



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



TEZĂ DE DOCTORAT

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC:
Prof. univ. ec. dr.ing. Adriana DABIJA

DOCTORAND:
Ing. Ancuța POPOVICI (căs. CHETRARIU)

Suceava
2023

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

**CERCETĂRI PRIVIND VALORIFICAREA
BORHOTULUI DE MALȚ**

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC:
Prof. univ. ec. dr.ing. Adriana DABIJA

DOCTORAND:
Ing. Ancuța POPOVICI (căs. CHETRARIU)

Suceava
2023

Mulțumiri

Doresc să adresez cu profundă recunoștință mulțumiri doamnei **prof. univ. ec. dr.ing. Adriana DABIJA**, coordonatorul acestei teze de doctorat, un OM deosebit de implicat și sufletist și un profesor dedicat meseriei, cu o vastă experiență. Mulțumesc că ați parcurs împreună cu mine acest drum, mulțumesc pentru toate sfaturile și recomandările acordate, încrederea și sprijinul oferit.

Un deosebit respect și mulțumiri alese adresez membrilor comisiei de îndrumare: **prof. univ. dr.ing. Mircea Adrian OROIAN**, **prof. univ. dr.ing. Georgiana Gabriela CODINĂ** și **prof. univ. dr.ing. Silvia MIRONÉASA**, pentru sfaturile și sugestiile științifice valoroase oferite pe parcursul elaborării tezei de doctorat.

Mulțumesc distinșilor referenți oficiali, **prof. univ. dr.ing. Elena MUDURA**, **prof. univ. dr.ing. Ovidiu TIȚA** și **prof. univ. dr.ing. Georgiana Gabriela CODINĂ** pentru onoarea de a face parte din comisia de susținere publică a prezentei teze.

Aleasă considerație și mulțumiri adresez colectivului Facultății de Inginerie Alimentară, fără de care nu aș fi ajuns până aici. Doresc să le mulțumesc colegilor din cadrul Școlii Doctorale pentru sprijinul profesional și pentru suportul acordat, în special: **drd.ing. Ancuța PETRARU**, **dr.ing. Vasile-Florin URSACHI**, **dr.ing. Mădălina UNGUREANU-IUGA**, **dr.ing. Ionuț AVRĂMIA**, **dr.ing. Mariana SPINEI** și **drd.ing. Ana BATARIUC**.

Deosebite mulțumiri doresc să adresez companiei **Alexandrión Saber Distilleries 1789 SRL** pentru frumosul parteneriat, pentru sprijinul și încrederea acordată, a contat enorm pe tot parcursul acestei cercetări doctorale.

Pentru omul care sunt astăzi nu pot să nu fiu recunoscătoare părinților mei **Nastasia și Toader POPOVICI**, care mi-au îndrumat pașii și m-au sprijinit necondiționat în parcursul personal și profesional, dar și surorilor mele (**STELUȚA**, **CRISTINA**, **MARIA** și **TEODORA**) pentru toate sfaturile primite.

Mulțumirile mele se îndreaptă către omul de bază și stâlpul meu, adică soțul meu **Alecsandru**, care a fost alături de mine și m-a sprijinit în tot acest timp. De asemenea, țin să le mulțumesc în mod deosebit copilașilor noștri: **MATEI**, **REBECA** și **CAROLINA** care îmi dau lecții zi de zi și care m-au învățat să prețuiesc fiecare moment alături de ei.

Cuprins

INTRODUCERE

CAPITOLUL I

BORHOTUL DE MALȚ – PRODUS SECUNDAR DIN INDUSTRIA FERMENTATIVĂ

- 1.1. Borhotul de malț – produs secundar rezultat din industria berii
- 1.2. Borhotul de malț – produs secundar rezultat în urma tehnologiei de obținere a whisky-ului
- 1.3. Direcții de valorificare a borhotului de malț
 - 1.3.1. Borhotul de malț ca hrană pentru animale
 - 1.3.2. Borhotul de malț în industria alimentară
 - 1.3.3. Borhotul de malț folosit pentru prebiotice
 - 1.3.4. Obținerea de compuși bioactivi în industria alimentară
 - 1.3.5. Proteine, hidrolizate proteice, peptide bioactive
 - 1.3.6. Fibre alimentare obținute din borhot de malț
 - 1.3.7. Ambalaje alimentare/materiale compozite
 - 1.3.8. Borhotul de malț folosit ca nutrient în mediile de fermentație
 - A. Substrat pentru cultivare de microorganisme și producerea de enzime
 - B. Substrat în procesele fermentative. Producerea de xilitol
 - C. Substrat în procesele fermentative. Producerea de acid lactic
 - 1.3.9. Alte utilizări
- 1.4. Concluzii parțiale

CAPITOLUL II

STUDIU COMPARATIV ÎNTRE BORHOTUL DE MALȚ DIN INDUSTRIA BERII ȘI BORHOTUL DE MALȚ PROVENIT DIN TEHNOLOGIA DE OBȚINERE A WHISKY-ULUI

- 2.1. Materiale
- 2.2. Metode de analiză a principalelor caracteristici fizico-chimice
 - 2.2.1. Conținutul de umiditate
 - 2.2.2. Conținutul de cenușă
 - 2.2.3. Conținutul de lipide
 - 2.2.4. Conținutul de proteine
 - 2.2.5. Determinarea conținutului de fibre dietetice totale
- 2.3. Metode de analiză spectroscopică a borhotului de malț
 - 2.3.1. Conținutul de minerale prin spectroscopia de absorbție atomică/spectroscopia de masă cuplată inductiv
 - 2.3.2. Determinarea compușilor fenolici și a activității antioxidante prin spectroscopia de absorbție moleculară UV-VIS
 - A. Metoda de extracție la viteze mari de agitare (extracție Ultra-Turrax)
 - B. Metoda de extracție asistată de ultrasunete
 - C. Conținutul total de polifenoli
 - D. Conținutul total de flavonoide
 - E. Determinarea activității antioxidante prin metoda testului DPPH
 - 2.3.3. Analiza prin spectroscopie în infraroșu cu transformată Fourier
- 2.4. Metode cromatografice de analiză a borhotului de malț
 - 2.4.1. Determinarea conținutului de esteri metilici ai acizilor grași
 - 2.4.2. Determinarea conținutului de aminoacizi liberi
 - 2.4.3. Analiza polifenolilor individuali prin HPLC-DAD
- 2.5. Evaluarea calității borhotului de malț. Rezultate și discuții

- 2.5.1. Ajustarea modelului matematic pentru determinarea conținutului total de polifenoli, conținutului total de flavonoide și a activității antioxidante și analiza statistică
- 2.5.2. Optimizarea parametrilor de extracție și validarea modelelor
- 2.5.3. Conținutul total de polifenoli
- 2.5.4. Conținutul total de flavonoide
- 2.5.5. Determinarea capacității antioxidante prin testul DPPH
- 2.5.6. Determinarea grupărilor funcționale prin analiza FT-IR
- 2.5.7. Determinarea compușilor fenolici individuali prin analiza HPLC-DAD
- 2.5.8. Determinarea conținutului de acizi grași
- 2.5.9. Determinarea conținutului de aminoacizi liberi
- 2.6. Concluzii parțiale

CAPITOLUL III

OBȚINEREA PASTELOR FĂINOASE CU ADAOS DE BORHOT DE MALT

- 3.1. Introducere
- 3.2. Materiale și metode
- 3.3. Obținerea pastelor făinoase
- 3.4. Determinarea proprietăților aluatului
 - 3.4.1. Comportament reologic dinamic
 - 3.4.2. Analiza profilului texturii aluatului
- 3.5. Parametrii de calitate ai pastelor făinoase
 - 3.5.1. Culoarea pastelor făinoase
 - 3.5.2. Fracturabilitatea pastelor făinoase uscate și textura pastelor făinoase fierte
 - 3.5.3. Determinarea activității antioxidante
 - 3.5.4. Comportamentul la fierbere a pastelor făinoase
 - A. Creșterea în volum a pastelor făinoase
 - B. Timpul optim de fierbere
 - C. Cantitatea de sediment din apa de fierbere a pastelor făinoase
 - D. Absorbția apei
 - E. Testul de hidratare
- 3.6. Analiza compoziției chimice a pastelor făinoase cu adaos de borhot de malț
- 3.7. Activitatea apei
- 3.8. Analiza senzorială a pastelor făinoase fierte
- 3.9. Microstructura suprafeței și rugozitatea pastelor făinoase
- 3.10. Analize statistice
- 3.11. Rezultatele studiului privind pastele făinoase cu adaos de borhot de malț
 - 3.11.1. Determinarea proprietăților aluatului
 - A. Comportamentul reologic dinamic
 - B. Analiza profilului texturii aluatului
 - 3.11.2. Parametrii de calitate ai pastelor făinoase
 - A. Culoarea pastelor făinoase
 - B. Fracturabilitatea pastelor făinoase uscate și textura pastelor făinoase fierte
 - C. Conținutul total de polifenoli și activitatea antioxidantă prin testul DPPH
 - D. Calitatea pastelor făinoase la fierbere
 - E. Analiza compoziției chimice a pastelor făinoase
 - F. Activitatea apei
 - G. Analiza senzorială a pastelor făinoase fierte
 - H. Microstructura și rugozitatea pastelor făinoase cu adaos de borhot de malț
- 3.12. Modelarea matematică și optimizarea rețetei de paste făinoase cu adaos de borhot de malț
 - 3.12.1. Optimizarea nivelului de borhot de malț și validarea modelului

- 3.12.2. Ajustarea modelului și analiza statistică
- 3.12.3. Optimizarea parametrilor și validarea modelelor
- 3.12.4. Optimizarea cantității de borhot de malț și validarea modelului
- 3.12.5. Analiza senzorială a pastelor făinoase în varianta optimă
- 3.13. Specificație tehnică pentru produsul “paste făinoase cu adaos de borhot de malț”
- 3.14. Concluzii parțiale

CAPITOLUL IV

OBȚINEREA VAFELOR CU ADAOS DE BORHOT DE MALȚ

- 4.1. Introducere
- 4.2. Materiale și metode
 - 4.2.1. Obținerea vafelor cu adaos de borhot de malț
 - 4.2.2. Textura aluatului de vafe cu adaos de borhot de malț
 - 4.2.3. Densitatea și pH-ul aluatului de vafe cu adaos de borhot de malț
 - 4.2.4. Determinarea compoziției chimice a vafelor cu adaos de borhot de malț
 - 4.2.5. Pierderile la coacere
 - 4.2.6. Textura vafelor
 - 4.2.7. Activitatea apei
 - 4.2.8. Culoarea vafelor
 - 4.2.9. Conținutul total de polifenoli și determinarea activității antioxidante
 - 4.2.10. Capacitatea de reținere a apei și capacitatea de reținere a uleiului
 - 4.2.11. Microstructura vafelor
 - 4.2.12. Analiza senzorială a vafelor
 - 4.2.13. Analiza statistică
- 4.3. Rezultate și discuții
- 4.4. Specificație tehnică pentru produsul “vafe cu adaos de borhot de malț”
- 4.5. Concluzii parțiale

CAPITOLUL V

OBȚINEREA PRODUSULUI TURTĂ DULCE CU ADAOS DE BORHOT DE MALȚ

- 5.1. Introducere
- 5.2. Materiale și metode
 - 5.2.1. Obținerea produsului turtă dulce cu adaos de borhot de malț
 - 5.2.2. Determinarea compoziției chimice a turtei dulci
 - 5.2.3. Analiza senzorială a turtei dulci
- 5.3. Rezultate și discuții
- 5.4. Specificație tehnică pentru produsul “turtă dulce cu adaos de borhot de malț”
- 5.5. Concluzii parțiale

CAPITOLUL VI

CONCLUZII GENERALE, CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI PERSPECTIVE DE CONTINUARE A STUDIILOR

DISEMINAREA REZULTATELOR CERCETĂRILOR

Listă de tabele

Listă de figuri

Referințe bibliografice

Listă de abrevieri

AAS - spectrometru de absorbție atomică
AI - indice de acceptabilitate
ATR - reflectanță totală atenuată
A_w - activitatea apei
AX - arabinoxilani
BAP - peptide bioactive
BSG - borhot de malț provenit din industria berii
DPPH - 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl
DSG - borhot de malț provenit din industria băuturilor alcoolice distilate
EAU - extracții asistate de ultrasunete
FA - acid ferulic
FAME's - esteri metilici ai acizilor grași
FRAP - capacitatea de reducere ferică a plasmiei
FT – IR – spectrometru în infraroșu cu transformată Fourier
G' - modulul de elasticitate
G'' - modulul de vâscozitate
GS – MS - cromatograf de gaze cuplat cu spectrometru de masă
HCA - acizi hidroxicinamici
HPLC - cromatograf de lichide de înaltă performanță
HPLC - DAD - cromatograf de lichide de înaltă performanță cu detector dioda-array
HT - testul de hidratare
ICP - MS - spectrometru de masă cu plasmă cuplată inductiv
LAB - bacterii lactice
MAE - extracții asistate de microunde
MHG - hidrodifuzia gravitațională asistată de microunde
OCT - timpul optim de fierbere
OHC - capacitatea de reținere a uleiului
ORAC - capacitatea de absorbție a radicalilor liberi de oxigen
p-CA - acid p-cumaric
PCA - analiza componentelor principale
PEF - câmp electric pulsat
PEG - polietilenglicol
SD - deviația standard
SEM - microscop cu scanare electronică
TEAC - capacitatea antioxidantă echivalent Trolox
TFC – conținut total de flavonoide
TPA - profilul de textură al aluatului
TPC – conținut total de polifenoli
UV-VIS-NIR – ultraviolet-vizibil-infraroșu apropiat
WA - absorbția apei
WHC - capacitatea de reținere a apei

SCOPUL ȘI OBIECTIVELE TEZEI DE DOCTORAT

Scopul tezei de doctorat “*Cercetări privind valorificarea borhotului de malț*” este de a evalua calitatea borhotului de malț rezultat ca produs secundar din industria berii și din industria băuturilor alcoolice distilate și de a valorifica borhotul de malț prin dezvoltarea de noi produse funcționale în contextul economiei circulare și promovării „tehnologiilor verzi”. Rețetele de fabricație originale, fundamentate științific și procesul tehnologic de obținere a noilor produse vor fi optimizate, iar produsele finite vor fi evaluate din punct de vedere fizico-chimic și senzorial.

Obiectivele științifice urmărite în vederea atingerii scopului propus au fost următoarele:

O1: Studiu documentar privind direcțiile de valorificare detaliate în literatura de specialitate a borhotului de malț rezultat ca produs secundar major din industria berii și industria băuturilor alcoolice distilate, metodele de extracție a compușilor valoroși din aceste produse secundare dezvoltate până în prezent, precum și identificarea unor noi căi de valorificare ce pot fi realizate în condițiile bazei materiale existente

O2: Evaluarea calității borhotului de malț rezultat ca produs secundar din industria berii: proprietăți fizico-chimice, conținut de microelemente și macroelemente, conținut total de polifenoli și activitate antioxidantă, compuși fenolici individuali, conținut de aminoacizi și de acizi grași

O3: Evaluarea calității borhotului de malț rezultat ca produs secundar din industria de fabricare a primului whisky single malț fabricat în România: proprietăți fizico-chimice, conținut de microelemente și macroelemente, conținut total de polifenoli și activitate antioxidantă, compuși fenolici individuali, conținut de aminoacizi și de acizi grași

O4: Studiu comparativ a calității borhotului de malț din industria berii și borhotului de malț rezultat din industria băuturilor alcoolice distilate, în scopul identificării compușilor valoroși ce pot conferi valoare adăugată unor noi produse alimentare

O5: Proiectarea nutrițională a produselor alimentare inovative fortificate prin adaos de borhot de malț aplicând tehnologii și metode, cu un impact redus asupra mediului, dar un impact pozitiv asupra dietelor și sănătății umane

O6: Stabilirea rețetelor de fabricație și selectarea materiilor prime și auxiliare pentru obținerea potențialelor noi produse alimentare

O7: Dezvoltarea tehnologiei de fabricare a noilor produse prin optimizarea parametrilor fluxului tehnologic în scopul minimizării pierderilor de substanțe biologice utile și protejarea componentelor considerate importante pentru segmentul de consumatori cărui i se adresează produsul alimentar, utilizând modele matematice experimentale și analiza statistică a datelor obținute

O8: Evaluarea calității noilor produse funcționale dezvoltate prin adaos de borhot de malț: proprietăți fizico-chimice, proprietăți senzoriale, determinare valoare energetică și valoare nutrițională, stabilire durabilitate minimală

O9: Elaborarea documentației tehnice de realizare a noilor produse proiectate și protejarea drepturilor de proprietate intelectuală (brevetarea noilor produse și tehnologiilor dezvoltate)

Cuvinte cheie: borhot de malț, bere, whisky, valorificare, paste făinoase, vafe, turtă dulce

Teza de doctorat intitulată ”*Cercetări privind valorificarea borhotului de malț*” este structurată în 6 capitole care includ și concluziile generale, lista de abrevieri, diseminarea rezultatelor cercetărilor și referințele bibliografice. Prezenta teză are în componență 47 tabele și 36 figuri, iar pentru redactarea sa s-au folosit 277 surse bibliografice.

Capitolul 1, intitulat *Borhotul de malț – produs secundar din industria fermentativă* prezintă stadiul actual al cunoașterii în domeniul privind calitățile și direcțiile de valorificare ale borhotului de malț rezultat din industria berii și din industria băuturilor alcoolice distilate.

Borhotul de malț reprezintă reziduul solid rămas după filtrarea mustului de bere, fiind partea insolubilă a mustului și este compus în principal din polizaharide, lignină, proteine și fracții reduse de lipide (Vieira et al., 2014), provenind din prelucrarea boabelor de orz (*Hordeum vulgare*). De-a lungul perioadei de obținere a berii orzul trece printr-un proces denumit “malțificare”, prin care se hidratează boabele de orz și se activează enzimele, cum ar fi amilazele, proteazele și β -glucanazele. Ulterior, boabele de malț sunt supuse uscării, măcinării și plămădirii. Malțul se amestecă cu apă caldă, iar enzimele active rup moleculele de amidon, proteinele și arabinoxilanii, producând glucide fermentescibile și nefermentescibile. Mustul rezultat după procesul de filtrare este supus fermentării, iar partea solidă rămasă după filtrare poartă denumirea de borhot de malț (BSG) (Goh & Lee, 2021).

Procesul de fabricare a whisky-ului poate fi împărțit în șase etape principale: măcinare, plămădire, filtrare, fermentare, distilare și maturare. Borhotul de malț (engl. spent grain, draff; abr. DSG) este subprodusul principal rezultat din tehnologia de producere a whisky-ului, fiind generat în cantități relativ mari. Borhotul de malț este un produs secundar cu o structură eterogenă complexă, ce rezultă din procesul de filtrare a plămezii, o operație inițială și esențială în tehnologia de obținere a whisky-ului (Chetrariu & Dabija, 2021a).

Borhotul de malț este format din stratul de coajă și pericarp, cu cantități reziduale de endosperm și țesut aleuronic, care sunt bogate în celuloză și lignină (Coronado et al., 2020). Are un conținut de 80% apă, gust dulceag, miros de malț, poate fi considerat material lignocelulozic (Mussatto et al., 2006; McCarthy et al., 2013; Ikram et al., 2017) și se caracterizează prin cantități mari de fibre (până la 70% din substanța uscată), inclusiv celuloză, hemiceluloză și lignină și un conținut de proteine de 25-30% din substanța uscată (Mussatto et al., 2006; Mussatto, 2014; López-Linares et al., 2019; Roth et al., 2019; Stefanello et al., 2019). Borhotul de malț este un subprodus alimentar puțin valorificat din cauza conținutului ridicat de umiditate, care îngreunează transportul și depozitarea, fiind un produs instabil, propice pentru contaminare microbiană (Lynch et al., 2016), însă din punct de vedere bioeconomic poate fi folosit pentru obținerea de produse alimentare, hrana animalelor, pentru obținerea de materiale și compuși chimici sau bioenergie și biocombustibili (Chetrariu & Dabija, 2020).

Prima parte a acestui capitol a cuprins informații privind borhotul de malț din industria berii și borhotul de malț din industria băuturilor distilate, metode de conservare și compoziția chimică a acestuia. În a doua parte a acestui capitol sunt prezentate direcțiile de valorificare ale borhotului de malț, așa cum sunt cunoscute la momentul actual: hrană pentru animale, ingredient în industria alimentară, prebiotice, compuși bioactivi în industria alimentară, sursă de proteine, sursă de fibre, pentru obținerea ambalajelor alimentare sau a materialelor compozite, nutrient în mediile de fermentație, producerea de bioetanol, biobutanol sau energie termică.

Ingestia de borhot de malț aduce beneficii în sănătatea umană, printre care: accelerează tranzitul intestinal și atenuază atât diareea, cât și constipația, scade incidența calculilor

biliari, reduce colesterolul și nivelul de glucoză postprandial, toate acestea datorită conținutului de proteine bogate în glutamină, polizaharidelor non-celulozice și fibrelor dietetice solubile (Mussatto, 2014). Borhotul de malț se poate adăuga în produse alimentare pentru a crește conținutul de fibre și proteine, fiind o sursă de aminoacizi esențiali și neesențiali, dar și pentru aportul în compuși fenolici (Stojceska & Ainsworth, 2008). Datorită compușilor biologici activi cu roluri fiziologice în organism, alimentele fortificate cu borhot de malț sunt considerate alimente funcționale, alimente care oferă beneficii pentru sănătate, folosite ca adjuvant în cadrul unei diete alimentare echilibrată (McCarthy et al., 2013).

Capitolul 2, intitulat *Studiu comparativ între borhotul de malț din industria berii și borhotul de malț provenit din tehnologia de obținere a whisky-ului* prezintă metodele de evaluare a calității borhotului de malț rezultat din industria berii și a borhotului de malț rezultat din industria băuturilor distilate, dar și aparatura folosită pentru realizarea acestei evaluări.

Cercetările au urmărit evaluarea calității borhotului de malț rezultat din două procese tehnologice importante ale industriei fermentative, și anume:

- **borhotul de malț** provenit din tehnologia de obținere a primului whisky românesc achiziționat de la compania Alexandrion Group România (Ploiești, România), iar pentru acest produs secundar s-a utilizat în această lucrare abrevierea **DSG**;

- **borhotul de malț** provenit din industria berii obținut de la compania SC Bermas SA (Suceava, România), iar pentru acest produs secundar s-a utilizat în această lucrare abrevierea **BSG**.

Borhotul de malț umed a fost depozitat la -18°C și apoi uscat la 50°C timp de 26 de ore până la o umiditate de 5%. Ulterior, borhotul de malț a fost măcinat și cernut timp de 30 de minute printr-un aparat cu site vibratoare Retsch Siete Shaker AS 200 basic (Haan, Germania) pentru a obține făină de borhot de malț în trei fracții cu dimensiuni diferite ale particulelor: mari (L 300–500 μm), medii (M 200–300 μm) și fracții mici (S < 200 μm). Făina de borhot de malț a fost depozitată în pungi de hârtie la temperatura camerei până la utilizare ulterioară (Chetrariu & Dabija, 2021b).

Compoziția fizico-chimică a borhotului de malț se poate vedea în tabelul 2.1.

Tabelul 2.1. Compoziția fizico-chimică a BSG vs DSG

Parametru	Valoare BSG (%)	Valoare DSG (%)
Umiditate	$4,96 \pm 0,47^c$	$5,04 \pm 0,42^d$
Cenușă	$4,14 \pm 0,19^b$	$3,47 \pm 0,02^a$
Carbohidrați	$28,63 \pm 0,12^b$	$42,83 \pm 0,25^c$
Proteine	$24,97 \pm 0,56^d$	$18,88 \pm 0,37^c$
Lipide	$6,15 \pm 0,07^a$	$7,11 \pm 0,39^d$
Fibre	$31,15 \pm 0,18^b$	$22,67 \pm 0,42^b$

BSG: borhot de malț provenit din industria berii, DSG: borhot de malț provenit din tehnologia de obținere a whisky-ului, a-d valorile medii aflate pe același rând urmate de litere distincte diferă semnificativ ($p < 0,05$)

Conținutul de minerale din borhotul de malț provenit de la obținerea whisky-ului a fost: Mg $17,3325 \pm 0,35^a$ mg/kg, Fe $63,9820 \pm 0,52^b$ mg/kg, Ca $72,8846 \pm 0,22^a$ mg/kg și Na $54,8328 \pm 0,63^c$ mg/kg. Pe de altă parte, pentru BSG s-a identificat un conținut de minerale mai scăzut: Mg $17,2026 \pm 0,29^b$ mg/kg, Fe $78,5166 \pm 0,68^c$ mg/kg, Ca $373,4371 \pm 0,31^b$ mg/kg și Na $37,2915 \pm 0,26^b$ mg/kg.

Tabelul 2.2 prezintă compușii minerali identificați în borhotul de malț cu ajutorul spectroscopiei de masă cu plasmă cuplată inductiv (ICP-MS): Cr, Mn și Zn sunt prezenți în cantități mari, raportați ca micrograme de compus mineral per kilogram de borhot de malț. Conținutul de minerale depinde de mai mulți factori, inclusiv solul, clima sau tipul de orz folosit.

Tabelul 2.2. Compușii minerali din DSG, respectiv BSG

Compus mineral	DSG ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	BSG ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
Litiu (Li)	$0,20 \pm 0,17^d$	N.D.
Beriliu (Be)	$0,38 \pm 0,02^a$	$0,53 \pm 0,04^b$
Titan (Ti)	$0,86 \pm 0,01^a$	N.D.
Crom (Cr)	$10,70 \pm 0,50^c$	$15,83 \pm 0,17^c$
Mangan (Mn)	$11,89 \pm 0,57^c$	$22,63 \pm 0,25^c$
Cobalt (Co)	$0,01 \pm 0,001^a$	$0,06 \pm 0,001^a$
Nichel (Ni)	$0,83 \pm 0,03^a$	$1,96 \pm 0,05^a$
Cupru (Cu)	$7,66 \pm 0,17^b$	$10,52 \pm 0,25^b$
Zinc (Zn)	$10,86 \pm 0,25^c$	$26,49 \pm 0,14^a$
Seleniu (Se)	$5,75 \pm 6,10^d$	$2,21 \pm 0,15^c$
Stronțiu (Sr)	$1,48 \pm 0,46^c$	N.D.
Molibden (Mo)	$0,17 \pm 0,009^a$	$2,36 \pm 0,04^b$
Taliu (Tl)	$0,01 \pm 0,001^a$	N.D.

N.D. nedetectabil, BSG: borhot de malț provenit din industria berii, DSG: borhot de malț provenit din tehnologia de obținere a whisky-ului, a-d valorile medii aflate pe același rând urmate de litere distincte diferă semnificativ ($p < 0,05$)

Ajustarea modelului matematic pentru determinarea conținutului total de polifenoli, conținutului total de flavonoide și a activității antioxidante și analiza statistică

Tabelul 2.3 prezintă valorile experimentale utilizate pentru conținutul total de polifenoli (TPC), conținutul total de flavonoide (TFC) și activitatea de captare a radicalilor liberi DPPH (DPPH) pentru ambele extracții.

Tabelul 2.3. Valori reale și codificate pentru proiectarea experimentală factorială completă

Factor	Tratament UltraTurax			Tratament ultrasunete		
	-1	0	+1	-1	0	+1
Viteza de agitare (rpm) (X_1)	10000	20000	30000			
Masa probei (g) (X_2)	0,3	0,6	0,9			
Concentrația solventului (%v/v) (X_3)	40	60	80			
Timpul (sec) (X_4)	30	60	90			
Masa probei (g) (X_1)				0,3	0,6	0,9
Concentrația solventului (%v/v) (X_2)				40	60	80
Timpul (min) (X_3)				10	20	30
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) (X_4)				30	50	70

Experimentul a fost realizat conform designului Box-Behnken, într-un program factorial complet cu patru factori. Fiecare variabilă independentă: timp, raport lichid/solid, concentrație

de solvent și viteză de agitare pentru extracția Ultra-Turrax și raportul solid-lichid, concentrația de solvent, timpul și temperatura pentru extracția cu ultrasunete au avut cel puțin 3 niveluri, după cum urmează: pentru Ultra-Turrax timpul (30, 60 și 90 secunde), raport solid-lichid de 0,30, 0,60, respectiv 0,90 g la 30 mL solvent, concentrație de metanol (40, 60 și 80% v/v) și viteza de agitare (10000, 20000 și 30000 rpm).

Pentru tratamentul cu ultrasunete, variabilele independente au fost raportul solid-lichid de 0,30, 0,60, respectiv de 0,90 g (la 30 mL solvent), concentrația de metanol (40, 60 și 80% v/v), timpul (10, 20 și 30 min) și temperatura (30, 50 și 70°C). Rezultatele ANOVA pentru modelul prestabilit pentru acest experiment sunt prezentate în tabelul 2.4.

Tabelul 2.4. Rezultate ANOVA pentru modelul experimental

	Extracția Ultra-Turax			Extracția asistată de ultrasunete		
	TPC	TFC	DPPH	TPC	TFC	DPPH
R ²	0,9173	0,9031	0,9477	0,8882	0,8994	0,9483
R ² ajustat	0,8208	0,7900	0,8868	0,7578	0,7820	0,8881
Valoarea F	9,51	7,99	15,54	6,81	7,66	15,73
Valoarea p	0,0002	0,0005	<0,0001	0,001	0,0006	<0,0001
Lipsa de potrivire	0,0126	0,3498	0,0529	0,6296	0,1416	0,4432
Constante	+1,40	+1,36	+54,75	+1,44	+1,28	+74,13
X ₁	+0,22 ^{***}	+0,12 ^{**}	+8,42 ^{***}	-0,32 ^{***}	-0,02	+7,03 ^{***}
X ₂	-0,05	+0,10 [*]	+16,89 ^{***}	+0,07	-0,14 ^{**}	+5,92 ^{**}
X ₃	-0,20 ^{***}	-0,11 [*]	+1,86	+0,12 [*]	-0,02	+9,13 ^{***}
X ₄	+0,22 ^{***}	+0,28 ^{***}	+6,45 ^{***}	+0,25 ^{***}	+0,04	+7,99 ^{***}
X ₁ X ₂	-0,01	+0,002	-0,97	+0,11	-0,20 [*]	+12,19 ^{***}
X ₁ X ₃	+0,05	+0,21	+2,38	+0,27 [*]	+0,23 ^{**}	+3,59
X ₁ X ₄	-0,01	-0,09 ^{**}	-1,58	-0,001	-0,15 [*]	-1,38
X ₂ X ₃	+0,03	+0,08	+0,09	-0,19	+0,22 [*]	-2,83
X ₂ X ₄	-0,04	-0,06	-0,31	-0,02	-0,03	-1,05
X ₃ X ₄	-0,004	-0,007	+1,27	-0,16	-0,47 ^{***}	-9,22 ^{**}
X ₁ ²	+0,004	+0,05	+2,08	-0,06	+0,03	-11,77 ^{***}
X ₂ ²	+0,05	-0,09	-4,41	-0,18 [*]	-0,07	-16,27 ^{***}
X ₃ ²	-0,24 ^{**}	-0,19 ^{**}	+2,90	-0,19 [*]	-0,32 ^{***}	-10,06 ^{***}
X ₄ ²	-0,08	-0,12	-0,51	+0,10	+0,03	-4,83 [*]

TPC: conținutul total de polifenoli, TFC: conținutul total de flavonoide, DPPH: activitatea antioxidantă prin test DPPH: 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl, *** p < 0,001; ** p < 0,01; * p < 0,05.

Conținutul total de polifenoli, conținutul total de flavonoide și capacitatea antioxidantă a testului DPPH au reprezentat răspunsurile programului experimental pentru borhotul de malț provenit din industria băuturilor alcoolice distilate. Proiectarea factorială completă a fost realizată utilizând softul Design Expert 11 (versiunea trial, Stat-Ease Inc., Minneapolis, MN, SUA). Modelul utilizat pentru a prognoza parametrii de ieșire a fost un model de suprafață de răspuns polinomial de ordinul doi (pătratic) obținut prin proiectarea Box-Behnken.

Optimizarea parametrilor de extracție și validarea modelelor

Conform rezultatelor prezentate în tabelul 2.5 valorile optime pentru metoda Ultra-

Turrax au fost 0,849 g pentru masa probei, 54% pentru concentrația de metanol utilizată și o viteză de agitare de 30000 rpm timp de 90 de secunde. S-au înregistrat următoarele valori în condiții optime 1,37 ± 0,11 mg GAE/g borhot de malț pentru TPC, 1,34 ± 0,15 mg QE/g borhot de malț pentru TFC și 54,77 ± 3,75% inhibare a DPPH. Valorile optime pentru metoda asistată cu ultrasunete au fost 0,875 g pentru masa probei, 78% pentru concentrația de metanol, la o temperatură de 70°C timp de 22 minute. Următoarele rezultate au fost obținute în aceste condiții: 1,42 ± 0,15 mg GAE/g borhot de malț pentru TPC, 1,25 ± 0,11 mg QE/g borhot de malț pentru TFC și 74,20 ± 4,39% inhibare a DPPH.

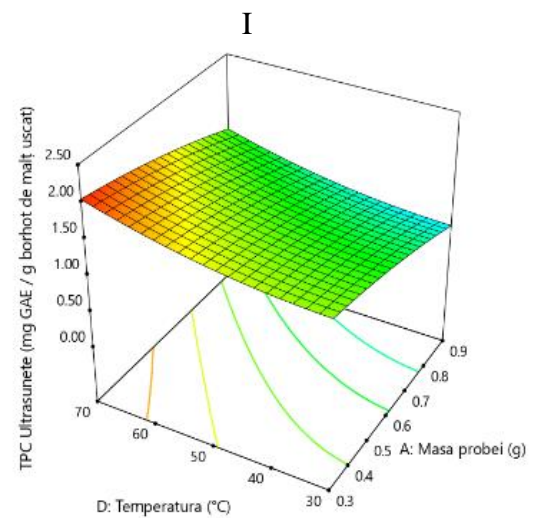
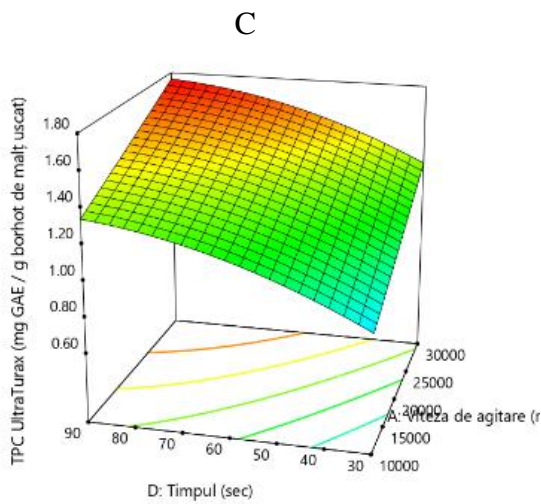
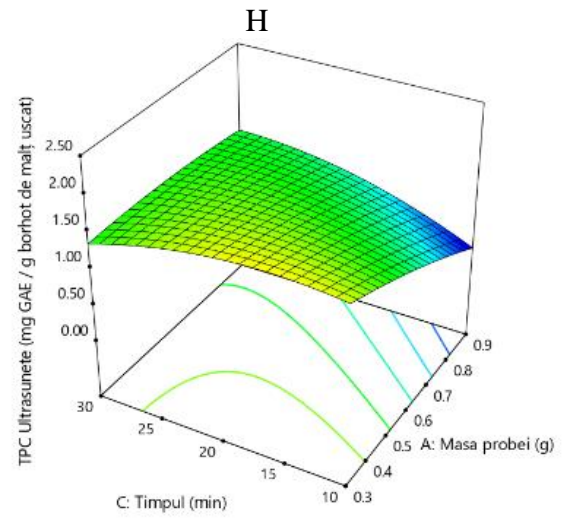
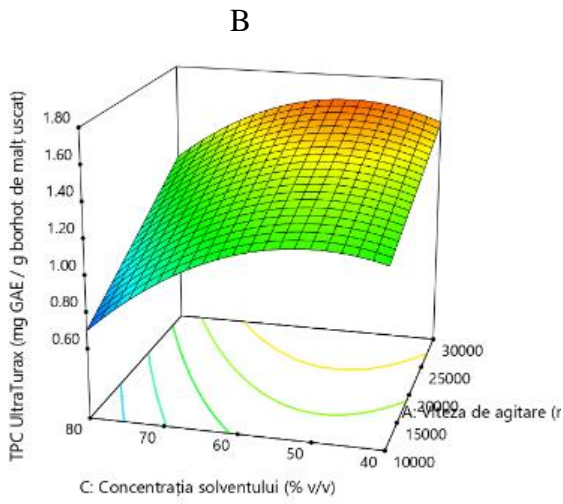
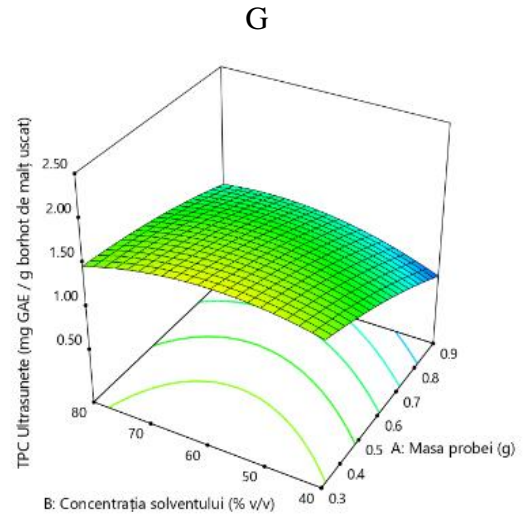
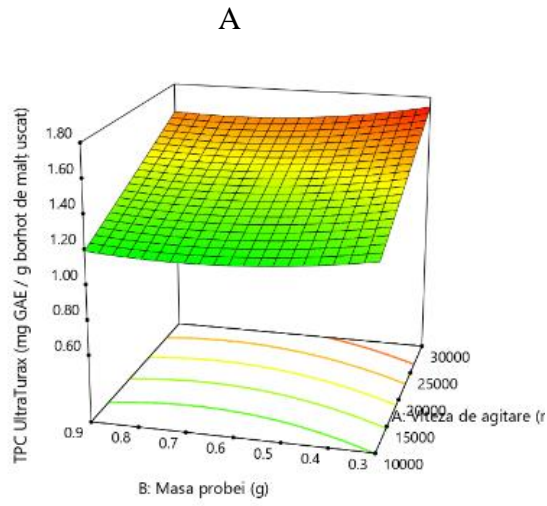
Tabelul 2.5. Caracteristicile optime ale probei prestabilite și verificate

Factor	Extracția UltraTurax		Extracția asistată de ultrasunete	
	Valori prognozate	Valori experimentale	Valori prognozate	Valori experimentale
X ₁	29999.9 rpm	30000 rpm	0,875 g	0,875 g
X ₂	0,849 g	0,849 g	77,7%	78%
X ₃	54,0%	54%	21,7 min	22 min
X ₄	89,9 sec	90 sec	68,8 ° C	70 ° C
TPC (mg GAE/ g borhot de malt uscat)	1,40 ± 0,13 ^b	1,37 ± 0,11 ^a	1,44 ± 0,19 ^b	1,42 ± 0,15 ^a
TFC (mg QE/ g borhot de malt uscat)	1,36 ± 0,13 ^b	1,34 ± 0,15 ^b	1,29 ± 0,15 ^a	1,25 ± 0,11 ^a
DPPH (%Inhibiție)	54,75 ± 4,85 ^c	54,77 ± 3,75 ^c	74,13 ± 5,03 ^b	74,20 ± 4,39 ^c

X1: viteza de agitare/masa probei, X2: masa probei/concentrația solventului, X3: concentrația solventului/timpul, X4: timpul/temperatura, TPC: conținutul total de polifenoli, TFC: conținutul total de flavonoide, DPPH: activitatea antioxidantă prin testul DPPH, a-c valorile medii aflate pe același rând urmate de litere distincte diferă semnificativ ($p < 0,05$)

Au fost verificate rezultatele pentru răspunsuri și s-au obținut diferențe ≤5% între valorile prognozate și cele determinate. Din figura 2.1 se poate observa că cel mai scăzut conținut de compuși fenolici din borhotul de malț a fost înregistrat la corelarea următoarelor valori ale parametrilor: 0,9 g probă, concentrația solventului de 60% timp de 10 minute și la o temperatură de 50°C, iar cel mai mare conținut a fost observat la o corelație între 0,3 g de probă, concentrația solventului de 60% timp de 20 minute și la temperatura de 70°C pentru tratamentul asistat de ultrasunete. Borhotul de malț supus unei viteze mari de agitare a eliberat cel mai scăzut conținut de polifenoli, care s-a înregistrat la corelarea următoarelor valori ale parametrilor: 0,6 g probă, concentrația solventului 80% timp de 60 secunde la o viteză de agitare de 10.000 rpm, iar cel mai mare conținut s-a observat la corelația dintre 0,3 g de probă, 60% concentrația solventului timp de 60 secunde, la o viteză de agitare de 30000 rpm. Creșterea TPC cu viteza de agitare și creșterea timpului au arătat că o bună omogenizare conduce la eliberarea compușilor fenolici. Pre-tratamentul Ultra-Turrax prin extracție cu metanol oferă un randament puțin mai bun de compuși fenolici în comparație cu pre-tratamentul prin extracție asistată cu ultrasunete. Originea materiei prime, condițiile de extracție și prelucrarea anterioară influențează în mod clar conținutul de TPC (Zhang et al., 2020b).

Cercetări privind valorificarea borhotului de malț
REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT



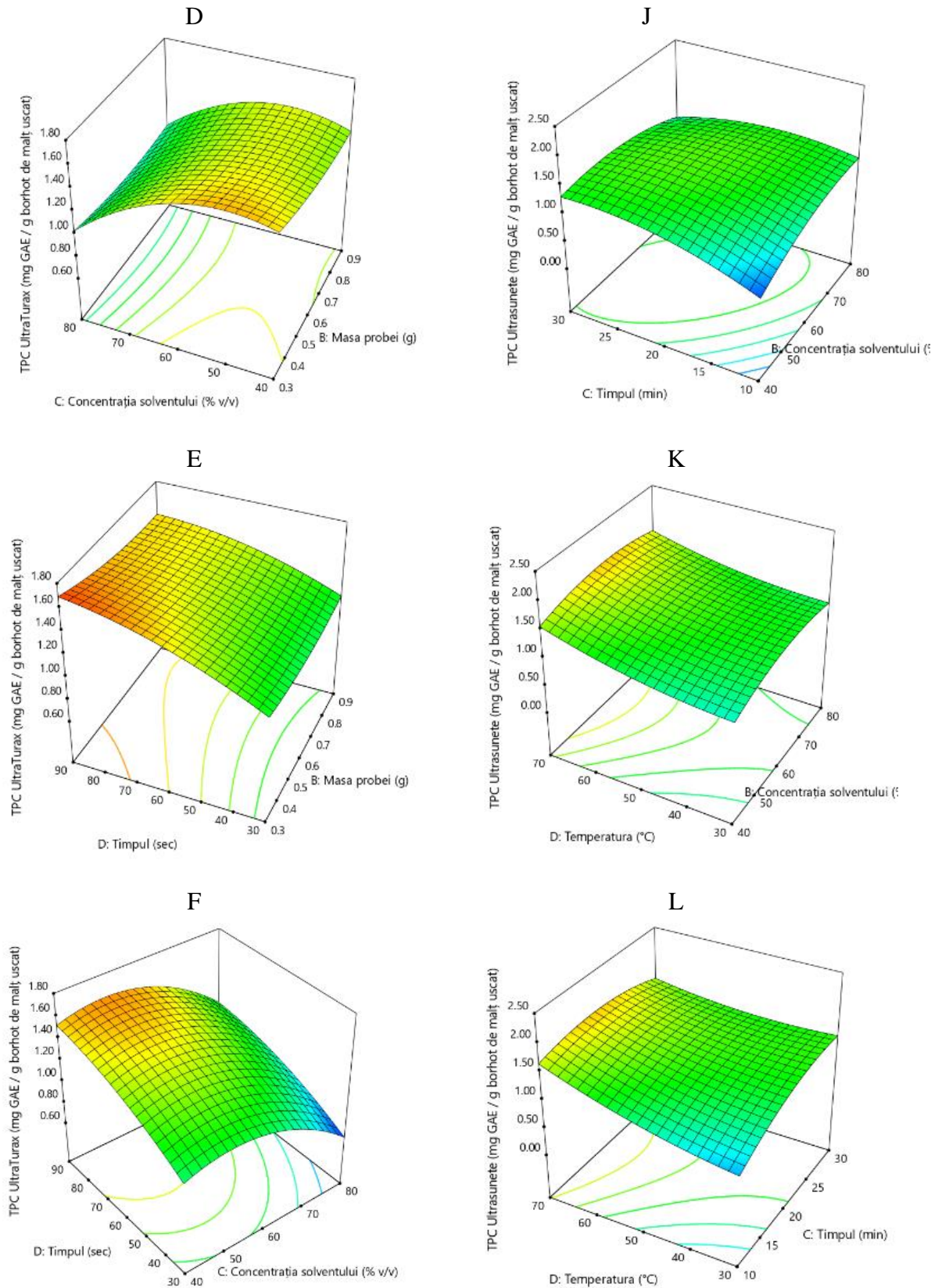
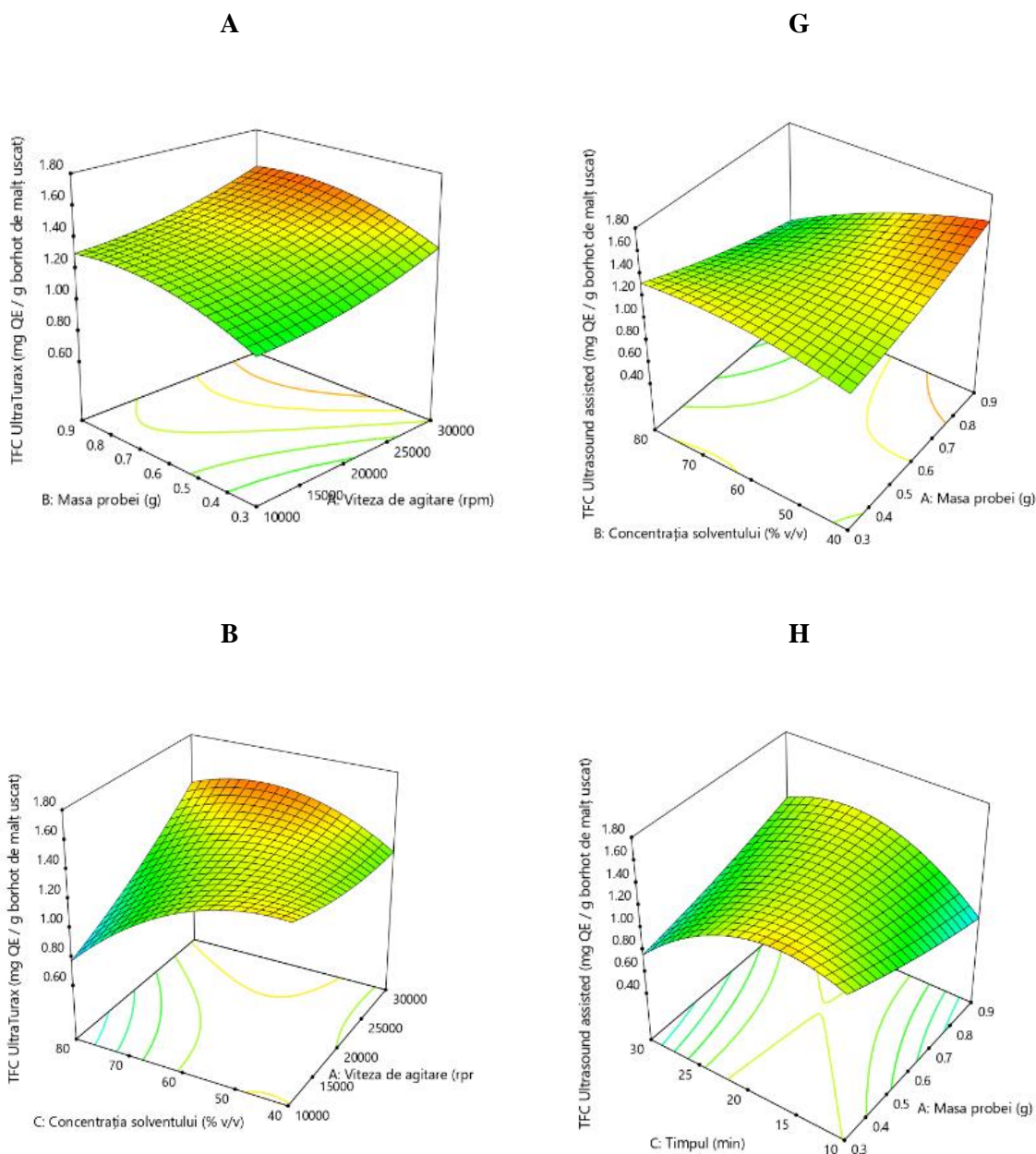


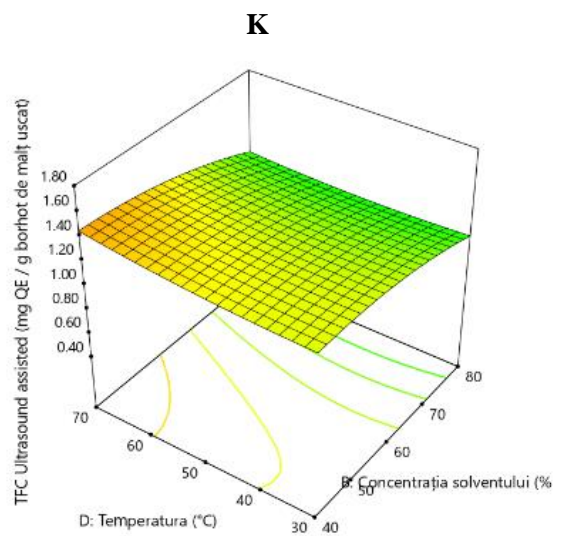
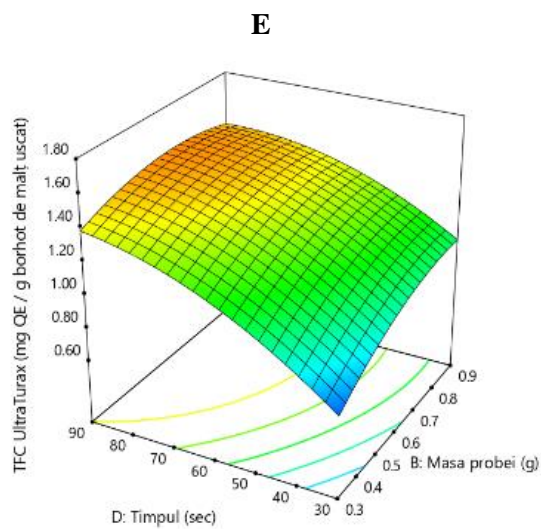
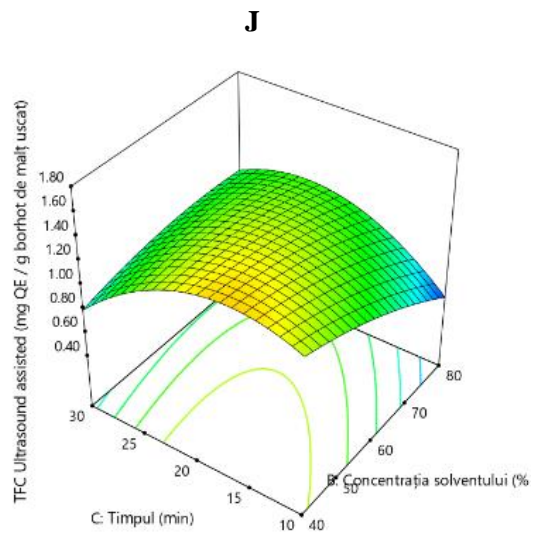
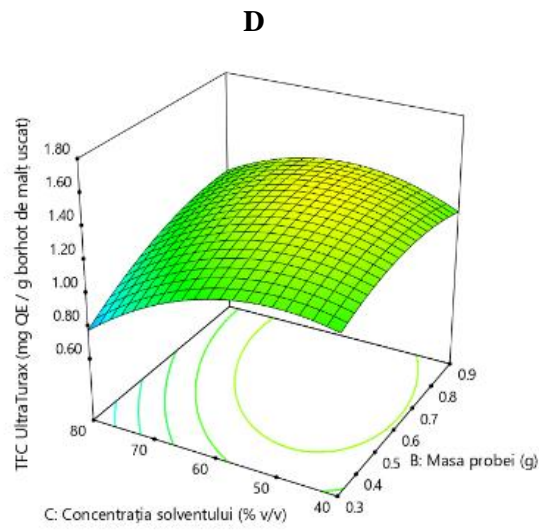
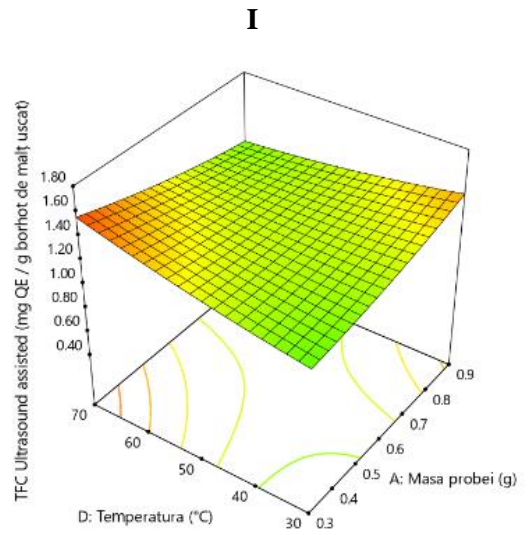
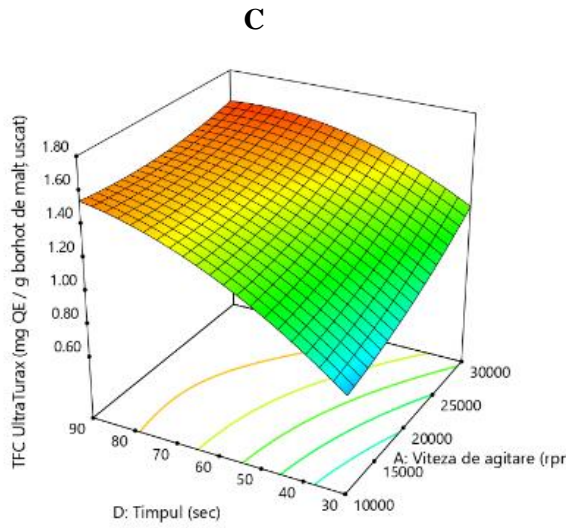
Figura 2.1. Grafice ale suprafeței de răspuns care arată efectul parametrilor de extracție asupra compușilor fenolici pentru pre-tratamentul Ultra-Turrax (A–F) și pentru pre-tratamentul asistat cu ultrasunete (G–L)

Cercetări privind valorificarea borhotului de malț
REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

Din figura 2.2 cel mai scăzut conținut total de flavonoide a fost înregistrat la corelarea următoarelor valori ale parametrilor: 0,6 g probă, concentrația solventului 80%, timp de 10 minute la temperatura de 50°C, iar cel mai mare conținut a fost observat la corelația dintre 0,9 g probă, concentrația solventului de 40% timp de 20 minute la temperatura de 50°C pentru pre-tratamentul asistat de ultrasunete. În comparație cu acesta, cel mai scăzut conținut total de flavonoide a fost înregistrat la corelarea următoarelor valori ale parametrilor: 0,3 g de probă, concentrația solventului 60% timp de 30 secunde și o viteză de agitare de 20000 rpm, iar cel mai mare conținut a fost observat la corelația dintre 0,6 g de probă, concentrația solventului de 60% timp de 90 secunde și o viteză de agitare de 10000 rpm pentru pre-tratamentul Ultra-Turrax.



Cercetări privind valorificarea borhotului de malț
REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT



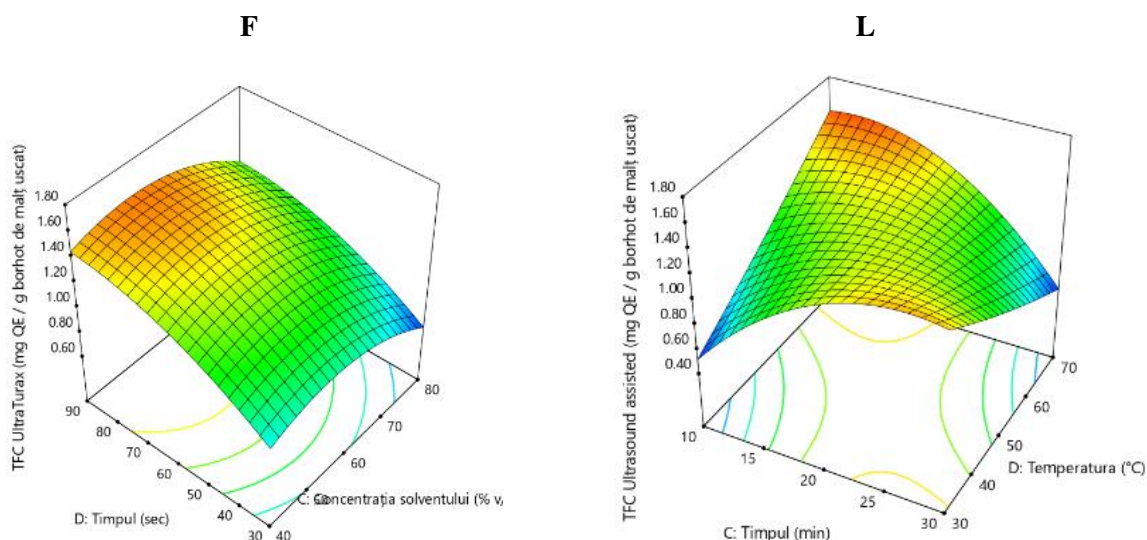
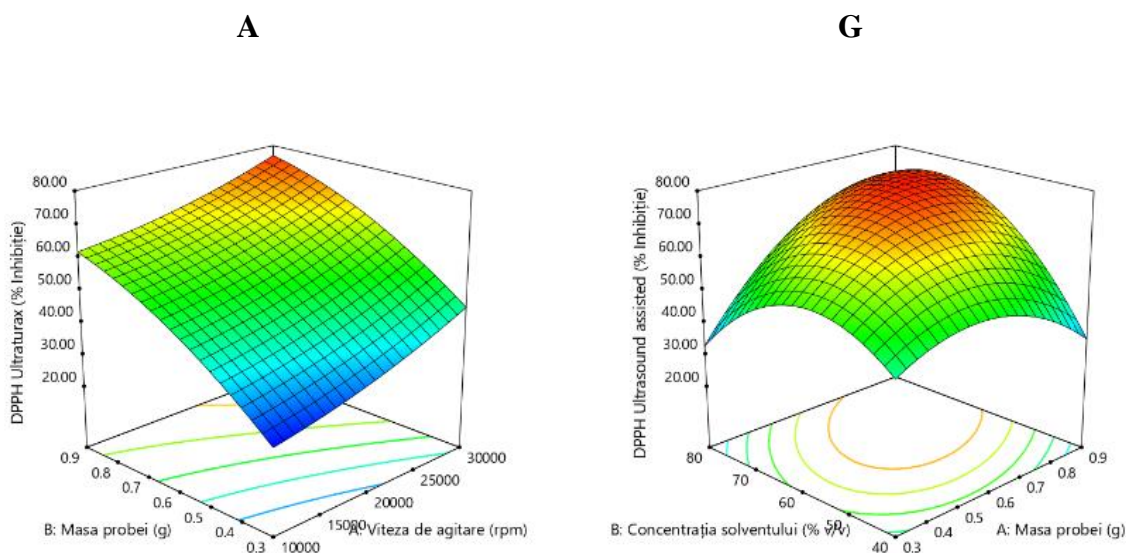
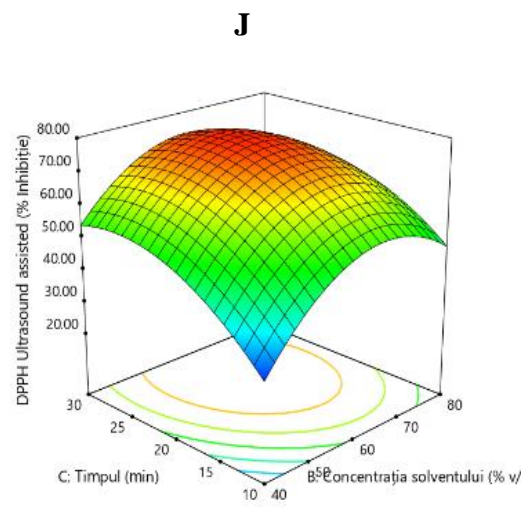
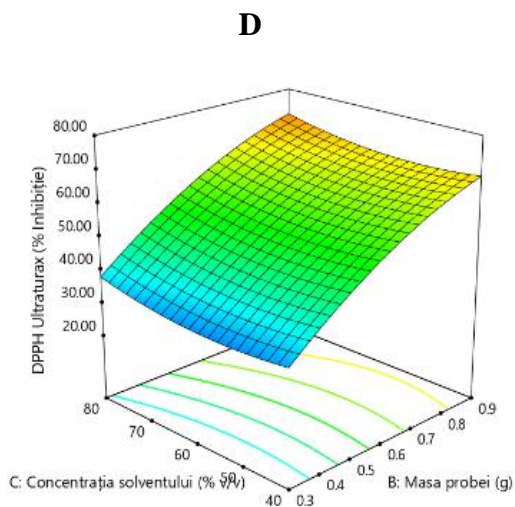
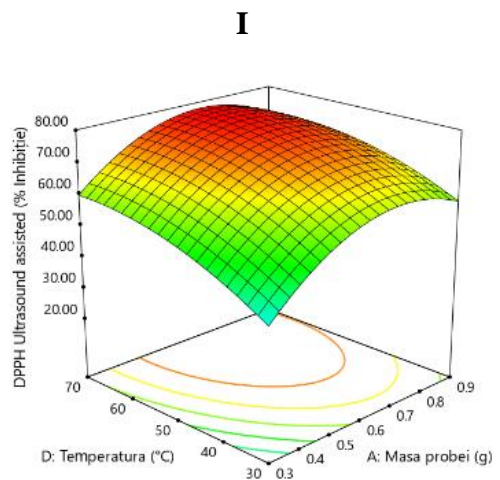
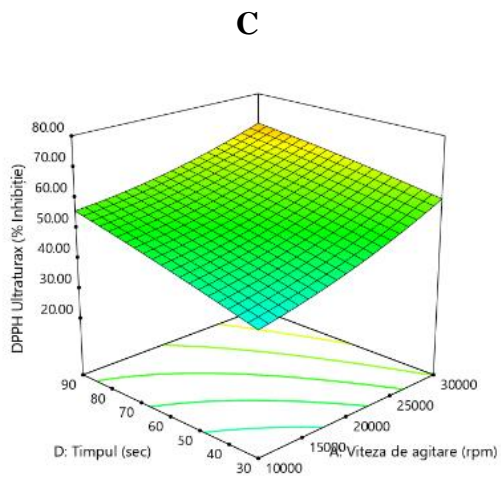
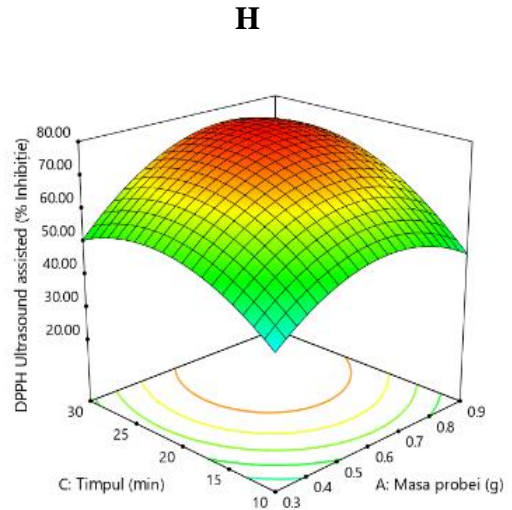
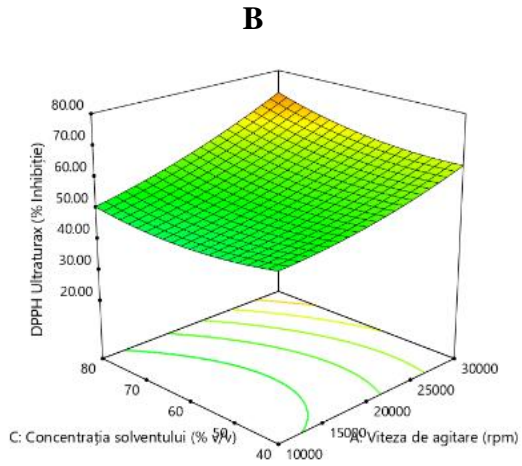


Figura 2.2. Grafice ale suprafeței de răspuns care arată efectul parametrilor de extracție asupra conținutului total de flavonoide pentru pre-tratamentul Ultra-Turrax (A–F) și pentru pre-tratamentul asistat cu ultrasunete (G–L)

Din figura 2.3 cea mai scăzută activitate antioxidantă a fost înregistrată la corelarea următoarelor valori ale parametrilor: 0,6 g probă, concentrația solventului de 40% timp de 10 minute la temperatura de 50°C, iar cea mai mare activitate s-a observat la corelația dintre 0,6 g probă, concentrația solventului de 60% timp de 20 minute la temperatura de 50°C pentru pre-tratamentul asistat de ultrasunete.





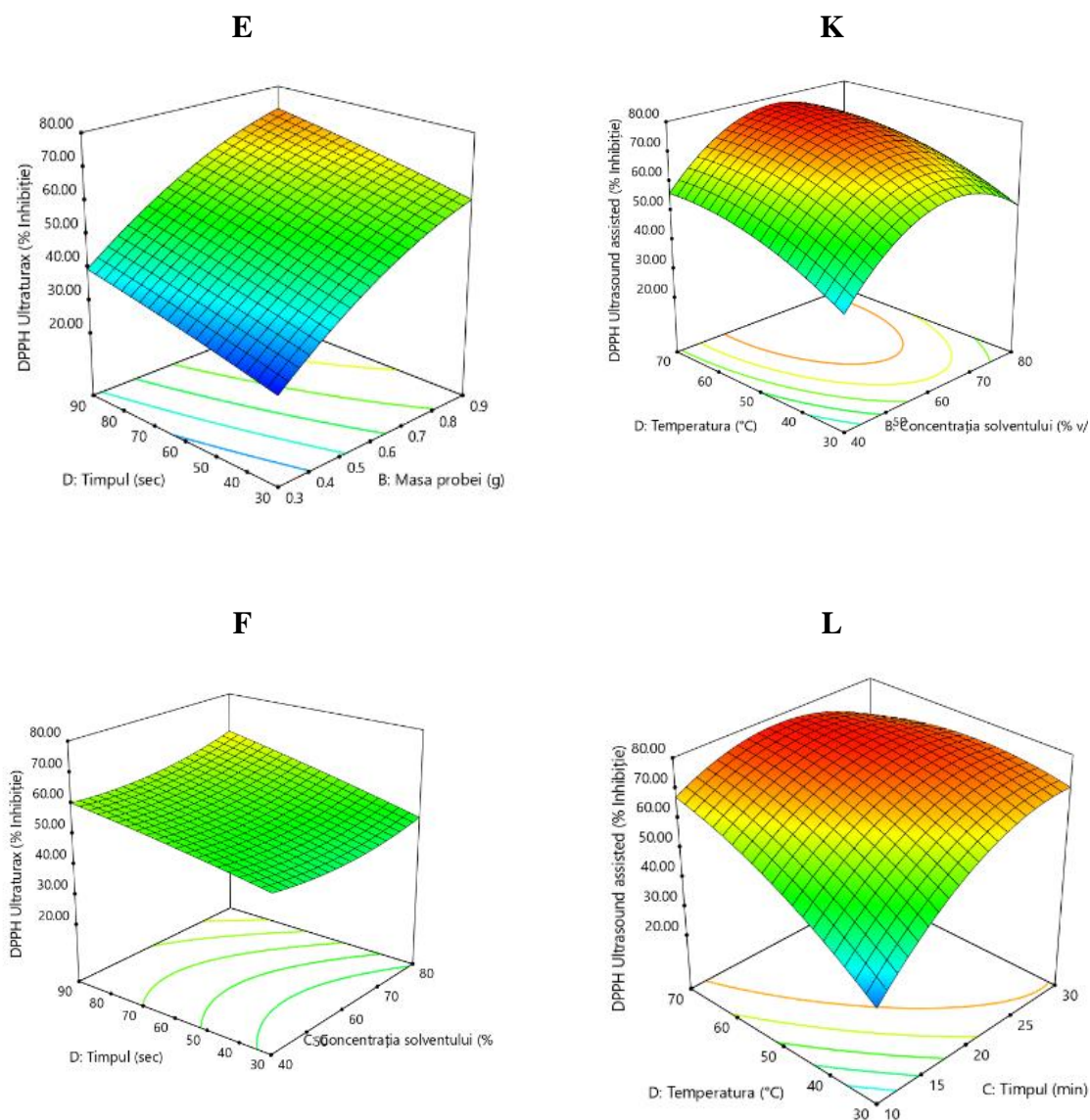


Figura 2.3. Grafice ale suprafeței de răspuns care arată efectul parametrilor de extracție asupra activității antioxidante pentru pre-tratamentul Ultra-Turrax (A–F) și pentru pre-tratamentul asistat cu ultrasunete (G–L)

În comparație cu aceasta, cea mai scăzută activitate antioxidantă s-a înregistrat la corelarea următoarelor valori ale parametrilor: 0,3 g probă, concentrația solventului 60%, 60 secunde și 10000 rpm, iar cea mai mare activitate s-a observat la corelația dintre 0,9 g probă, concentrația solventului de 80%, 60 secunde și 20000 rpm pentru pre-tratamentul Ultra-Turrax.

Determinarea grupărilor funcționale prin analiza FT-IR

Spectrele FT-IR sunt prezentate în figura 2.4. Vârful la 3287 cm^{-1} corespunde vibrațiilor de întindere -OH și poate fi atribuit celulozei și două vârfuri la 2921 și 2852 cm^{-1} , corespunzătoare vibrațiilor de întindere C=O, respectiv, vibrațiilor de întindere CH alifatic. Nu a fost detectată nicio regiune cu triplă legătură în zona $2000\text{--}2500\text{ cm}^{-1}$, nerezultând nicio legătură C≡C în borhotul de malț. Compușii aromatici includ acizii p-cumaric, ferulic, sinapic și cafeic, care sunt compuși fenolici importanți. Un vârf la 1629 cm^{-1} este asociat cu prezența

aldehidelor, cetonelor și grupărilor carboxil (întindere C=O conjugată), iar vârful la 1538 cm⁻¹ corespunde vibrației de întindere C=O, care corespunde regiunii dublei legături. Câteva vârfuri din regiunea zonei de amprentă sunt la 1454 cm⁻¹, ceea ce reprezintă H-C-H și O-C-H în vibrația de îndoire plană, vârfurile la 1239 și 1025 cm⁻¹ reprezintă vibrațiile C-C, C-OH, C-H inel și grup lateral, care pot fi atribuite hemicelulozei și ligninii (Bayu et al., 2019).

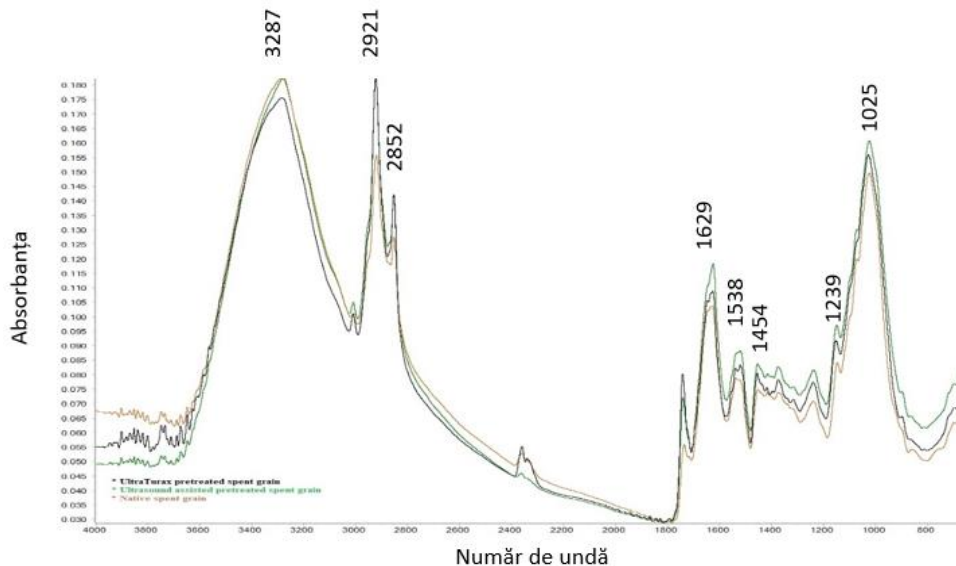


Figura 2.4. Spectrele FT-IR ale borhotului de malț nativ și borhotului de malț pretrat

Determinarea compușilor fenolici individuali prin analiza HPLC

Tabelul 2.6 arată că acidul p-cumaric a reprezentat majoritatea compușilor fenolici din acest studiu, urmat de acidul rosmarinic, acidul clorogenic și acidul vanilic pentru pre-tratamentul Ultra-Turrax.

Tabelul 2.6. Profilul fenolic al borhotului de malț obținut în condiții optime prin metoda HPLC-DAD

Compusul	Masa moleculară (g/mol)	Lungimea de undă (nm)	Timpul de retenție (min)	DSG		BSG	
				UltraTurax conținutul fenolic (mg/100g su)	Ultrasunete conținutul fenolic (mg/100g su)	UltraTurax conținutul fenolic (mg/100g su)	Ultrasunete conținutul fenolic (mg/100g su)
Acid protocatecuic	154,12	280 nm	13,756	0,7±0,05 ^b	N.D.	N.D.	N.D.
Acid p-hidroxibenzoic	138,12	280 nm	17,876	1,1±0,06 ^a	N.D.	N.D.	N.D.
Acid vanillic	168,14	280 nm	22,627	3,1±0,8 ^c	10,0±1,03 ^b	N.D.	5,95 ± 0,07 ^a
Acid cafeic	180,159	320 nm	20,557	0,7±0,03 ^a	N.D.	0,69 ± 0,01 ^a	N.D.
Acid clorogenic	354,31	320 nm	21,971	5,4±1,1 ^c	N.D.	N.D.	N.D.
Acid p-cumaric	164,047	320 nm	27,503	20,4±1,72 ^b	14,0±1,14 ^b	0,79 ± 0,01 ^a	N.D.
Acid rosmarinic	360,31	320 nm	30,989	6,5±0,96 ^b	4,0±0,76 ^b	10,16 ± 0,08 ^a	20,6 ± 0,17 ^b
Kaempferol	286,23	320 nm	51,784	N.D.	N.D.	1,61 ± 0,03 ^a	N.D.

N.D. nedetectabil, BSG: borhot de malț provenit din industria berii, DSG: borhot de malț provenit din tehnologia de obținere a whisky-ului, a-c valorile medii aflate pe același rând urmate de litere distincte diferă semnificativ ($p < 0,05$)

Acidul protocatecuic, acidul p-hidroxibenzoic și acidul cafeic pentru pre-tratamentul Ultra-Turrax au fost identificați în cantități mai mici. Pe de altă parte, pentru pre-tratamentul cu ultrasunete s-au înregistrat următorii compuși fenolici individuali: acidul p-cumaric, acidul vanilic și acidul rosmarinic. Comparativ cu DSG, BSG prezintă mai puțini compuși fenolici individuali, atât pentru extracția cu ultrasunete, cât și pentru extracția Ultra-Turrax, identificându-se acidul rosmarinic, acidul p-cumaric, acidul cafeic și kaempferolul pentru extracția cu ajutorul ultrasunetelor, iar pentru extracția la viteze mari de agitare acidul vanilic și acidul rosmarinic.

Determinarea conținutului de aminoacizi liberi

În tabelul 2.7 sunt prezentate rezultatele pentru aminoacizii liberi din DSG și BSG. Borhotul de malț provenit din tehnologia de obținere a whisky-ului are un gust dulce mai pronunțat decât cel provenit din industria berii, metionina și treonina fiind prezente doar în DSG, însă toți aminoacizii responsabili de gustul dulce au fost prezenți în cantități mai mari decât în BSG. Aminoacizii responsabili de gustul amar sunt prezenți în ambele probe, doar histidina fiind prezentă numai în DSG.

Tabelul 2.7. Conținutul în aminoacizi liberi din DSG și BSG

Nr. crt.	Aminoacid	Borhot de malț DSG (nmol/g)	Borhot de malț BSG (nmol/g)
1	Alanină (Ala)	4428,57 ± 0,02 ^a	555,89 ± 0,02 ^a
2	Glicină (Gly)	1136,67 ± 0,04 ^a	10,04 ± 0,03 ^b
3	Acid α-aminobutiric	503,95 ± 0,02 ^a	-
4	Valină (Val)*	4469,72 ± 0,03 ^a	1236,46 ± 0,02 ^a
5	Leucină (Leu)*	4197,84 ± 0,01 ^a	290,64 ± 0,04 ^b
6	Izoleucină (Ile)*	3747,83 ± 0,03 ^a	587,41 ± 0,01 ^a
7	Treonină (Thr)*	1348,23 ± 0,02 ^a	-
8	Serină (Ser)	2397,79 ± 0,04 ^a	774,86 ± 0,05 ^b
9	Prolină (Pro)	4191,95 ± 0,03 ^a	697,96 ± 0,03 ^a
10	Asparagină (Asp)	627,80 ± 0,03 ^a	467,58 ± 0,04 ^a
11	Acid aspartic (AAsp)	8704,22 ± 0,06 ^a	8802,8 ± 0,06 ^b
12	Metionină (Met)*	730,09 ± 0,03 ^a	-
13	Fenilalanină (Phe)*	4355,32 ± 0,02 ^a	455,72 ± 0,03 ^b
14	Acid glutamic (AGlu)	13255,07 ± 0,02 ^a	11307,93 ± 0,04 ^a
15	Acid α-aminopimelic (AAminop)	29292,78 ± 0,04 ^a	3615,95 ± 0,02 ^a
16	Glutamină (Glu)	824,42 ± 0,02 ^b	4172,62 ± 0,03 ^a
17	Lizină (Lys)*	825,06 ± 0,01 ^a	276,52 ± 0,02 ^a
18	Prolină-hidroxiprolină	6088,59 ± 0,01 ^a	700,19 ± 0,03 ^a
19	Histidină (Hys)*	1203,78 ± 0,02 ^a	-
20	Tirosină (Tyr)	1616,22 ± 0,03 ^a	611,85 ± 0,04 ^a
21	Triptofan (Trp)*	663,79 ± 0,06 ^b	-
22	Hidroxilizină	2456,1 ± 0,02 ^a	-
23	Conținutul total de aminoacizi	97065,79 ± 0,06	34564,42 ± 0,09
24	Aminoacizi esențiali	21541,6 ± 0,03	2846,75 ± 0,04
25	Aminoacizi conditional esențiali	68070,61 ± 0,04	26023,24 ± 0,05
26	Aminoacizi neesențiali	8278,58 ± 0,07	5970,95 ± 0,02

*Aminoacizi esențiali, BSG: borhot de malț provenit din industria berii, DSG: borhot de malț provenit din tehnologia de obținere a whisky-ului, a-b valorile medii aflate pe același rând urmate de litere distincte diferă semnificativ (p < 0,05)

Valorile acidului aspartic și acidului glutamic sunt similare pentru cele două probe. Tirozina se găsește în cantitate mai mare în DSG comparativ cu BSG.

Aminoacizii esențiali sunt reprezentați în proporție de 19,95% în borhotul de malț provenit din procedeul de obținere a whisky-ului, în timp ce în borhotul de malț din industria berii procentul este mai mic, de 7,44%. În același timp, aminoacizii neesențiali sunt reprezentați în procent de 8,53% în borhotul de malț provenit din tehnologia de obținere a whisky-ului și 17,27% în cel din industria berii. Cel mai abundent aminoacid esențial este valina în ambele probe analizate, urmată de fenilalanină, leucină și izoleucină în diferite rapoarte (valină > fenilalanină > leucină pentru DSG și valină > izoleucină > fenilalanină pentru BSG). Cel mai scăzut nivel de aminoacid esențial este triptofanul pentru DSG și leucina pentru BSG.

Aminoacizii esențiali sunt acei aminoacizi care nu pot fi sintetizați de organismul uman, așa că aportul lor trebuie să aibă loc într-un mod echilibrat. Aminoacizii contribuie la sănătate, în special conținutul în aminoacizi esențiali, ceea ce face ca borhotul de malț să fie ideal pentru îmbunătățirea calității proteice a alimentelor.

Atât proba de BSG, cât și proba de DSG sunt bogate în fibre și proteine, ceea ce poate duce la creșterea valorii nutriționale a produselor finite cu adaos de borhot de malț.

Pentru o utilizare industrială cât mai eficientă este necesară cunoașterea compoziției chimice a borhotului de malț, așa cum se sintetizează în tabelul 2.8. Calciul și fierul sunt elementele minerale prezente în cea mai mare cantitate în ambele probe de borhot de malț. Conținutul de polifenoli și activitatea antioxidantă sunt influențate de parametrii aplicați (solvent, metoda de extracție, timp, temperatură). Modelul utilizat pentru a prognoza parametrii de ieșire a fost un model de suprafață de răspuns polinomial de ordinul doi (pătratic) obținut prin proiectarea Box-Behnken, valorile optime pentru metoda Ultra-Turrax au fost 0,849 g pentru masa probei, 54% pentru concentrația de metanol utilizată și o viteză de agitare de 30000 rpm timp de 90 de secunde. S-au înregistrat următoarele valori în condiții optime $1,37 \pm 0,11$ mg GAE/g borhot de malț pentru TPC, $1,34 \pm 0,15$ mg QE/g borhot de malț pentru TFC și $54,77 \pm 3,75\%$ inhibare a DPPH. Valorile optime pentru metoda asistată cu ultrasunete au fost 0,875 g pentru masa probei, 78% pentru concentrația de metanol, la o temperatură de 70°C timp de 22 minute. Următoarele rezultate au fost obținute în aceste condiții: $1,42 \pm 0,15$ mg GAE/g borhot de malț pentru TPC, $1,25 \pm 0,11$ mg QE/g borhot de malț pentru TFC și $74,20 \pm 4,39\%$ inhibare a DPPH.

Metodele de extracție (ultrasunete și Ultra-Turrax) influențează conținutul de compuși fenolici individuali: acidul p-cumaric a reprezentat majoritatea compușilor fenolici din acest studiu, urmat de acidul rosmarinic, acidul clorogenic și acidul vanilic pentru pre-tratamentul Ultra-Turrax. Pe de altă parte, pentru pre-tratamentul cu ultrasunete s-au înregistrat următorii compuși fenolici individuali: acidul p-cumaric, acidul vanilic și acidul rosmarinic. Cel mai abundent acid gras saturat a fost acidul palmitic atât în DSG cât și în BSG, dintre acizii grași monosaturați acidul cis-9-oleic a fost evidențiat în ambele probe, iar acidul linoleic a fost cel mai prezent acid gras polinesaturat. Borhotul de malț provenit din industria băuturilor alcoolice distilate are un gust dulce mai pronunțat decât cel din industria berii, metionina și treonina fiind prezente doar în DSG, însă toți aminoacizii responsabili de gustul dulce au fost prezenți în cantități mai mari decât în BSG. Aminoacizii esențiali sunt reprezentați în proporție de 19,95% în borhotul de malț provenit din industria băuturilor alcoolice distilate, în timp ce în borhotul de malț din bere procentul este mai mic, de 7,44%. Cel mai abundent aminoacid esențial este valina în ambele probe analizate, urmată de fenilalanină, leucină și izoleucină în diferite rapoarte (valină > fenilalanină > leucină pentru DSG și valină > izoleucină > fenilalanină pentru BSG). Conținutul ridicat de proteine și de aminoacizi pot oferi o alternativă economică de valorificare ale borhotului de malț, reprezentând o resursă

valoroasă pentru reutilizarea sa în produsele alimentare cu valoare adăugată.

Tabelul 2.8. Caracteristicile BSG și DSG luate în studiu

Parametru determinat	Borhot de malț (BSG)	Borhot de malț (DSG)
Umiditate (%)	4,96 ± 0,47 ^c	5,04 ± 0,42 ^b
Cenușă (%)	4,14 ± 0,19 ^a	3,47 ± 0,02 ^a
Carbohidrați (%)	28,63 ± 0,12 ^a	42,83 ± 0,25 ^b
Proteine (%)	24,97 ± 0,56 ^b	18,88 ± 0,37 ^a
Lipide (%)	6,15 ± 0,07 ^a	7,11 ± 0,39 ^b
Fibre (%)	31,15 ± 0,18 ^a	22,67 ± 0,42 ^c
Mg (mg/kg)	17,2026 ± 0,29 ^b	17,3325 ± 0,35 ^a
Fe (mg/kg)	78,5166 ± 0,68 ^c	63,9820 ± 0,52 ^b
Ca (mg/kg)	373,4371 ± 0,31 ^b	72,8846 ± 0,22 ^a
Na (mg/kg)	37,2915 ± 0,26 ^b	54,8328 ± 0,63 ^c
TPC (mg GAE/ g borhot de malț uscat)	1,08 ± 0,07 ^b	1,37 ± 0,11 ^b
TFC (mg QE/ g borhot de malț uscat)	1,03 ± 0,09 ^b	1,34 ± 0,15 ^b
Activitate antioxidantă - DPPH (% Inhibiție)	49,83 ± 2,01 ^b	54,77 ± 3,75 ^b
Acid p-cumaric (mg/100g dw)	0,79 ± 0,01 ^a	20,4 ± 1,72 ^b
Acid rosmarinic (mg/100g dw)	10,16 ± 0,08 ^a	6,5 ± 0,96 ^b
Acid clorogenic (mg/100g dw)	N.D.	5,4 ± 1,1 ^c
Acid vanilic (mg/100g dw)	5,95 ± 0,07 ^a	10,0 ± 1,03 ^b
Acid cafeic (mg/100g dw)	0,69 ± 0,01 ^a	0,7 ± 0,03 ^a
Acizi grași saturați SFA μg/mL	3704,1 ± 0,02 (16,38%)	2526,16 ± 0,04 (16,94%)
Acizi grași nesaturați UFA μg/mL	6736,18 ± 0,03 (83,62%)	5106,845 ± 0,02 (83,06%)
Acizi grași mono-nesaturați MUFA μg/mL	4962,1 ± 0,04 (12,08%)	3598,725 ± 0,03 (18,84%)
Acizi grași polinesaturați PUFA μg/mL	1774,08 ± 0,02 (71,54%)	1508,12 ± 0,02 (64,22%)
Acidul palmitic (SFA) μg/mL	3173,69 ± 0,03 ^a	1792,44 ± 0,07 ^a
Acidul oleic (MUFA) μg/mL	663,60 ± 0,02 ^a	758,50 ± 0,05 ^a
Acidul linoleic (PUFA) μg/mL	4269,05 ± 0,06 ^a	2726,98 ± 0,08 ^a
Aminoacizi esențiali (nmol/g)	2846,75 ± 0,04	21541,6 ± 0,03
Aminoacizi conditional esențiali (nmol/g)	26023,24 ± 0,05	68070,61 ± 0,04
Aminoacizi neesențiali (nmol/g)	5970,95 ± 0,02	8278,58 ± 0,07
Aminoacizi esențiali (nmol/g)	2846,75 ± 0,04	21541,6 ± 0,03
Valina (nmol/g)	1236,46 ± 0,02 ^a	4469,72 ± 0,03 ^a
Fenilalanina (nmol/g)	455,72 ± 0,03 ^b	4355,32 ± 0,02 ^a
Leucina (nmol/g)	290,64 ± 0,04 ^b	4197,84 ± 0,01 ^a
Izoleucina (nmol/g)	587,41 ± 0,01 ^a	3747,83 ± 0,03 ^a
Triptofan (nmol/g)	N.D.	663,79 ± 0,06 ^b

BSG: borhot de malț provenit din industria berii, DSG: borhot de malț provenit din tehnologia de obținere a whisky-ului, a-c valorile medii aflate pe același rând urmate de litere distincte diferă semnificativ (p < 0,05)

Capitolul 3, intitulat **Obținerea pastelor făinoase cu adaos de borhot de malț** a avut în vedere dezvoltarea unor rețete de paste făinoase cu adaosuri diferite de borhot de malț din industria băuturilor alcoolice distilate, evaluarea caracteristicilor de calitate ale acestora (comportamentul reologic și profilul textural al aluatului de paste, evaluarea calității pastelor făinoase – produs finit: proprietățile fizico-chimice (culoare, umiditate, proteine, lipide, carbohidrați, fibre, fracturabilitate, activitate antioxidantă, comportament la fierbere, activitatea apei), proprietățile senzoriale ale pastelor făinoase fierte și vizualizarea microstructurii și rugozității pastelor făinoase), dar și pe optimizarea conținutului de borhot de malț utilizând modelarea matematică experimentală.

Făina de borhot de malț a fost obținută din borhot de malț din producția de whisky furnizat de compania Alexandrion Group (Ploiești, România). Făina spelta a fost achiziționată de la un market local și a avut origine România. *Triticum aestivum* var. spelta (făina spelta) are o aromă delicată de nucă și conține nutrienți cu beneficii pentru sănătate (scade nivelul colesterolului și ajută la eliminarea toxinelor) (Wójtowicz et al., 2020). Produsele pe bază de făină spelta sunt mai digerabile în comparație cu cele obținute din grâu comun (*Triticum aestivum*) (Wójtowicz et al., 2020). Wang et al. (2020) au descoperit că făina spelta are un conținut mai ridicat de antioxidanți și micronutrienți minerali și are mai multe beneficii pentru sănătate în comparație cu făina de grâu comun (Wang et al., 2020), fiind în acord cu rezultatele raportate de Wójtowicz et al. (2020) (Wójtowicz et al., 2020).

Obținerea pastelor făinoase

Făina spelta și diferite cantități de făină de borhot de malț (5%, 10%, 15% și 20%) au fost amestecate cu cantitatea adecvată de apă pentru a obține umiditatea aluatului de 32%. S-au mai folosit următoarele ingrediente: ouă proaspete, ulei de măsline și sare. Temperatura aluatului a fost menținută la 40°C pentru un timp de repaus de 45 minute, apoi pastele făinoase au fost extrudate folosind un accesoriu Kitchen Aid cu o matriță mică pentru paste scurte (figura 3.1). Pastele făinoase au fost uscate la 40°C într-un cuptor cu aer timp de 6 ore.



Figura 3.1. Obținerea pastelor făinoase fortificate cu borhot de malț

Făina de borhot de malț a avut următoarele caracteristici (%g/g substanță uscată): umiditate ($5,04 \pm 0,42\%$), cenușă ($3,47 \pm 0,02\%$), proteine ($18,88 \pm 0,37\%$), lipide ($7,11 \pm$

0,39%) și fibre ($22,67 \pm 0,42\%$). Influența adaosului de borhot de malț în rețeta de fabricație a pastelor făinoase a fost evaluată prin determinarea proprietăților reologice ale aluatului, dar și prin aprecierea calității pastelor făinoase uscate și a pastelor făinoase fierte rezultate.

Determinarea proprietăților aluatului

A. Comportamentul reologic dinamic

Borhotul de malț are un conținut semnificativ de proteine, iar adăugarea acestuia în aluat influențează creșterea modului de elasticitate prin reticulare. Proba cu cel mai mare conținut de borhot de malț (20%) are cele mai mari valori ale modului de elasticitate, așa cum se arată în figura 3.2.

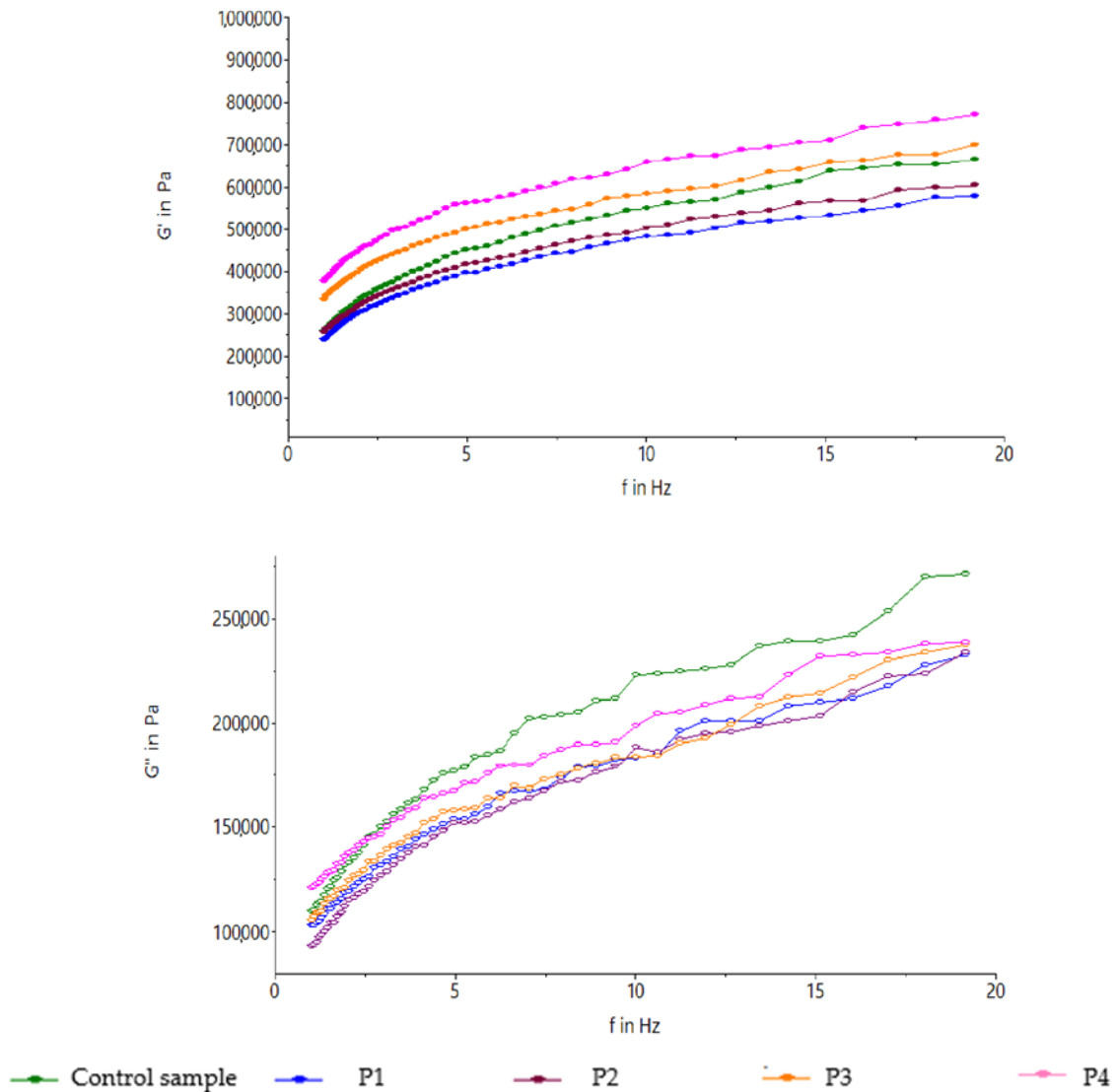


Figura 3.2. Variația modului de elasticitate (G') și a modului de vâscozitate (G'')

Valorile modului de elasticitate (G') mai mari arată că structura aluatului este mai rigidă și mai puțin elastică. Aceleași rezultate au fost obținute și de Iuga & Mironeasa (2021) în studiul lor, folosind un produs secundar din pielețe de struguri pentru fabricarea pastelor făinoase.

B. Analiza profilului texturii aluatului

Adaosul de borhot de malț a dus la o creștere a fermității aluatului odată cu creșterea nivelului de borhot de malț adăugat. Nu s-au obținut modificări semnificative între probe în ceea ce privește elasticitatea și coezivitatea, cea mai elastică probă de aluat fiind aluatul cu 5% borhot de malț. În comparație cu proba martor, cea mai ridicată fermitate a fost obținută pentru cel mai ridicat procent de borhot de malț, dar și cea mai scăzută adezivitate. Toate probele au avut o fermitate mai ridicată decât proba martor și au avut o adezivitate mai scăzută (Sahin et al., 2021). Parametrii texturii aluatului de paste făinoase sunt prezentați în tabelul 3.1.

Tabelul 3.1. Parametrii texturali ai aluatului de paste făinoase

Probă de aluat de paste făinoase	Fermitate (g)	Adezivitate (g · s)	Elasticitate (%)	Coezivitate (adim.)
Proba martor	5105 ± 20,05 ^b	-109,42 ± 0,45 ^c	99,72 ± 0,00 ^a	0,35 ± 0,008 ^a
P1 5%	5359 ± 14,19 ^c	-103,42 ± 0,95 ^b	99,68 ± 0,00 ^a	0,31 ± 0,009 ^a
P2 10%	5442 ± 42,02 ^b	-61,06 ± 0,50 ^b	99,64 ± 0,00 ^a	0,29 ± 0,007 ^a
P3 15%	6105 ± 47,13 ^b	-34,69 ± 0,50 ^a	99,52 ± 0,00 ^a	0,29 ± 0,007 ^a
P4 20%	6390 ± 36,72 ^a	-33,01 ± 0,51 ^a	99,57 ± 0,00 ^a	0,27 ± 0,01 ^a
Valoarea p ANOVA unidirecțională	<0,05	<0,05	<0,05	n.s.

a-c: valorile medii cu litere diferite în aceeași coloană sunt semnificativ diferite ($p < 0,05$), n.s. – nesemnificativ, P1 5%: paste făinoase cu 5% adaos de borhot de malț; P2 10%: paste făinoase cu 10% adaos de borhot de malț; P3 15%: paste făinoase cu 15% adaos de borhot de malț; P4 20%: paste făinoase cu 20% adaos de borhot de malț

Parametrii de calitate ai pastelor făinoase

C. Culoarea pastelor făinoase

În ceea ce privește culoarea au fost analizate atât probe de paste făinoase uscate, cât și paste făinoase fierte (tabelul 3.2).

Tabelul 3.2. Caracteristicile culorii probelor de paste martor și cu adaos de borhot de malț

Proba	L*	A*	B*	ΔE
<i>Probe de paste făinoase uscate</i>				
Proba martor	59,81 ± 0,28 ^a	7,20 ± 0,11 ^a	18,08 ± 0,12 ^a	
P1 5%	55,02 ± 0,48 ^b	5,99 ± 0,41 ^b	17,34 ± 0,75 ^b	5,00
P2 10%	48,42 ± 1,09 ^b	6,08 ± 0,12 ^a	16,96 ± 0,26 ^a	11,50
P3 15%	44,09 ± 0,33 ^a	6,92 ± 0,16 ^a	16,64 ± 0,33 ^a	15,79
P4 20%	43,59 ± 0,69 ^b	7,02 ± 0,43 ^b	16,43 ± 0,75 ^b	16,30
<i>Probe de paste făinoase fierte</i>				
Proba martor	73,61 ± 1,02 ^b	1,20 ± 0,48 ^b	6,67 ± 1,00 ^b	
P1 5%	54,21 ± 0,14 ^a	6,64 ± 0,04 ^a	18,68 ± 0,05 ^a	23,46
P2 10%	56,23 ± 2,91 ^b	4,26 ± 0,54 ^b	13,19 ± 1,50 ^b	18,81
P3 15%	57,99 ± 0,01 ^a	3,35 ± 0,03 ^a	11,15 ± 0,02 ^a	16,39
P4 20%	58,52 ± 0,41 ^b	3,94 ± 0,04 ^a	12,79 ± 0,06 ^a	16,51

a-b: valorile medii cu litere diferite în aceeași coloană sunt semnificativ diferite ($p < 0,05$), P1 5%: paste făinoase cu 5% adaos de borhot de malț; P2 10%: paste făinoase cu 10% adaos de borhot de malț; P3 15%: paste făinoase cu 15% adaos de borhot de malț; P4 20%: paste făinoase cu 20% adaos de borhot de malț

Culoarea a devenit mai închisă (valoarea L* scade) odată cu creșterea adaosului de borhot de malț. Suplimentarea cu borhot de malț a crescut valoarea a* responsabilă de culoarea roșie și a scăzut valoarea b* responsabilă de culoarea galbenă. Prezența compușilor

fenolici poate modifica acești parametri de culoare. Aspectul pastelor făinoase este cel mai adesea asociat cu culoarea, fiind ilustrat în figura 3.3.



Figura 3.3. Aspectul culorii pastelor uscate. (A) Proba de control, (B) Paste făinoase cu 5% adaos borhot de malț, (C) Paste făinoase cu 10% adaos borhot de malț, (D) Paste făinoase cu 15% adaos borhot de malț, (E) Paste făinoase cu 20% adaos borhot de malț

D. Fracturabilitatea pastelor făinoase uscate și textura pastelor făinoase fierte

Fracturabilitatea (rezistența la rupere) pastelor făinoase uscate scade odată cu creșterea adaosului de borhot de malț, așa cum se arată în tabelul 3.3.

Tabelul 3.3. Fracturabilitatea pastelor făinoase uscate

Proba de paste făinoase	Valoare fracturabilitate (g)
Proba martor	3205 ± 283 ^b
P1 5%	8120 ± 95 ^a
P2 10%	4094 ± 327 ^c
P3 15%	3602 ± 105 ^a
P4 20%	2949 ± 190 ^a

a-c: valorile medii cu litere diferite în aceeași coloană sunt semnificativ diferite ($p < 0,05$), P1 5%: mostră de paste cu 5% adaos de borhot de malț; P2 10%: mostră de paste cu 10% adaos de borhot de malț; P3 15%: mostră de paste cu 15% adaos de borhot de malț; P4 20%: mostră de paste cu 20% adaos de borhot de malț

Parametrii texturali ai pastelor făinoase fierte sunt evidențiați în tabelul 3.4. Fermitatea a scăzut la pastele făinoase din borhot de malț datorită conținutului mare de fibre care slăbesc matricea de gluten (Bianchi et al., 2021). Această scădere a fermității se poate datora creșterii gelatinizării amidonului în pastele făinoase, dar și unei cantități reduse de amidon adăugat în pastele făinoase (Bianchi et al., 2021).

Tabelul 3.4. Parametrii texturali ale pastelor făinoase fierte

Probă de paste făinoase	Fermitate (g)	Adezivitate (g · s)	Vâscozitate (mm)	Lipiciozitate (g · s)
Proba martor	7445 ± 28,28 ^a	-31,72 ± 0,21 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	-51,43 ± 0,16 ^a
P1 5%	7181 ± 32,53 ^a	-26,47 ± 0,36 ^a	-0,01 ± 0,00 ^a	-32,01 ± 0,39 ^b
P2 10%	7673 ± 17,68 ^a	-113,54 ± 0,91 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	-113,99 ± 0,38 ^b
P3 15%	9177 ± 30,41 ^a	-104,95 ± 0,28 ^a	-0,01 ± 0,00 ^a	-207,49 ± 0,06 ^a
P4 20%	9337 ± 76,37 ^b	-142,30 ± 0,89 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	-301,33 ± 0,05 ^a

a–b înseamnă că același rând urmat de litere diferite sunt semnificativ diferite ($p < 0,05$), P1 5%: paste făinoase cu 5% adaos de borhot de malț; P2 10%: paste făinoase cu 10% adaos de borhot de malț; P3 15%: paste făinoase cu 15% adaos de borhot de malț; P4 20%: paste făinoase cu 20% adaos de borhot de malț

E. Conținutul total de polifenoli și activitatea antioxidantă prin testul DPPH

Analiza conținutului fenolic total a fost efectuată pe probe de paste făinoase uscate. Conținutul total de polifenoli a crescut odată cu creșterea adaosului de borhot de malț, așa cum se arată în tabelul 3.5.

Tabelul 3.5. Activitatea antioxidantă a pastelor făinoase din borhot de malț

Proba de paste făinoase	Conținutul de polifenoli ($\mu\text{g GAE/g}$)	Procentul de inhibiție a DPPH (%)
Proba martor	$14,50 \pm 0,16^a$	$19,47 \pm 0,08^a$
P1 5%	$17,21 \pm 0,19^b$	$17,46 \pm 0,28^b$
P2 10%	$21,26 \pm 0,23^b$	$15,60 \pm 0,21^a$
P3 15%	$22,37 \pm 0,09^a$	$27,02 \pm 0,14^a$
P4 20%	$23,06 \pm 0,11^a$	$35,35 \pm 0,16^a$

a–b înseamnă că același rând urmat de litere diferite sunt semnificativ diferite ($p < 0,05$), P1 5%: paste făinoase cu 5% adaos de borhot de malț; P2 10%: paste făinoase cu 10% adaos de borhot de malț; P3 15%: paste făinoase cu 15% adaos de borhot de malț; P4 20%: paste făinoase cu 20% adaos de borhot de malț

F. Calitatea pastelor făinoase la fierbere

Cinetica absorbției apei la 25°C este prezentată în figura 3.4. Proba de paste făinoase care conține 5% borhot de malț are cea mai lentă absorbție de apă în comparație cu proba de paste făinoase cu 15% borhot de malț, care se caracterizează prin cea mai rapidă absorbție a apei.

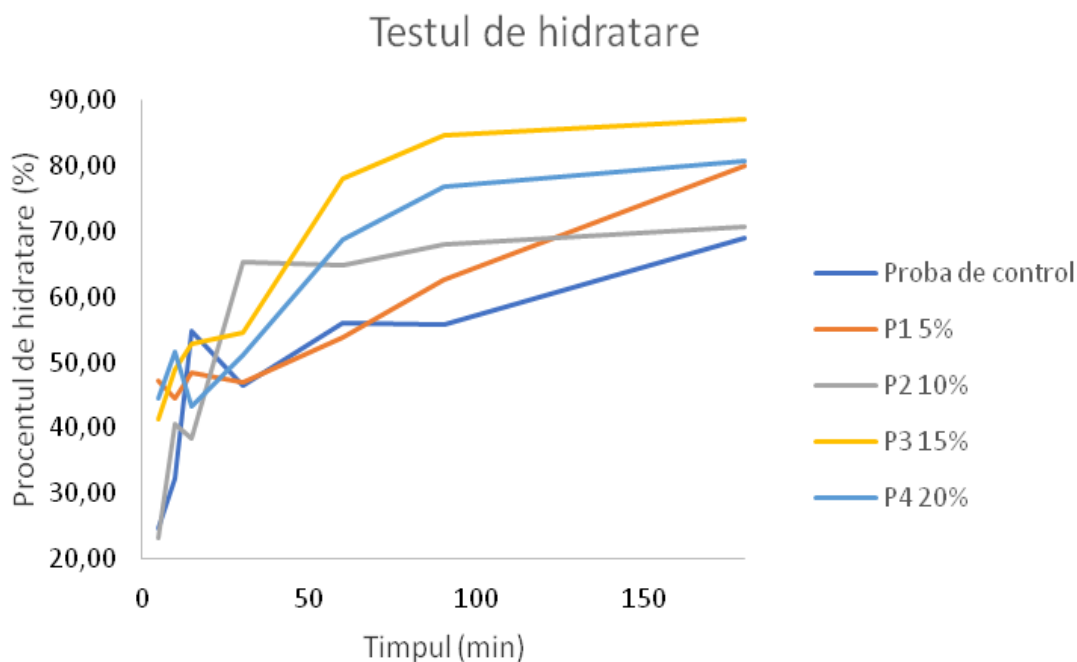


Figura 3.4. Cinetica absorbției apei de pastele făinoase la 25°C

Creșterea în volum a pastelor făinoase, timpul optim de fierbere, cantitatea de sediment și absorbția de apă pentru pastele făinoase îmbogățite cu borhot de malț examinate au fost raportate în tabelul 3.6.

Tabelul 3.6. Proprietățile pastelor făinoase cu adaos de borhot de malț la fierbere

Proba	Indice de creștere în volum (g/g)	Timpul optim de fierbere (min'sec'')	Cantitatea de sediment (%)	Absorbția apei (grame)
Proba martor	1,603 ± 0,02 ^a	9' ± 2'' ^{aa}	4,412 ± 0,04 ^a	165,11 ± 0,02 ^a
P1 5%	1,539 ± 0,01 ^a	9'10'' ± 3'' ^{aa}	5,010 ± 0,04 ^a	130,05 ± 0,01 ^a
P2 10%	1,365 ± 0,01 ^a	9'12'' ± 2'' ^{aa}	5,613 ± 0,03 ^a	136,45 ± 0,03 ^b
P3 15%	1,836 ± 0,03 ^b	9'20'' ± 3'' ^{aa}	6,560 ± 0,01 ^a	141,00 ± 0,02 ^a
P4 20%	1,764 ± 0,02 ^a	9'40'' ± 2'' ^{aa}	6,895 ± 0,06 ^b	148,23 ± 0,01 ^a

Rezultatele sunt raportate față de greutatea uscată și exprimate ca valoare medie ± abatere standard pentru 3 replicări, a–b înseamnă că în același rând urmat de litere diferite sunt semnificativ diferite ($p < 0,05$), P1 5%: paste făinoase cu 5% adaos de borhot de malț; P2 10%: paste făinoase cu 10% adaos de borhot de malț; P3 15%: paste făinoase cu 15% adaos de borhot de malț; P4 20%: paste făinoase cu 20% adaos de borhot de malț

G. Analiza compoziției chimice a pastelor făinoase

Tabelul 3.7 prezintă analiza compoziției chimice a pastelor făinoase cu adaos de borhot de malț. Pentru a păstra pastele făinoase în termen în condiții optime, acestea trebuie să aibă o umiditate mai mică de 12% (Kumar et al., 2021). Conținutul de fibre și proteine crește odată cu creșterea substituției de borhot de malț, în timp ce cantitatea de lipide rămâne aproximativ constantă.

Tabelul 3.7. Analiza compoziției chimice a probelor de paste făinoase

Proba de paste făinoase	Umiditate (%)	Cenușă (%)	Proteine (%)	Lipide (%)	Fibre (%)	Carbhidrați (%)
Proba martor	11,21 ± 0,01 ^a	2,64 ± 0,01 ^a	5,20 ± 0,04 ^a	5,32 ± 0,04 ^b	33,22 ± 0,14 ^a	86,84 ± 0,23 ^a
P1 5%	11,25 ± 0,03 ^a	2,74 ± 0,03 ^b	5,68 ± 0,07 ^b	5,69 ± 0,02 ^a	34,64 ± 0,18 ^a	85,89 ± 0,29 ^a
P2 10%	10,95 ± 0,02 ^a	2,73 ± 0,01 ^a	6,21 ± 0,02 ^a	5,85 ± 0,05 ^b	35,46 ± 0,21 ^a	85,21 ± 0,19 ^a
P3 15%	11,05 ± 0,04 ^b	2,83 ± 0,02 ^a	7,15 ± 0,03 ^a	6,02 ± 0,05 ^b	36,64 ± 0,25 ^b	84,00 ± 0,47 ^b
P4 20%	11,65 ± 0,02 ^a	2,89 ± 0,02 ^a	7,91 ± 0,06 ^b	6,32 ± 0,03 ^a	37,67 ± 0,29 ^b	82,88 ± 0,71 ^b

a–b înseamnă că același rând urmat de litere diferite sunt semnificativ diferite ($p < 0,05$), P1 5%: paste făinoase cu 5% adaos de borhot de malț; P2 10%: paste făinoase cu 10% adaos de borhot de malț; P3 15%: paste făinoase cu 15% adaos de borhot de malț; P4 20%: paste făinoase cu 20% adaos de borhot de malț

H. Activitatea apei (aw)

Stabilitatea alimentelor este o caracteristică legată de variația conținutului de apă din acestea. Multiplicarea microorganismelor presupune prezența apei într-o formă accesibilă în alimente. Aw pentru probele de paste făinoase a variat între 0,5123 ± 0,11 și 0,5394 ± 0,15, cel mai mic aw s-a înregistrat la proba de paste făinoase cu cel mai mare conținut de borhot de malț, care a fost de 20%.

I. Analiza senzorială a pastelor făinoase fierte

Proprietățile senzoriale ale pastelor făinoase fierte sunt sintetizate în figura 3.5. Acceptabilitatea generală a prezentat valori mai mari de 7 în tot intervalul analizat (1 reprezintă cea mai scăzută valoare, iar 9 cea mai ridicată valoare).

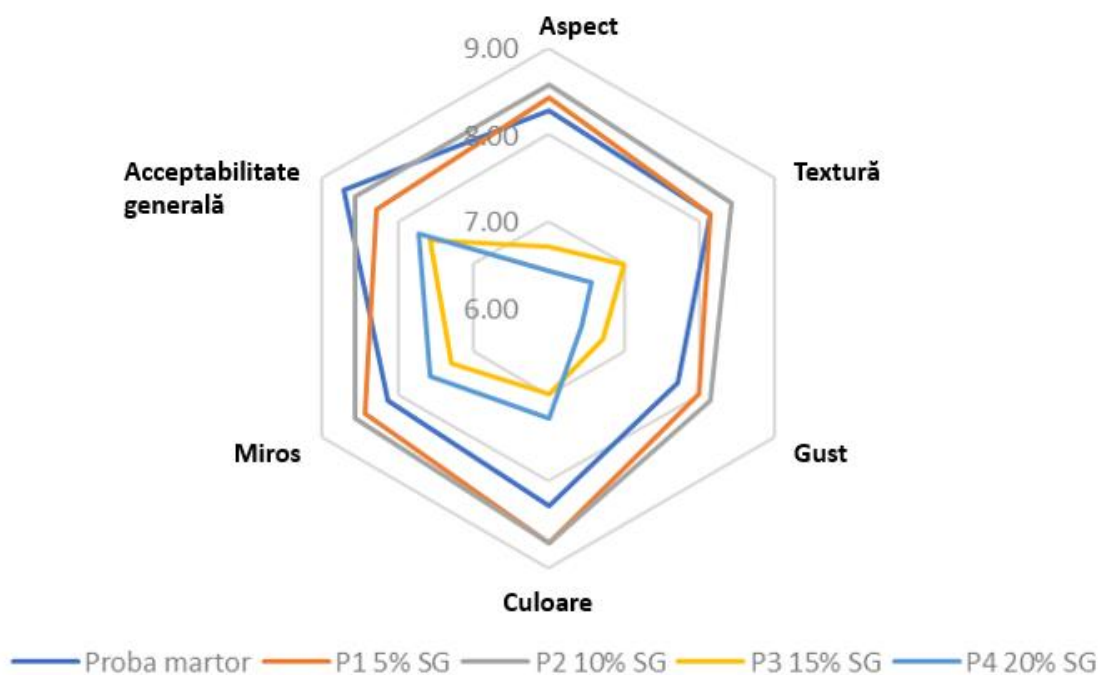
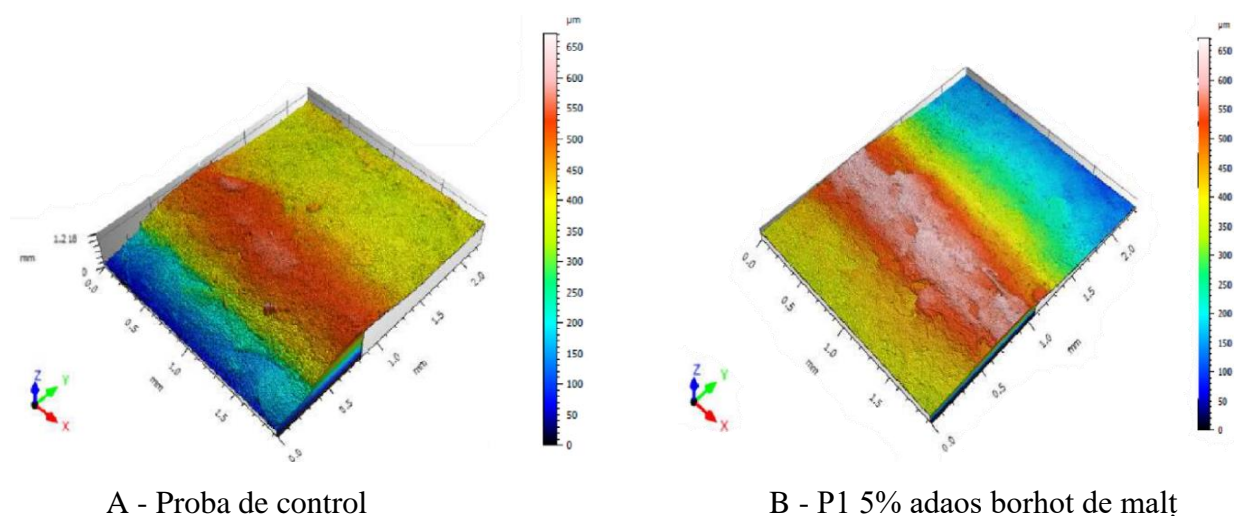


Figura 3.5. Valorile atributelor senzoriale pentru pastele făinoase cu borhot de malț

Cele mai mari valori pentru toate caracteristicile senzoriale studiate au fost înregistrate pentru eșantionul cu adaos de 10% borhot de malț. Aspectul probei martor a avut valori apropiate de proba cu cel mai mare punctaj, proba P2 cu 10% adaos de borhot de malț, în timp ce proba cu cel mai mare adaos de borhot de malț a înregistrat cea mai mică valoare pentru aspect (P4 20% SG). Valorile texturii au scăzut odată cu creșterea conținutului de borhot de malț, iar degustătorii au apreciat negativ textura pastelor făinoase rezultate.

J. Microstructura și rugozitatea pastelor făinoase cu adaos de borhot de malț

După cum se poate observa din figura 3.6, încorporarea borhotului de malț în pastele făinoase cu făină spelta a condus la o suprafață netedă, fără goluri și crăpături. Probele P1 și P2 prezintă cele mai multe goluri, fără o diferență semnificativă între ele (figurile 3.6A și 3.6B), în timp ce proba P3 este cea mai fină și cu cea mai mică rugozitate, așa cum reiese și din tabelul 3.8.



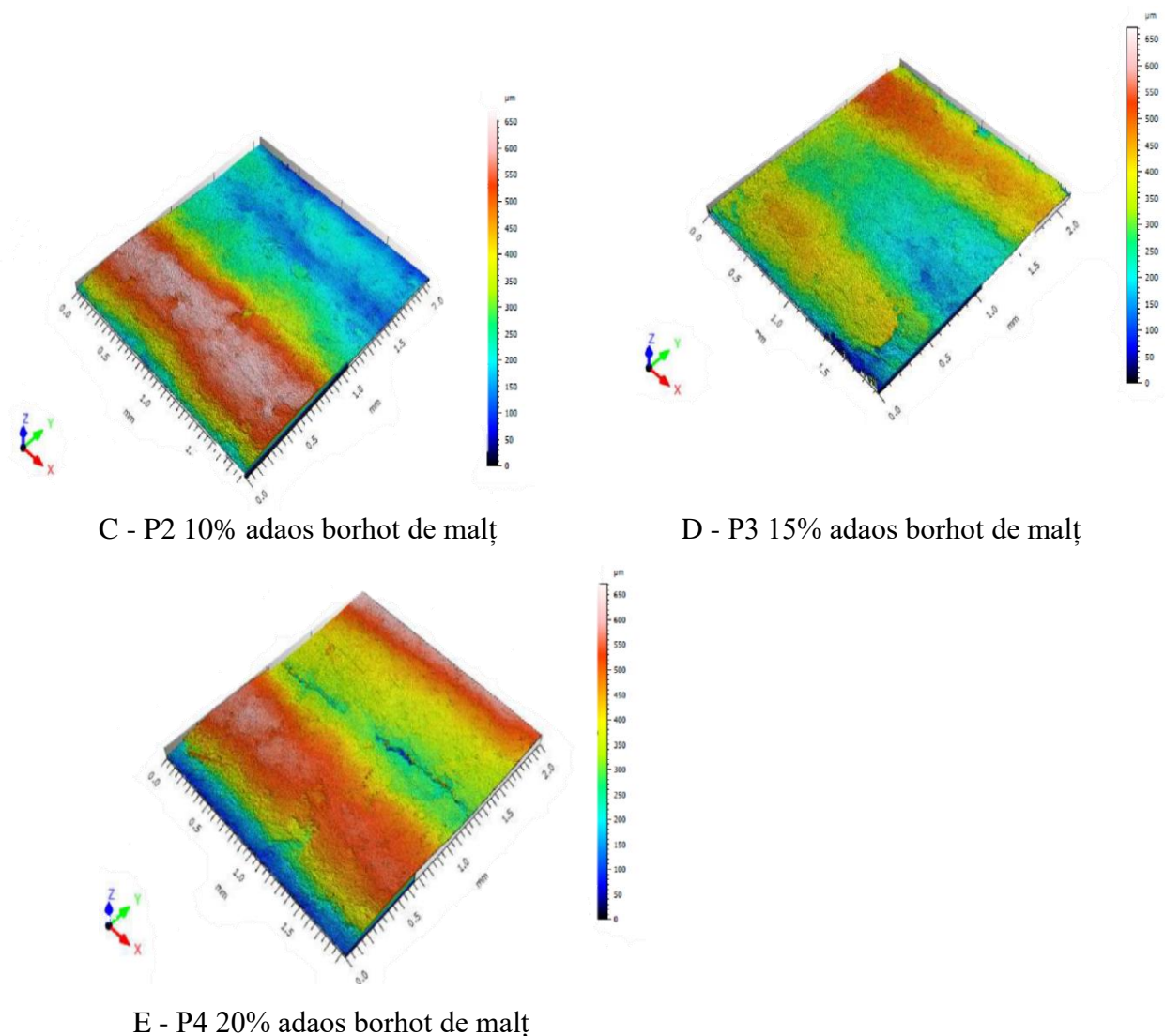


Figura 3.6. Microstructura pastelor uscate: (A) Probă de control, (B) P1 cu 5% adaos borhot de malț, (C) P2 cu 10% adaos borhot de malț, (D) P3 cu 15% adaos borhot de malț, (E) P4 cu 20% adaos borhot de malț

Cu cât suprafața pastelor făinoase uscate este mai rugoasă, cu atât conținutul apei de fierbere este mai mare. Acest lucru explică comportamentul la fierbere al pastelor prin expunerea unei suprafețe mai mari la acțiunea apei în timpul fierberii, rezultând o cantitate mai mare de substanță uscată eliberată în apa de fierbere (Marti et al., 2011).

Tabelul 3.8. Rugozitatea pastelor făinoase uscate

Proba de paste făinoase	Rugozitatea (μm)
Proba de control	$247,09 \pm 3,82^a$
P1 5%	$229,89 \pm 6,47^a$
P2 10%	$191,14 \pm 5,63^a$
P3 15%	$161,88 \pm 3,63^a$
P4 20%	$284,44 \pm 8,59^b$

a–b înseamnă că același rând urmat de litere diferite sunt semnificativ diferite ($p < 0,05$), P1 5%: paste făinoase cu 5% adaos de borhot de malț; P2 10%: paste făinoase cu 10% adaos de borhot de malț; P3 15%: paste făinoase cu 15% adaos de borhot de malț; P4 20%: paste făinoase cu 20% adaos de borhot de malț

Modelarea matematică și optimizarea rețetei de paste făinoase cu adaos de borhot de malț

Designul D-optimal a fost utilizat pentru a optimiza influența adaosului de borhot de malț pentru atributele de calitate ale pastelor făinoase din făină spelta cu adaos de borhot de malț. Pentru a optimiza matricea de paste făinoase conținutul de borhot de malț a variat (5%, 10%, 15% și 20%) astfel încât toate răspunsurile să fie optimizate (maximizarea următorilor parametri: coezivitate, proteine, fibre, conținut total de polifenoli și activitate antioxidantă și minimizarea cantității de sediment, fermității, intervalului de culoare al pastelor făinoase).

Ajustarea modelului și analiza statistică

Design-ul utilizat are o variabilă independentă cu patru niveluri și trei replicări în punctul central pentru optimizarea rețetei de paste făinoase cu adaos de borhot de malț și au fost evaluați diferiți parametri ai rețetei optimizate. Compoziția chimică a făinii spelta și a făinii de borhot de malț folosite la rețeta de paste făinoase este descrisă în tabelul 3.9.

Tabelul 3.9. Compoziția chimică a făinii de borhot de malț și a făinii spelta

Compoziția chimică	Făina de borhot de malț	Făina spelta
Lipide	7,11 ± 0,39 ^b	3,00 ± 0,01 ^a
Fibre	22,67 ± 0,42 ^c	8,00 ± 0,05 ^b
Proteine	18,88 ± 0,37 ^a	14,00 ± 0,09 ^a
Cenușă	3,47 ± 0,02 ^a	2,11 ± 0,04 ^a
Umiditate	5,04 ± 0,42 ^b	11,26 ± 0,08 ^a

Rezultatele sunt exprimate ca g raportate la 100 g substanță uscată, a-c: valorile medii cu litere diferite în aceeași coloană sunt semnificativ diferite ($p < 0,05$)

Rezultatele pentru culoare, fermitate, fibre și conținutul total de polifenoli au fost adaptate modelului liniar cu 75%, 95%, 98% și, respectiv, 98% din variația datelor explicate. Modelul pătratic a explicat 87%, 98%, 99% și, respectiv, 99% din variația datelor pentru coezivitatea aluatului, fracturabilitate, proteine și cantitatea de sediment (tabelul 3.10).

Tabelul 3.10. Rezultatele ANOVA pentru paste făinoase și aluat cu adaos de borhot de malț

Răspuns	Model	Valoarea F	Valoarea p	R²	R² Ajustat
Coezivitate	pătratic	14,6	<0,01	0,87	0,81
Fermitate	liniar	100,76	<0,01	0,95	0,94
Culoare	liniar	15,18	<0,01	0,75	0,70
Fracturabilitate	pătratic	105,81	<0,01	0,98	0,97
Proteine	pătratic	415,93	<0,01	0,99	0,99
Fibre	liniar	247,60	<0,01	0,98	0,97
Conținut total de polifenoli	liniar	364,43	<0,01	0,98	0,98
Activitate antioxidantă	pătratic	63,25	<0,01	0,96	0,95
Cantitatea de sediment	pătratic	253,08	<0,01	0,99	0,98

Optimizarea parametrilor și validarea modelelor

Dimensiunea mică a particulei borhotului de malț (200 μm în acest studiu) nu a dat diferențe semnificative în ceea ce privește coezivitatea, termenul liniar având cea mai semnificativă influență.

Optimizarea cantității de borhot de malț și validarea modelului

Optimizarea adaosului de borhot de malț în rețeta de fabricație a pastelor făinoase a arătat că acesta poate fi adăugat în proporție optimă de 11,70% cu dezirabilitatea de 0,371 fără a afecta caracteristicile calitative, obținând beneficii nutriționale maxime, aplicând constrângerile impuse (figura 3.7).



Figura 3.7. Probe de paste făinoase cu adaos de borhot de malț

Rezultatele obținute au permis identificarea limitelor inferioare și superioare în funcție de obiectiv, așa cum se arată în tabelul 3.11. Pentru a lua în considerare caracteristicile de calitate determinate au fost alese următoarele obiective: minimizarea cantității de sediment, maximizarea coeziunii, fracturabilității, maximizarea conținutului de proteine și conținutului total de fibre, a conținutului total de compuși polifenolici și activității antioxidante, păstrând în interval fermitatea și culoarea pastelor.

Tabelul 3.11. Constrângeri de optimizare pentru rețeta de paste

Denumire	Scop	Limita inferioară	Limita superioară	Importanță
Concentrația de borhot de malț (%)	în interval	5	20	3
Coezivitatea (adim.)	maxim	0,27	0,329	3
Fermitatea (g)	în interval	5359	6437	3
Culoare (adim.)	în interval	15,53	18,88	3
Fracturabilitate (g)	maxim	2935	8120	3
Proteine (g/100 g)	maxim	5,68	7,99	3
Fibre (g/100 g)	maxim	34,64	37,95	3
Conținutul total de polifenoli (μg GAE/g)	maxim	17,21	23,03	3
Activitate antioxidantă (% inhibiție)	maxim	15,6	35,55	3
Cantitatea de sediment (%)	minim	5,01	6,992	3

Rezultatele ANOVA pentru modelul experimental sunt prezentate în tabelul 3.12. S-a realizat un eșantion cu valoarea optimă prognozată pentru validarea modelului, iar răspunsurile au fost evaluate pe trei eșantioane din fiecare probă; valoarea prognozată și valoarea determinată a eșantionului optim pot fi vizualizate în tabelul 3.13.

Tabelul 3.12. Rezultatele ANOVA pentru modelul experimental

	Coezivitate	Fermitate	Culoare	Fracturabilitate	Proteine	Fibre	Conținut total de polifenoli	Activitatea antioxidantă	Cantitatea de sediment
R ²	0,8795	0,9527	0,7523	0,9814	0,9952	0,9802	0,9922	0,9693	0,9865
R ² ajustat	0,8193	0,9433	0,7027	0,9722	0,9928	0,9762	0,9882	0,9540	0,9838
Valoarea F	14,60	100,76	15,18	105,81	415,93	247,60	253,08	63,25	364,43
Valoarea p	0,0145	0,0002	0,0114	0,0003	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0009	<0,0001
Lipsa de potrivire	1,36	69,69	0,53	14145,14	6,14	1,84	8,98	235,81	11,01
Constante	+0,289	+5861,87	+17,715	+3635,83	+6,658	+36,244	+22,023	+20,654	+6,026
A	-0,021 ^{***}	+533,081 ^{***}	+1,100 ^{***}	-2505,19 ^{***}	+1,115 ^{***}	+1,483 ^{***}	+2,728 ^{***}	+9,327 ^{***}	+0,972 ^{***}
A ²	+0,008			+1909,53 ^{***}	+0,192 ^{**}		-1,875 ^{***}	+5,901 ^{***}	

A – conținutul de borhot de malț, *** p < 0.001; ** p < 0,01; * p < 0,05

S-a obținut o probă de paste făinoase cu nivelul optim de borhot de malț rezultată în urma procesului de optimizare. Toate răspunsurile au fost evaluate pe trei eșantioane din fiecare probă, iar valorile rezultatelor experimentale au fost cu mai puțin de 5% diferite de cele prognozate. Adăugarea de borhot de malț în rețeta de paste făinoase în condițiile prezentate a permis producerea de paste făinoase cu un timp scurt de pregătire și o textură corespunzătoare la fierbere.

Tabelul 3.13. Eșantion optim prognozat și verificat

Parametru	Paste făinoase cu adaos de borhot de malț		
	Valoare prognozată	Valoare determinată	Abaterea relativă * (%)
Concentrația de borhot de malț (%)	11,70	11,70	
Coezivitatea (adim.)	0,291 ^a	0,302 ^a	3,64
Fermitatea (g)	5805,01 ^a	5786,06 ^a	-0,33
Culoare (adim.)	17,59 ^a	17,69 ^a	0,52
Fracturabilitate (g)	3924,74 ^a	3976,25 ^a	1,30
Proteine (g/100 g)	6,54 ^a	6,67 ^b	1,96
Fibre (g/100 g)	36,08 ^a	36,42 ^a	0,92
Conținutul total de polifenoli (μg GAE/g)	21,71 ^a	22,84 ^a	4,94
Activitate antioxidantă (% inhibiție)	19,72 ^a	20,12 ^a	1,96
Cantitatea de sediment (%)	5,92 ^a	5,71 ^a	-3,71

abaterea relativă = ((valoarea experimentală – valoarea prognozată)/valoarea experimentală) × 100, a-b indică faptul că diferențele dintre valorile prognozate și cele determinate sunt semnificativ diferite (p < 0,05).

Analiza senzorială a pastelor făinoase în varianta optimă

Aspectul pastelor făinoase cu adaos de borhot de malț a fost plăcut, obținându-se o valoare puțin mai mare decât proba martor, care a fost obținută numai din făină din grâu spelta. De asemenea, degustătorii au apreciat pozitiv parametrii de culoare și miros în comparație cu proba de referință. Proprietățile senzoriale ale pastelor făinoase fierte sunt prezentate în figura 3.8. Cele mai mari valori au fost obținute pentru parametrii de culoare, aspect și miros, în timp ce parametrul de gust a obținut cea mai mică valoare.

Borhotul de malț este o sursă importantă de proteine, fibre și compuși cu proprietăți antioxidante. După cum arată rezultatele, valoarea optimă pentru formularea de paste făinoase cu adaos de borhot de malț cu un echilibru bun între proprietățile senzoriale și cele nutriționale a fost de 11,70%. Nivelul optim de borhot de malț a fost utilizat fără a compromite acceptabilitatea produsului. Pastele făinoase îmbogățite cu borhot de malț sunt incluse în produsele cu conținut ridicat de fibre și proteine, dar și cu activitate antioxidantă ridicată și conținut ridicat de polifenoli.

Culoarea pastelor făinoase obținute a fost acceptabilă, iar cantitatea de sediment formată la fierbere a fost în limita de 10%, ceea ce le încadrează în produse de bună calitate. Aceste rezultate arată că borhotul de malț poate fi folosit cu succes în rețeta de paste făinoase fortificate, obținându-se produse alimentare de calitate.

Făinurile de borhot de malț pot fi utilizate în rețetele de fabricație datorită potențialului lor de a îmbunătăți calitatea nutrițională a produsului finit și pot avea un indice glicemic mai scăzut în comparație cu pastele făinoase pe bază de făină din grâu dur. În funcție de categoria

de consumatori se pot dezvolta rețete de paste făinoase cu ajutorul modelării experimentale pentru a veni în întâmpinarea nevoilor acestora. Utilizarea de ingrediente cu funcționalitate ridicată reprezintă un domeniu de cercetare în curs de dezvoltare pentru realizarea produselor inovative, printre care se numără și făina spelta. Se folosesc amestecuri de făinuri, spre exemplu făină de grâu dur cu făină de pseudocereale sau făinuri de leguminoase pentru îmbunătățirea valorii nutritive a pastelor făinoase.

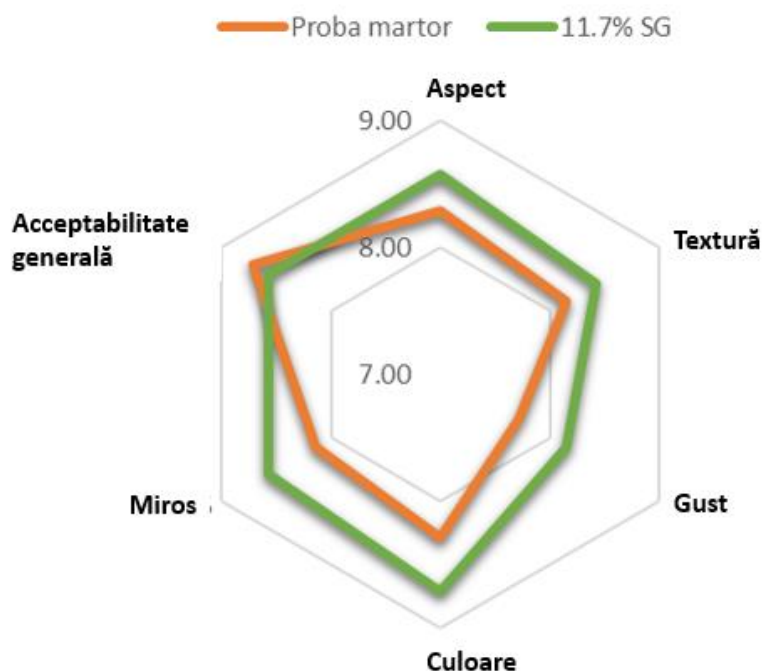


Figura 3.8. Rezultatele analizei senzoriale pentru pastele făinoase cu adaos de borhot de malț (variante optimă)

Aluatul de paste făinoase a prezentat o comportare reologică normală, fără modificări semnificative asupra proprietăților tehnologice ale acestuia. Adaosul de făină de borhot de malț a condus la o creștere a fermității aluatului pe măsură ce cantitate de făină de borhot de malț a fost mărită, dar, în general, nu s-au obținut modificări semnificative între probele analizate în ceea ce privește elasticitatea și coezivitatea, toate probele au prezentat o fermitate mai ridicată decât proba martor și o adezivitate mai scăzută decât aceasta.

Calitatea pastelor făinoase cu adaos de făină de borhot de malț a suferit modificări față de proba martor în ceea ce privește culoarea, fracturabilitatea, conținutul total de polifenoli și activitatea antioxidantă. Față de proba martor, conținutul de polifenoli în pastele făinoase cu adaos de borhot de malț a crescut cu 19% la pastele făinoase cu 5% adaos de borhot de malț, cu 47% la pastele făinoase cu 10% adaos de borhot de malț, cu 54% la pastele făinoase cu 15% adaos de borhot de malț și cu 59% la pastele făinoase cu 20% adaos de borhot de malț.

Un criteriu deosebit de important în evaluarea calității produselor finite îl constituie comportamentul la fierbere al pastelor făinoase. Au fost determinate indicele de creștere în volum, timpul optim de fierbere, cantitatea de sediment formată la fierbere și cantitatea de apă absorbită la fierbere. Față de proba martor, pastele făinoase cu 15%, respectiv 20% adaos de făină de borhot de malț în rețeta de fabricație au prezentat un indice de creștere în volum îmbunătățit, cu 14,54%, respectiv 10,04%, în timp ce în cazul pastelor făinoase cu 5%, respectiv 10% făină de borhot de malț, acest indice a suferit o reducere, de 4%, respectiv 15%. Toate probele de paste făinoase cu adaos de borhot de malț au înregistrat în urma

fierberii o creștere a cantității de sediment față de proba martor, de 1,13 ori pentru pastele făinoase cu 5% adaos de borhot de malț, de 1,27 ori pentru pastele făinoase cu 10% adaos de borhot de malț, de 1,49 ori pentru pastele făinoase cu 15% adaos de borhot de malț și de 1,56 ori pastele făinoase cu 20% adaos de borhot de malț.

Proprietățile senzoriale ale unui produs alimentar sunt primordiale pentru consumatori, analiza senzorială a probelor de paste făinoase cu adaos de borhot de malț a evidențiat o ușoară înrăutățire a acestor proprietăți față de proba martor, dar în limita acceptabilității generale de către degustători.

Cu ajutorul modelării matematice experimentale s-a optimizat adaosul de făină de borhot de malț în rețeta de fabricație a pastelor făinoase, acesta a fost stabilit la valoarea de 11,70%.

Studiile realizate au fost finalizate prin elaborarea unei specificații tehnice de produs, noul sortiment de paste făinoase a fost propus și pentru brevetare la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci, cu numărul de înregistrare RO137376-A2.

Noul sortiment de paste făinoase prezintă următoarele avantaje:

- pastele făinoase cu adaos de borhot de malț pot fi consumate de toate categoriile de consumatori, cu excepția persoanelor ce prezintă intoleranță la gluten;
- noul sortiment de paste făinoase prezintă indice glicemic scăzut și conținut de proteine și fibre alimentare ridicat, ușor asimilabile de organism; aportul de fibre conduce la îmbunătățirea nivelului de zahăr din sânge și normalizează secreția insulinei, acest produs poate fi consumat pentru efectul antidiabetic în controlul și prevenirea diabetului;
- pastele făinoase cu adaos de borhot de malț au rol de aliment funcțional datorită ingredientelor din rețeta de fabricație: făina integrală de grâu spelta prezintă efecte benefice asupra sănătății, prin conținutul de fibre dietetice care mențin sațietatea și echilibrează nivelul de zahăr din sânge, este bogată în vitamine din complexul B și substanțe minerale, în special magneziu, fier și fosfor; făina de borhot de malț, prin aportul de fibre are implicații majore în digestie, prin încetinirea golirii gastrice și prelungirea timpului de tranzit intestinal, reducând astfel mișcările gastro-intestinale și reducerea vitezei de absorbție a nutrienților în intestinul subțire;
- noul sortiment de paste făinoase scurte prezintă un comportament la fierbere îmbunătățit, cu aromă și gust de nucă, conferite de făina integrală de grâu spelta.

Capitolul 4, intitulat *Obținerea vafelor cu adaos de borhot de malț* a urmărit dezvoltarea și analiza produsului vafe cu adaos de borhot de malț din punct de vedere fizico-chimic, textural și senzorial.

Borhotul de malț a fost achiziționat de la Alexandrion Group (Ploiești, România). Făina de năut, leurda, semințele de in auriu și semințele de cânepă au fost achiziționate dintr-un market local.

Obținerea vafelor cu adaos de borhot de malț

Pentru obținerea vafelor se aplică un procedeu care include următoarele operații tehnologice: recepția calitativă și cantitativă a materiilor prime și auxiliare, dozarea materiilor prime și auxiliare conform rețetei de fabricație urmată de prepararea aluatului, astfel: se introduce în malaxor 50% din cantitatea de apă în care se dizolvă sarea și bicarbonatul de sodiu și se amestecă 5 minute, apoi se adaugă 60% din făina de năut, urmată de amestecare 10 minute. În malaxor se introduc apoi restul de făină de năut, pasta de leurdă, făina de borhot de malț, semințele de in auriu, semințele de cânepă și se mai amestecă încă 15 minute cu malaxorul ermetic închis, cu un amestecător cu o turație mare, pentru înglobarea aerului în aluat. Aluatul fluid rezultat se filtrează pentru îndepărtarea eventualelor aglomerări și se

toarnă în alveolele matrițelor cuptorului electric de coacere. Coacerea are loc la temperatura de 290°C, timp de 3-4 minute, până la umiditatea de 2-3%. După coacere, foile de vafe se desprind de pe matriță, se răcesc și se ambalează. Parametrii texturali ai aluaturilor de vafe sunt prezentați în tabelul 4.1. Conținutul de proteine și fibre din borhotul de malț a afectat toți acești parametri.

Tabelul 4.1. Parametrii de textură ai aluatului de vafe cu adaos de borhot de malț

Parametru determinat	Proba martor	Vafe cu borhot de malț	valoarea p
Gumozitate (g)	94,46 ± 3,7 ^a	717,85 ± 52,9 ^a	n.s.
Masticabilitate (g)	90,20 ± 4,1 ^a	725,27 ± 44,0 ^b	<0,001
Elasticitate (%)	0,9995 ± 0,0 ^a	1,00045 ± 0,0 ^a	n.s.
Fermitate (g)	64,5 ± 1,5 ^a	203,93 ± 24,9 ^b	0,001
Adezivitate (g%)	-359,86 ± 7,0 ^b	-904,30 ± 33,8 ^a	<0,001
Coezivitate (adim.)	1,42 ± 0,0 ^a	3,61 ± 0,7 ^b	0,006

a-b: valorile medii cu litere diferite în aceeași coloană sunt semnificativ diferite (p < 0,05), n.s.- nesemnificativ

Densitatea aluatului probei martor a fost mai mare (105,26% ± 0,05) decât densitatea probei de vafe cu adaos de borhot de malț (89,71% ± 0,03), ceea ce înseamnă că densitatea probelor a scăzut odată cu adăugarea de borhot de malț în rețetele de vafe, aceste rezultate fiind în conformitate cu cele prezentate de Ekramian et al. (2021) (Ekramian et al., 2021). Densitatea ridicată indică faptul că este încorporat mai mult aer în aluat, iar acest lucru este dorit în aluatul de vafe, ducând la mai multe bule în timpul coacerii și rezultând un volum mai mare al produsului finit. Rezultatele evaluării compoziției chimice a probelor sunt prezentate în tabelul 4.2. Valorile pH-ului probelor (6,78 pentru proba de vafe și 6,88 pentru proba de control) sunt relativ apropiate și se încadrează în valorile optime rezultate din studiul lui Huber și Schoenlechner (2017) (Huber & Schoenlechner, 2017a). O scădere ușoară a pH-ului a fost observată cu adăugarea de borhot de malț în rețetă și aceste modificări pot fi atribuite reacțiilor enzimatiche dintre componentele vafelor. Un mic adaos de bicarbonat de sodiu dă o ușoară creștere a valorii pH-ului aluatului și influențează formarea reacției Maillard (Tiefenbacher, 2019).

Conținutul de umiditate contribuie în principal la un aluat mai lipicios, dar și la textura crocantă a produselor finite, o umiditate redusă prelungește perioada de valabilitate a produselor alimentare (Schmidt et al., 2018). Valoarea umidității probei martor a fost apropiată de valoarea probei de vafe cu adaos de borhot de malț (1,86 ± 0,02% vs. 1,88 ± 0,02%), rezultatele acestui studiu fiind în acord cu cele determinate de Raza et al. (2016) (Raza et al., 2016). Matinez-Navarrete et al. (2004) au arătat în studiul lor o bună stabilitate în timp, raportând că vafele conțin 7,00 ± 0,02% umiditate și mai puțin de 0,52 activitate a apei (Martinez-Navarrete et al., 2004). Cea mai mare parte a umidității se evaporă în timpul procesului de coacere, rezultând o structură celulară poroasă (Mohammed et al., 2011).

Conținutul de proteine este influențat de adăugarea de borhot de malț și făină de năut cu cel mai mare conținut în proba cu adaos de borhot de malț (11,17 ± 0,21%) față de proba martor (9,66 ± 0,35%), ceea ce este în acord cu datele obținute de Raza et al. (2016) (Raza et al., 2016). Conținutul de lipide cel mai ridicat s-a identificat în proba cu adaos de borhot de malț (17,69 ± 0,03%), comparativ cu 16,03 ± 0,02% în proba martor, datorită aportului de lipide din semințele de cânepă și semințele de in auriu. Silva et al. (2022) au obținut în studiul lor un conținut mai mic de lipide, între 2,2-3,7% (Silva et al., 2022).

Conținutul total de fibre a fost mai mare în proba de vafe cu adaos de borhot de malț ($11,64 \pm 0,04\%$) în comparație cu proba martor ($9,82 \pm 0,03\%$) datorită adaosului de subprodus care conține o cantitate mai mare de fibre (Chetrariu & Dabija, 2022). Conținutul de cenușă s-a dovedit a fi cel mai mare în proba martor ($7,35 \pm 0,01\%$), urmat de proba cu adaos de borhot de malț ($6,22 \pm 0,01\%$), conform cu studiul realizat de Tiwari et al. (2020) (Tiwari et al., 2020). În figura 4.1 este prezentată variația parametrilor probelor de vafe cu adaos de borhot de malț și a probelor martor.

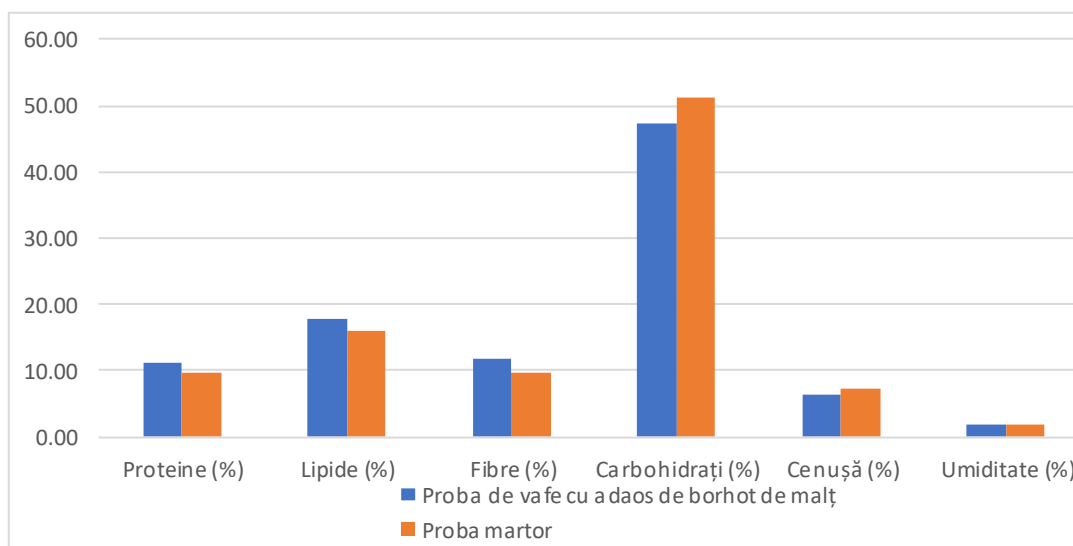


Figura 4.1. Variația parametrilor probelor de vafe cu adaos de borhot de malț și a probelor martor

Fracturabilitatea vafelor scade odată cu creșterea adaosului de borhot de malț (probă martor $5,47 \pm 0,09$ N, vafe cu adaos de borhot de malț $3,86 \pm 0,07$ N), aceeași tendință obținută de Iuga, M. (2020) (Iuga, M., 2020). Pierderile la coacere pot fi influențate de mai mulți factori: temperatura de coacere, umiditatea aluatului sau agenții de creștere utilizați. Valorile pierderilor la coacere au fost de 50,15% pentru proba de control și de 56,12% pentru proba cu adaos de borhot de malț, comparativ cu 19,52-27,48% pierderi la coacere în cazul vafelor obținute în studiul lui Huber et al. (2017) (Huber et al., 2017).

Tabelul 4.2. Compoziția chimică a vafelor cu adaos de borhot de malț și a probei martor

Analiza efectuată	Proba martor (%)	Vafe cu adaos de borhot de malț (%)	Valoarea <i>p</i>
Proteine	$9,66 \pm 0,35^a$	$11,17 \pm 0,21^a$	0,001
Lipide	$16,03 \pm 0,02^a$	$17,69 \pm 0,03^b$	<0,001
Fibre	$9,82 \pm 0,03^a$	$11,64 \pm 0,04^b$	<0,001
Carbohidrați	$51,28 \pm 0,06^b$	$47,40 \pm 0,05^a$	0,003
Cenușă	$7,35 \pm 0,01^b$	$6,22 \pm 0,01^a$	<0,001
Umiditate	$1,86 \pm 0,02^a$	$1,88 \pm 0,02^a$	n.s.

a-b: valorile medii cu litere diferite în aceeași coloană sunt semnificativ diferite ($p < 0,05$), n.s. ns — nesemnificativ

Activitatea apei (a_w) este o măsură instrumentală simplă a texturii crocante a vafelor, fiind o modalitate excelentă de a monitoriza textura în timp și de la lot la lot (Goerlitz et al.,

2007). În mod tradițional, intensitatea texturii crocante scade pe măsură ce a_w crește. În studiul lor, Goerlitz et al. (2007) au stabilit valori pentru a_w la conurile de înghețată între 0,387 și 0,520, în acord cu prezentul studiu (0,4302 pentru proba martor și 0,4350 pentru proba cu adaos de borhot de malț) (Goerlitz et al., 2007).

Acceptabilitatea generală a unui produs oferit consumatorilor este influențată și de culoarea produsului. Luminozitatea probei de vafe cu adaos de borhot de malț scade în comparație cu proba martor (figura 4.2), proces datorat adaosului de borhot de malț, care are o culoare închisă specifică. Există o scădere a valorii coordonatei galben-albastru (b^*) și o creștere a valorii coordonatei roșu-verde (a^*) în proba de vafe cu adaos de borhot de malț, comparativ cu proba martor (tabelul 4.3) (Chetrariu & Dabija, 2021b).

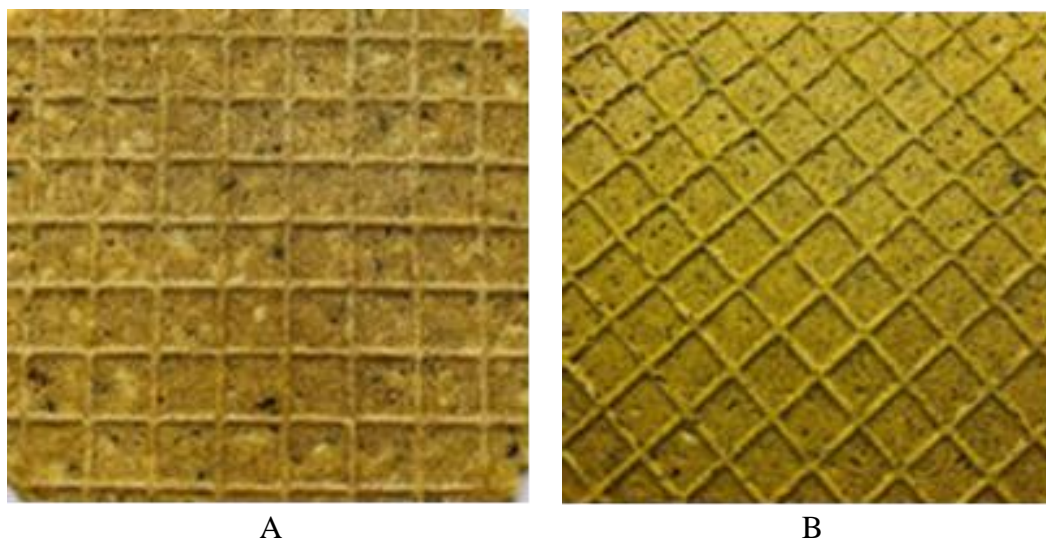


Figura 4.2. Proba martor (A) vs proba cu adaos de borhot de malț (B)

Conținutul total de polifenoli a crescut în proba de vafe cu adaos de borhot de malț (6,46 μg GAE/g) comparativ cu proba martor (5,29 μg GAE/g), ceea ce înseamnă că borhotul de malț are un aport de polifenoli în produsul finit. Capacitatea antioxidantă a fost mai mare pentru proba de vafe cu adaos de borhot de malț ($24,44 \pm 0,04\%$) comparativ cu proba martor ($1,71 \pm 0,01\%$).

Valorile celor două probe sunt apropiate pentru WHC ($301,88 \pm 9,36\%$ pentru vafe cu adaos de borhot de malț și $298,22 \pm 17,16\%$ pentru proba martor), cu WHC mai mare pentru proba de vafe cu adaos de borhot de malț, ceea ce se datorează creșterii conținutului de fibre, în conformitate cu Dom et al. (2020) (Dom et al., 2020). Conținutul ridicat de proteine ar putea fi responsabil pentru formarea unui număr mare de legături de hidrogen.

Tabelul 4.3. Culoarea probelor de vafe

PROBA	L	a^*	b^*	ΔL^*	ΔE^*
Vafe cu adaos de borhot de malț	$48,86 \pm 0,08^a$	$2,10 \pm 0,03^a$	$29,39 \pm 0,05^a$	$-45,3 \pm 0,08^a$	$51,93 \pm 0,04^a$
Proba martor	$61,6 \pm 0,21^b$	$-6,27 \pm 0,04^a$	$35,65 \pm 0,21^b$	$-32,57 \pm 0,21^b$	$45,67 \pm 0,01^a$

a-b: valorile medii cu litere diferite în aceeași coloană sunt semnificativ diferite ($p < 0,05$)

Valorile pentru OHC sunt apropiate pentru cele două probe ($135,28 \pm 11,46\%$ pentru vafele cu adaos de borhot de malț și $136,02 \pm 11,88\%$ pentru proba martor), aceste proprietăți funcționale nefiind influențate de adăugarea de borhot de malț.

Proba de vafe a fost examinată cu un microscop electronic cu scanare (SEM) pentru a determina dimensiunile probei, precum și pentru a caracteriza microstructura internă. Microstructura vafelor este reprezentată de un agregat compact care îi conferă un aspect fragil și de un număr considerabil de bule de aer și pori de suprafață care pătrund în matrice, fiind principala trăsătură a frăgezimii și a texturii crocante. Microstructura este utilă deoarece astfel se poate înțelege de ce vâscozitatea și aerarea aluatului sunt importante pentru calitatea și rezistența vafelor (Mhatre et al., 2022).

O distribuție eterogenă a porilor a fost observată pe secțiunea transversală a probelor, cu pori mai mari în zona exterioară a probelor de vafe, așa cum a obținut și Butt, S.S. (2017) în studiul său (Butt, S.S., 2017), precum și Mohammed et al. (2011) (Mohammed et al., 2011).

Rezultatele obținute în urma analizei senzoriale ale vafelor sunt sintetizate în figura 4.3. Valorile pentru acceptabilitatea generală au fost satisfăcătoare, mai mari de 4 pe tot intervalul analizat (dintr-un maxim de 5), indicând că vafele au fost preferate de degustători (Silva et al., 2022). Proba de vafe cu adaos de borhot de malț a obținut o valoare mai mare decât proba de control pentru fiecare dintre proprietățile analizate.

Cea mai mare diferență dintre punctajul mediu al probei de vafe cu adaos de borhot de malț în comparație cu proba de control a fost înregistrată pentru aspect, iar cele mai apropiate valori au fost înregistrate pentru gust, textura crocantă și miros, ceea ce înseamnă că adaosul de borhot de malț nu a modificat aceste proprietăți, ci dimpotrivă, le-a îmbogățit. Indicele de acceptabilitate a fost mai mare pentru vafele cu adaos de borhot de malț (92%) comparativ cu proba martor (86%).

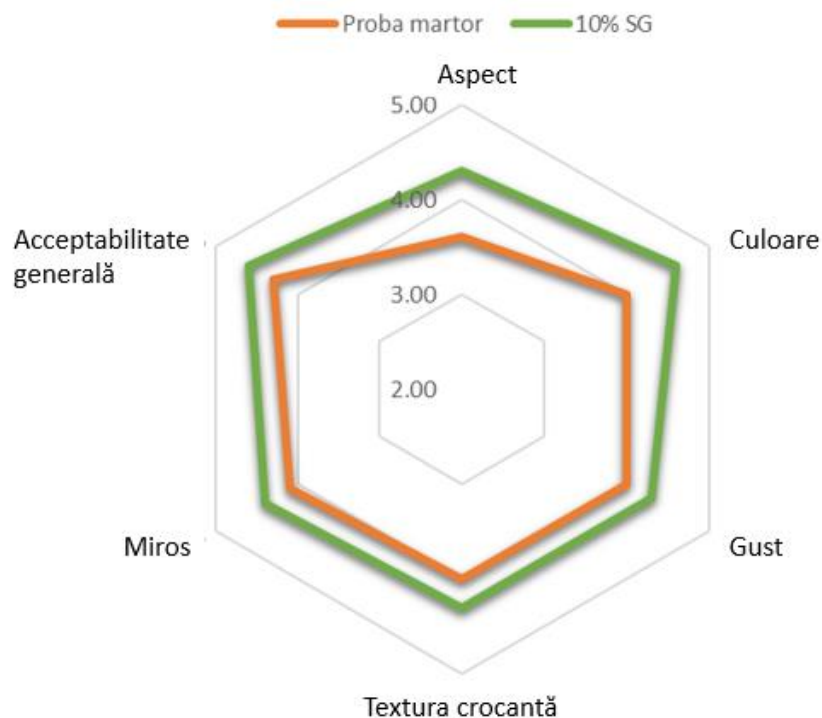


Figura 4.3. Punctajul mediu obținut la analiza senzorială a probelor de vafe luate în studiu

Adaosul de borhot de malț a avut un impact pozitiv asupra produsului finit, s-a constatat o creștere a conținutului de proteine și fibre, o îmbunătățire a capacității antioxidante și o reducere a fracturabilității, cu o distribuție eterogenă a porilor pe secțiunea transversală a

probelor, cu pori mai mari în exteriorul probelor de vafe cu adaos de făină de borhot de malț comparativ cu proba martor. Rezultatele analizei senzoriale relevă faptul că adăugarea de borhot de malț în rețeta de vafe conduce la produse valoroase cu valoare adăugată, cu o acceptabilitate ridicată în rândul consumatorilor.

Noul sortiment de vafe prezintă următoarele avantaje:

- vafele cu adaos de borhot de malț sunt produse făinoase ce pot fi consumate și de persoanele ce prezintă intoleranță la gluten, făina de năut fiind o materie primă aglutenică;
- noul sortiment de vafe are rol de aliment funcțional datorită ingredientelor din rețeta de fabricație. Făina de năut este o excelentă sursă de proteine, carbohidrați cu indice glicemic redus și ușor digerabili, fibre dietetice, substanțe minerale și vitamine. Leurda conține sulfură de alil, vitamina A, vitamina C, carotenoizi, ulei eteric, uleiuri volatile, alicină, adenzină și substanțe minerale. Făina de borhot de malț conține proteine, fibre dietetice și substanțe minerale. Semințele de in auriu și de cânepă sunt bogate în acizi grași, proteine ușor de digerat și bogate în aminoacizi esențiali, carbohidrați, fibre solubile și insolubile, vitamine din complexul B, vitamina E, β -caroten, calciu, magneziu, fier și zinc;
- noul sortiment de vafe are efecte benefice asupra sănătății. Consumul frecvent de produse pe bază de făină de năut este eficient în reducerea riscului cardiovascular, diabetului de tip 2, a unor tipuri de cancer și a obezității. Leurda are efect depurativ, detoxifiant, antiseptic, antiviral, antimicrobian, fluidifiant sanguin, acțiune expectorantă și antitumorală. Făina de borhot de malț, prin aportul de fibre are implicații majore în digestie. Semințele de in auriu și de cânepă au potențiale efecte benefice asupra funcției imune, bolilor inflamatorii cronice-degenerative, obezității, în prevenirea cancerului, în reglarea metabolismului glucozei;
- vafele cu adaos de borhot de malț prezintă indice glicemic scăzut și conținut de proteine și fibre alimentare ridicat, ușor asimilabile de organism; aportul de fibre conduce la îmbunătățirea nivelului de zahăr din sânge și normalizează secreția insulinei.

Capitolul 5, Obținerea produsului turtă dulce cu adaos de borhot de malț are în vedere dezvoltarea unui nou produs de turtă dulce cu adaos de borhot de malț. În rețeta de fabricație adoptată pentru obținerea produsului finit s-au mai utilizat: făină de grâu, făină de mei, sirop de pădărie, ulei de cânepă, fulgi de drojdie inactivă, ghimbir, schinduf, turmeric, bicarbonat de sodiu și carbonat de amoniu. Procesul tehnologic aplicat pentru obținerea sortimentului de turtă dulce cu 10% făină de borhot de malț a fost cel clasic, care se aplică la fabricarea industrială a acestui tip de produs (figura 5.1).

Recepția calitativă și cantitativă a materiilor prime și auxiliare, dozarea materiilor prime și auxiliare conform rețetei de fabricație urmată de prepararea aluatului, astfel: se introduce în malaxor siropul de pădărie și, în timp ce se amestecă se adaugă uleiul de cânepă, ghimbirul și schinduful praf, turmericul, carbonatul de amoniu, bicarbonatul de sodiu și se amestecă 5-6 minute. În timpul malaxării se adaugă treptat făina de grâu, făina de mei, făina de borhot de malț și se frământă timp de 30 minute. După frământare aluatul trebuie să aibă o temperatură de 30-37°C și o umiditate de 20-22%. Aluatul este trecut într-un vas pentru repaus timp de 24 ore la temperatura de 10°C, fiind recomandată o temperatură mai scăzută decât cea la care s-a realizat frământarea, timp în care au loc o serie de procese ce influențează favorabil structura aluatului. După repaus, aluatul se refrământă timp de 10 minute în vederea uniformizării și îmbunătățirii structurii aluatului.

Aluatul se modelează în vederea omogenizării și îmbunătățirii structurii interne sub formă de foaie cu grosimea de 10 mm din care se taie în lung și în lat bucăți pătrate cu latura de 25 mm. Bucățile de aluat se așează pe tăvi la distanță de 2 cm și se introduc în cuptorul electric la 150°C, timp de 20 minute, fiind necesară o coacere lentă. După coacere, produsul se răcește în vederea definitivării texturii și pentru a-și menține forma ulterior și se glazurează

cu un sirop de zahăr (zahăr:apă în raport 10:4, timp de fierbere 25-30 minute) la temperatura de 60°C, apoi urmează uscarea pe site metalice timp de 30 minute. După uscare, turta dulce se ambalează în pungi de 300g.

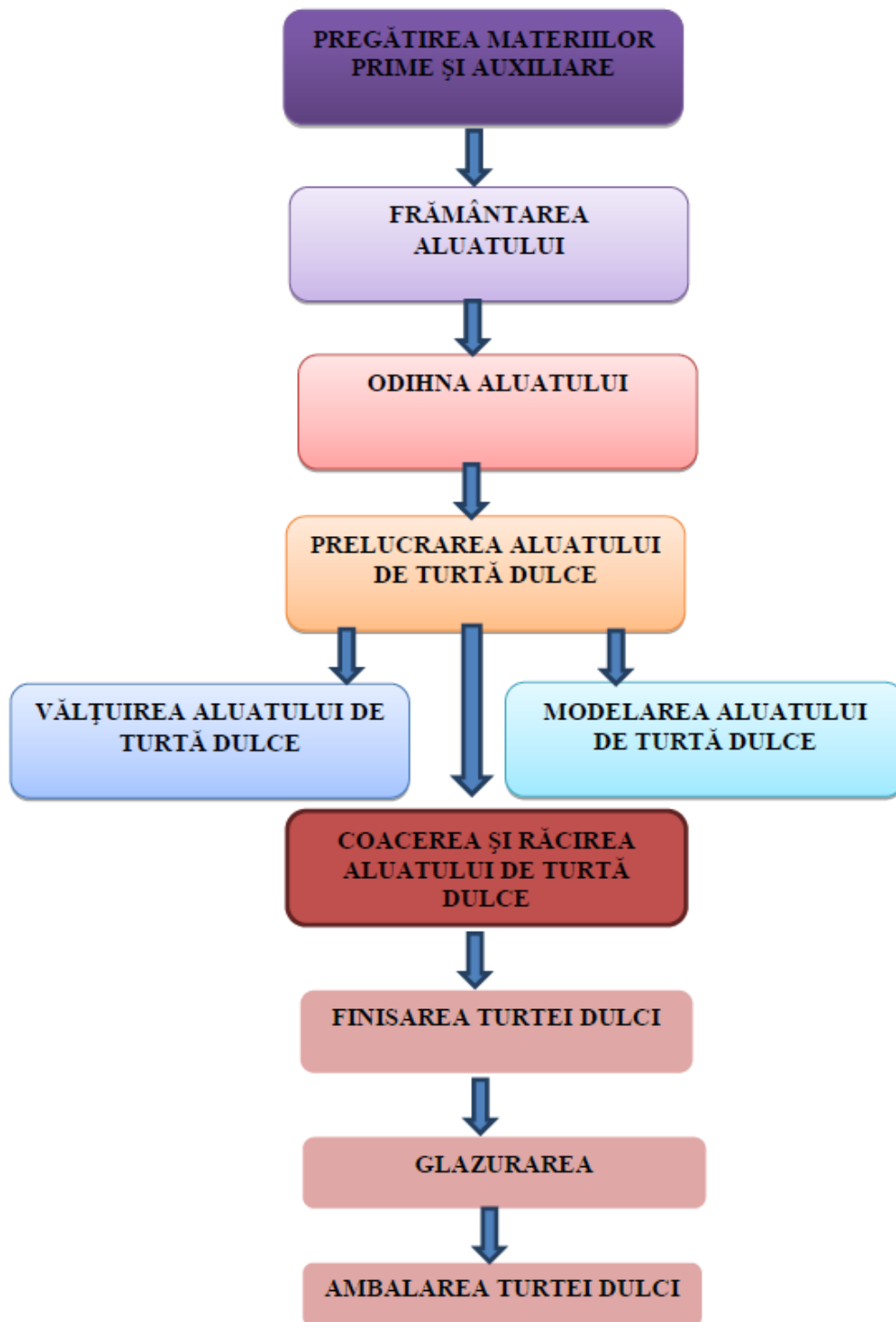


Figura 5.1. Schema tehnologică de obținere a turtei dulci

Procesul tehnologic de obținere a turtei dulci cu adaos de borhot de malț constă în respectarea următoarelor operații (figura 5.2.).

Cercetări privind valorificarea borhotului de malț
REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

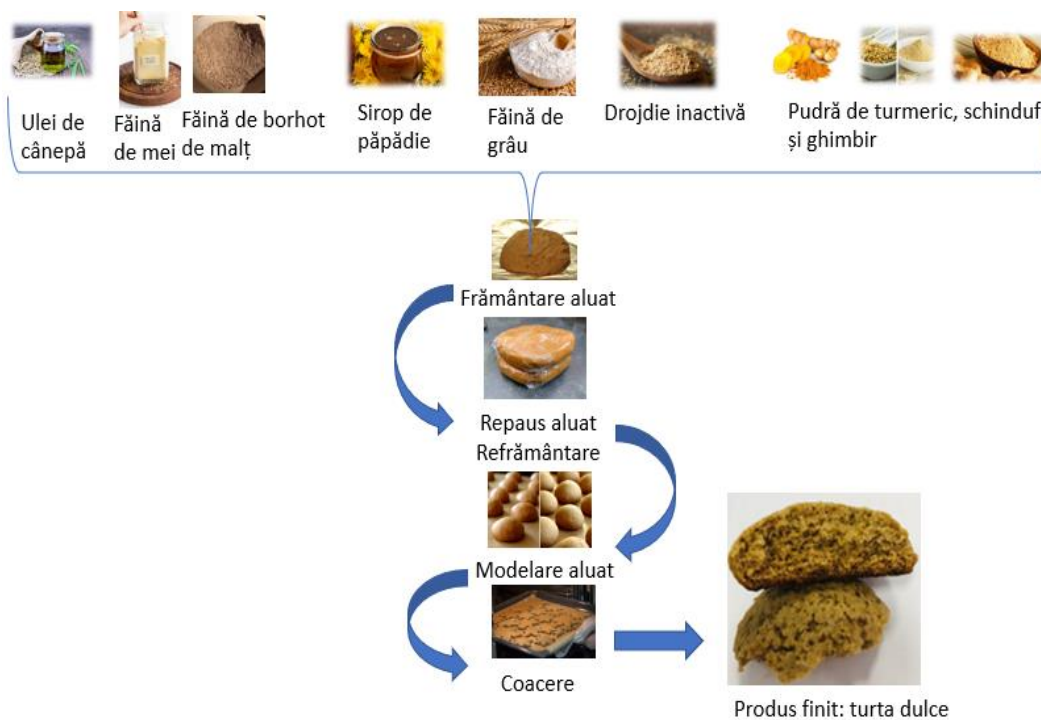


Figura 5.2. Schema tehnologică de obținere a turtei dulci cu adaos de borhot de malț

Pentru turta dulce cu adaos de borhot de malț s-au obținut următoarele valori pentru principalele proprietăți fizico-chimice: $10,02 \pm 0,03\%$ lipide, $11,64 \pm 0,1\%$ fibre, $21,37 \pm 0,15\%$ proteine, glucide în proporție de $56,97 \pm 0,11\%$ și o valoare a umidității de $12,61 \pm 0,08\%$. Proba martor a prezentat următoarele valori pentru aceleași proprietăți fizico-chimice: $9,64 \pm 0,02\%$ lipide, $10,05 \pm 0,09\%$ fibre, $18,85 \pm 0,11\%$ proteine, glucide în proporție de $49,93 \pm 0,05\%$ și o valoare a umidității de $12,25 \pm 0,06\%$, așa cum sunt sintetizate în tabelul 5.1. Produsul prezintă o valoare energetică de $375 \text{ kcal}/100 \text{ g}$ produs, respectiv $1579 \text{ kJ}/100 \text{ g}$ produs, comparativ cu proba martor care prezintă o valoare energetică $361 \text{ kcal}/100 \text{ g}$ produs, respectiv $1532 \text{ kJ}/100 \text{ g}$ produs.

Tabelul 5.1. Proprietățile fizico-chimice ale probelor de turtă dulce

Caracteristici	Turta dulce cu adaos de borhot de malț	Proba martor
Lipide (%)	$10,02 \pm 0,03^a$	$9,64 \pm 0,02^a$
Fibre (%)	$11,64 \pm 0,1^a$	$10,05 \pm 0,09^b$
Proteine (%)	$21,37 \pm 0,15^b$	$18,85 \pm 0,11^b$
Glucide (%)	$56,97 \pm 0,11^b$	$49,93 \pm 0,05^a$
Umiditate (%)	$12,61 \pm 0,08^a$	$12,25 \pm 0,06^a$

a-b: valorile medii cu litere diferite în aceeași coloană sunt semnificativ diferite ($p < 0,05$)

Procedeele de obținere a turtei dulci îmbogățită nutrițional prin adaos de borhot de malț poate fi reprodus cu aceleași caracteristici și performanțe ori de câte ori este necesar, fapt ce reprezintă un argument în vederea respectării criteriului de aplicabilitate industrială. Turta dulce îmbogățită nutrițional prin adaos de borhot de malț are o valoare nutritivă îmbunătățită, cu un conținut ridicat de proteine și fibre, destinat tuturor categoriilor de consumatori. Conținutul de umiditate al turtei dulci nu trebuie să depășească 16% (Sattarova & Makhmudova, 2023). Rezultatele obținute în urma analizei senzoriale ale turtei dulci sunt

evidențiate în figura 5.3. Proba de turtă dulce cu adaos de borhot de malț a obținut un punctaj mai ridicat față de proba martor pentru gust, culoare și acceptabilitate generală.

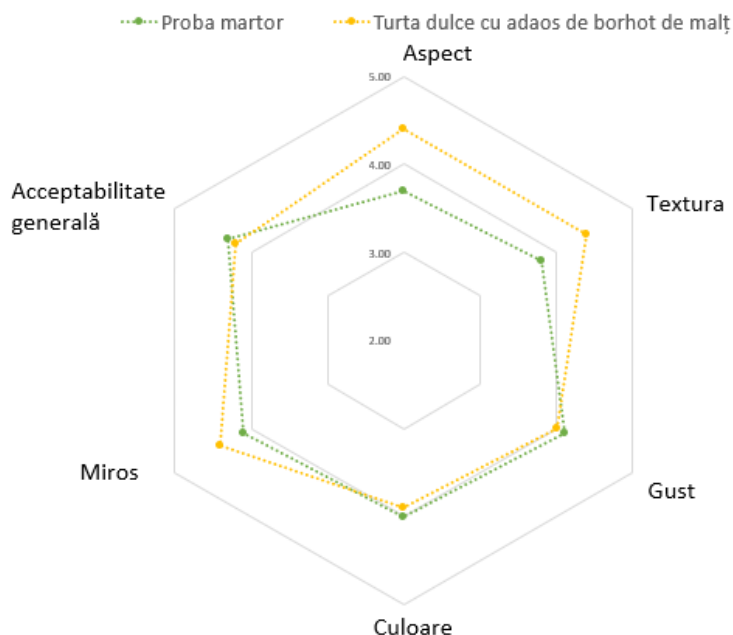


Figura 5.3. Analiza senzorială a probelor de turtă dulce

Bucățile de turtă dulce trebuie să fie întregi, să aibă suprafața netedă, fără aspect ars și să fie bine acoperită cu glazură în strat uniform. Structura turtei dulci în secțiune trebuie să fie poroasă, uniformă, cu aluat bine copt, fără urme de fină nefrământată. Culoarea la exterior trebuie să fie brună, specifică. Gustul turtei dulci este plăcut, specific, fără gust amar, de ars, sau de rânced. Mirosul este corespunzător, fără mirosuri străine, specific borhotului de malț.

Calitatea produsului turtă dulce cu adaos de făină de borhot de malț a suferit modificări față de proba martor, astfel: cantitatea de fibre și cea de proteine a crescut cu 15,82%, respectiv 13,37%, în timp ce glucidele au înregistrat o creștere de 14,10%, iar conținutul în lipide a crescut cu doar 3,94%.

Studiile realizate au fost finalizate prin elaborarea unei specificații tehnice de produs, noul sortiment de turtă dulce cu adaos de borhot de malț a fost propus și pentru brevetare la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci, având numărul de înregistrare A00447/26.07.2022.

Turta dulce îmbogățită nutrițional prin adaos de borhot de malț are o valoare nutritivă îmbunătățită, cu un conținut ridicat de proteine și fibre, destinat tuturor categoriilor de consumatori, având următoarele avantaje:

- sortimentul de turtă dulce cu adaos de borhot de malț are rol de aliment funcțional datorită ingredientelor din rețeta de fabricație. Făina de mei conține o cantitate mare de proteine, fibre alimentare, acizi grași esențiali, unele substanțe minerale precum potasiu, zinc, magneziu, calciu, fier, vitamine, în principal, vitamine din complexul B. Făina de borhot de malț conține proteine, fibre dietetice și substanțe minerale. Uleiul de cânepă este deosebit de bogat în acizi grași esențiali polinesaturați și tocoferoli;
- noul sortiment de turtă dulce poate avea efecte benefice asupra sănătății. Consumul frecvent de produse pe bază de făină de mei ajută la o absorbție redusă a carbohidraților și a grăsimilor, protejează vasele de sânge de arteroscleroză, are rol în gestionarea diferitelor tulburări fiziologice, cum ar fi diabetul zaharat, hipertensiunea, fragilitatea vasculară, hipercolesterolemia, prevenirea oxidării lipoproteinelor și îmbunătățește, de asemenea,

sănătatea gastrointestinală. Făina de borhot de malț, prin aportul de fibre are implicații majore în digestie, prin încetinirea golirii gastrice, prelungirea timpului de tranzit intestinal și reducerea vitezei de absorbție a nutrienților în intestinul subțire. Păpădia este folosită pentru tratarea afecțiunilor ficatului și a splinei, tulburărilor digestive dureroase, dischinezii biliare, colecistite, stimularea secrețiilor pancreatice, litiaza renală și biliară, pentru tratamentul hepatitei, contribuie la reducerea colesterolului seric și nivelului de acid uric. Ghimbirul, schinduful, uleiul de cânepă și turmericul prezintă proprietăți antioxidante și antiinflamatoare, au efect hipocolesterolemiant și hipoglicemiant și susțin imunitatea organismului;

- noul sortiment de turtă dulce prezintă indice glicemic scăzut și conținut de proteine și fibre alimentare ridicat, ușor asimilabile de organism; aportul de fibre conduce la îmbunătățirea nivelului de zahăr din sânge și normalizează secreția insulinei.

Capitolul 6, intitulat *Concluzii generale, contribuții personale și perspective de continuare a studiilor* prezintă concluziile cercetărilor efectuate, principalele contribuții ale tezei de doctorat la dezvoltarea cunoașterii fundamentale și aplicative în domeniul abordat și perspectivele de continuare a cercetărilor privind valorificarea acestui produs secundar.

Teza de doctorat intitulată **CERCETĂRI PRIVIND VALORIFICAREA BORHOTULUI DE MALȚ** a avut ca scop principal evaluarea calității borhotului de malț rezultat ca produs secundar din industria berii și din industria băuturilor alcoolice distilate și valorificarea acestuia prin dezvoltarea de noi produse funcționale.

Utilizarea produselor secundare din industria alimentară poate deveni o sursă alternativă sustenabilă pentru a reduce pierderile și a proteja mediul, reprezentând o sursă de interes pentru procesatorii din industria alimentară ce nu a fost pe deplin exploatată.

Contextul mondial actual ne determină să găsim alternative pentru valorificarea acestor produse secundare cu un mare potențial nutrițional și funcțional. Este foarte important să se adopte o abordare durabilă a managementului subproduselor alimentare, care reprezintă resurse valoroase din punct de vedere nutrițional și economic sau de mediu, relevantă în implementarea soluțiilor de sistem bazate pe fundamentele unei economii circulare.

Identificarea și stabilirea pe baze științifice a unor noi direcții de valorificare a potențialului nutrițional și funcțional a borhotului de malț rezultat ca produs secundar din industria berii și industria băuturilor alcoolice distilate reprezintă unul din principiile economiei circulare și una dintre cele mai importante provocări ale ingineriei alimentare, cu impact în domeniile strategice Bioeconomie, Sănătate, Mediu. De asemenea, aceste produse secundare pot preveni bolile de nutriție și pot crește bunăstarea fizică și psihică a consumatorilor, concomitent cu politicile internaționale de reducere a impactului negativ asupra mediului înconjurător.

Borhotul de malț reprezintă produsul secundar de la filtrarea mustului de bere, în urma operației tehnologice de plămădire-zaharificare, din industria berii rezultă o cantitate de cca. 20 kg/1hL bere, iar din industria băuturilor alcoolice distilate o cantitate de cca. 25 kg/ 1hL alcool absolut.

Contribuțiile personale pot fi sintetizate în următoarele concluzii:

Borhotul de malț a fost prelevat:

- din industria de fabricare a whisky-ului single malț, produs obținut în premieră în România de către compania Alexandrion Group (sub brandul **Carpathian Single Malt Whisky**, realizat din 100% orz malțificat produs în România);
- din industria berii în cadrul companiei Bermas SA Suceava, de la obținerea sortimentului de bere blondă superioară **Bermas**, după tehnologia clasică de fabricare a berii și utilizând numai malț blond, fără adaos de cereale nemalțificate.

Teza de doctorat a vizat evaluarea complexă a calității celor două tipuri de borhot de malț: borhot de malț rezultat din industria berii (BSG) și borhot de malț rezultat din tehnologia de obținere a whisky-ului (DSG). Cele două tipuri de borhot de malț sunt bogate în fibre și proteine. Conținutul de polifenoli a fost influențat de condițiile de extracție, dar s-a arătat că prezintă o sursă bună de compuși fenolici pentru categoria din care fac parte. Elementele minerale predominante au fost calciul și fierul. Cel mai abundent acid gras saturat a fost acidul palmitic atât în DSG cât și în BSG, dintre acizii grași monosaturați acidul cis-9-oleic a fost evidențiat în ambele probe, iar acidul linoleic a fost cel mai prezent acid gras polinesaturat. Borhotul de malț provenit din industria băuturilor alcoolice distilate are un gust dulce mai pronunțat decât cel din industria berii, metionina și treonina fiind prezente doar în DSG, însă toți aminoacizii responsabili de gustul dulce au fost prezenți în cantități mai mari decât în BSG. Aminoacizii esențiali sunt reprezentați în proporție de 19,95% în borhotul de malț provenit din industria băuturilor alcoolice distilate, în timp ce în borhotul de malț din industria berii procentul este mai mic, de 7,44%. Cel mai abundent aminoacid esențial este valina în ambele probe analizate, urmată de fenilalanină, leucină și izoleucină în diferite rapoarte (valină > fenilalanină > leucină pentru DSG și valină > izoleucină > fenilalanină pentru BSG).

În dezvoltarea de noi produse alimentare funcționale s-a stabilit utilizarea borhotului de malț rezultat din industria de obținere a whisky-ului din următoarele considerente: noutatea folosirii acestui produs secundar în rețetele de fabricație a produselor făinoase studiate (paste făinoase, vafe și turtă dulce); aportul de compuși biologic activi cu potențial funcțional, superiori cantitativ celor prezenți în borhotul de malț din industria berii și activitate antioxidantă cu 10% mai mare a DSG față de BSG.

Rezultatele cercetărilor aplicative proprii privind adaosul de borhot de malț din industria whisky-ului în rețeta de fabricație a pastelor făinoase scurte obținute din făină de grâu spelta, cu respectarea tehnologiei clasice de fabricare a acestui produs au condus la următoarele concluzii: ingredientele neconvenționale utilizate, făina de borhot de malț și făina de grâu spelta au influențat proprietățile reologice ale aluatului, acceptabilitatea senzorială și calitatea produsului finit; aluatul de paste făinoase a prezentat o comportare reologică normală, fără modificări semnificative asupra proprietăților tehnologice ale acestuia; față de proba martor, conținutul de polifenoli în pastele făinoase cu adaos de borhot de malț a crescut cu 19% la pastele făinoase cu 5% adaos de borhot de malț, cu 47% la pastele făinoase cu 10% adaos de borhot de malț, cu 54% la pastele făinoase cu 15% adaos de borhot de malț și cu 59% la pastele făinoase cu 20% adaos de borhot de malț; s-a evaluat comportamentul la fierbere al pastelor făinoase cu adaos de borhot de malț, determinându-se indicii de creștere în volum, timpul optim de fierbere, cantitatea de sediment formată la fierbere și cantitatea de apă absorbită la fierbere; noul sortiment de paste făinoase scurte a prezentat un comportament la fierbere îmbunătățit, cu aromă și gust de nucă, conferite de făina integrală de grâu spelta; cu ajutorul modelării matematice experimentale s-a optimizat adaosul de făină de borhot de malț în rețeta de fabricație a pastelor făinoase, cantitatea optimă determinată a fost de 11,70% DSG. Cercetările realizate au fost finalizate prin elaborarea unei specificații tehnice de produs, noul sortiment de paste făinoase scurte a fost propus și pentru brevetare la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci, cu numărul de înregistrare RO137376-A2.

Cercetările efectuate pentru obținerea vafelor cu adaos de făină de borhot de malț au condus la stabilirea utilizării făinii de năut ca ingredient de bază în rețeta de fabricație a produsului finit. Tehnologia de obținere a vafelor cu adaos de borhot de malț a presupus respectarea procesului tehnologic clasic de fabricare a acestui tip de produs. Vafele – produs finit au fost evaluate din punct de vedere fizico-chimic, textural și senzorial, formulându-se următoarele concluzii: adaosul de borhot de malț a avut un impact pozitiv asupra produsului

finiit, s-a constatat o creștere a conținutului de proteine și fibre, o îmbunătățire a capacității antioxidante și o reducere a fracturabilității probelor de vafe cu adaos de făină de borhot de malț comparativ cu proba martor; analiza senzorială a evidențiat faptul că, adăugarea de făină de borhot de malț în rețeta de fabricație a vafelor a condus la produse valoroase cu valoare adăugată, cu o acceptabilitate ridicată în rândul consumatorilor; vafele cu adaos de borhot de malț prezintă indice glicemic scăzut și conținut de proteine și fibre alimentare ridicat, ușor asimilabile de organism; aportul de fibre conduce la îmbunătățirea nivelului de zahăr din sânge și normalizează secreția insulinei. Cercetările realizate au fost finalizate prin elaborarea unei specificații tehnice de produs, noul sortiment vafe cu adaos de borhot de malț a fost propus și pentru brevetare la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci, având numărul de înregistrare nr. A00084/18.02.2022.

Rezultatele cercetărilor proprii privind adaosul de 10% făină de borhot de malț din industria whisky-ului în rețeta de fabricație a produsului turtă dulce, un produs făinos, cu respectarea tehnologiei clasice de obținere a acestui tip de produs au condus la următoarele concluzii: calitatea produsului finiit a suferit modificări față de proba martor, astfel: cantitatea de fibre și cea de proteine a crescut cu 15,82%, respectiv 13,37%, în timp ce glucidele au înregistrat o creștere de 14,10%; turta dulce îmbogățită nutrițional prin adaos de borhot de malț are o valoare nutritivă îmbunătățită, un conținut ridicat de proteine și fibre și este destinată tuturor categoriilor de consumatori. Cercetările realizate au fost finalizate prin elaborarea unei specificații tehnice de produs, noul sortiment de turtă dulce cu adaos de borhot de malț a fost propus și pentru brevetare la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci, având numărul de înregistrare A00447/26.07.2022.

Originalitatea lucrării este dată de cercetările întreprinse pentru caracterizarea avansată a celor două tipuri de borhot de malț, de studiul comparativ al calității acestora, cu evidențierea principalilor constituenți ce prezintă proprietăți nutriționale și funcționale, constituenți care pot conferi valoare adăugată prin valorificare directă în produse alimentare inovative. În studiile experimentale au fost utilizate metode moderne de analiză, se pot menționa: spectroscopia de absorbție atomică (AAS), spectroscopia de masă cu plasmă cuplată inductiv (ICP-MS), spectroscopia de absorbție moleculară UV-VIS, cromatografia de lichide de înaltă performanță (HPLC), cromatografia de gaze cuplată cu spectrometria de masă (GC-MS), microscopia cu scanare electronică (SEM) etc. În contextul dezvoltării durabile, lucrarea a evidențiat faptul că, aceste produse secundare pot constitui o materie primă ieftină și valoroasă, cu beneficii directe asupra protecției mediului înconjurător.

În etapa de cercetare aplicativă au fost dezvoltate trei produse făinoase – paste făinoase scurte, vafe și turtă dulce – produse cu valoare adăugată prin valorificarea făinii de borhot de malț provenit din tehnologia de obținere a whisky-ului (DSG). În urma studiilor efectuate s-au selectat variantele optime pentru fiecare produs alimentar fortifiat, obținut după rețete de fabricație originale, fundamentate științific, variante care au prezentat calități senzoriale superioare, valoare nutritivă ridicată, indice glicemic redus, conținut ridicat în compuși bioactivi și capacitate antioxidantă ridicată.

Prin obiectivele propuse și prin rezultatele care s-au obținut, teza de doctorat are o contribuție științifică și tehnică importantă, în domeniul valorificării produselor secundare rezultate din industria fermentativă, bogate în nutrienți și compuși bioactivi, prin dezvoltarea și optimizarea unor tehnologii verzi, în scopul obținerii unor produse alimentare inovative cu valoare nutrițională ridicată și potențial antioxidant.

Comisia Europeană a stabilit risipa alimentară ca una dintre domeniile prioritare ale Planului de Acțiune privind Strategia Europeană pentru Economia Circulară, plan ce include o strategie de "zero deșuri", care vizează deșeurile alimentare pentru a reduce poluarea mediului. Această strategie se bazează pe valorificarea superioară a deșeurilor alimentare,

prin: obținerea de ingrediente funcționale cu valoare nutrițională și potențial antioxidant, care pot fi utilizate în fortifierea produselor alimentare; extracția și concentrarea compușilor bioactivi din deșeurile alimentare cu o compoziție biochimică complexă și utilizarea acestora în aplicații inovative și rentabile din punct de vedere economic în industria alimentară, cosmetică și farmaceutică.

Având în vedere contextul mondial actual, în primul rând creșterea exponențială a populației și luând în considerare că mai multe milioane de tone de alimente se pierd în fiecare an în diferite etape ale lanțului alimentar, incluzând producția, post-recoltarea, procesarea și distribuția, în anul 2050 va fi necesară o creștere cu 50–60% a producției de alimente pentru a hrăni populația globală. De aceea, se deschid perspective de continuare a cercetărilor în direcția de dezvoltare a noi strategii pentru valorificarea acestui produs secundar, pentru a dezvolta mai multe produse alimentare, cu mai puține deșeuri și să se aplice sisteme durabile de producție alimentară prin optimizarea proceselor alimentare. De asemenea se vor identifica și valida noi metode de extracție a compușilor bioactivi prezenți în borhotul de malț rezultat din industria fermentativă, cu aplicabilitatea extractelor obținute în industria alimentară, cosmetică și farmaceutică.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

Andres, A. I., Petron, M. J., Lopez, A. M., & Timon, M. L. (2020). Optimization of extraction conditions to improve phenolic content and in vitro antioxidant activity in craft brewers' spent grain using response surface methodology (rsm). *Foods*, 9(10), 1–15. <https://doi.org/10.3390/foods9101398>

Baiano, A., Gatta, B., Rutigliano, M., & Fiore, A. (2023). Functional Bread Produced in a Circular Economy Perspective : The Use of Brewers ' Spent Grain. *Foods*, 12, 834.

Bonifácio-Lopes, T., Vilas-Boas, A., Machado, M., Costa, E. M., Silva, S., Pereira, R. N., Campos, D., Teixeira, J. A., & Pintado, M. (2022). Exploring the bioactive potential of brewers spent grain ohmic extracts. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 76(September 2021), 102943. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.102943>

Cuomo, F., Trivisonno, M. C., Iacovino, S., Messia, M. C., & Marconi, E. (2022). Sustainable Re-Use of Brewer's Spent Grain for the Production of High Protein and Fibre Pasta. *Foods*, 11(5), 642. <https://doi.org/10.3390/foods11050642>

Heredia-Sandoval, N. G., del Carmen Granados-Nevárez, M., de la Barca, A. M. C., Vásquez-Lara, F., Malunga, L. N., Apea-Bah, F. B., Beta, T., & Islas-Rubio, A. R. (2020). Phenolic acids, antioxidant capacity, and estimated glycemic index of cookies added with brewer's spent grain. *Plant Foods for Human Nutrition*, 75(1), 41–47.

Ikram, S., Zhang, H., Ahmed, M. S., & Wang, J. (2020). Ultrasonic pretreatment improved the antioxidant potential of enzymatic protein hydrolysates from highland barley brewer's spent grain (BSG). *Journal of Food Science*, 85(4), 1045–1059. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15063>

Jackowski, M., Niedzwiecki, L., Jagiello, K., Uchanska, O., & Trusek, A. (2020). Brewer ' s Spent Grains — Valuable Beer Industry By-Product. *Biomolecules*, 10, 1669. <https://doi.org/doi:10.3390/biom10121669>

Nagy, V., & Diósi, G. (2021). Using brewer's spent grain as a byproduct of the brewing industry in the bakery industry. *Elelmiszervizsgalati Közlemenyek*, 67(1), 3327–3350. <https://doi.org/10.52091/EVIK-2021/1-5-ENG>

Naibaho, J., & Korzeniowska, M. (2021b). The variability of physico-chemical properties of brewery spent grain from 8 different breweries. *Heliyon*, 7(3). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06583>

Nocente, F., Taddei, F., Galassi, E., & Gazza, L. (2019). Upcycling of brewers' spent grain by production of dry pasta with higher nutritional potential. *Lwt*, 114(April), 108421. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108421>

Roth, M., Jekle, M., & Becker, T. (2019). Opportunities for upcycling cereal byproducts with special focus on Distiller's grains. *Trends in Food Science and Technology*, 91(April), 282–293. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.041>

Sahin, A. W., Atzler, J. J., Valdeperez, D., Münch, S., Cattaneo, G., O'Riordan, P., & Arendt, E. K. (2021). Rejuvenated brewer's spent grain: Evervita ingredients as game-changers in fibre-enriched bread. *Foods*, 10(6), 1–23. <https://doi.org/10.3390/foods10061162>

Skendi, A., Harasym, J., & Galanakis, C. M. (2018). Recovery of high added-value compounds from brewing and distillate processing by-products. In *Sustainable recovery and reutilization of cereal processing by-products* (pp. 189–225). Woodhead Publishing.

Tiefenbacher Karl F. (2019). *Glossary of Terms in Wafers , Waffles and Adjuncts*. The Technology of Wafers and Waffles II. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809437-2.00010-1>

DISEMINAREA REZULTATELOR CERCETĂRILOR

Rezultatele cercetărilor efectuate în domeniul tezei de doctorat s-au materializat prin publicarea a **15** articole științifice în jurnale de specialitate indexate Web of Science, dintre care 3 articole aflate în zona roșie (Q1), 8 articole aflate în zona galbenă (Q2), a 3 cereri de brevete de invenție înregistrate la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci (OSIM), 2 cereri de brevete de invenție înregistrate la Oficiul European de Brevete (EPO) și prin comunicarea a 44 lucrări la manifestări științifice naționale și internaționale.

A. Articole/studii publicate în reviste cotate ISI Web of Knowledge

1. Chetrariu, A.; Dabija, A. **Brewer's spent grains: Possibilities of valorization, a review.** *Applied Sciences* **2020**, *10*, 1–17, <https://doi.org/10.3390/app10165619>, IF (2022) =2,7 (Q2)
2. Chetrariu, A.; Dabija, A. **Spent Grain from Malt Whisky: Assessment of the Phenolic Compounds.** *Molecules* **2021**, *26*, 3236, <https://doi.org/10.3390/molecules26113236>, IF (2022) =4,6 (Q2)
3. Chetrariu, A.; Dabija, A. **Quality characteristics of spelt pasta enriched with spent grain.** *Agronomy*, **2021**, *11*(9), 1824; <https://doi.org/10.3390/agronomy11091824>, IF (2022) =3,7 (Q1)
4. Chetrariu, A.; Dabija, A. **Valorisation of Spent Grain from Malt Whisky in the Spelt Pasta Formulation: Modelling and Optimization Study.** *Applied Sciences*, **2022**, *12*(3), 1441; <https://doi.org/10.3390/app12031441>, IF (2022)=2,7 (Q2)
5. Chetrariu, A.; Ursachi, V. F. & Dabija, A. **Evaluation of the fatty acids and amino acids profiles in spent grain from brewing and malt whisky.** *Scientific Study & Research Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*, **2022**, *23*, 167–177; <https://pubs.ub.ro/?pg=revues&rev=csc6&num=202202&vol=2&aid=5429>
6. Chetrariu, A.; Dabija, A. **Study of the Utilization of Spent Grain from Malt Whisky on the Quality of Wafers.** *Applied Sciences*, **2022**, *12*(14), 7163; <https://doi.org/10.3390/app12147163> IF (2022)=2,7 (Q2)
7. Chetrariu, A.; Dabija, A. **Spent Grain: A Functional Ingredient for Food Applications.** *Foods*, **2023**, *12*(1533); <https://doi.org/10.3390/foods12071533>, IF (2022)=5,2 (Q1)

B. Articole/studii publicate în reviste de specialitate indexate ISI– Proceedings

1. Chetrariu, A.; Dabija, A. **Characterization of spent grain from a malt whisky romanian distillery.** *21st International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2021*, Albena, Bulgaria, **2021**, *6.1*, 71-79; [doi:https://doi.org/10.5593/sgem2021/6.1](https://doi.org/10.5593/sgem2021/6.1) (SCOPUS)

C. Articole/studii publicate în reviste indexate în baze de date internaționale BDI

1. **Chetrariu, A.; Dabija, A. Pre- treatments used for the recovery of brewer ' s spent grain - a minireview.** *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, **2020**, 26(4), 304-312; <https://www.journal-of-agroalimentary.ro/issues/journal-of-agroalimentary-processes-and-technologies-2020-26-4>

D. Alte publicații în domeniul tezei de doctorat

1. Dabija, A.; Ciocan, M.E.; **Chetrariu, A.** Comparative evaluation of the physico-chemical characteristics of buckwheat malt and barley malt. *21st International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2021*, Albena, Bulgaria, 2021, 6.1, 97-105, [doi:https://doi.org/10.5593/sgem2021/6.1](https://doi.org/10.5593/sgem2021/6.1)
2. Dabija, A.; Ciocan, M.E.; **Chetrariu, A.**; Codină, G.G. Maize and sorghum as raw materials for brewing, a review. *Applied Sciences* **2021**, 11, [doi:10.3390/app11073139](https://doi.org/10.3390/app11073139), IF (2022)=2,7 (Q2)
3. Dabija, A.; Ciocan, M. E.; **Chetrariu, A.**; Codină, G. G. Buckwheat and Amaranth as Raw Materials for Brewing, a Review. *Plants* **2022**, 11(6), 756, <https://doi.org/10.3390/plants11060756>, IF (2022) =4,5 (Q1)
4. Ciocan, M.E.; Salamon, R.V.; Ambrus, Á.; Codină, G.G.; **Chetrariu, A.**; Dabija, A. Use of Unmalted and Malted Buckwheat in Brewing. *Applied Sciences* **2023**, 13(4), 2199; <https://doi.org/10.3390/app13042199>, IF (2022) =2,7 (Q2)
5. Ciocan, M.E.; Salamon, R.V.; Ambrus, Á.; Codină, G.G.; **Chetrariu, A.**; Dabija, A. Brewing with Unmalted and Malted Sorghum: Influence on Beer Quality. *Fermentation* **2023**, 9(5), 490; <https://doi.org/10.3390/fermentation9050490>, IF (2022) =3,7 (Q2)
6. Albert, C., Codină, G. G., Héjja, M., András, C. D., **Chetrariu, A.**, Dabija, A., Study of Antioxidant Activity of Garden Blackberries (*Rubus fruticosus* L.) Extracts Obtained with Different Extraction Solvents. *Applied Sciences*, **2022**, 12(8), 4004. IF (2022) =2,7 (Q2)

E. Cereri brevete de invenții înregistrate la OSIM

- 1) **Paste făinoase scurte din făină spelta și adaos de făină de borhot de malț și procedeu de obținere a acestora**, Autori: Dabija, A., **Chetrariu, A.**, cerere brevet OSIM nr. A00646/26.10.2021
- 2) **Vafe aglutenice și funcționale și procedeu de obținere a acestora**, Autori: Dabija, A., **Chetrariu, A.**, cerere brevet OSIM nr. A00084/18.02.2022
- 3) **Turtă dulce îmbogățită nutrițional și procedeu de obținere a acesteia**, Autori: Dabija, A., **Chetrariu, A.**, cerere brevet OSIM nr. A00447/26.07.2022

F. Cereri brevete de invenții înregistrate la EPO

1. **Nutritionally enriched gingerbread and process for obtaining it**, Autori: Dabija, A., **Chetrariu, A.**
2. **Agglutenic and functional waffers and process for obtaining them**, Autori: Dabija, A., **Chetrariu, A.**

G. Lucrări publicate în volumele de rezumate ale unor manifestări științifice naționale și internaționale

1. **Chetrariu, A., Dabija, A. 2020, Brewer's spent grain: possibilities of valorization in food products**, International conference for students "Student in Bucovina" December, 18th, Faculty of Food Engineering, Stefan cel Mare University of Suceava, Romania, pag. 18, ISSN 2068 – 7648
2. **Chetrariu, A., Dabija, A. 2021, Phenolic content of spent grain residual from the production of whisky**, Advances in Food Chemistry Conference, AdFoodChem 2021, 15-17th April 2021, Book of abstracts, pag. 62-63, ISSN 2784-0352
3. **Chetrariu, A., Dabija, A. 2021, Bakery products enriched with brewers spent grain**, 86 International scientific conference of young scientist and students "Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution", April 15–16, 2021. Book of abstract. Part 1., pag. 116, NUFT, Kyiv
4. **Chetrariu, A., Dabija, A. 2021, Spent grain from brewing and malt whisky production. A comparative analysis**, 8th Edition of the International Conference, 5th November 2021 Biotechnologies, present and perspectives, 5 octombrie 2021, pag. 12, Suceava, Romania
5. **Chetrariu, A., Dabija, A. 2021, Sensory properties of waffles with acorn flour and spent grain**, 8th Edition of the International Conference, 5th November 2021 Biotechnologies, present and perspectives, 5 octombrie 2021, pag. 48, Suceava, Romania
6. **Chetrariu, A., Dabija, A. 2021, Valorisation of spent grain from brewing and malt whisky in food industry**, International Conference Intelligent Valorisation of Agro-industrial Wastes, 7 octombrie 2021, pag. 50, Chișinău, Republica Moldova
7. **Chetrariu, A., Dabija, A. 2022, Spent grain from brewing and malt whisky: physico-chemical characteristics and valorization possibilities**, 88 International scientific conference of young scientist and students "Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution", April – May 2022., pag. 20, NUFT, Kyiv, Ucraina
8. **Curcudel, A., Chetrariu, A., Dabija, A. 2022, Study on the evaluation of the quality of single malt whisky made in Romania**, 88 International scientific conference of young scientist and students "Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution", April – May 2022., pag. 57, NUFT, Kyiv, Ucraina
9. **Chetrariu, A., Dabija, A. 2022, Valorisation of spent grain from malt whisky in the wafers formulation**, 17th International Conference of Constructive Design and Technological Optimization in Machine Building, Oprotech, Universitatea "Vasile Alecsandri", 25-27 mai 2022, pag. 69, Bacău, România
10. **Chetrariu, A., Dabija, A. 2022, Effects of spent grain addition on the quality of spelt pasta**, International conference for students "Student in Bucovina" November, 10th, 2022, pag. 6, Suceava, România
11. **Chetrariu, A., Dabija, A. 2022, Borhotul de malț - ingredient valoros în inovarea de produse alimentare funcționale**, Noi valențe ale medicinei moderne. Importanța multidisciplinarității în asigurarea unui act medical de succes, Conferința Națională a Facultății de Medicină și Științe Biologice a Universității „Ștefan cel Mare” din Suceava - Ediția 1, 2022, pag. 68, Suceava, Romania
12. **Chetrariu, A., Dabija, A. 2022, The Use of Spent Grain in Obtaining Some Flour Products**, International Conference, Modern Technology in the Food Industry MTFI-2022, 20-22 October 2022, pag. 65, Chisinau, Republic of Moldova

13. **Chetrariu, A., Dabija, A. 2022**, [Produse făinoase obținute prin valorificarea borhotului de malț](#), Simpozion științific internațional „Sectorul agroalimentar - realizări și perspective”, 11-12 noiembrie 2022, Chișinău, Republica Moldova
14. **Chetrariu, A., Dabija, A. 2023**, [Noi posibilități de valorificare a borhotului de malț](#), Conferința Națională a Studenților Dieteticieni, 18 martie 2023, Suceava, România
15. **Chetrariu, A., Dabija, A. 2023**, [Effect of spent grain addition on the quality properties of spelt pasta](#), 89 International scientific conference of young scientist and students "Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution", 3-7 Aprilie 2023, pag. 55, Kiev, Ucraina
16. **Chetrariu, A., Dabija, A. 2023**, [Study on using spent grain to produce flour products](#), 18th International Conference of Constructive Design and Technological Optimization in Machine Building, Oproteh 2023, Universitatea “Vasile Alecsandri” Bacău, România, pag. 71, 11-13 mai 2023, Bacău, România

H. Lucrări publicate în volumele de rezumate ale unor manifestări științifice naționale și internaționale în domeniul tezei de doctorat

1. Ciocan, M.E., Mârzan, D., **Chetrariu, A., Dabija, A. 2021**, [Research on the use of buckwheat malt as a raw material in brewing](#), 86 International scientific conference of young scientist and students "Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution", April 15–16, 2021. Book of abstract. Part 1., pag. 191, NUFT, Kyiv
2. Amariei, S., Avrămia, I., Ursachi, F., **Chetrariu, A. 2021**, [Development of biodegradable and edible materials for packaging meat preparations](#), International Conference “Chimia” Book Of Abstracts Volume 4, 2020, 27 – 29 May 2021 Constanta, Romania, Ovidius University Press, Constanța 2021, pag. 97, ISSN 2360-3941
3. Iacoban, I., **Chetrariu, A., Dabija, A. 2021**, [Dairy-free functional ice cream based on vegetable raw materials](#), 8th Edition of the International Conference, 5th November 2021 Biotechnologies, present and perspectives, 5 octombrie 2021, pag. 13, Suceava, Romania
4. Ciocan M.E., **Chetrariu, A., Dabija, A. 2021**, [Buckwheat as raw material for brewing a mini-review](#), 8th Edition of the International Conference, 5th November 2021 Biotechnologies, present and perspectives, 5 octombrie 2021, pag. 14, Suceava, Romania
5. Gâtlan, A.M., Oroian, M.A., Ursachi, F., **Chetrariu, A. 2021**, [Stability assessment of sunflower oil enriched with bioactive compounds from sea buckthorn marc](#), 8th Edition of the International Conference, 5th November 2021 Biotechnologies, present and perspectives, 5 octombrie 2021, pag. 57, Suceava, Romania
6. Amariei, S., Avrămia, I., Ursachi, F., **Chetrariu, A., Petraru, A. 2021**, [Biopolymers: a solution for replacing polyethylene in food packaging](#), 8th Edition of the International Conference, 5th November 2021 Biotechnologies, present and perspectives, 5 octombrie 2021, pag. 81, Suceava, Romania
7. Ciocan, M.E., Salamon, R.V., **Chetrariu, A., Dabija, A. 2022**, [Research on the use of sorghum and sorghum malt as a raw material in brewing](#), 88 International scientific conference of young scientist and students "Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution", April – May 2022., pag. 142, NUFT, Kyiv
8. Curcudel, A., **Chetrariu, A., Dabija, A. 2022**, [Study on the evaluation of the quality of single malt whisky made in Romania](#), 88 International scientific conference of

- young scientist and students "Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution", April – May 2022., pag. 57, NUFT, Kyiv
9. Ciocan, M.E., **Chetrariu, A.**, Dabija, A. **2022**, [Studies on brewing with buckwheat and buckwheat malt](#), 17th International Conference of Constructive Design and Technological Optimization in Machine Building, Oproteh 2022, Universitatea "Vasile Alecsandri" Bacau, Romania, 25-27 mai 2022, pag. 70, Bacău, România
 10. Iacoban, I., **Chetrariu, A.**, Dabija, A. **2022**, [New assortments lactose-free ice cream. A minireview](#), 17th International Conference of Constructive Design and Technological Optimization in Machine Building, Oproteh 2022, Universitatea "Vasile Alecsandri" Bacau, Romania, 25-27 mai 2022, pag. 72, Bacău, România
 11. Dabija, A., Ciocan, M.E., Salamon, R.V., **Chetrariu, A.** **2022**, [Gluten-free beer. New approach to developing the formulation](#), World conference on sustainable life sciences Wocols 2022, Istanbul, Turkey, 2 August 2022
 12. Ciocan, M.E., **Chetrariu, A.**, Dabija, A. **2022**, [Comparative study on quality properties of gluten-free beer from malted and nmalted sorghum](#), International conference for students "Student in Bucovina" November, 10th, 2022, pag. 7, Suceava, Romania
 13. Ciocan, M.E., **Chetrariu, A.**, Dabija A. **2023**, [Hrișca - materie primă în industria berii](#), Conferința Națională a Studenților Dieteticieni, Suceava, Romania.
 14. Ciocan, M.E., Salamon, R.V., **Chetrariu, A.**, Dabija, A. **2023**, [Study on the use of unmalted sorghum in the production of beer](#), 89 International scientific conference of young scientist and students "Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution", 3-7 April 2023., pag. 198, NUFT, Kyiv
 15. Ciocan, M.E., **Chetrariu, A.**, Salamon, R.V., Dabija, A. **2023**, [Brewing with sorghum and sorghum malt](#), 18th International Conference of Constructive Design and Technological Optimization in Machine Building, Oproteh 2023, Universitatea "Vasile Alecsandri" Bacau, Romania, pag. 70, Bacău, România

I. Lucrări comunicate la manifestări științifice naționale și internaționale

1. **Chetrariu, A.** **2020**, [Produse de panificație îmbogățite cu borhot de malt](#), 4rd Edition Ingredients show, Știința ingredientelor. De la inovare și planificare, la adaptare și alegere, București, Romania
2. **Chetrariu, A.**, Dabija, A. **2020**, [Pre-treatments used for the recovery of brewer's spent grain. A Minireview](#), 3rd International *Multidisciplinary* Conference on Sustainable Development 08 – 09 October 2020, Timișoara, România
3. **Chetrariu, A.**, Dabija, A. **2020**, [Brewer's Spent Grains: Possibilities of Valorization in Food Products](#), International Conference for Students "Student in Bucovina" 9th Edition, 18 decembrie 2020, Facultatea de Inginerie Alimentară, Universitatea „Ștefan cel Mare” Suceava, Suceava, Romania., Mențiune
4. **Chetrariu, A.** **2020**, [Posibilități de valorificare a borhotului de malț în industria de panificație](#), Sesiunea anuală de comunicări științifice studențești, Universitatea Valahia din Targoviște, România
5. **Chetrariu, A.**, Dabija, A. **2021**, [Phenolic content of spent grain residual from the production of whisky](#), Advances in Food Chemistry Conference, AdFoodChem 2021, 15-17th April 2021, Bacău, România
6. **Chetrariu, A.**, Dabija, A. **2021**, [Bakery products enriched with brewers spent grain](#), 86 International scientific conference of young scientist and students "Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution", April 15–16, 2021

7. **Chetrariu, A., Dabija, A. 2021**, Comparative evaluation of the physico-chemical characteristics of spent grain from brewing and malt whisky, 16th International Conference of Constructive Design and Technological Optimization in Machine Building, *Oproteh 2021*, Universitatea "Vasile Alecsandri" Bacău, Romania, 25-27 mai 2021
8. **Chetrariu, A. 2021**, Borhotul de malț în industria de panificație și a produselor făinoase, *RO.aliment SHOW 2021*, Bucuresti, Romania, 17-21 mai 2021
9. **Chetrariu, A., Dabija, A. 2021**, Characterization of spent grain from a malt whisky romanian distillery, 21st International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2021, 16-22 august 2021, Albena, Bulgaria
10. **Chetrariu, A., Dabija, A. 2021**, Valorisation of spent grain from brewing and malt whisky in food industry, International Conference Intelligent valorisation of agro-industrial wastes, 7 octombrie 2021, Chișinău, Republica Moldova
11. **Chetrariu, A., Dabija, A. 2021**, Spent grain from brewing and malt whisky production. A comparative analysis, 8th Edition of the International Conference, 5th November 2021 Biotechnologies, present and perspectives, 5 noiembrie 2021, Suceava, Romania
12. **Chetrariu, A., Dabija, A. 2021**, Sensory properties of waffles with acorn flour and spent grain, 8th Edition of the International Conference, 5th November 2021 Biotechnologies, present and perspectives, 5 noiembrie 2021, Suceava, Romania
13. **Chetrariu A. 2021**, Studiu privind valorificarea borhotului de malț de la fabricarea whisky-ului în industria alimentară, Simpozion Științific Studentesc „Siguranța Alimentară și Protecția Mediului” – Ediția 2021-Universitatea Valahia din Târgoviște, 16 Noiembrie 2021, Târgoviște, România
14. **Chetrariu, A., Dabija, A. 2022**, Spent grain from brewing and malt whisky: physico-chemical characteristics and valorization possibilities, 88 International scientific conference of young scientist and students "Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution", April – May 2022., NUFT, Kyiv, Ucraina
15. **Curcudel, A., Chetrariu, A., Dabija, A. 2022**, Study on the evaluation of the quality of single malt whisky made in Romania, 88 International scientific conference of young scientist and students "Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution", April – May 2022., NUFT, Ucraina
16. **Chetrariu, A., Dabija, A. 2022**, Valorisation of spent grain from malt whisky in the wafers formulation, 17th International Conference of Constructive Design and Technological Optimization in Machine Building, *Oproteh 2022*, Universitatea "Vasile Alecsandri" Bacău, România, 25-27 mai 2022
17. **Chetrariu, A., Dabija, A. 2022**, Perspective ale valorificării borhotului de malț în industria de panificație și a produselor făinoase, Simpozion Științific Studentesc „Siguranța Alimentară și Protecția Mediului” – Ediția 2022-Universitatea Valahia din Târgoviște, 02 Iunie 2022, Târgoviște, România
18. **Chetrariu, A., Dabija, A. 2022**, Produse făinoase obținute prin valorificarea produselor secundare din industria fermentativă, *RO.aliment SHOW 2022*, Covasna, Romania, 12-14 septembrie 2022
19. **Chetrariu, A., Dabija, A. 2022**, Research on the Use of Spent Grain in Obtaining Some Flour Products, International Conference, Modern Technology in the Food Industry MTFI-2022, 20-22 October 2022, Chișinău, Republica Moldova
20. **Chetrariu, A., Dabija, A. 2022**, Borhotul de malț - ingredient valoros în inovarea de produse alimentare funcționale, Noi valențe ale medicinei moderne. Importanța

multidisciplinarității în asigurarea unui act medical de succes, Conferința Națională a Facultății de Medicină și Științe Biologice a Universității „Ștefan cel Mare” din Suceava - Ediția 1, 2022, Suceava, România

21. **Chetrariu, A.,** Dabija, A. **2022**, [Effects of spent grain addition on the quality of spelt pasta](#), International conference for students “Student in Bucovina” November, 10th, 2022, Suceava, Romania
22. **Chetrariu, A.,** Dabija, A. **2022**, [Produse făinoase obținute prin valorificarea borhotului de malț](#), Simpozion științific internațional „Sectorul agroalimentar - realizări și perspective”, 11-12 noiembrie 2022, Chișinău, Republica Moldova
23. **Chetrariu, A.,** Dabija, A. **2023**, [Noi posibilități de valorificare a borhotului de malț](#), Conferința Națională a Studenților Dieteticieni, 18 martie 2023, Suceava, România
24. **Chetrariu, A.,** Dabija, A. **2023**, [Effect of spent grain addition on the quality properties of spelt pasta](#), 89 International scientific conference of young scientist and students "Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution", 3-7 Aprilie 2023, Kiev, Ucraina
25. **Chetrariu, A.,** Dabija, A. **2023**, [Study on using spent grain to produce flour products](#), 18th International Conference of Constructive Design and Technological Optimization in Machine Building, Oproteh 2023, Universitatea “Vasile Alecsandri” Bacău, România, 11-13 mai 2023

J. Lucrări comunicate la manifestări științifice naționale și internaționale în domeniul tezei de doctorat

1. Ciocan, M.E., Mârzan, D., **Chetrariu, A.,** Dabija, A. **2021**, [Research on the use of buckwheat malt as a raw material in brewing](#), 86 International scientific conference of young scientist and students "Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution", April 15–16, 2021. Book of abstract. Part 1., p. 191, NUFT, Kyiv
2. Ciocan, M.E., **Chetrariu, A.,** Mârzan, D., Dabija, A. **2021**, [Buckwheat malt as raw material for brewing](#), 16th International Conference of Constructive Design and Technological Optimization in Machine Building, *Oproteh 2021*, Universitatea “Vasile Alecsandri” Bacău, Romania, 25-27 mai 2021
3. Dabija, A., Ciocan, M.E., **Chetrariu, A.** **2021** [Comparative evaluation of the physico-chemical characteristics of buckwheat malt and barley malt](#), 21st International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2021, Albena, Bulgaria
4. Amariei, S., Avrămia, I., Ursachi, F., **Chetrariu, A.** **2021**, [Development of biodegradable and edible materials for packaging meat preparations](#), International Conference “Chimia”, 27 – 29 May 2021 Constanța, România
5. Amariei, S., Avrămia, I., Ursachi, F., **Chetrariu, A.** **2021**, [Mass transfer through biodegradable and edible membranes important factor in the stability of meat preparations](#), Multidisciplinary Conference on Sustainable Development, 20-21 May 2021, Timisoara, Romania
6. Iacoban I., **Chetrariu, A.,** Dabija, A. **2021**, [Dairy-free functional ice cream based on vegetable raw materials](#), 8th Edition of the International Conference, 5th November 2021 Biotechnologies, present and perspectives, 5 noiembrie 2021, Suceava, Romania
7. Ciocan M.E., **Chetrariu, A.,** Dabija, A. **2021**, [Buckwheat as raw material for brewing a mini-review](#), 8th Edition of the International Conference, 5th November 2021 Biotechnologies, present and perspectives, 5 noiembrie 2021, Suceava, Romania

8. Gâțlan, A.M., Oroian, M.A., Ursachi, F., **Chetrariu, A., 2021**, [Stability assessment of sunflower oil enriched with bioactive compounds from sea buckthorn marc](#), 8th Edition of the International Conference, 5th November 2021 Biotechnologies, present and perspectives, 5 noiembrie 2021, Suceava, Romania
9. Amariei, S., Avrămia, I., Ursachi, F., **Chetrariu, A., Petraru, A. 2021**, [Biopolymers: a solution for replacing polyethylene in food packaging](#), 8th Edition of the International Conference, 5th November 2021 Biotechnologies, present and perspectives, 5 noiembrie 2021, Suceava, Romania
10. Ciocan, M.E., **Chetrariu, A., Andrei, F.A. 2021**, [Studiu privind evaluarea fizico-chimică a malțului de hrișcă – materie primă în industria berii](#), Simpozion Științific Studentesc „Siguranța Alimentară și Protecția Mediului” – Ediția 2021-Universitatea Valahia din Târgoviște, 16 Noiembrie 2021, Târgoviște, România
11. Ciocan, M.E., Salamon, R.V., **Chetrariu, A., Dabija, A. 2022**, [Research on the use of sorghum and sorghum malt as a raw material in brewing](#), 88 International scientific conference of young scientist and students "Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution", April – May 2022, NUFT, Kyiv
12. Curcudel, A., **Chetrariu, A., Dabija, A. 2022**, [Study on the evaluation of the quality of single malt whisky made in Romania](#), 88 International scientific conference of young scientist and students "Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution", April – May 2022, NUFT, Kyiv
13. Ciocan, M.E., **Chetrariu, A., Dabija, A. 2022**, [Studies on brewing with buckwheat and buckwheat malt](#), 17th International Conference of Constructive Design and Technological Optimization in Machine Building, Oproteh 2022, Universitatea “Vasile Alecsandri” Bacau, Romania, 25-27 mai 2022
14. Iacoban, I., **Chetrariu, A., Dabija, A. 2022**, [New assortments lactose-free ice cream. A minireview](#), 17th International Conference of Constructive Design and Technological Optimization in Machine Building, Oproteh 2022, Universitatea “Vasile Alecsandri” Bacau, Romania, 25-27 mai 2022
15. Dabija, A., Ciocan, M.E., Salamon, R.V., **Chetrariu, A. 2022**, [Gluten-free beer. New approach to developing the formulation](#), World conference on sustainable life sciences Wocols 2022, Istanbul, Turkey, 2 August 2022
16. Ciocan, M.E., **Chetrariu, A., Dabija, A. 2022**, [Comparative study on quality properties of gluten-free beer from malted and nmalted sorghum](#), International conference for students “Student in Bucovina” November, 10th, 2022, Suceava, Romania
17. Ciocan, M.E., **Chetrariu, A., Dabija A. 2023**, [Hrișca - materie primă în industria berii](#), Conferința Națională a Studenților Dieteticieni, Suceava, Romania
18. Ciocan, M.E., Salamon, R.V., **Chetrariu, A., Dabija, A. 2023**, [Study on the use of unmalted sorghum in the production of beer](#), 89 International scientific conference of young scientist and students "Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution", 3-7 April 2023., NUFT, Kyiv
19. Ciocan, M.E., **Chetrariu, A., Salamon, R.V., Dabija, A. 2023**, [Brewing with sorghum and sorghum malt](#), 18th International Conference of Constructive Design and Technological Optimization in Machine Building, Oproteh 2023, Universitatea “Vasile Alecsandri” Bacau, Romania

K. Participări și premii la saloane de invenție

- 1) Dabija, A., Chetrariu, A. 2021, **Short pasta of spelta flour and addition of spent grain flour and process for obtaining them**, International Exhibition INVENTCOR IInd edition, 16-18.12.2021, Deva, Romania, **Medalia de aur**
- 2) Dabija, A., Chetrariu, A. 2022 **Gluten-free and functional wafers and process for obtaining them**, Euroinvent, 14th European Exhibition of Creativity and Innovation, Iași, România, 26-28 Mai 2022, **Medalia de bronz**
- 3) Dabija, A., Chetrariu, A. 2022 **Paste făinoase scurte din făină spelta și adaos de făină de borhot de malț și procedeu de obținere a acestora**, Târgul Internațional de Invenții și Inovații Inovaliment 2022, ediția a III-a, 21-25.11.2022, România, Categoria Alimentele Viitorului - **Premiul al II-lea**
- 4) Dabija, A., Chetrariu, A. 2022, **Vafe aglutenice și funcționale și procedeu de obținere a acestora**, Târgul Internațional de Invenții și Inovații Inovaliment 2022, ediția a III-a, 21-25.11.2022, România, Categoria Alimentele Viitorului.
- 5) Dabija, A., Chetrariu, A. 2022, **Nutritionally enriched gingerbread and process for obtaining it**, International Exhibition INVENTCOR , 3rd edition, 15-17.12.2022, Deva, Romania, **Medalia de aur**

L. Premiera rezultatelor cercetării – articole premiate UEFISCDI

1. PN-III-P1-1.1-PRECISI-2021-53131 **Spent Grain from Malt Whisky: Assessment of the Phenolic Compounds**, Chetrariu, A., Dabija, A.
2. PN-III-P1-1.1-PRECISI-2021-54067 **Maize and Sorghum as Raw Materials for Brewing, a Review**, Dabija, A., Ciocan, M.E., Chetrariu, A., Codină, G.G.
3. PN-III-P1-1.1-PRECISI-2021-65389 **Quality Characteristics of Spelt Pasta Enriched with Spent Grain**, Chetrariu, A., Dabija, A.
4. PN-III-P1-1.1-PRECISI-2020-40796 **Brewer's Spent Grains: Possibilities of Valorization, a Review**, Chetrariu, A., Dabija, A.

M. Membru proiecte de cercetare

Membru grup țintă proiect **DECIDE- dezvoltare prin educație antreprenorială și cercetare inovativă doctorală și postdoctorală**, Proiect cofinanțat din Programul Operațional Capital Uman 2014-2020.