost analizate fizico-chimic și cu ajutorul testelor farinografic, extensografic, amilografic și reofermentografic obținându-se următoarele concluzii:

- CH a făinii a crescut semnificativ ($p < 0,05$) prin aportul de fibre din Pm;
- AA din Pm a redus semnificativ ($p < 0,05$) TDA și a crescut semnificativ ($p < 0,05$) SA pentru adaosuri sub 2,5 %;
- Pentru adaosuri de 2,5 și 5,0 % Pm s-a obținut un aluat cu rezistență la întindere prea mare și mai puțin extensibil;
- Efortul necesar pentru întinderea bucății de aluat a scăzut semnificativ ($p < 0,05$) pentru adaosuri mai mari de 2,5 % Pm;

- Adaosul de Pm a determinat creșterea temperaturii maxime de gelatinizare și vâscozitatea maximă diferențe semnificative ($p < 0,05$);
- Înălțimea maximă și înălțimea finală a aluatului au crescut semnificativ ($p < 0,05$) cu adaosul de Pm până la 2,5 % Pm după care au scăzut;
- Volumul de gaze reținute în aluat a crescut la adaosul de Pm.

Adaosul de Pm a avut o influență pozitivă asupra parametrilor reologici, îndeosebi asupra CH, TDA, SA, energia aluatului, rezistența la întindere, temperatura de gelatinizare, înălțimea maximă și finală a aluatului, procentul de cădere, volumul de gaze pierdute la fermentare și volumul de gaze reținute în aluat. Testele reologice au indicat faptul că adaosul de Pm trebuie să fie până în 2,5 % pentru a se obține un aluat corespunzător și o pâine crescută, cu porozitate și elasticitate bune.

• Studiul influenței Pm asupra caracteristicilor reologice ale aluatului

Pentru studiul influenței adaosului de pudră de măceșe (Pm) asupra reologiei aluatului s-a utilizat făină albă (FA) de grâu tip 550 netratată cu acid ascorbic sau alți amelioratori și pudră de măceșe adăugată în proporție de 0,5 %, 1,0 %, 1,5 %, 2,0 % și 2,5 %. Ca martor a fost folosită FA netratată și FA cu adaos de 2 g AA/100 kg făină. Amestecurile obținute au fost caracterizate fizico-chimic și cu ajutorul testelor reologice specifice pentru făină și aluat (farinografic, extensografic, amilografic și reofermentografic). S-au formulat următoarele concluzii:

- Adaosul de Pm în FA a influențat compoziția amestecurilor prin scăderea ne semnificativă ($p > 0,05$) a umidității, creșterea semnificativă ($p < 0,05$) a cenușii, scăderea semnificativă ($p < 0,05$) a conținutului de proteine și de gluten umed și variația ne semnificativă ($p > 0,05$) a conținutului de lipide și glucide.
- Parametrii farinografici au fost influențați de adaosul de Pm astfel:
 - CH a crescut semnificativ ($p < 0,05$), cel mai probabil datorită aportului de fibre în amestecurile FA-Pm;
 - TDA și nota farinografică au variat ne semnificativ ($p > 0,05$);
 - SA a variat semnificativ ($p < 0,05$);
 - Gradul de înmuiere relevant obținut la 12 min. după atingerea maximului curbei a crescut semnificativ ($p < 0,05$).

Din analiza farinografică nu s-a putut stabili un adaos de Pm optim, respectiv ce adaosuri de Pm pot fi recomandate pentru utilizare ca înlocuitor de acid ascorbic la fabricarea pâinii.

- Adaosul de 0,5–2,5 % Pm în făina de grâu a influențat parametrii extensografici astfel:

- Rezistența la întindere, R_{50} , a crescut semnificativ ($p < 0,05$) cu adaosul de Pm și timpul de repaus, la 2,0 % Pm ajungând la valorile maxime pe care le poate înregistra aparatul;
- Extensibilitatea aluatului a scăzut cu adaosul de Pm, la început nesemnificativ ($p > 0,05$), apoi semnificativ ($p < 0,05$);
- Indicii de calitate extensografici au crescut indicând un aluat bun;
- Energia necesară pentru întinderea aluatului până la rupere a crescut față de martor însă nu a prezentat diferențe semnificative ($p > 0,05$) pentru adaosurile de Pm.

Analiza extensografică a arătat că adaosul de Pm trebuie realizat astfel încât rezistența la întindere să crească foarte mult. În condițiile experimentale ale studiului, valorile optime ale adaosului de Pm sunt până în 2,0 %.

- d) Parametrii amilografici au fost influențați de adaosul de 0,5–2,5 % Pm astfel:
- Temperatura la începutul gelatinizării și temperatura maximă de gelatinizare au crescut cu diferențe semnificative ($p < 0,05$);
 - Vâscozitatea maximă de gelatinizare a prezentat diferențe semnificative ($p < 0,05$) și a indicat obținerea unui gel de făină mai vâscos la adaosuri de Pm mari.
- e) Adaosul de 0,5–2,5 % Pm în făina de grâu a influențat parametrii reofermentografici astfel:
- Înălțimea maximă a aluatului a variat semnificativ față de martor;
 - Aluaturile au fost stabile întrucât înălțimea aluatului la finalul fermentării a avut valori aproape identice cu Hm , cu excepția martorului;
 - Timpul T_x la care începe pierderea de CO_2 din aluat a avut valori mai mari decât martorul pentru adaosurile de 0,5–1,5 % și AA, respectiv mai mici pentru restul probelor;
 - Volumul total de gaze a avut valori relativ apropiate pentru toate probele;
 - Volumul de gaze pierdute din aluat în timpul fermentării a avut valori mai mici pentru probele cu adaos de Pm față de martor;
 - Volumul de gaz reținut în aluat a crescut până la adaosul de 2,0 % Pm, apoi a scăzut.

În concluzie, adaosul de Pm în făina de grâu a îmbunătățit proprietățile reologice ale aluatului în mod asemănător cu AA de sinteză, chiar dacă au apărut unele diferențe provocate de alte componente ale Pm. Aceste diferențe sunt relativ mici întrucât adaosul nu trebuie să fie efectuat în cantități mari. În plus, unele diferențe sunt benefice, de exemplu creșterea capacității de hidratare a aluatului datorată cel mai probabil aportului de fibre prin adaosul de Pm.

În conformitate cu rezultatele experimentale obținute, parametrii făinii și conținutul de vitamina C din pudra de măceșe utilizată pot fi recomandate adaosuri de până la 2,0 % Pm cu mențiunea necesității cunoașterii conținutului de vitamina C în pudra de măceșe.

• **Studiul influenței Pm asupra proprietăților fizico-chimice și senzoriale ale pâinii**

Pentru determinarea proprietăților fizico-chimice și senzoriale ale pâinii, din făinurile analizate în testele reologice s-a obținut pâine prin metoda directă. După modelare aluatul a fost introdus în tăvi pentru dospire și coacere. După răcire, pâinea a fost analizată fizico-chimic (dimensiunile, volumul, volumul specific, umiditatea, aciditatea, porozitatea și elasticitatea) și senzorial (testul cu 20 puncte și testul hedonic). Au fost formulate următoarele concluzii:

- Volumul pâinii cu adaos de Pm a prezentat valori mai mari decât martorul, cu excepția probei cu 0,5 % Pm, cu diferențe semnificative ($p < 0,05$) și cea mai mare creștere pentru 1,0 % Pm și 1,5 % Pm;
- Umiditatea pâinii a crescut față de martor pentru toate probele cu adaos de Pm, diferențele fiind semnificative ($p < 0,05$).
- Aciditatea a crescut cu creșterea adaosului de Pm cu diferențe ne semnificative ($p > 0,05$);
- Pâinile obținute au avut porozitate mare, cu diferențe semnificative ($p < 0,05$);
- Elasticitatea miezului a scăzut cu valori semnificative ($p < 0,05$) față de martor rămânând, totuși la valori ridicate, în jurul a 90 %;
- Cele mai apreciate însușiri senzoriale au fost forma, aspectul exterior și volumul, mirosul și gustul;
- Pâinile cu adaos de Pm au primit punctaj total mai mare decât martorul ceea ce înseamnă că au fost acceptate de către degustători;
- La testul hedonic, cele mai apreciate însușiri senzoriale au fost aspectul exterior, aspectul și culoarea cojii și culoarea miezului, urmate îndeaproape de elasticitate și porozitate, miros, respectiv gust și aromă;
- Acceptabilitatea generală, evaluată prin manifestarea intenției de cumpărare, a primit punctaje mai mici, dar mediile au fost situate tot peste 7 (din 9).

În concluzie, pâinea cu adaos de Pm a prezentat proprietăți fizico-chimice și senzoriale bune, apreciate la degustare, influența AA din pudra de măceșe adăugată în făină fiind incontestabilă la frământarea aluatului.

Analiza pâinii a fost completată cu studii de colorimetrie și imagistică cu analiza de culoare a imaginilor care utilizează spațiul tricromatic CIE $L^*a^*b^*$, în locul celui nativ de codare a imaginilor digitale, și anume RGB.

Culoarea este un atribut important de calitate al alimentelor care influențează alegerea și preferințele consumatorilor. Culoarea poate fi corelată cu alte atribute de calitate, cum ar fi defecte senzoriale, nutriționale și vizuale sau non-vizuale și ajută la controlul lor imediat.

Pâinea a fost scanată în secțiune, în duplicat, timp de trei zile succesive, apoi imaginile obținute au fost prelucrate, convertite în spațiu CIE $L^*a^*b^*$ și analizate.

Luminanța probelor de pâine analizate a indicat faptul că evoluția acestora a fost aproape constantă după a doua zi de la obținerea pâinii.

În mod natural, evoluția luminanței cu creșterea adaosului de pudră de măceșe ar fi una monoton descrescătoare, dar în cazul analizat probele de adaos 0,5 % Pm și 1,0 % Pm au prezentat valori mai mici decât cele ale probelor cu 1,5 % Pm și 2,0 % Pm. O evoluție identică a fost obținută pentru cromaticitatea a^* .

Evoluția cromaticității b^* și a indicelui de brunificare, BI a prezentat doar o singură "sincopă" pentru proba de pâine cu 1,5 % Pm.

Tendențele generale ale evoluțiilor parametrilor analizați au fost cele așteptate la adaosul de pudră de măceșe care, prin prezența unei cantități însemnate de pigmenți carotenoidici duc la schimbarea cromaticității spre o culoare brun roșcată. Ca urmare, odată cu creșterea adaosului, culoarea probelor de pâine a prezentat luminanță (L^*) mai scăzută, cromaticități a^* , b^* și indice de brunificare, BI, mai mari.

- **Depunerea unei cereri de brevet de invenție *Pâine cu adaos de pudră de măceșe și procedeu de obținere a acesteia***

Cererea de brevet de invenție cu titlul *Pâine din făină de grâu cu adaos de pudră de măceșe și procedeu de obținere a acesteia*, autori Turtoi Maria și Vartolomei Nicoleta are numărul A/0069 din 19.09.2018, iar rezumatul a fost publicat în BOPI nr. 3/2020.

10.2. Contribuții originale

Contribuțiile originale în realizarea tezei de doctorat sunt următoarele:

- ✓ Obținerea pudrei de măceșe în condiții naturale fără uscare forțată și caracterizarea fizico-chimică a acesteia;
- ✓ Obținerea amestecurilor de făină cu pudră de măceșe și analiza fizico-chimică pentru stabilirea influenței adaosului de pudră de măceșe asupra compoziției amestecurilor;
- ✓ Efectuarea testelor reologice specifice făinii și aluatului (farinografic, extensografic, amilografic și reofermentografic) pentru studierea influenței pudrei de măceșe asupra reologiei aluatului;

- ✓ Obținerea pâinii din amestecurile de făină cu pudră de măceșe în intervalul 0,5–2,5 % și analiza pâinii pentru a determina influența adaosului de pudră de măceșe asupra caracteristicilor fizico-chimice și senzoriale ale pâinii;
- ✓ Analiza culorii miezului de pâine prin scanarea pâinii în secțiune și convertirea imaginilor din spațiul RGB în spațiul CIE L*a*b*;
- ✓ Depunerea unei cereri de brevet de invenție intitulată *Pâine din făină de grâu cu adaos de pudră de măceșe și procedeu de obținere a acesteia*. Cererea de brevet de invenție a fost înregistrată la OSIM cu nr. A/00697/2018 cu dată de depozit 19.09.2018 și depozit național reglementar cu nr. **a 2018 00697**, iar rezumatul a fost publicat în Buletinul Oficial de Proprietate Industrială – Secțiunea Invenții, nr. 3 din 2020, p. 16.

10.3. Perspective și direcții viitoare de cercetare

Finalizarea tezei de doctorat este doar un moment de bilanț care se va concretiza cu diploma de doctor, perspectivele de continuare și diversificare a cercetărilor rămânând deschise. Astfel, pentru continuarea cercetărilor sunt propuse următoarele direcții viitoare de cercetare:

- Utilizarea pudrei de măceșe în combinație cu alte tipuri de făină;
- Obținerea unui extract de măceșe, caracterizarea lui și studierea utilizării lui la obținerea pâinii ca înlocuitor de acid ascorbic de sinteză chimică;
- Identificarea altor materiale vegetale autohtone cu conținut mare de vitamina C și studierea înlocuirii AA de sinteză la obținerea pâinii.

Bibliografie selectivă

- Abdullah M.Z., Guan L.C., Lim K.C. & Karim A.A. **2004**. The applications of computer vision and tomographic radar imaging for assessing physical properties of food. *Journal of Food Engineering*, 61, 125–135.
- Agrahar-Murugkar D. **2020**. Food to food fortification of breads and biscuits with herbs, spices, millets and oilseeds on bio-accessibility of calcium, iron and zinc and impact of proteins, fat and phenolics. *LWT - Food Science and Technology*, 130, 190703.
- Ajila CM., Leelavathi K. & Prasada Rao U.J. S. **2008**. Improvement of dietary fiber content and antioxidant properties in soft dough biscuits with the incorporation of mango peel powder. *Journal of Cereal Science* 48(2), 319–326.
- Al-Attabi Z.H., Merghani T.M. & Rahman M.S. **2017**. Effect of barley flour addition on the physico-chemical properties of dough and structure of bread. *Journal of Cereal Science*, 75, 61–68.
- Amandikwa C., Iwe M.O., Uzomah A. & Olawuni A.I. **2016**. Physico-chemical properties of wheat-yam flour composite bread. *Nigerian Food Journal*, 33, 12–15.
- Angioloni A. & Collar C. **2012**. High legume-wheat matrices: an alternative to promote bread nutritional value meeting dough viscoelastic restrictions. *European Food Research and Technology*, 234, 273–284.
- Aprodu I. & Banu I. **2015**. Influence of dietary fiber, water, and glucose oxidase on rheological and baking properties of maize based gluten-free bread. *Food Science and Biotechnology*, 24(4), 1301–1307.
- Azeem M., Mu T.-H. & Zhang M. **2020**. Influence of particle size distribution of orange-fleshed sweet potato flour on dough rheology and simulated gastrointestinal digestion of sweet potato-wheat bread. *LWT - Food Science and Technology*, 131, 109690.
- Banu I., Stoenescu G., Ionescu V.S. & Aprodu I. **2012**. Effect of the addition of wheat bran stream on dough rheology and bread quality. *The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati Fascicle VI – Food Technology* 36(1) 39–52.
- Bartkiene E., Jakobsone I., Juodeikiene G., Vidmantiene D., Bartkevics V. **2013**. Effect of fermented *Helianthus tuberosus* L. tubers on acrylamide formation and quality properties of wheat bread. *LWT - Food Science and Technology*, 54, 414–420.
- Bchir B., Rabetafika H.N., Paquot M. & Blecker C. **2014**. Effect of pear, apple and date fibres from cooked fruit by-products on dough performance and bread quality. *Food and Bioprocess Technology*, 7, 1114–1127.

- Belitz H.-D., Grosch W. & Schieberle P. **2009**. *Food Chemistry*. 4th revised and extended Edition, Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- Bijlwan M., Naik B., Sharma D., Singh A. & Kumar V. **2019**. Recent developments in dough based bakery products: a mini review. *The Pharma Journal*, 8(5), 654–658.
- Bordei D. **2004**. *Tehnologia modernă a panificației*, Editura AGIR, București.
- Bordei D., Bahrim G., Pâslaru V., Gasparotti C., Elisei A., Banu I., Ionescu L. & Codină G. **2007**. *Controlul calității în industria panificației: metode de analiză*. Editura Academica, Galați.
- Boukid F., Zannini E., Carini E. & Vittadini E. **2019**. Pulses for bread fortification: A necessity or a choice? *Trends in Food Science & Technology*, 88, 416–428.
- Campbel G.M. & Martin P.J. **2012**. Bread aeration and dough rheology: an introduction. Ch. 12 in Cauvain S.P. (Editor), *Breadmaking: Improving quality*. Second edition, Woodhead Publishing, Oxford, UK, pp. 299–336.
- Cao Y., Zhang H., Guo P., Dong S. & Li H. **2019**. Effect of wheat flour substitution with potato pulp on dough rheology, the quality of steamed bread and in vitro starch digestibility. *LWT - Food Science and Technology*, 111, 527–533.
- Cao Y., Zhang H., Yang Z., Zhang M., Guo P. & Li H. **2020**. Influence of the fermentation time and potato pulp addition on the technological properties and volatile compounds of wheat dough and steamed bread. *LWT - Food Science and Technology*, 128, e109377.
- Cardoso R.V.C., Fernandes Â., Sandrina A. Heleno S.A., Rodrigues P., González-Paramás A.M., Barros L. & Ferreira I.C.F.R. **2019**. Physicochemical characterization and microbiology of wheat and rye flours. *Food Chemistry*, 280, 123–129.
- Cauvain S.P. **2015**. *The Technology of Breadmaking* (3rd edition). Springer International Publishing AG Switzerland.
- Czyzowska A., Klewicka E., Pogorzelski E. & Nowak A. **2014**. Polyphenols, vitamin C and antioxidant activity in wines from *Rosa canina* L. and *Rosa rugosa* Thunb. *Journal of Food Composition and Analysis* 39, 62–68.
- D'Appolonia **2015**. Lallemand Baking Update. How flour affects bread quality. *Flour quality*, 1(17), 1–2.
- Dalgetty D.D. & Baik B.K. **2003**. Isolation and characterization of cotyledon fibers from peas, lentils and Chickpeas. *Cereal Chemistry*, 80, 310–315.
- Dall'Asta C., Cirlini M., Morini E., Rinaldi M., Ganino T. & Chiavaro E. **2013**. Effect of chestnut flour supplementation on physico-chemical properties and volatiles in bread making. *LWT - Food Science and Technology*, 53, 233–239.
- de Almeida Costa G.E., da Silva Queiroz-Monici K. Machado Reis S.M.P. & Costa de Oliveira A. **2006**. Chemical composition, dietary fibre and resistant starch

- contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. *Food Chemistry*, 94, 327–330.
- Dhen N., Rejeb I.B., Boukhris H., Damergi C. & Gargouri M. **2018**. Physicochemical and sensory properties of wheat-Apricot kernels composite bread. *LWT* 95, 262–267.
- Döring C., Nuber C., Stukenborg F., Jekle M. & Becker T. **2015**. Impact of arabinoxylan addition on protein microstructure formation in wheat and rye dough. *Journal of Food Engineering*, 154, 10–16.
- Du C. & Sun D. **2004**. Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation. *Trends in Food Science and Technology*, 15, 230–249.
- Ezekiel R. & Singh N. **2011**. Use of Potato Flour in bread and Flat Bread. Ch. 23 in Preedy V.R., Watson R.R. & Patel V.B. (Editors) *Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention*, pp. 247–259, Elsevier / Academic Press, London, UK.
- Fraś A., Gołębiewski D., Gołębiewska K., Mańkowski D.R. & Boros D. **2018**. Triticale-oat bread as a new product rich in bioactive and nutrient components. *Journal of Cereal Science*, 82, 146–154.
- Fumiere O., Veys P., Boix A., von Holst C., Baeten V. & Berben G. **2004**. Methods of detection, species identification and quantification of processed animal proteins in feeding stuffs, *Biotechnology, Agronomy, Society, Environment*, 13(S), 59–70.
- Gawlik-Dziki U, Świeca M., Dziki D., Baraniak B., Tomiło J. & Czyż J. **2013**. Quality and antioxidant properties of breads enriched with dry onion (*Allium cepa* L.) skin. *Food Chemistry*, 138, 1621–1628.
- Geisslitz S., Wieser H., Scherf K.A. & Koehler P. **2018**. Gluten protein composition and aggregation properties as predictors for bread volume of common wheat, spelt, durum wheat, emmer and einkorn. *Journal of Cereal Science*, 83, 204–212.
- Gioia L.C., Ganacio J.R. & Steel C.J. **2017**. Food Additives and Processing Aids used in Breadmaking. Ch. 6 in Karunaratne D.N. & Pamunuwa G. (Editors) *Food Additives*, IntechOpen.
- Gómez M., Ronda F., Blanco C., Caballero P., and Apesteguia A. **2003**. Effect of dietary fibre on dough rheology and bread quality. *European Food Research Technology*, 216, 51-56.
- Graça C., Fradinho P., Sousa I. & Raymundo A. **2018**. Impact of *Chlorella vulgaris* on the rheology of wheat flour dough and bread texture. *LWT-Food Science and Technology* 89, 466–474.

- Grasso S., Liu S. & Methven L. **2020**. Quality of muffins enriched with upcycled defatted sunflower seed flour. *LWT – Food Science and Technology*, 119, Article 108893.
- Grosch W. & Wieser H. **1999**. Redox reactions in wheat dough as affected by ascorbic acid. *Journal of Cereal Science*, 29, 1–16.
- Hager A.-S., Ryan L.A.M., Schwab C., Gänzle M.G., O’Doherty J.V. & Arendt E.K. **2011**. Influence of the soluble fibres inulin and oat β -glucan on quality of dough and bread. *European Food Research and Technology*, 232, 405–413.
- Hatcher, D. W., Symons, S. J., & Manivannan, U. **2004**. Developments in the use of image analysis for the assessment of oriental noodle appearance and color. *Journal of Food Engineering*, 61, 109–117.
- Havilland W.A., Prins H.E.L., Walrath D. & McBride B. **2013**. *The Essence of Anthropology*. Cengage Learning, Belmont, California.
- Heredia-Sandoval N.G., Calderón de la Barca A.M. & Islas-Rubio A.R. **2016**. Gluten degradation in wheat flour with *Aspergillus niger* prolyl-endopeptidase to prepare a gluten-reduced bread supplemented with an amaranth blend. *Journal of Cereal Science*, 71, 73–77.
- Ho L.-H., Abdul Aziz N.A., Azahari B. **2013**. Physico-chemical characteristics and sensory evaluation of wheat bread partially substituted with banana (*Musa acuminata* X *balbisiana* cv. Awak) pseudo-stem flour. *Food Chemistry*, 139, 532–539.
- Hubbard M.R. **2003**. *Statistical Quality Control for the Food Industry*, Third Edition, Kluwer Academic / Plenum Publishers, New York, 360 p.
- Jakubczyk A., Świeca M., Gawlik-Dziki U. & Dziki D. **2018**. Nutritional potential and inhibitory activity of bread fortified with green coffee beans against enzymes involved in metabolic syndrome pathogenesis. *LWT - Food Science and Technology*, 95, 78–84.
- Joye I.J., Lagrain B. & Delcour J.A. **2009a**. Endogenous redox agents and enzymes that affect protein network formation during breadmaking – A review. *Journal of Cereal Science*, 50, 1–10.
- Judd C.M., McClelland G.H. & Ryan C.S. 2017. *Data Analysis. A Model Comparison Approach to Regression, ANOVA, and Beyond*. Third Edition, Routledge, Taylor & Francis Group, New York & London, 379 p.
- Karnopp A.R., Figueroa A.M., Los P.R., Teles J.C., Simões D.R.S., Barana A.C., Kubiaki F.T., de Olivera J.G.B. & Granato D. **2015**. Effects of whole-wheat flour and bordeaux grape pomace (*Vitis labrusca* L.) on the sensory, physicochemical and functional properties of cookies. *Food Science and Technology, Campinas*, 35(4), 750–756.

- Kenny S., Wehrle K., Stanton C. & Arendt E.K. **2000**. Incorporation of dairy ingredients into wheat bread: effects on dough rheology and bread quality. *European Food Research and Technology*, 210, 391–396.
- Kohajdová Z., Karovičová J. & Jurasová M. **2012**. Influence of carrot pomace powder on the rheological characteristics of wheat flour dough and on wheat rolls quality. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria* 11(4), 381–387.
- Kohajdová, Z., Karovičová, J., Magala, M., Kuchtová, V. **2014**. Effect of apple pomace powder addition on farinographic properties of wheat dough and biscuits quality. *Chemical papers*, vol. 68, no. 8, p. 1059-1065.
- Koletta P., Irakli M., Papageorgiou M. & Skendi A. **2014**. Physicochemical and technological properties of highly enriched wheat breads with wholegrain non wheat flours. *Journal of Cereal Science* 60, 561–568.
- Lauková M., Kohajdová Z. & Karovičová J. **2016**. Effect of hydrated apple powder on dough rheology and cookies quality. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 10(1), 506-511.
- Lei F., Ji-Chun T., Cai-Ling S., Chun L. **2008**. RVA and farinograph properties study on blends of resistant starch and wheat flour. *Agricultural Sciences in China*, 7(7), 812–822.
- Leon K., Mery D., Pedreschi F. & Leon J. **2006**. Color measurement in L* a* b* units from RGB digital images. *Food Research International*, 39(10), 1084–1091.
- Li W., Tsiami A.A., Bollecker S.S. & Schofield J.D. **2004b**. Glutathione and related thiol compounds II. The importance of protein bound glutathione and related protein-bound compounds in gluten proteins. *Journal of Cereal Science*, 39, 213–224.
- Liu X., Lu K., Yu J., Copeland L., Wang S. & Wang S. **2019**. Effect of purple yam flour substitution for wheat flour on in vitro starch digestibility of wheat bread. *Food Chemistry*, 284, 118–124.
- Liu X.-L., Mu T.-H., Sun H.-N., Zhang M. & Chen J.-W. **2016**. Influence of potato flour on dough rheological properties and quality of steamed bread. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(11): 2666–2676.
- Liu X.-L., Mu T.-H., Sun H.-N., Zhang M. & Chen J.-W. **2016**. Influence of potato flour on dough rheological properties and quality of steamed bread. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(11): 2666–2676.
- Martins Z.E., Pinho O. & Ferreira I.M.P.L.V.O. **2017**. Food industry by-products used as functional ingredients of bakery products. *Trends in Food Science & Technology*, 67, 106–128.

- Mau J.-L., Lee C.-C., Yang C.-W., Chen R.-W., Lin S.-D. **2020**. Physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of bread partially substituted with aerial parts of sweet potato. *LWT - Food Science and Technology*, 117, 108602.
- Meral R. & Dogan I.S. **2012**. Grape seed as a functional food ingredient in bread-making. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 64(3), 372–379.
- Miranda-Ramos K.C., Sanz-Ponce N. & Haros C.M. **2019**. Evaluation of technological and nutritional quality of bread enriched with amaranth flour. *LWT - Food Science and Technology*, 114, 108418.
- Mironeasa S., Codină G.G. & Oroian M.A. **2016**. Bread Quality Characteristics as Influenced by the Addition of Tomato Seed Flour. *Bulletin UASVM Food Science and Technology*, 73(2), 77–84.
- Mironeasa S., Zaharia D., Codină G.G., Ropciuc S. & Iuga M. **2018**. Effects of Grape Peels Addition on Mixing, Pasting and Fermentation Characteristics of Dough from 480 Wheat Flour Type. *Bulletin UASVM Food Science and Technology*, 75(1), 27–35.
- Mohammed I., Ahmed A.R. & Sengea B. **2012**. Dough rheology and bread quality of wheat–chickpea flour blends. *Industrial Crops and Products*, 36, 196–202.
- Mondal A. & Datta A. **2008**. Bread baking A review. *Journal of Food Engineering* 86, 465–474.
- Monthe O.C., Grosmaire L., Nguimbou R.M., Dahdouh L. & Ndjouenkeu R. **2019**. Rheological and textural properties of gluten-free doughs and breads based on fermented cassava, sweet potato and sorghum mixed flours. *LWT - Food Science and Technology*, 101, 575–582.
- Moraru C. & Georgescu L. **1999**. Alimento funcțională din cereale. Cap. 11 în: *Alimente funcționale*. Costin G.M. & Segal R. (editori), p. 323–356, Editura Academica, Galați.
- Moreira R., Chenlo F., Torres M.D. & Rama B. **2014**. Fine particle size chestnut flour doughs rheology: Influence of additives. *Journal of Food Engineering*, 120, 94–99.
- Nassar A.G., Abdel-Hamied A.A., El-Naggar E.A. **2008**. Effect of citrus by-products flour incorporation on chemical, rheological and organoleptic characteristics of biscuits. *World Journal of Agricultural Sciences* 4(5), 612–616.
- Nikolić N., Saka M. & Mastilovi J. **2011**. Effect of buckwheat flour addition to wheat flour on acylglycerols and fatty acids composition and rheology properties *LWT - Food Science and Technology*, 44, 650-655.
- Nilufer-Erdil D., Serventi L., Boyacioglu D. & Vodovotz Y. **2012**. Effect of soy milk powder addition on staling of soy bread. *Food Chemistry*, 131(4), 1132–1139.

- Özlem Ü. & İlyas Ç. **2011**. Phytase Activity of Wheat, Barley and Corn Grains during Germination and Effect of Germinated Grain Flour Addition on Bread Quality. *Akademik Gıda / Academic Food Journal* 9(6), 6–12.
- Papakonstantinou E., Chaloulos P., Papalexi A. & Ioanna Mandala I. **2018**. Effects of bran size and carob seed flour of optimized bread formulas on glycemic responses in humans: A randomized clinical trial. *Journal of Functional Foods*, 46, 345–355.
- Paraskevopoulou A., Chrysanthou A. & Koutidou M. **2012**. Characterisation of volatile compounds of lupin protein isolate enriched wheat flour bread. *Food Research International*, 48(2), 568–577.
- Pedreschi F., Aguilera J.M. & Brown C.A. **2000**. Characterization of food surfaces using scale-sensitive fractal analysis. *Journal of Food Process Engineering*, 23, 127–143.
- Peng X., Ma J., Cheng K.-W., Jiang Y. & Wang M. **2010**. The effects of grape seed extract fortification on the antioxidant activity and quality attributes of bread. *Food Chemistry*, 119(1), 49–53.
- Perez-Hidalgo M.A., Guerra-Hernandez E. & Garcia-Villanova B. **1997**. Dietary fiber in three raw legumes and processing effect on chick peas by an enzymatic-gravimetric method. *Journal of Food Composition and Analysis*, 10, 66–72.
- Rakcejeva T., Galoburda R., Cude L. & Strautniece E. **2011**. Use of dried pumpkins in wheat bread production. *Procedia Food Science*, 1, 441–447.
- Reshmi S.K., Sudha M.L. & Shashirekha M.N. **2017**. Starch digestibility and predicted glycemic index in the bread fortified with pomelo (*Citrus maxima*) fruit segments. *Food Chemistry*, 237, 957–965.
- Rodriguez-Sandoval E., Polania-Gaviria Y. & Lorenzo G. **2016**. Effect of dried cassava bagasse on the baking properties of composite wheat bread. *Journal of Texture Studies*, 48, 76–84.
- Ronda F., Abebe W., Pérez-Quirce S. & Collar C. **2015**. Suitability of tef varieties in mixed wheat flour bread matrices: A physico-chemical and nutritional approach. *Journal of Cereal Science*, 64, 139–146.
- Rosell C., Santos E. & Collar C. **2010**. Physical characterization of fiber-enriched bread doughs by dual mixing and temperature constraint using the Mixolab. *European Food Research and Technology*, 231(4), 535–544.
- Sabanis D., Lebesi D. & Tzia C. **2009**. Effect of dietary fibre enrichment on selected properties of gluten-free bread. *Food Science and Technology*, 42(8), 1380–1389.
- Sahi S.S. **2014**. Ascorbic acid and redox agents in bakery systems. In: Zhou W. (Editor), *Bakery Products Science and Technology* (Second edition), pp. 183–197, Wiley-Blackwell, Chichester.

- Shao S., Duncan A.M., Yang R., Marcone M.F., Rajcan I. & Tsao R. **2009**. Tracking isoflavones: From soybean to soy flour, soy protein isolates to functional soy bread. *Journal of Functional Foods*, 1(1), 119–127.
- Shumoy H., Van Bockstaele F., Devocioglu D. & Raes K. **2018**. Effect of sourdough addition and storage time on in vitro starch digestibility and estimated glycemic index of tef bread. *Food Chemistry*, 264, 34–40.
- Sibanda T., Ncube T. & Ngoromani N. **2015**. Rheological properties and bread making quality of white grain sorghum-wheat flour composites. *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering*, 5(4), 176–182.
- Siddiq M., Ravia R., Dolan K.D., Harte B. & Butt M.S. **2009**. Effect of defatted maize germ flour addition on the physical and sensory quality of wheat bread. *Food Science and Technology*, 42(2), 464–470.
- Singh K.P., Mishra A. & Mishra H.N. **2012**. Fuzzy analysis of sensory attributes of bread prepared from millet-based composite flours. *LWT - Food Science and Technology*, 48(2), 276–282.
- Sowbhagya H.B., Soumya C., Indrani D. & Srinivas P. **2015**. Physico-chemical characteristics of chilli spent residue and its effect on the rheological, microstructural and nutritional qualities of bread. *Journal of Food Science and Technology*, 52(11), 7218–7226.
- SR 90:2007. Făină de grâu. Metode de analiză
- SR EN ISO 20483:2014. Cereale și leguminoase. Determinarea conținutului de azot și calculul conținutului de proteină brută. Metoda Kjeldhal.
- SR EN ISO 21415-1:2007. Grâu și făina de grâu. Conținut de gluten. Partea 1: Determinarea glutenului umed printr-o metodă manuală.
- SR EN ISO 21415-2:2016. Grâu și făină de grâu. Conținut de gluten. Partea 2: Determinarea glutenului umed și a indicelui glutenic prin mijloace mecanice.
- SR EN ISO 21415-3:2007. Grâu și făină de grâu. Conținut de gluten. Partea 3: Determinarea glutenului uscat din gluten umed printr-o metodă de uscare la etuvă.
- SR EN ISO 2171:2010. Cereale, leguminoase și produse derivate. Determinarea conținutului de cenușă prin calcinare
- Sun R., Zhang Z., Hu X., Xing Q. & Zhuo W. **2015**. Effect of wheat germ flour addition on wheat flour, dough and Chinese steamed bread properties. *Journal of Cereal Science*, 64, 153–158.
- Szöllösi R. **2014**. Superoxide Dismutase (SOD) and Abiotic Stress Tolerance in Plants: An Overview. Ch. 3 in Ahmad P. (Editor), *Oxidative Damage to Plants: Antioxidant Network and Signaling*. Academic Press / Elsevier, San Diego, CA, USA, pp. 89–129.

- Teusdea A.C., Bals C.A., Mintas O.S. & Negrau V.S. **2010**. Automatic content assessment of fresh pork meat using colour image analysis. *Annals of DAAAM for 2010 & Proceedings of the 21st International DAAAM Symposium*, 21(1).
- Torbica A., Hadnađev M. & Dapčević T. **2010**. Rheological, textural and sensory properties of gluten-free bread formulations based on rice and buckwheat flour. *Food Hydrocolloids*, 24(6-7), 626-632.
- Ulzizjargal E., Yang J.-H., Lin L.-Y., Chen C.-P. & Mau J.-L. **2013**. Quality of bread supplemented with mushroom mycelia. *Food Chemistry* 138(1), 70–76.
- USDA **2011**. A Brief History of USDA Food Guides. Center for Nutrition Policy and Promotion, <https://www.choosemyplate.gov/eathealthy/brief-history-usda-food-guides>, accesat în iunie 2018.
- Wang N., Hatcher D.W., Toews R. & Gawalko E.J. **2009**. Influence of cooking and dehulling on nutritional composition of several varieties of lentils (*Lens culinaris*). *LWT – Food Science and Technology*, 42, 842–848.
- Wang N., Hatcher D.W., Tyler R.T., Toews R. & Gawalko E.J. **2010**. Effect of cooking on the composition of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and chickpeas (*Cicer arietinum* L.). *Food Research International*, 43, 589–594.
- Wang Y., Compaoré-Séréme D., Sawadogo-Lingani H., Rossana Coda R., Katina K. & Maina N.H. **2019**. Influence of dextran synthesized in situ on the rheological, technological and nutritional properties of whole grain pearl millet bread. *Food Chemistry*, 285, 221–230.
- Wieser H. **2012**. The use of redox agents in breadmaking. Ch. 18 in Cauvain S.P. (Ed.) *Breadmaking: Improving quality*. Second edition, Woodhead Publishing, Oxford, UK, pp. 447–469.
- Xu X., Xu Y., Wang N. & Zhou Y. **2018**. Effects of superfine grinding of bran on the properties of dough and qualities of steamed bread. *Journal of Cereal Science*, 81, 76–82.
- Ziegler S.J., Meier B. & Sticher O. **1986**. Fast and Selective Assay of l-Ascorbic Acid in Rose Hips by RP-HPLC Coupled with Electrochemical and/or Spectrophotometric Detection. *Planta Medica* 52(5), 383–387.
- Zohari D. **1986**. The Origin and Early Spread of Agriculture in the Old World. *Developments in Agricultural and Managed Forest Ecology*, 16, 3–20. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-42703-8.50006-3>, accesat în august 2020.

Lista lucrărilor prezentate și publicate

Brevet de invenție – cerere depusă

1. Turtoi M. & Vartolomei N. 2018. *Pâine din făină de grâu cu adaos de pudră de măceșe și procedeu de obținere a acesteia*, Cerere de brevet de invenție nr. A/0069 din 19.09.2018; rezumat publicat în BOPI nr. 3/2020.

Articole publicate în reviste Web of Science

1. Pircu Vartolomei N., Aruș V.A., Moroi A.M., Zaharia D. & Turtoi M. 2020. Influence of rosehip powder addition on quality indicators of mixtures obtained with different types of wheat flour. *Scientific Study & Research Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*, 21(3), ISSN 1582-540X, 379-393.
<http://pubs.ub.ro/?pg=revues&rev=csc6&num=202003&vol=3&aid=5166>

Participare cu comunicări la conferințe internaționale (inclusiv poster) de prestigiu

1. Pircu (Vartolomei) N., Temea (Moroi) A.M., Teușdea A.C., Simion A.I. & Turtoi M. 2016. Analyse d'images couleur utilisé pour l'évaluation de pain blanc avec addition de poudre de rose musquée. *Le Neuvième Colloque Franco – Roumain de Chimie Appliquée*, 29 Juin - 02 Juillet, Clermont-Ferrand, France, Book of Abstracts, p. 120.
2. Pircu Vartolomei N. 2015. The influence of rosehip powder addition on dough rheology and bread quality. Universitatea din Valladolid (Palencia-Spania), May 11th – 15th (prezentare orală).

Participare cu comunicări la conferințe naționale cu participare internațională

1. Pircu (Vartolomei) N., Temea (Moroi) A.M., Teușdea A.C., Simion A.I. & Turtoi M. 2016. Colour measurement in CIE L*a*b* units for bread with rosehip powder addition. *Conference Proceedings Abstracts The 12th International Conference OPROTEH, including the 10th edition of CISA*, 2016, June 2th – 4th, Bacău, Book of Abstracts p. 118 (poster).
2. Pircu (Vartolomei) N., Temea (Moroi) A.M., Simion A.I. & Turtoi M. 2015. Sensory evaluation of white bread with rosehip powder addition. *Papers of the International Symposium Euro-aliment. All about food*, September 24-26, Galați, Romania, Galați University Press, 38–39 (poster).
3. Pircu (Vartolomei) N., Temea (Moroi) A.M., Simion A.I., Grigoraș C.G., Ungureanu (Cărbune) R.E. & Turtoi M. 2015. Influence of rosehip addition on dough rheology and bread quality. *International Conference of Applied Sciences. Chemistry and Chemical Engineering (CISA 2015)*, IXth Edition, June 4-6, 2015, Bacău, Book of abstracts, p. 122 (poster).

- Pircu (Vartolomei) N., Aruș V.A., Temea (Moroi) A.M. & Turtoi M. 2014.** The effect of rosehip powder on different types of wheat flour, *Second International Conference on natural and anthropic risks*, ICNAR 4-7 June, 2014, Bacau, Romania.
- Pircu (Vartolomei) N., Aruș V.A., Moroi A.M. & Turtoi M. 2014.** Quality of bread influenced by rosehip powder addition. *International Conference of Applied Sciences. Chemistry and Chemical Engineering (CISA-2014)*, VIIIth Edition, May 7-9, 2014, Bačau, Book of abstracts, p. 26 (prezentare orală).
- Pircu (Vartolomei) N. & Turtoi M. 2014.** Staling of bread prevention through fibre addition. *The 5nd International Conference on Food Chemistry, Engineering & Technology*, May 29-30, 2014, Timișoara, Book of abstract, p. 57.
- Pircu (Vartolomei) N., Aruș V.A., Lazăr I.M. & Turtoi M. 2013.** Rosehip powder effect on dough rheology and bread quality: a study from macroscopic to molecular level. *The 6th International Symposium Euro aliment – Around Food*, 3-5 October, Galati, Book of Abstracts.
- Pircu (Vartolomei) N., Turtoi M., Aruș V.A. & Lazăr I.M. 2013.** Dietary fiber characterized at the molecular level. *International Conference of Applied Sciences. Chemistry and Chemical Engineering (CISA 2013)*, VIIth Edition, May 15-18, 2013, Bačau, Book of abstracts.

Participare cu comunicări la conferințe naționale

- Turtoi M. & Vartolomei N. 2018.** Ingrediente naturale – alternativă pentru amelioratori în panificație, *Expo-Conferința Ingredients Show*, Ediția a 2-a, 11-12 octombrie, Sibiu (prezentare orală).
- Pircu (Vartolomei) N., Aruș V.A., Temea (Moroi) A.M. & Turtoi M. 2014.** Influence of rosehip powder on dough rheology obtained from wheat 550 type flour. *Scientific Conference of Doctoral Shools from UDJG Galati*, Second edition, 15-16 May, 2014, Galati, *Book of Abstracts*, p. 33.
- Pircu (Vartolomei) N., Aruș V.A., Temea (Moroi) A.M. & Turtoi M. 2014.** Îmbunătățirea calității pâinii prin adaos de pudră de măceșe. *Workshop ASMP Preocupări actuale în inovarea produselor de morărit-panificație*, 2-3 octombrie, 2014, Piatra-Neamț (prezentare orală).

Participare la saloane de inventică

- Turtoi M. și Vartolomei N. 2019.** Pâine din făină de grâu cu adaos de pudră de măceșe și procedeu de obținere a acesteia. *UGAL Invent*, Salonul Inovării și Cercetării, Ediția a IV-a, 16-18 octombrie 2019, Galați – poster // Diplomă de participare, Diplomă de excelență de la Asociația Iustin Capră, București.

Alte publicații în domeniul tezei de doctorat

Articole publicate în reviste Web of Science

1. Temea (Moroi) A.M., **Pircu (Vartolomei) N.**, Simion A.I., Grigoraș C.G., Ungureanu (Cărbune) R.E. & Alexe P. **2016**. Improvement of flour and dough rheological properties by maturation process. *Romanian Biotechnological Letters*, 21(2), 11381–11392. FI 0,404.
http://rombio.eu/rbl2vol21/17_Temea_Vartolomei.pdf

Articole publicate în reviste BDI

1. Simion A.I., Grigoraș C.-G., Moroi A.M. & **Vartolomei N.** **2015**. Mathematical modelling of pasta dough dynamic viscosity, thermal conductivity and diffusivity. *The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati, Fascicle VI – Food Technology*, 39(1), 81–92. ISSN 1843–5157, Editura GUP (Galati University Press).
<http://www.ann.ugal.ro/tpa/Anale%202015/7%20Simion%20et%20al.pdf>
2. Lazăr I.M., Moroi A.M., Ifrim I.L., **Vartolomei N.** & Aruș A.V. **2012**. Wheat flour humidity variation with uv-vis Radiation dose revealed by spectral and Chemometric studies. *Scientific Study & Research Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*, 13(2), 253–262.
<http://pubs.ub.ro/?pg=revues&rev=csc6&num=201202&vol=2&aid=3630>
3. Moroi A., **Vartolomei N.**, Aruș V.A., Nistor I.D. & Lazăr I.M. **2011**. Prediction of the ash content of wheat flours using spectral and chemometric methods. *The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati, Fascicle VI – Food Technology* 35(2), 33–45.
<http://www.ann.ugal.ro/tpa/Annals%202011/vol%202/4%20Moroi%20et%20al.pdf>

Participare cu comunicări la conferințe naționale cu participare internațională

1. Temea (Moroi) A.M., **Pircu (Vartolomei) N.**, Simion A.I., Grigoraș C.-G. & Alexe P. **2016**. The influence of maturation flour on quality bread. *Conference Proceedings Abstracts - The 12th International Conference OPROTEH, including the 10th edition of CISA 2016*, June 2th – 4th, Bacău, p. 123 (poster).
2. Temea (Moroi) A.M., **Pircu (Vartolomei) N.**, Grigoraș C.G., Alexe P. **2015**. Influence of wheat flour natural maturation process on dough and bread quality. *Papers of the International Symposium Euro-aliment. All about food*, September 24-26, Galati, Romania, Galati University Press, p. 36–37 (poster).
3. Temea (Moroi) A.M., **Pircu (Vartolomei) N.**, Simion A.I., Grigoraș C.-G., Ungureanu (Cărbune) R.E. & Alexe P. **2015**. Optimized maturation process effects on wheat flour dough properties. *Conference Proceedings Abstracts -*

The 11th International Conference OPROTEH, including the 9th edition of CISA 2015, June 4th – 6th, Bacău, Book of abstracts, p. 121 (poster).

4. Simion A.I., Grigoraș C.-G., Moroi A.M., **Vartolomei N.** & Favier L. **2015**. Optimal fermentation conditions of dough enriched with malt culms flour addition. *Conference Proceedings Abstracts - The 11th International Conference OPROTEH, including the 9th edition of CISA 2015, June 4th – 6th, Bacău, Book of abstracts, p. 124 (poster).*
5. **Vartolomei N.**, Aruș V.A., Moroi A.M. & Lazăr I. M. **2013**. Influence of the fishmeal addition on physico-chemical properties of wheat flour, *International Symposium Ecology and Protection of Ecosystems*, November 7–9, 2013, Bacau – poster.
6. Moroi A.M., **Vartolomei N.**, Aruș A.-V., Ifrim I.L., Leonte M. & Lazăr I.M. **2011**. Humidity variation of flour exposed to radiation from UV-VIS range during maturing process. *International Symposium Euro-aliment 2011*, October 6-7, Galati (poster).

Participare cu comunicări la conferințe naționale

1. Ungureanu (Cărbune) R.E., Temea (Moroi) A.M., **Pircu (Vartolomei) N.**, Simion A.I., Grigoraș C.-G. & Alexe P. **2015**. Soy Flour Addition Influence on Wheat Flour Dough Rheology. *Scientific Conference of Doctoral School from UDJ, Third Edition, June 4th -5th, Galati, 2015, Book of abstracts, p. 140 (poster).*

Cărți publicate

1. Leonte M., Moroi A.M. & **Vartolomei N.** **2018**. *Instrucțiuni tehnologice „relaxate” de fabricare a produselor de panificație*. ediție oferită de Boromir, Editura Armanis.
2. Leonte M., Moroi A.M. & **Vartolomei N.** **2016**. *Instrucțiuni tehnologice de fabricare a produselor de panificație*. Editura Alma Mater, Bacău, ISBN 978-973-1833-95-8.
3. Leonte M., Moroi A.M. & **Vartolomei N.** **2016**. *Tehnologii și produse alimentare ecologice de morărit, panificație, patiserie, cofetărie*. Editura Alma Mater, Bacău, ISBN 978-973-1833-04-0.
4. Leonte M., Moroi A.M. & **Vartolomei N.** **2015**. *Tehnologii și produse speciale de panificație, patiserie, cofetărie, biscuiți și paste făinoase fără E-uri și fără amelioratori*. Editura Alma Mater, Bacău, ISBN 978-606-527-452-5.
5. Aruș V.A. (coord.) & **Vartolomei N.** **2014**. *Tehnologii și utilaje în industria morăritului și panificației : îndrumar de laborator*. Editura Alma Mater, Bacău, ISBN 978-606-527-396-2.