



**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. Marius-Eduard CIOCAN

Suceava
2023

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

**CERCETĂRI PRIVIND UTILIZAREA UNOR
MATERII PRIME NECONVENȚIONALE
ÎN INDUSTRIA BERII**

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

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

DOCTORAND:
Ing.Marius-Eduard CIOCAN

Suceava
2023

Mulțumiri

“Viitorul este suma pașilor pe care îi faci, inclusiv a celor mici, ignorați sau luați în râs“ (Henri Coandă).

Pentru că am reușit să ajung în acest punct, doresc să mulțumesc, în primul rând, doamnei **prof. ec. dr.ing. Adriana Dabija**, coordonatorul prezentei lucrări științifice, pentru sprijinul constant și susținerea pe care mi-a acordat-o pe tot parcursul acestui demers. Fără constanta îndrumare a dânzei, probabil că nu aș fi reușit să duc la bun sfârșit ceea ce am început cu optimism și elan. Doamna profesor Adriana Dabija, vă sunt veșnic recunoscător atât pentru cunoștințele dobândite cât și pentru sfaturile date și dovada că perseverența întotdeauna învinge.

Totodată, doresc să mulțumesc membrilor comisiei de îndrumare, domnului **prof. dr.ing. Mircea Adrian Oroian**, doamnei **prof. dr.ing. Georgiana Gabriela Codină** și doamnei **prof. dr.ing. Silvia Mironeasa**, pentru toate sfaturile acordate. Sugestiile oferite de dumnealor mi-au fost de un real folos în clarificarea unor aspecte ale cercetării, dar și în optimizarea și îmbunătățirea redactării tezei de doctorat.

Cu recunoștință, îndrept mulțumiri doamnei **conf. dr.ing. Rozália Veronika SALAMON** pentru deschiderea și sprijinul acordat în realizarea unor aspecte experimentale din cadrul lucrării.

Mulțumesc distinșilor referenți oficiali, **prof. univ. dr.ing. Elena MUDURĂ**, **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 și de a recenza această lucrare.

De asemenea, aduc mulțumiri cadrelor didactice ale Facultății de Ingineria Alimentară, amintind-o în mod special pe doamna **drd.ing. Ancuța CHETRARIU**.

Nu în ultimul rând, dedic această teză familiei, care m-a încurajat și susținut necondiționat.

“Adevărata ignoranță nu este absența cunoașterii, ci refuzul de a o dobândi“ (Karl Popper).

CUPRINS

LISTĂ DE ABREVIERI

SCOPUL ȘI OBIECTIVELE TEZEI DE DOCTORAT

Introducere

1. Prezent și perspective în industria berii

1.1. Industria berii. Generalități

1.2. Tipuri de bere

1.3. Tendințe în industria berii

1.4. Concluzii parțiale

2. Materii prime aglutenice utilizate ca înlocuitori ai malțului

2.1. Aspecte generale

2.2. Porumbul și sorgul

2.2.1. Generalități

2.2.2. Structură și compoziție chimică

2.2.3. Utilizarea în industria berii

2.2.4. Alte utilizări

2.3. Hrișca și amarantul

2.3.1. Generalități

2.3.2. Structură și compoziție chimică

2.3.3. Utilizarea în industria berii

2.3.4. Alte utilizări

2.4. Alți înlocuitori ai malțului

2.4.1. Orezul

2.4.2. Tefful

2.4.3. Meiul

2.4.4. Quinoa

2.5. Concluzii parțiale

3. Materiale, metode de analiză, aparatură

3.1. Materiale

3.2. Metode de analiză și aparatură utilizată în experimentări

3.2.1. Metode utilizate pentru determinarea proprietăților fizico-chimice ale materiilor prime: orz, hrișcă și sorg

3.2.2. Metode de determinare a proprietăților fizico-chimice ale malțului

3.2.3. Metode de determinare a proprietăților senzoriale și fizico-chimice ale berii – produs finit

3.3. Metode de analiză statistică

3.4. Metoda AHP

3.5. Metode de analiză economico-financiară

4. Cercetări privind obținerea în condiții de laborator a malțului de hrișcă

4.1. Introducere

4.2. Obținerea în condiții de laborator al malțului de hrișcă

4.3. Rezultate și discuții

4.4. Concluzii parțiale

5. Cercetări privind obținerea în condiții de laborator a malțului de sorg

5.1. Introducere

5.2. Obținerea în condiții de laborator al malțului de sorg

5.3. Rezultate și discuții

5.4. Concluzii parțiale

6. Cercetări privind utilizarea hrișcăi și a malțului de hrișcă la fabricarea berii

6.1. Introducere

6.2. Obținerea berii în condiții de laborator

6.2.1. Plămădirea

6.2.2. Filtrarea plămezii

6.2.3. Fierberea mustului cu hamei

6.2.4. Fermentarea

6.3. Rezultate și discuții

6.3.1. Evaluarea calității hrișcăi și a malțului de hrișcă

6.3.2. Brasaj experimental cu malț de hrișcă și hrișcă

6.3.3. Studiu privind obținerea berii din hrișcă și malț de hrișcă în condiții de laborator

6.4. Concluzii parțiale

7. Cercetări privind utilizarea sorgului și a malțului de sorg la fabricarea berii

7.1. Introducere

7.2. Obținerea berii în condiții de laborator

7.2.1. Plămădirea

7.2.2. Fierberea mustului cu hamei

7.2.3. Fermentarea

7.3. Rezultate și discuții

7.3.1. Evaluarea calității sorgului și a malțului de sorg

7.3.2. Evaluarea calității berii din sorg și malț de sorg obținut în condiții de laborator

7.3. Concluzii parțiale

8. Obținerea berii din hrișcă și sorg în condiții de stație pilot

8.1. Introducere

8.2. Obținerea berii în condiții de stație pilot

8.2.1. Obținerea mustului de bere

8.2.2. Fermentarea mustului de bere

8.3. Rezultate și discuții

8.4. Concluzii parțiale

9. Analiza economico-financiară la obținerea noului sortiment de bere fără gluten

9.1. Analiza comparativă a costului unitar la produsul bere fără gluten

9.2. Analiza efectelor economice ale modificării productivității muncii la fabricarea industrială a berii fără gluten

9.3. Reflectarea modificării costului unitar al produsului bere fără gluten în rezultatele economico-financiare

10. Concluzii generale. Contribuții originale și perspective

Diseminarea rezultatelor cercetării

Bibliografie

SCOPUL ȘI OBIECTIVELE TEZEI DE DOCTORAT

Scopul tezei de doctorat "*Cercetări privind utilizarea unor materii prime neconvenționale în industria berii*" este de a identifica noi materii prime ce pot fi folosite pentru obținerea de sortimente de bere fără gluten și de a elabora rețeta de fabricație, procesul tehnologic, specificația tehnică de produs pentru varianta optimă de produs finit dezvoltată.

Obiectivele științifice stabilite în vederea atingerii scopului propus sunt:

O1: Documentarea și analiza conceptuală a relevanței utilizării unor materii prime neconvenționale ca înlocuitori ai malțului în industria berii prin studierea literaturii de specialitate.

O2: Identificarea și selectarea unor materii prime neconvenționale utilizate ca înlocuitori ai malțului și evaluarea calității acestora.

O3: Malțificarea materiilor prime neconvenționale selectate conform metodelor identificate în literatura de specialitate și evaluarea produselor obținute comparativ cu materia primă convențională utilizată la fabricarea berii: malțul de orz.

O4: Stabilirea unor noi rețete de fabricație a berii folosind materiile prime neconvenționale selectate sub formă malțificată și nemalțificată.

O5: Elaborarea diagramelor de lucru pe operații tehnologice (diagramă de plămădire-zaharificare, fierbere cu hamei, fermentare-maturare) cu optimizarea procesului tehnologic de obținere a berii produs finit, în condiții de laborator și de stație pilot.

O6: Evaluarea calității produselor intermediare și produsului finit și analiza comparativă cu berea obținută din malț de orz.

O7: Formularea specificației tehnice de produs pentru varianta optimă a noului sortiment de bere fără gluten.

O8: Efectuarea unei analize economico-financiare a procesului tehnologic de obținere a noului sortiment de bere fără gluten.

Cuvinte cheie: materii prime neconvenționale, bere fără gluten, hrișcă, sorg, optimizare rețetă de fabricație, calitate bere-produs finit

Teza de doctorat intitulată "*Cercetări privind utilizarea unor materii prime neconvenționale în industria berii*", conține 176 pagini, structurate în 10 capitole care includ și concluziile generale, urmate de diseminarea rezultatelor cercetărilor și bibliografia studiată. Prezenta teză are în componență 37 tabele și 35 figuri, iar pentru redactarea sa s-au folosit 415 surse bibliografice.

În ultimii ani, studiile care investighează utilizarea ingredientelor alternative 100% în locul malțului de orz și malțului de grâu în producția de bere au crescut. Printre materiile prime care au fost investigate pentru obținerea de bere se numără cerealele, cum ar fi sorgul, porumbul, orezul și meiul și pseudocerealele, cum ar fi hrișca, amarantul și quinoa. Cu toate acestea, tehnicile pentru producerea berii din cereale (altele decât orzul și grâu) și pseudocereale, nu sunt încă bine dezvoltate.

Alegerea rețetei de fabricație potrivite pentru obținerea unui tip de bere determină procesul de producție și calitatea produsului finit. În prezent, există un mare interes pentru producția de beri specialitate și beri realizate cu utilizarea de diferite noi materii prime. În fabricarea berii, malțul de orz este înlocuit din ce în ce mai mult cu alte cereale. Aceasta provine din dorința de a adăuga noi caracteristici berii și/sau de a îmbunătăți procesul de fabricare a berii sau a reduce costul de producție. În prezent, consumatorii sunt din ce în ce mai conștienți că berea este un produs versatil care are potențialul de a se potrivi cu contexte și situații diferite și sunt înclinați în mod special să experimenteze produse autentice de calitate superioară, cu gust și aromă distinctivă

Prin intermediul acestei teze ne-am propus, pornind de la literatura de specialitate existentă, să obținem, folosind materii prime neconvenționale, un produs din categoria berilor speciale, și anume berea fără gluten.

Berea fără gluten reprezintă un produs destinat atât consumatorilor care suferă de boala celiacă și care, din rațiuni medicale, nu pot consuma niciun sortiment de bere clasică, cât și celor care vor și sunt mereu dispuși să încerce produse noi, cu caracteristici organoleptice ce pot constitui o provocare.

De asemenea, menționăm că, pe piața berii din România, atât la momentul începerii tezei cât și în prezent, nu există nicio bere fără gluten obținută din materii prime neconvenționale care să nu conțină precursori ai glutenului. Se precizează acest aspect pentru a sublinia importanța practică a demersului întreprins, adică obținerea unui produs nou, cu valoare de piață, folosind și valorificând materii prime existente în arealul geografic în care ne aflăm.

Din multitudinea materiilor prime neconvenționale regăsite în literatura de specialitate ne-am oprit, din motive economice, la doi înlocuitori ai malțului de orz cultivați în regiunea Moldovei, și anume la hrișcă și sorg.

Această alegere a fost efectuată atât dintr-o motivație ce ține de evaluarea calitativă a acestora ca și înlocuitori ai malțului de orz, sub formă malțificată sau nu, cât și ținând cont de avantajul din punct de vedere economico-financiar reprezentat de rezistența la secetă a plantelor menționate. Aceasta într-o perioadă în care se pune tot mai acut problema secetei pedologice prelungite care afectează teritoriul național.

Cercetările au luat în considerare efectuarea de studii experimentale pentru a optimiza procesele tehnologice și rețetele de fabricație în vederea îmbunătățirii caracteristicilor fizico-chimice și senzoriale ale berii – produs finit. În acest proces este nevoie de eforturi concentrate și continue în cercetare și coordonarea tuturor părților interesate pentru implementarea eficientă a soluțiilor relevante cu efecte asupra calității produsului finit.

Se propune și o analiză economico-financiară a procesului de obținere a berii fără gluten, pentru varianta optimă dezvoltată la nivel de stație pilot, cu accent pe calculul costului unitar al produsului finit și realizarea unui studiu comparativ dintre acesta și cel rezultat pentru berea obținută din malț de orz.

CAPITOLUL I

PREZENT ȘI PERSPECTIVE ÎN INDUSTRIA BERII

Fabricarea berii este unul dintre cele mai vechi procese alimentare care a început în Orientul Mijlociu în urmă cu 10.000 de ani când sumerienii, babilonienii și egiptenii preparau o băutură foarte simplă obținută din cereale germinate, apoi se adăuga apă și amestecul rezultat era lăsat să fermenteze spontan (Fox, G., 2020; Habschied *et al.*, 2020). În prezent, cu aproape 200 de miliarde de litri pe an, berea este băutura slab alcoolică consumată pe scară largă pe tot globul și, în funcție de volum, se situează, după apă și ceai, în general, ca a treia cea mai populară băutură (Albanese *et al.*, 2017; Humia *et al.*, 2019; Roșul *et al.*, 2019; Chetrariu & Dabija, 2020). Principalul producător de bere din lume este China, urmată de SUA și Brazilia. În Europa, Germania este țara cu cel mai mare consum și cea mai mare producție de bere (Cela *et al.*, 2020).

Consumul moderat de bere este recomandat pentru sănătate, deoarece băutura este bogată în aminoacizi, minerale, vitamine și compuși fenolici. Mai mult, utilizarea de noi adjuvanți pentru obținerea berii este menită să asigure eliberarea de molecule bioactive, cum ar fi cele cu proprietăți antioxidante și nutraceutice, pe lângă faptul că aceștia pot contribui la profilul senzorial final al produsului (Paiva *et al.*, 2021). Fiind o băutură fermentată, berea poate exercita efecte benefice asupra sănătății digestive, asupra echilibrului microbiotei intestinale, poate îmbunătăți echilibrul permeabilității și funcția barierei intestinale. Din punct de vedere chimic, berea este un amestec complex de compuși naturali, unii din aceștia cu activitate antioxidantă, antiangiogenă, anti-melanogenă, antiosteoporotică și antiinflamatoare. De asemenea, un consum moderat de bere poate conduce la reducerea riscului de boli cardiovasculare, nivelul colesterolului din sânge etc. Potențialele beneficii pentru sănătate ale consumului moderat de bere sunt limitate de consecințele negative ale conținutului său de alcool. Cu toate acestea, există potențialul de a îmbunătăți berea în compuși bioactivi, reducând în același timp conținutul de alcool și energie prin abordări inovatoare de fabricare a berii, în ceea ce privește ingredientele, metodele de obținere și tipul de fermentație (Salanță *et al.*, 2020).

Piața berii este segmentată în funcție de tipul de bere, de categorie, ambalaj, regiune sau după producție (Cela *et al.*, 2020). Materiile prime convenționale pentru obținerea berii sunt malțul de orz sau malțul de grâu, apa, hameiul și drojdia, la care se pot adăuga în diferite proporții cereale nemalțificate și eventual preparate enzimatic, printr-un proces tehnologic ce cuprinde patru operații principale: malțificare, plămădire/filtrare, fierbere/hameiere și însămânțare/fermentare (Rubio-Flores & Serna-Saldivar, 2016; Cela *et al.*, 2020; Dabija *et al.*, 2021). Diversificarea sortimentală a fost influențată de mai mulți factori, cum ar fi: renașterea berii artizanale; interesul crescut al consumatorilor pentru berea funcțională; preocuparea producătorilor pentru reducerea costurilor de obținere a produsului finit; dezvoltarea fabricării berilor fără gluten; cererea consumatorilor pentru experiența unică de a consuma produse autentice de calitate superioară, cu gust și aromă distinctivă; condiții nefavorabile de cultură a orzului sau grâului în unele zone de pe glob (figura 1.1.).

Aceste tendințe emergente și noile evoluții de pe piața berii au condus la producția de produse distinctive și neconvenționale, care, alături de berile tradiționale, alcătuiesc multitudinea de tipuri de bere (figura 1.2.).

Industria berii a crescut enorm în secolul al XX-lea, ceea ce a permis numeroase oportunități de îmbunătățire a aromei, a gustului și a funcționalității berii. Berea poate servi ca bază promițătoare pentru dezvoltarea unei game largi de băuturi funcționale, deoarece este o sursă a unui număr de componente derivate din drojdie, hamei și malț cu impact pozitiv

asupra organismului, inclusiv minerale, vitamine, fibre, polifenoli și substanțe bioactive precum flavonoidele.

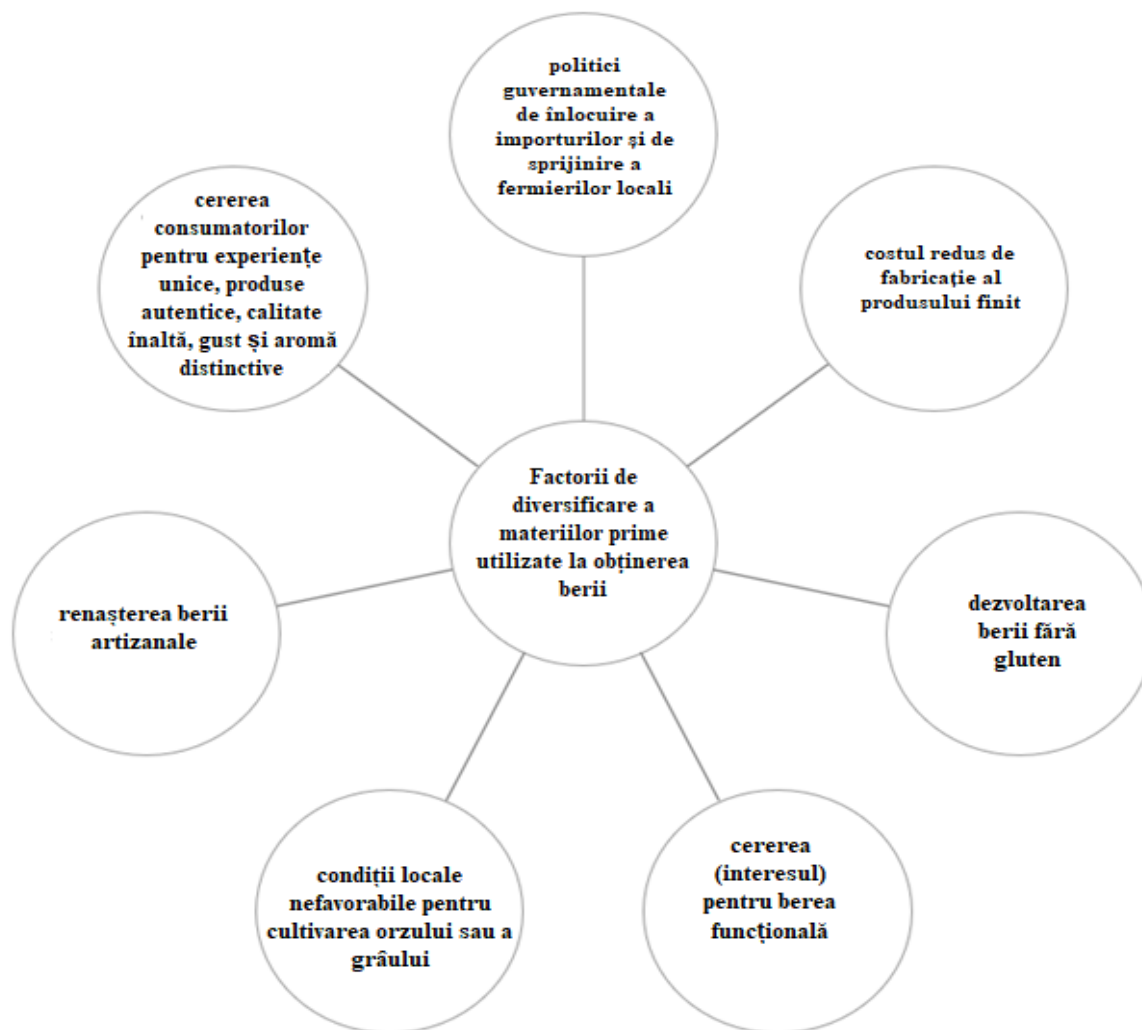


Figura 1.1. Factorii ce au condus la diversificarea materiilor prime pentru obținerea berii (Dabija *et al.*, 2021)

Preocupările producătorilor de a realiza o bere netradițională necesită cunoștințe tehnice și empirice privind compoziția noilor ingrediente din rețeta de fabricație, o cunoaștere a variabilelor fiecărei etape a procesului tehnologic. De exemplu, berea artizanală este un tip de bere în care „orice este posibil” în lume. Plantele medicinale, plantele aromatice, fructele, condimentele reprezintă un tezaur de componente bioactive, ceea ce le face materii prime antioxidante valoroase pentru bere (Xie *et al.*, 2020).

Un interes tot mai mare pentru berea artizanală a contribuit la creșterea numărului de microberării, care în anul 2017, reprezentau 94% din cele peste 19.000 de fabrici de bere din întreaga lume (La nivel mondial, distribuția producătorilor de bere artizanală este următoarea: Statele Unite și Europa dețin 46%, respectiv 43%, urmate de Canada (4,5%), Africa de Sud (4,5%), Australia (3%), Japonia (1,6%) și Noua Zeelandă (1%). În anul 2019, Statele Unite ale Americii a ocupat locul 1 în lume la numărul de mici fabrici de bere (8.386 cu peste 20.000 de mărci de bere artizanală), piața berii artisanale reprezentând 13,6% din cota de piață (Baiano, A., 2021).

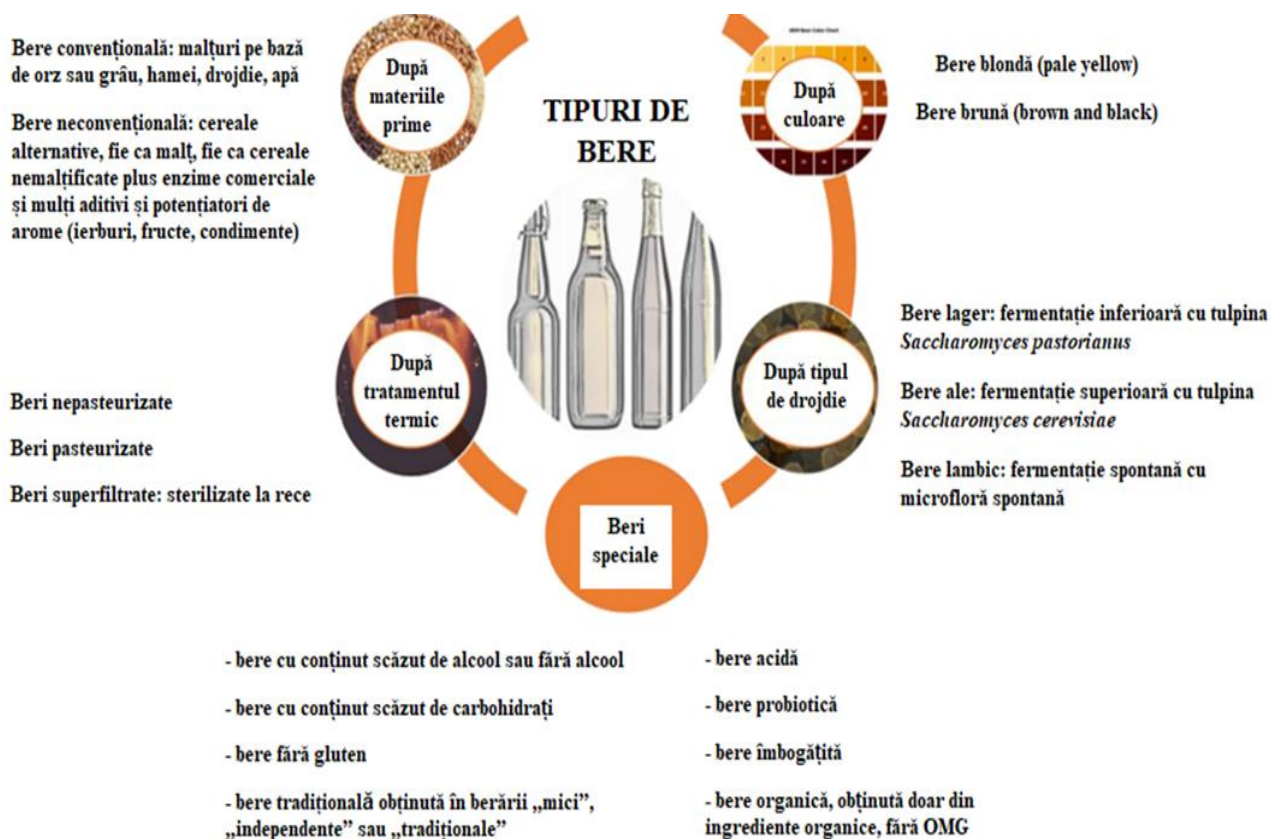


Figura 1.2. Tipuri de bere după diferite criterii de clasificare
(Dabija, et al., 2021)

Producătorii de bere artizanală își dezvoltă propria bere cu imaginație și creativitate și produc multe stiluri diferite și beri uimitoare. Inovațiile în știință și tehnologie și promovarea produselor alimentare pentru sănătate, aromă și calitate sunt motorul dezvoltării de noi tipuri de bere (Gómez-Corona et al., 2016; Li et al., 2018; Hayward et al., 2019; Pereira et al., 2020).

Inovația în berea artizanală se referă în principal la aspecte, cum ar fi ingredientele, conținutul de alcool, maturarea și ambalajul, pentru a capta interesul unei game largi de consumatori. În ceea ce privește ingredientele și în afară de legea bavareză privind puritatea și alte legislații naționale specifice, inovația se referă adesea la utilizarea de noi amestecuri de cereale sau la redescoperirea cerealelor antice, a noilor soiuri de hamei, a noilor culturi de drojdie, a fructelor, a legumelor și a altor compuși aromatizanți pentru a îmbunătăți/modifica caracteristicile senzoriale ale produsului, a personaliza un tip de bere sau a oferi un nou tip de bere diferit. De exemplu, pentru a satisface cererea consumatorilor de bere neconvențională, producătorii de bere artizanală chinezi folosesc ingrediente neobișnuite, cum ar fi flori de iasomie, ceai oolong și yam dulce. În alte cazuri, salvia (*Salvia officinalis*), păpădia (*Taraxacum officinale*) și urzica (*Urtica dioica*) au fost folosite ca înlocuitori de hamei, dar berile obținute cu primul și ultimul ingredient nu au fost acceptate de majoritatea consumatorilor (Baiano, A., 2020).

Un alt segment de producție în creștere din industria berii este obținerea berii fără gluten. Producția și comercializarea berilor cu conținut foarte scăzut de gluten (<100 mg / L) sau beri fără gluten (<20 mg / L) este încă în faza de început, iar valoarea de piață proiectată în Europa este estimată la câteva miliarde de euro pe an. Cele mai multe beri fără gluten prevăd utilizarea a cel puțin unei fracțiuni din malț derivat din cereale și pseudocereale care nu conțin gluten sau precursorii săi, cum ar fi sorgul, hrișca, quinoa, amarantul, porumbul, orezul etc. (Gumienna & Górna, 2020). În prezent, cercetările privind producția de bere fără

gluten din malț de sorg, malț de hrișcă, malt de quinoa și malt de amarant sunt cele mai avansate. Aceste tipuri de malț au conținut ridicat de amidon și niveluri de proteine moderate. Cu toate acestea, tehnicile pentru producerea berii din cereale, altele decât orzul și grâul, nu sunt încă bine dezvoltate (Adiamo *et al.*, 2018).

Producătorii consideră că eliminarea glutenului din malțul de bere, cum ar fi malțul de orz și malțul de grâu, este un proces complex și costisitor, ceea ce crește prețul produsului finit. Pe de altă parte, în SUA, Administrația pentru Alimente și Medicamente (FDA) nu permite ca berile obținute din materiile prime care conțin gluten să fie considerate produse fără gluten (Gumienna & Górna, 2020). Acesta este motivul principal pentru cercetarea dezvoltării mijloacelor eficiente de producere a berii din malț fără gluten. Un element crucial în berile fără gluten este gustul lor, care pentru pseudocereale diferă semnificativ de gustul berilor tradiționale. Tehnicile pentru producerea berilor fără gluten din alte ingrediente sunt, prin urmare, aflate în perfecționare constantă, cu scopul de a le putea comercializa sub formă de beri fără gluten care îndeplinesc reglementările în vigoare (Dlamini *et al.*, 2020).

Boala celiacă este o boală sistemică mediată imun, declanșată de expunerea la gluten și manifestată prin enteropatie intestinală subțire și simptome gastrointestinale și extraintestinale. Se caracterizează prin intoleranță cronică la alimentele care conțin gluten. Aproximativ 1% din populația lumii este afectată de boala celiacă, dar există diferențe între și în interiorul țărilor. În SUA, boala celiacă este mai frecventă în rândul albilor non-hispanici decât în rândul negrilor și hispanicilor. Prevalența sa în țările asiatice este în general comparabilă cu cea din Europa, dar variază în mare măsură în funcție de frecvența consumului de produse alimentare obținute din grâu.

Boala celiacă nu este o alergie, ci o boală incurabilă. Singura terapie este o dietă strictă, riguroasă, fără gluten, pe tot parcursul vieții. Incidența bolii celiace este independentă de vârstă, dar este mai mare la femei. Netratată, boala celiacă poate provoca probleme grave de sănătate, cum ar fi osteoporoza, tulburările mintale, infertilitatea și cancerul gastrointestinal. A existat o confuzie considerabilă și o lipsă de consens cu privire la criteriile de diagnostic pentru boala celiacă și afecțiunile asociate. Boala celiacă în general, boala celiacă oligosimptomatică și cea latentă se disting de sensibilitatea la gluten fără boală celiacă (NCGS) și intoleranța la gluten. Următoarele simptome pot fi observate la persoanele ce suferă de boala celiacă în general: durere, distensie, circumferință abdominală mărită, steatoree sau diaree apoasă, constipație ocazională, scădere în greutate, tulburări de dezvoltare la copii (în principal statură mică), dispoziție schimbătoare (hiperactivitate sau oboseală și apatie), stări de depresie și simptome de deficiență cauzate de malabsorbție (în special deficit de fier, dar și deficiență de vitamine și acid folic). Regulamentul (UE) nr. 828/2014 din 30 iulie 2014 definește glutenul: „Gluten: o fracțiune proteică din grâu, secară, orz, ovăz sau soiurile lor încrucișate și derivații acestora, la care unele persoane sunt intolerante și care este insolubil în apă și soluție de clorură de sodiu 0,5 M”. Conform acestui regulament, produsele fără gluten sunt cele care în mod natural nu conțin gluten sau care conțin gluten la o concentrație mai mică de 20 ppm sau 20 mg/kg de produs. Numai produsele care conțin mai puțin de 20 ppm de gluten pot include denumirea „produs fără gluten” pe ambalaj, care ar trebui să fie în imediata apropiere a denumirii produsului.

Conform acestor orientări ale Comisiei Europene privind alimentele fără gluten, berea obținută din malțuri pseudocereale și malțurile atipice de cereale care nu conțin gluten, precum și berea obținută din malțuri tipice pentru bere și alți malțuri care conțin gluten dar au fost prelucrate tehnologic special pentru a reduce nivelul de gluten la cel mult 20 mg/kg - poate fi descrisă ca bere fără gluten. De asemenea, putem defini berea cu conținut foarte scăzut de gluten ca berea obținută din malțuri de bere care au suferit procesări tehnologice speciale, astfel încât nivelul de gluten să nu depășească 20–100 mg/kg. Cu toate acestea, unii producători consideră că eliminarea glutenului din malțurile de bere, cum ar fi malțul de orz și

malțul de grâu, este un proces complex și costisitor, care crește prețul produsului finit. Acesta este motivul principal pentru cercetarea dezvoltării unor mijloace eficiente de producere a berii din malțuri fără gluten. Dintre malțurile de cereale atipice ce pot fi utilizate pentru producția de bere fără gluten se pot menționa: malț de orez, malț de porumb, malț de sorg și malț de mei. Berea fără gluten poate fi obținută și din malțuri de pseudocereale, cum ar fi malțul de hrișcă, malțul de quinoa și malțul de amarant. În prezent, cea mai avansată cercetare în producția de bere fără gluten este cea a producției de bere din malț de sorg, malț de hrișcă, malț de quinoa și malț de amarant. Aceste malțuri au un conținut ridicat de amidon și un nivel moderat de proteine (Gumienna & Górna, 2020).

Provocările cu care se confruntă producătorii de bere de astăzi sunt globalizarea producătorilor de bere majori și amalgamarea acelor fabrici de bere care au mărci unice și de uz local, o piață din ce în ce mai competitivă și o recesiune la nivel mondial care lovește buzunarele consumatorilor. Până în prezent, loialitatea consumatorilor nu a fost atât de prețioasă, iar asigurarea că produsul răspunde așteptărilor consumatorului este una de o importanță capitală. Evaluarea senzorială nu a avut niciodată un rol atât de important într-o fabrică de bere, fie ea micro, mică, medie, mare și globală, fabrici de bere care investesc în asigurarea ce o poate oferi o capacitate senzorială competentă (Parker, D. K., 2012).

Și nu în ultimul rând, în prezent, consumatorii sunt din ce în ce mai conștienți că berea este un produs versatil care are potențialul de a se potrivi cu contexte și situații diferite și sunt înclinați în mod special să experimenteze produse autentice de calitate superioară, cu gust și aromă distinctivă (Morgan *et al.*, 2020; Ambra *et al.*, 2021). Deși obținerea unui sortiment de bere din alte cereale decât orzul este simplă, obținerea eficienței procesului economic și producerea unui produs acceptabil pentru consumatori reprezintă o provocare continuă de cercetare.

Concluzii parțiale. Fabricarea berii este un proces cunoscut din cele mai vechi timpuri, îmbunătățit până în prezent datorită progreselor științifice înregistrate în acest domeniu. Berarii locali au continuat să diversifice tipurile de bere pe care le-au pus la dispoziția consumatorilor ca răspuns la preferințele tot mai variate ale acestora.

Diversificarea sortimentală se datorează mai multor factori identificați pentru această industrie: renașterea berii artizanale; interesul crescut al consumatorilor pentru berea funcțională; preocuparea producătorilor pentru reducerea costurilor de obținere a produsului finit; dezvoltarea fabricării berilor fără gluten; cererea consumatorilor pentru experiența unică de a consuma produse autentice de calitate superioară, cu gust și aromă distinctivă; condiții nefavorabile de cultură a orzului sau grâului în unele zone de pe glob etc.

Diversificarea ingredientelor în producția de bere se datorează și alergiilor și intoleranțelor alimentare dezvoltându-se berile funcționale care urmăresc să combine consumul moderat de bere cu beneficiile pentru sănătate. În ultimii ani, studiile care investighează utilizarea ingredientelor alternative 100% în locul malțului de orz sau malțului de grâu în producția de bere au crescut. Printre materiile prime care au fost evaluate pentru obținerea de bere se numără cerealele, cum ar fi sorgul, porumbul, orezul și meiul și pseudocerealele, cum ar fi hrișca, amarantul și quinoa. Cu toate acestea, tehnicile pentru producerea berii din cereale (altele decât orzul și grâul) și pseudocereale, nu sunt încă bine dezvoltate. Folosirea acestor materii prime neconvenționale a făcut posibilă obținerea berii fără gluten ce poate fi consumată și de persoanele care suferă de boala celiacă.

În concluzie, industria berii are un caracter dinamic și contribuie la creșterea competiției, datorită progresului tehnico-științific și exigențelor consumatorilor. Specialiștii din industria berii acordă o importanță deosebită diversificării sortimentelor de produse, pentru a răspunde cererii consumatorilor. Noile idei de produse izvorăsc din urmărirea tendințelor din lumea întreagă, care se aplică pentru fiecare regiune în parte, producătorii combinând inovația și tradiția în dezvoltarea de noi produse.

CAPITOLUL II

MATERII PRIME NECONVENȚIONALE UTILIZATE CA ÎNLOCUITORI AI MALȚULUI

După secole de tradiție și inovație, berea poate fi definită ca o băutură slab alcoolică produsă din patru ingrediente principale: malț, hamei, apă și drojdie. În afară de apă ce predomină cantitativ, malțul este principala materie primă și poate fi obținut din diverse cereale, cum ar fi orz, grâu, porumb, secară, sorg etc.

Din punct de vedere istoric, orzul a fost utilizat ca principală cereală pentru obținerea malțului din mai multe motive, de la scopuri culturale și economice până la proprietățile sale biochimice și fiziologice, cum ar fi o cantitate adecvată de carbohidrați și proteine, și aderența cojilor care permite ulterior filtrarea mustului. Orzul este o cereală binecunoscută atunci când se iau în considerare procesele sale de producție și germinare, care sunt ușor de gestionat și capabile să ofere un număr adecvat de enzime necesare producției de malț și bere (Prado *et al.*, 2021).

Orzul (*Hordeum vulgare* L.) este principala materie primă pentru producția de malț la nivel mondial, deoarece are un raport ridicat de amidon/proteine. Coaja sa ajută la filtrare, oferă o textură fermă cerealelor și protejează germenele în timpul malțificării. Utilizarea orzului în industria berii a dat acestei culturi statutul de cultură industrială și de cultură de interes pentru antreprenori, fermieri și cercetători.

Compușii importanți din punct de vedere structural (amidon, proteine) care sunt prezenți în boabele de orz trebuie să fie parțial sau total degradați în componente mai simple (zaharuri, aminoacizi) de către enzimele hidrolitice produse în timpul malțificării. Odată ce malțul este obținut, acesta trebuie să fie caracterizat prin condiții tehnice de calitate care să asigure finalizarea corectă a procesului de malțificare. În prezent, este nevoie de găsirea de noi metode de îmbunătățire a calității malțului prin creșterea capacității de germinare și reducerea timpului de încolțire. Datorită variațiilor de echipament și tip de malț necesar, cheltuielile și condițiile de malțificare pot diferi, dar procesul de bază a rămas același de ani de zile. Progresele în știință și tehnologie au asigurat o calitate constantă a malțului și au permis scurtarea ciclurilor de producție.

Procesul de producție a malțului începe cu curățarea boabelor, înmuierea în apă, urmată de germinare și uscarea (Rani & Bhardwaj, 2021). Procesul de malțificare are ca scop final transformarea fiziologică naturală a boabelor de orz, producerea și inducerea de enzime și descompunerea nutrienților cu greutate moleculară mare (de exemplu, granule de amidon și proteine insolubile) în componente cu greutate moleculară mai mică care sunt ușor accesibile de către enzime și solubile ca substrat pentru fermentații ulterioare (Prado *et al.*, 2021).

Fabricarea berii are o istorie lungă de utilizare a altor materii prime, altele decât orzul și grâul, în calitate de substituent parțial al acestora. Majoritatea producătorilor au folosit ingrediente suplimentare, cum ar fi orez, sorg, porumb, amidon de cartofi și sirop, pentru a produce bere, ceea ce a dus la diversificarea gustului și a aromei berii. În ultimii ani, studiile care investighează utilizarea cerealelor alternative 100% în locul malțului de orz în producția de bere fără gluten au crescut.

Producția de bere fără gluten folosind cereale fără gluten, cum ar fi orezul, sorgul, porumbul, meiul și tefful, necesită utilizarea 100% a surselor alternative de carbohidrați din malțul de orz. Aceste cereale sunt sigure pentru consum de către pacienții cu boală celiacă, deoarece sunt înrudite doar cu orzul sau grâul. În plus, pseudocerealele precum hrișca, quinoa și amarantul sunt, de asemenea, utilizate în mod obișnuit ca surse de carbohidrați la fabricarea berii. Pseudocerealele nu au legătură cu orzul și grâul în taxonomie și astfel pot fi considerate fără gluten deoarece nu aparțin familiei *Poaceae* (Yang & Gao, 2020).

Inovația este o caracteristică specifică zilelor noastre în industria alimentară, iar industria berii se aliniază acestui trend. Pe de altă parte, consumatorii au început să acorde o atenție tot mai mare la oferta de produse, la impactul nutrițional și la efectele benefice asupra sănătății ale acestora. De aceea, cercetările trebuie continuate pentru dezvoltarea de noi sortimente de bere care să răspundă acestor tendințe (Alves *et al.*, 2020; Salanță *et al.*, 2020; Dulinski *et al.*, 2021).

Dezvoltarea fabricării berii din materii prime neconvenționale constituie în permanență o provocare majoră pentru cercetătorii și specialiștii din domeniu. În plus, îngrijorarea din ce în ce mai mare cu privire la eșecurile reale și potențiale ale culturilor industriale, cum ar fi cele referitoare la cerealele importante în fabricarea berii, cum ar fi orzul și grâul, din multe motive, precum schimbările climatice, necesită studiul unor alternative în industria fabricării berii (Nnamchi *et al.*, 2014).

În ultimii ani, dezvoltarea fabricării berii din materii prime neconvenționale prin utilizarea cerealelor alternative 100% în locul malțului de orz sau de grâu constituie în permanență o provocare majoră pentru cercetătorii și specialiștii din domeniu (Dabija *et al.*, 2021). În cercetarea aplicativă de foarte multe ori, utilizarea de materii prime noi duce la dificultăți în procesul tehnologic, cum ar fi necesitatea utilizării enzimelor exogene, timpul excesiv de zaharificare sau filtrare, extract de must foarte scăzut și, prin urmare, conținut scăzut de alcool în bere etc. De aceea este oportună extinderea direcțiilor de cercetare în utilizarea acestor materii prime alternative, prin optimizarea rețetelor de fabricație și a proceselor tehnologice, pentru dezvoltarea unor noi tipuri de bere cu caracteristici de calitate îmbunătățite (Roșul *et al.*, 2019; Habschied *et al.*, 2020; Betancur *et al.*, 2020).

În industria berii cercetările vor continua prin obținerea de sortimente de bere fără gluten, de noi sortimente de bere fără alcool sau cu conținut redus de alcool, cu o durată de valabilitate tot mai lungă, prin respectarea reglementărilor în vigoare privind siguranța alimentară. Prin urmare, este necesar să se îmbunătățească tehnologiile implicate în producția berii din materii prime neconvenționale, pentru a-și menține calitățile nutritive și comercializabile.

De exemplu, pentru a produce bere fără gluten, având caracteristici tehnologice și senzoriale comparabile cu sortimentele de bere obținute din materii prime convenționale, cu o stabilitate îmbunătățită a spumei, fermentabilitatea mustului și un gust final bun, pe viitor se recomandă continuarea cercetărilor de a combina diferite materii prime fără gluten, precum și utilizarea enzimelor exogene, pentru a optimiza rețetele de fabricație și a obține noi sortimente de bere cu calități senzoriale, fizico-chimice și microbiologice îmbunătățite (Adiamo *et al.*, 2018).

Producția de bere fără gluten folosind cereale fără gluten, cum ar fi orezul, sorgul, porumbul, meiul și tefful, necesită utilizarea 100% a surselor alternative de carbohidrați din malțul de orz. Aceste cereale sunt sigure pentru consum de către pacienții cu boală celiacă, deoarece sunt înrudite doar cu orzul sau grâul. În plus, pseudocerealele precum hrișca, quinoa și amarantul sunt, de asemenea, utilizate în mod obișnuit ca surse de carbohidrați la fabricarea berii. Pseudocerealele nu au legătură cu orzul și grâul în taxonomie și astfel pot fi considerate fără gluten deoarece nu aparțin familiei *Poaceae* (Yang & Gao, 2020).

Cerealele, altele decât cele generatoare de gluten și pseudocerealele constituie materii prime neconvenționale valoroase, prin proprietățile tehnologice, funcționale și nutriționale evidențiate în studii de specialitate efectuate și cercetările aplicative din domeniu. De exemplu, hrișca este pe cale să devină oficial o materie primă ce poate înlocui cu succes malțul de orz sau malțul de grâu, pe când amarantul în calitate de pseudocereală malțificată în procent de 100% a condus la rezultate mai puțin promițătoare. O direcție de cercetare care încă nu a fost abordată de specialiști este folosirea amarantului în calitate de înlocuitor al

hameiului (poate doar hameiul care se utilizează pentru amăreală, nu și cel pentru aromă) pentru gustul amar ce poate să-l confere berii – produs finit.

Se au în vedere efectuarea de studii viitoare pentru a îmbunătăți condițiile de malțificare, optimizarea proceselor tehnologice și a rețetelor de fabricație pentru îmbunătățirea caracteristicilor senzoriale ale berii – produs finit (Mellor *et al.*, 2020; Puligundla *et al.*, 2020; Estevão *et al.*, 2021). În acest proces este nevoie de eforturi concentrate și continue în cercetare și coordonarea tuturor părților interesate pentru implementarea eficientă a soluțiilor relevante cu efecte asupra calității produsului finit (Morgan *et al.*, 2020; Yorke *et al.*, 2021).

În inovarea tehnologică se vor avea în vedere criteriile tehnice, economice, dar și acceptabilitatea noilor sortimente de către consumatori.

Sorgul (*Sorghum vulgare*) își are originea în Africa centrală, de unde s-a răspândit în Asia, precum și în India, și aparține, la fel ca orzul și porumbul, familiei *Poaceae*. Este strâns legat de porumb atât în ceea ce privește organizarea genomică, forma plantelor, fiziologia dezvoltării, cât și în aplicații. Sorgul este a cincea cea mai importantă cultură de cereale din lume după porumb, orez, grâu și orz și servește ca principală cereală alimentară pentru peste 750 de milioane de oameni care trăiesc în regiunile tropicale semi-aride din Africa (Nigeria, Sudan, Burkina Faso, Etiopia), Asia (India, China) și în unele regiuni din America Centrală și de Sud (Schnitzenbaumer & Arendt, 2014; Adiamo *et al.*, 2018; Abah *et al.*, 2020). Din datele disponibile din 2017 de la FAOSTAT, Africa este cel mai mare contribuitor la producția mondială de sorg, cu o cantitate de producție de aproximativ 29,7 milioane de tone, dintr-un total de 57 de milioane de tone (Food Agriculture Organisation 2019) (FAOSTAT, Adebo, O.A., 2020).

Este mai tolerant la secetă decât alte culturi de cereale fiind numită și planta-cămilă și, prin urmare, este un aliment de bază important în multe regiuni semi-aride ale lumii în curs de dezvoltare, în timp ce în țările occidentale este utilizat în principal ca hrană pentru animale (Schnitzenbaumer & Arendt, 2014). Sorgul are nevoie de mai puține îngrășăminte decât porumbul. Ca plantă de fotosinteză, are o eficiență ridicată în utilizarea radiațiilor solare și a căldurii, prin urmare, gestionează apa mult mai eficient decât porumbul (Szambelan *et al.*, 2020). Sorgul este una dintre cele mai versatile culturi alimentare din Africa, rata consumului uman este de aproximativ 40% din totalul producției mondiale (Adiamo *et al.*, 2018). În timpul secetei, își rulează frunzele pentru a reduce pierderile de apă din cauza transpirației. Dacă seceta continuă, devine latentă în loc să moară. Frunzele sunt protejate de cuticule ceroase pentru a reduce evaporarea (Abah *et al.*, 2020). Odată cu creșterea populației mondiale, scăderea aprovizionării cu apă și efectele schimbărilor climatice, această cultură alimentară rezistentă la secetă este vitală pentru utilizarea umană și va fi o cultură importantă pentru viitor (Adebo, O.A., 2020).

De obicei, culoarea boabelor de sorg variază de la roșu, negru și maroniu până la cafeniu, galben și alb. Aceste culori diferite sau pigmenți se datorează conținutului diferit de polifenoli al boabelor, care este în mod normal situat în pericarp-testa. Până în prezent, există mai mult de 10.000 de soiuri de sorg și continuă să se dezvolte și altele prin cercetările de creștere a plantelor în vederea selectării caracteristicilor dorite. Majoritatea acestor soiuri de sorg diferă prin pigmentare, dimensiune, structură, textură, duritate și caracteristici biochimice (Nnamchi *et al.*, 2014). Sorgul crește și în stare sălbatică, în special, pe continentul de origine, Africa (Xiong *et al.*, 2019).

Compoziția boabelor de sorg și a părților sale este în general similară cu cea a porumbului, cu excepția conținutului scăzut de ulei. Componenta majoră a sorgului o reprezintă amidonul, inclusiv fibrele derivate din carbohidrații pereților celulari, constituind aproximativ 75% din boabe. Prezența polizaharidelor non-amidon (NSP) în boabele de sorg ar putea sugera capacitatea lor potențială de a îmbunătăți funcția intestinului și de a reduce

nivelul colesterolului (Adebo, O.A., 2020). Conținutul total de zaharuri solubile din cerealele de sorg variază de la 0,7 până la 4,2%, iar zaharurile reducătoare de la 0,05 la 0,53% (Adiamo *et al.*, 2018).

Studii ample privind compoziția sorgului au indicat că boabele sunt o sursă bună de energie, carbohidrați, acizi grași polinesaturați (PUFA), minerale, vitamine și câțiva aminoacizi esențiali. Acidul linoleic (18:2) și acidul oleic (18:1) sunt constituenții principali ai acizilor grași ai lipidelor de sorg. Boabele sunt consumate în mod obișnuit cu testa, care reține majoritatea nutrienților. Gama largă în compoziția mineralelor și oligoelementelor a indicat faptul că sorgul este o sursă bună de minerale. Compoziția minerală este însă influențată de condițiile de mediu (Abah *et al.*, 2020).

Sorgul conține atât aminoacizi esențiali cât și neesențiali, inclusiv alanină (7,34-9,62 g / 100 g), acid aspartic (4,83-7,06g / 100g), acid glutamic (17,5-28,12g / 100g), leucina (12,02-14,48g / 100g), fenilalanina (4,03-5,62g / 100g), prolina (6,66-12,34g / 100g) și valina (4,22-6,86g / 100g), dar este limitat în lizină și triptofan. Cu toate acestea, are peptide bioactive și fracțiuni proteice benefice, inclusiv peptide antivirale 2-kDa, α -kafirină, karifină, proteaze, amilaze și inhibitori de xilanază, precum și peroxidază cationică, care exercită acțiune anticancer, antivirală, antioxidantă, conduce la scăderea colesterolului și are efecte antihipertensive.

Studiile disponibile au indicat, de asemenea, că sorgul conține o serie de substanțe minerale și vitamine, ambele constituind parte din substanțele nutritive esențiale cerute de oameni pentru a îndeplini funcțiile necesare pentru a susține viața. Sorgul conține niveluri destul de ridicate de potasiu (K) (900-6957,67mg/kg) și fosfor (P) (1498-3787,25mg/kg), minerale cunoscute că facilitează mișcarea musculară, menținând sistemul nervos sănătos și construind oase și dinți puternici. Vitaminele vitale raportate în sorg includ, de asemenea, vitaminele B (0,1-19,9 mg/100 g), vitamina E (1,38 mg/100 g) (Adebo, O.A., 2020).

Boabele de sorg sunt cunoscute pentru duritatea lor în comparație cu alte boabe alimentare. Duritatea bobului se datorează conținutului mai ridicat de prolamină (3,6-5,1%). Conținutul de lizină variază de la 1,06 la 3,64%. Studiile de fracționare a proteinelor în sorg au indicat că distribuția albuminei-globulinei, prolaminei și glutelinei este de aproximativ 15, 26 și, respectiv, 44% din azotul total.

Absența peptidelor toxice asemănătoare gliadinei în sorg folosind abordări in-silico și experimente biochimice / imunochimice a fost demonstrată de Pontieri, Mamone, De Caro, Tuinstra și Roemer (2013) ca fiind antidotul pentru a considera că sorgul este sigur pentru consumul de către persoane cu boala celiacă. Acest studiu analizează cunoștințele actuale cu privire la dezvoltarea produselor din sorg fără gluten funcționale, cum ar fi pâinea fără gluten, alimentele pentru sugari, tăiței și bere (Adiamo *et al.*, 2018).

O cantitate de 100 de grame de sorg poate furniza aproximativ 400 de calorii, ca și porumbul și grâul, dar cu un conținut mai mare de amidon rezistent. De asemenea, conține micronutrienți, de exemplu, vitamine din complexul B și minerale, cum ar fi potasiu și fosfor (De Almeida Silva Vilela *et al.*, 2020).

Cu excepția Mexicului și a Nigerului, sorgul nu a fost utilizat pe scară largă ca adjuvant, deși a fost promovat potențialul său ca adjuvant la fabricarea berii. Grișurile de sorg oferă câteva avantaje la obținerea berii, cum ar fi timpul de fierbere scurt, filtrare rapidă, extractul mai utilizabil și musturile foarte nutritive (Agu, R.C., 2002).

Sorgul a dominat piața berii fără gluten în 2017, iar ponderea sa din volumul total de bere produsă fără gluten a fost de 37,9%. Berea fără gluten este o alternativă nu numai pentru persoanele intolerante la gluten, dar și pentru cei care sunt interesați de diverse produse noi lansate pe piață. Acești oameni pot extinde semnificativ piața consumatorilor de bere fără gluten. Femeile sunt un grup țintă special, deoarece incidența bolii celiace este mai mare în rândul pacienților de sex feminin (60% dintre pacienții adulți) și pentru că sunt de obicei mai

preocupați de stilul de viață sănătos, inclusiv de alimentația sănătoasă. Potrivit unui raport publicat de Fior Markets, piața globală a berii fără gluten va crește la 18,7 miliarde USD până în 2025, cu o rată anuală de creștere de 16,3% (Rocha dos Santos Mathias *et al.*, 2019).

Goode & Arendt (2003) au folosit sorg nemalțificat ca adjuvant al malțului de orz în proporție de 50% și au constatat că se obține un produs finit de bună calitate, comparabilă cu berea obținută din 100% malț de orz. Ogbonna (2011) a sugerat utilizarea sorgului ca adjuvant al malțului de orz la un nivel de 50% și a arătat că este posibilă obținerea berii din 100% malț de sorg. Și în alte cercetări efectuate s-a susținut că utilizarea sorgului în proporție de 40% ca adjuvant în fabricarea berii nu influențează semnificativ calitatea berii – produs finit. Alți cercetători au produs o bere lager cu adjuvant de sorg 25% și au ajuns la concluzia că o bere de bună calitate ar putea fi produsă când malțul de orz a fost înlocuit cu sorg până la 25% (Agu, R.C., 2002).

Beta *et al.* (1995) au investigat proprietățile de malțificare ale unor soiuri diferite de sorg obținând caracteristici similare cu malțul de orz comercial, sugerând că acestea pot produce calități diferite de malț. Chandra, Proudlove, & Baxter (1999) au propus că textura endospermului influențează procesul de malțificare, afectând absorbția de apă și procesul enzimatic. Oyewole & Agboola (2011) au arătat că pierderile la malțificare au fost foarte mari pentru aceste cereale tropicale.

Eneje *et al.* (2004) și Oyewole & Agboola (2011) au studiat calitățile malțului de orez, de sorg, de mei și de porumb și au raportat că malțurile de sorg și mei erau mai potrivite pentru utilizarea în formularea alimentelor în timp ce porumbul, care are o asemănare cu orzul la unele caracteristici compoziționale ar putea fi utilizat ca un înlocuitor al malțului de orz pentru bere.

Datorită activității amilolitice scăzute, insuficiente pentru o zaharificare completă, temperatură ridicată de gelatinizare, dar și conținutului redus de azot aminic liber, utilizarea malțului de sorg la fabricarea berii a condus la unele dificultăți. Sorgul are o activitate β -amilazică scăzută, dar o activitate α -amilazică mai mare decât malțul de orz. Activitatea enzimatică redusă va duce la o producție scăzută de carbohidrați fermentescibili și un conținut ridicat de dextrine și în final la o creștere a vâscozității (Taylor *et al.*, 2013; Espinosa-Ramírez *et al.*, 2013). Temperatura de gelatinizare este limitată de kafirine (Heredia-Olea *et al.*, 2017). Prin urmare, hidroliza amidonului în zaharuri fermentescibile are loc doar parțial. De aceea, pentru a evita problemele tehnologice, utilizarea sorgului în fabricarea berii necesită un proces de malțificare adecvat. În caz contrar, se recomandă utilizarea enzimelor exogene pentru a produce beri de sorg (Cela *et al.*, 2020).

Espinosa-Ramírez *et al.* (2014) au evaluat efectul adaosului de β -amilază sau amiloglucozidază în timpul plămădirii sorgului, obținând un conținut mai mare de alcool. Urias-Lugo & Salvidar au folosit amiloglucozidază, ce a condus la un randament îmbunătățit al mustului și al ratei de filtrare, obținându-se în final un procent mai mare de etanol (Urias-Lugo & Saldivar, 2005). Cu toate acestea, conținutul de alcool al berii de sorg a fost cu 1,1% mai mic decât berea de malț de orz. Culoarea, pH-ul și conținutul FAN nu au fost afectate de adaosul de amiloglucozidază. Pentru a reduce aceste deficiențe se poate adăuga și *Aspergillus oryzae* care s-a dovedit că îmbunătățește proprietățile de malțificare ale sorgului. Prin folosirea acestui adjuvant α -amilaza a fost afectată pozitiv, în timp ce pentru β -amilază nu au existat diferențe (Cela *et al.*, 2020).

Utilizarea sorgului ca principală materie primă la fabricarea berii este tradițională în Africa, atât ca sorg malțificat, cât și ca adjuvant (Attchelouwa *et al.*, 2017; Shen *et al.*, 2018). Prezența berilor de sorg pe piață reprezintă o recunoaștere a posibilității utilizării acestei cereale la fabricarea berii. Pentru a îmbunătăți proprietățile senzoriale ale produsului finit este necesar să se obțină un malț de sorg de calitate sau se recomandă folosirea în combinație cu alte cereale (Embashu *et al.*, 2019; Cela *et al.*, 2020).

În Africa, au fost descrise diferite tipuri de băuturi fermentate tradiționale denumite în mod obișnuit beri de sorg sau beri opace, cu valoare socio-culturală și nutrițională. Aceste beri sunt cunoscute sub numele de ikagage în Rwanda, pito sau burukutu în Nigeria și Ghana, dolo în Burkina Faso, amgba în Camerun, doro sau chibuku în Zimbabwe, Merissa în Sudan, mtama în Tanzania, bili bili în Ciad, kaffir în Africa de Sud și tchapalo în Coasta de Fildeș, Togo și Benin. Aceste băuturi au un rol central în culturile oamenilor și reprezintă o parte importantă a dietei pentru o parte din ce în ce mai mare a populației urbane.

Prezența microorganismelor nespecifice din cultura starter tradițională complică controlul procesului de fermentare obținându-se produse de calitate variabilă. Utilizarea culturilor starter pure pare a fi o metodă bună pentru a reduce variațiile organoleptice și pentru a reduce riscul de contaminare cu microorganisme patogene. Această abordare ar crește, de asemenea, șansele de conservare a berii tradiționale de sorg, oferindu-i o durată mai mare de valabilitate. Pasteurizarea berii de sorg pare cea mai promițătoare pentru rezolvarea problemei principale din fabricile de bere - perioada de valabilitate mai scurtă. Această operație cuplată cu aplicarea extractelor de plante ar putea fi o alternativă potențială la conservanții sintetici din motive că prezintă o activitate de spectru mare împotriva bacteriilor Gram negative, bacteriilor Gram pozitive și mucegaiurilor despre care se știe că sunt principalul factor de deteriorare a băuturilor (Konfo *et al.*, 2020).

În țările africane berea de sorg este folosită în general la festivaluri, căsătorii, rugăciuni, ritualuri, ceremonii de naștere și ritualuri de înmormântare. De exemplu, în Burundi și Rwanda, consumul de bere de sorg marchează începutul predării zestrei în timpul căsătoriilor tradiționale. Familiile în cauză împărtășesc plăceri în jurul unui vas de lut cu bere de sorg. Această bere semnifică legătura dintre cuplu și familiile respective. De asemenea, întâlnirile și munca comunitară se încheie adesea cu consumul de bere de sorg. Berea de sorg contribuie semnificativ la dietele multor oameni din țările în curs de dezvoltare și este consumată în mare măsură de către cei săraci. Berea are un conținut ridicat de vitamine din grupul B, cum ar fi riboflavina, acidul folic și acidul nicotinic și este bogată în aminoacizi. Berea de sorg este bogată în minerale precum calciu, sodiu, potasiu, magneziu, zinc și fier. În general, berea de sorg are o valoare nutritivă mai mare decât berile de orz europene, datorită conținutului ridicat de drojdie, bacteriilor lactice și a altor materiale aflate în suspensie (Evera *et al.*, 2019). Berea opacă este considerată aliment (un energizant) și o băutură alcoolică și acesta este motivul obișnuit pentru care africanii, în special în zonele rurale, consumă multă bere (Mawonike *et al.*, 2018).

Nigeria produce anual peste 900 de milioane de litri de bere, iar cea mai mare parte este obținută din sorg. Acest lucru s-a răspândit și în unele părți din estul Africii, sudul Africii, în Statele Unite ale Americii, Mexic, Cuba, Israel, unde se produce de asemenea bere din sorg (Zaukuu *et al.*, 2016; Adiamo *et al.*, 2018).

În Togo, de exemplu, aproximativ 60% din producția națională de sorg este utilizată pentru a produce două tipuri de bere de sorg: Tchakpalo și Tchoukoutou. Producția și comercializarea berii de sorg rămân activități ale femeilor din care obțin un venit substanțial. Berea de sorg joacă un rol socioeconomic fundamental în nordul țării Togo, unde este servită din abundență pentru a menține o atmosferă de veselie la toate sărbătorile. Această bere este, de asemenea, utilizată în ceremoniile religioase și ritualurile tradiționale (Konfo *et al.*, 2020).

Producția de beri lager clare din sorg a fost raportată în multe părți ale lumii. În Mexic s-a obținut o bere de tip lager din sorg. O bere lager produsă exclusiv din sorg a fost raportată în Camerun, în timp ce specialiștii au examinat soiurile de sorg din Sri Lanka, cu scopul de a selecta cea mai potrivită varietate pentru producerea unei beri de tip lager. În SUA s-a utilizat încă din anii 1980 sorgul ca adjuvant la prepararea berii lager. Poate că cele mai de succes dezvoltări în fabricarea berii de tip lager din sorg au fost realizate în Nigeria. În 1988, din cauza interdicției guvernului de a importa malț de orz, fabricile de bere locale au fost forțate

să folosească cereale indigene alternative, cum ar fi porumbul și sorgul, ca înlocuitori ai orzului malțificat (Agu *et al.*, 2002).

Ogbonna & Adejemi (1992) au realizat o recenzie privind producerea berii din sorg, care evidențiază dificultățile tehnologice cu care se confruntă malțificarea și producerea berii din sorg. Recenzii cuprinzătoare privind prepararea berii lager din sorg, în special malțul de sorg, au fost realizate de Agu & Palmer (1998), Owuama (1999) Schnitzenbaumer & Arendt (2014), Embashu *et al.* (2019). Datorită problemelor asociate cu sorgul malțificat, cum ar fi dezvoltarea unei puteri diastatice insuficiente, modificarea limitată a proteinelor, costuri mari de malțificare, pierderi mari de malț, împreună cu nevoia de a suplimenta plămezele cu enzime exogene, ar putea părea mai fezabil să se utilizeze plămezi din sorg nemalțificat și enzime comerciale (Agu, R.C.A., 2002).

Principalele probleme la fabricarea berii cu sorg sunt puterea diastatică mai mică a malțului său, în special deficiența în activitatea β -amilazei și temperatura de gelatinizare mai mare a amidonului de sorg comparativ cu amidonul de orz (Rubio-Flores *et al.*, 2020). Într-o cercetare efectuată de Espinosa-Ramirez *et al.* (2013) au fost produse cu succes beri lager din diferite tipuri de malțuri de sorg și adjuvanți fără gluten, suplimentate cu β -amilază sau amiloglucozidază.

S-a efectuat producerea de bere la scară pilot (1000 L) având ca materii prime sorg nemalțificat (50% din greutatea totală umedă a boabelor) și malț de orz (50% din greutatea totală umedă a boabelor) care au fost supuse operației de plămădire cu repausuri la temperaturile de 50°C, 95°C și 60°C. Analiza senzorială a indicat că nu au existat diferențe semnificative între berea din sorg și berea de control, cât și cea comercială din orz în ceea ce privește aroma, gustul și claritatea. Cu toate acestea, s-a constatat că berea de sorg este semnificativ diferită de ambele beri în ceea ce privește culoarea, gustul și stabilitatea spumei (Agu, R.C.A., 2002).

Pseudocerealele nu aparțin familiei *Poaceae* din care fac parte orzul și grâul, deci nu conțin proteine generatoare de gluten și pot fi utilizate la obținerea berii fără gluten (Yang & Gao, 2020). Amarantul (*Amaranthus hypochondriacus*), hrișca (*Fagopyrum esculentum*) și quinoa (*Chenopodium quinoa*), datorită conținutului ridicat de amidon sunt recomandate a fi utilizate în obținerea unor produse alimentare cu valoare adăugată (Martínez-Villaluenga *et al.*, 2020; Yang & Gao, 2020; Pirzadah & Malik, 2020; Morales *et al.*, 2021). Malțul de pseudocereale se caracterizează printr-un conținut ridicat de proteine, carbohidrați, fibre, substanțe minerale și vitamine. De exemplu, în Polonia, hrișca, datorită disponibilității mari, precum și recunoașterii sale pozitive în rândul potențialilor consumatori, este utilizată pentru obținerea malțului de hrișcă, dar calitatea sa nu permite obținerea berii 100% din malț de hrișcă fără adăugarea de enzime (Podeszwa *et al.*, 2016). De altfel, în general, hrișca este una dintre cele mai citate pseudocereale din literatura de specialitate pentru fabricarea malțurilor și berilor fără gluten, deoarece a demonstrat de-a lungul anilor rezultate deosebite în ceea ce privește productivitatea și compoziția chimică a produsului finit (Brasil *et al.*, 2020).

Hrișca este și o sursă importantă de compuși antioxidanți (în principal rutină), iar utilizarea acesteia la fabricarea berii crește considerabil activitatea antioxidantă a produsului finit. Un consum constant de hrișcă poate preveni unele „boli ale civilizației născute din alimentație” (indigestie, obezitate, constipație, colesterol, diabet, hipertensiune arterială etc.) (Cadenas *et al.*, 2021). În prezent, hrișca atrage un interes tot mai mare ca materie primă pentru obținerea de produse alimentare funcționale și produse farmaceutice (Duliński *et al.*, 2020). Datorită valorii sale nutritive excelente și faptului că nu formează gluten, hrișca poate fi inclusă în dietele fără gluten pentru pacienții cu intoleranță la gluten. Hrișca este considerată de specialiști, datorită proprietăților sale nutraceutice imense, ca și „**cultura de aur**” a viitorului (Giménez-Bastida *et al.*, 2015; Deng *et al.*, 2019). Hrișca (denumirea în limba engleză „buckwheat”) nu are legătură cu grâul (denumirea în limba engleză „wheat”),

iar numele său se bazează probabil pe semințele sale triunghiulare și pe faptul că are utilizări asemănătoare grâului (Arendt & Dal Bello, 2011).

Hrișca a fost cultivată de secole pentru boabele sale, dar și pentru frunze. Cu toate acestea, cultivarea acesteia a fost neglijată în timpul secolului XXI din cauza concentrării mai mari asupra dezvoltării de soiuri cu randament ridicat a altor cereale, cum ar fi orezul, grâul și porumbul, fapt ce a condus la o scădere consistentă a suprafeței cultivate (Chettry & Chrungoo, 2021; Chrungoo & Chettry, 2021). La nivel mondial producția totală de hrișcă a crescut constant, ajungând la aproximativ 4 milioane de tone în anul 2021 (Zou *et al.*, 2021). Hrișca este cultivată pe scară largă, mai ales în emisfera nordică, în Asia, Europa și America, în China, India, Coreea, Bhutan, Nepal, Kazahstan, Tadjikistan, Rusia, Ucraina, Lituania, Estonia, Belarus, Moldova, Polonia, Iugoslavia, Croația, Slovenia, Austria, Italia, Statele Unite ale Americii și Canada (Podeszwa *et al.*, 2016; Yilmaz *et al.*, 2020; Podolska *et al.*, 2021; Raguidin *et al.*, 2021).

Planta de hrișcă se adaptează cu ușurință astfel încât poate fi cultivată aproape peste tot pe glob și în diferite habitate, de la regiuni de mare altitudine, cu precipitații și temperaturi scăzute, chiar pe soluri sărace în nutrienți și prezintă o rezistență mai mare la dăunători în comparație cu alte cereale (Wijngaard *et al.*, 2005; Zhu, F., 2016; Živković *et al.*, 2021). Dintre speciile de hrișcă, hrișca comună (*Fagopyrum esculentum*) și hrișca tartară (*Fagopyrum tataricum*) sunt speciile cele mai cultivate și consumate în întreaga lume (Huda *et al.*, 2021).



Figura 2.2. Planta, florile și semințele de hrișcă

Din punct de vedere economic cea mai importantă specie este hrișca comună (*Fagopyrum esculentum*) ce reprezintă 90% din producția mondială de hrișcă, aceasta fiind cultivată în general în regiunile cu climă temperată din emisfera nordică (Phiarais *et al.*, 2005). Hrișca tartară (*Fagopyrum tataricum*) a fost numită „hrișcă amară” datorită substanțelor amare din boabe și are multe avantaje în comparație cu alte specii, cum ar fi autopolenizarea, randamentul mare de boabe, este mai rezistentă la condiții climatice nefavorabile, fiind în principal o cultură de altitudini mari (Chrungoo & Chettry, 2021). De asemenea, hrișca tartară este considerată un aliment sănătos deoarece conține o cantitate mai mare de rutină comparativ cu hrișca comună (Luthar *et al.*, 2021). Există și specii sălbatice de hrișcă, cea mai cunoscută este specia *Fagopyrum cymosum*, folosită, de exemplu, în medicamentele tradiționale chineze umane și veterinare. Speciile sălbatice de hrișcă sunt utilizate de cercetători pentru crearea unor noi specii cultivate, cum s-a întâmplat și cu specia *Fagopyrum giganteum* Krotov, care a fost definită inițial de Krotov și Dranenکو la Stația Experimentală Ustymivska din Ucraina, obținută prin încrucișări intraspecifice dintre hrișca tartară și specia sălbatică *Fagopyrum homotropicum* (Luthar *et al.*, 2021).

Beneficiile hrișcăi pentru sănătate au fost studiate și recunoscute pe plan mondial. De exemplu, în China se spune că „Oamenii care iubesc hrișcă trăiesc mult” și că „Oamenii care

iubesc hrișca sunt sănătoși” (Pirzadah *et al.*, 2020). Consumul de produse care conțin hrișcă au efect hipoglicemiant, hepatoprotector, anticancerigen, antihemoragic, antiinflamator, antioxidant, vasoprotector, antihipertensiv și citoprotector, reduce trigliceridele totale și colesterolul total din ser și ficat, zahărul din sânge și tensiunea arterială, previne bolile cardiovasculare, formarea de calculi biliari și deficiențele cognitive precum boala Alzheimer (Liu *et al.*, 2013; Chetty & Chrungoo, 2021; Chrungoo & Chetty, 2021; Luthar *et al.*, 2021). De asemenea, poate conduce la scăderea în greutate, precum și la scăderea riscului de diabet, accident vascular cerebral și boală coronariană (Liu *et al.*, 2019; Živković *et al.*, 2021). Fibrele dietetice solubile și insolubile din boabele de hrișcă au un efect pozitiv asupra constipației și obezității (Phiarais *et al.*, 2007). Rutina, în concentrație ridicată în hrișcă, este utilizată și în scopuri medicale în multe țări pentru a preveni sau reduce deformările capilare care apar ca urmare a unor boli hemoragice și a hipertensiunii (Yilmaz *et al.*, 2020). Datele din literatura de specialitate au demonstrat că, consumul pe termen lung de produse din hrișcă poate preveni și controla multe boli cronice, cum ar fi hiperglicemia, hipertensiunea arterială și hiperlipidemia (Zou *et al.*, 2021).

Atenția specialiștilor a fost îndreptată spre compoziția chimică a semințelor de hrișcă, fiind confirmată valoarea sa nutrițională unică conferită de diferitele componente nutritive și bioactive pe care le conține (Huda *et al.*, 2021). Compoziția chimică este influențată de o serie de factori, cum ar fi, condițiile de mediu (în special condițiile climatice), sezonul de vegetație, specia și soiul de proveniență, practicile de management al culturilor etc. (Podolska *et al.*, 2021).

Semințele de hrișcă sunt alcătuite din endosperm unde este localizat amidonul (în medie 70%) și un strat aleuronic fără amidon (Wijngaard *et al.*, 2005; Deng *et al.*, 2019). Greutatea a o mie de boabe variază între 17,6 și 25,9 g în semințele de hrișcă disponibile comercial, greutate care este direct proporțională cu conținutul în amidon, componentul util pentru fabricarea berii (Bender & Schönlechner, 2021). Granulele de amidon din hrișcă sunt de formă neregulată, în pachet compact, cu dimensiuni de 2÷6 μm și conțin 24% amiloză și 76% amilopectină, care este raportul obișnuit din amidonul de cereale (Wijngaard *et al.*, 2005). Disponibilitatea amidonului variază între 70÷91%, aspect important pentru utilizarea hrișcăi ca materie primă în industria berii. De asemenea, amidonul reprezintă substanța utilă care va constitui conținutul în glucide fermentescibile din mustul de bere (Dabija *et al.*, 2021). 33% din amidon este sub formă de amidon rezistent, fapt ce recomandă hrișca ca ingredient potențial pentru formularea alimentelor cu indice glicemic scăzut (Brasil *et al.*, 2020; Iqbal *et al.*, 2021). Hrișca conține cantități mari de fibre dietetice solubile și insolubile, care au un efect pozitiv asupra constipației și stărilor de obezitate (Phiarais *et al.*, 2005).

Hrișca este recunoscută ca o sursă bună de proteine cu valoare biologică ridicată care nu formează gluten și compoziție echilibrată în aminoacizi (se evidențiază nivelul ridicat de lizină și arginină, în comparație cu cerealele), lipide, substanțe antioxidante, acizi organici, fibre dietetice, substanțe minerale și vitamine (Wijngaard *et al.*, 2005; Giménez-Bastida *et al.*, 2015; Deng *et al.*, 2019, Chrungoo & Chetty, 2021).

Conținutul în proteine din hrișcă este de 11÷19%, 55% din acestea se află în embrion și 35% în endosperm, în timp ce restul se găsește în coajă. În comparație cu hrișca, proteinele din cereale se găsesc în cantitate de 10-20% în embrion și 80-90% în endosperm (Wijngaard *et al.*, 2005). Proteinele din hrișcă sunt ușor de digerat de corpul uman, sunt mai valoroase în comparație cu proteinele din cereale și prin valoarea nutrițională nu sunt inferioare proteinelor din leguminoase (Koshova *et al.*, 2017). Principala proteină din hrișcă este o globulină 13S considerată o proteină vegetală rară cu efect de scădere a colesterolului din sânge. De asemenea, hrișca conține lectine cu rol în reducerea proliferării tumorilor spontane și induse (Chetty & Chrungoo, 2021). Un aspect interesant este că proteinele din hrișcă au cel mai mare scor de aminoacizi de 100, în comparație cu cerealele (Podolska *et al.*, 2021).

Hrișca conține, de asemenea, acizi grași esențiali care nu sunt sintetizați în corpul uman și care trebuie să provină în dieta noastră din alimente. Conținutul de lipide din hrișcă (0,75–7,4%) este mai mare decât cel al grâului, fiind caracterizat printr-un grad ridicat de nesaturare, fapt de preferat din punct de vedere nutrițional (Coțovanu & Mironeasa, 2021). Lipidele din hrișcă sunt rezistente la oxidare, acest lucru face ca hrișca și produsele procesate să poată fi depozitate pe termen lung (Koshova *et al.*, 2017). Este valoroasă și pentru conținutul în fosfolipide, în special lecitină (Koshova *et al.*, 2017; Patil & Jena, 2020).

În hrișcă au fost identificați și o serie de compuși biofuncționali, cum ar fi: acizi fenolici, fitosteroli, inozitoli bioactivi (D-chiroinozitol și mio-inozitol), taninuri condensate, flavonoizi, precum rutina, orientina, homoorientina, vitexina, quercetina, izovitexina și izoorientina (Liu *et al.*, 2013; Deželak, M., 2014; Duliński *et al.*, 2019; Kowalska & Ziarno, 2020; Raguindin *et al.*, 2021). S-a constatat că specia *Fagopyrum tataricum* are un gust mult mai amar decât specia *Fagopyrum esculentum* datorat unui conținut mai ridicat în compuși fenolici și flavonoizi, cum ar fi rutina și quercetina (Liu *et al.*, 2019; Suzuki *et al.*, 2021). De asemenea, hrișca conține fagopirine și fagopiritol cu un potențial imens în controlul glicemic la persoanele cu diabet de tip II (Pirzadah *et al.*, 2020; Chetty & Chrungoo, 2021; Garkina *et al.*, 2021; Raguindin *et al.*, 2021). Rutina din hrișcă este un bioflavonoid cu proprietăți fiziologice și biologice importante, de exemplu, menține capilarele și arterele puternice și flexibile, pe lângă faptul că acționează ca un scut împotriva leziunilor gastrice, previne sângerările, îmbunătățește vederea și auzul, protejează împotriva luminii UV, a razelor X, a stresului oxidativ etc. (Pirzadah *et al.*, 2020; Appiani *et al.*, 2021; Iqbal *et al.*, 2021; Zhu, F., 2021). De subliniat faptul că, rutina, nu se găsește în niciun fel de cereale și pseudocereale, deci hrișca poate fi folosită ca o sursă bună de rutină dietetică (Deng *et al.*, 2019; Duliński, *et al.*, 2019).

Boabele de hrișcă sunt o sursă importantă de substanțe minerale (2,0÷2,5%), și anume, zinc, cupru, mangan, seleniu, fosfor, potasiu, sodiu, calciu, fier și magneziu (Kowalska & Ziarno, 2020; Huda *et al.*, 2021). Literatura de specialitate prezintă diferențe în cantitatea de substanțe minerale a celor două specii cultivate *Fagopyrum esculentum* și *Fagopyrum tataricum*. În timp ce specia *Fagopyrum tataricum* conține concentrații mai mari de sulf, calciu, cupru și molibden, specia *Fagopyrum esculentum* prezintă concentrații mai mari de seleniu, zinc, fier, cobalt și nichel (Podolska *et al.*, 2021). Hrișca conține o serie de vitamine din grupul B, B1 (3,3 mg/kg), B2 (10,6 mg/kg), B3(18,0 mg/kg), B5(11,0 mg/kg), B6(1,5 mg/kg), vitaminele A, C și E (Kowalska & Ziarno, 2020; Yilmaz *et al.*, 2020; Chetty & Chrungoo, 2021; Puligundla & Lim, 2021).

Primele preocupări în utilizarea hrișcăi la fabricarea berii au constat în folosirea acesteia ca materie primă nemaltificată pentru îmbunătățirea conținutului în extract al mustului de bere și reducerea costurilor de producție. Acest lucru s-a concretizat prin adaosul acestei pseudocereale sub formă de făină, crupe sau sub formă extrudată în etapa de plămădire. Pe de altă parte, valoarea nutrițională și randamentul sunt mai mari decât porumbul și grâul și, de asemenea, hrișca este mai rezistentă decât orzul și grâul la condițiile climatice nefavorabile de cultură (Koshova *et al.*, 2017).

Cercetătorii au continuat cu optimizarea procesului de maltificare în dorința de a utiliza malt de hrișcă 100% la obținerea berii fără gluten. Se cunoaște că, orzul și grâul, materiile prime convenționale utilizate pentru fabricarea berii conțin fragmente imunoreactive de proteine generatoare de gluten, hordeina, respectiv gliadina, care în cazul persoanelor ce suferă de boală celiacă pot provoca reacții alergice (Duliński *et al.*, 2019). Hrișca este o plantă dicotiledonată spre deosebire de orz sau grâu, care sunt plante monocotiledonate, deci cu o localizare diferită a compușilor de rezervă din bob, așa cum a fost prezentat la punctul 2.2. Datorită acestei diferențe de structură, producția de enzime și, prin urmare, procesul de maltificare, pot diferi între hrișcă și orz sau grâu (Phiarais *et al.*, 2006).

Malțificarea boabelor de hrișcă include operațiile tehnologice specifice procesului de obținere a malțului de orz sau malțului de grâu, și anume, înmuierea, germinarea și uscarea, proces prin care se produc importante modificări fiziologice ale boabelor. Wijngaard *et al.* (2006) au subliniat că aceste modificări depind de condițiile de malțificare, de enzimele care afectează boabele și de structura boabelor de hrișcă. Datorită diferențelor structurale și compoziționale între boabele de orz și de hrișcă, condițiile de malțificare trebuie adaptate în consecință (Wijngaard *et al.*, 2006). Studiile întreprinse de specialiști s-au concentrat pe optimizarea parametrilor specifici fiecărei etape ai procesului de malțificare (Giménez-Bastida *et al.*, 2015). În tabelul 2.5 sunt sintetizate rezultatele acestor studii publicate în literatura de specialitate. Rezultatele obținute până acum sugerează cu tărie că hrișca, atunci când este malțificată în mod optim, prezintă potențial ca alternativă fără gluten la malț în scopuri de fabricare a berii (Arendt & Dal Bello, 2011).

Wijngaard *et al.* (2005) au sugerat un timp optim de înmuiere a hrișcăi în intervalul 7-13 h, un interval în care s-a găsit un echilibru între calitatea dorită și randamentul de obținere a malțului-produs finit. La sfârșitul operației de înmuiere conținutul optim de umiditate a hrișcăi a variat între 40 și 45%. Pentru a optimiza parametrii de germinare, Wijngaard *et al.* (2005) au germinat hrișca la patru temperaturi diferite de germinare, 9,5, 14,9, 16,5, și 20,2°C și au ajuns la concluzia că, caracteristicile optime ale malțului de hrișcă rezultat au fost obținute atunci când hrișca a fost germinată la 16,5°C și 20,2°C (Wijngaard *et al.*, 2006). Totuși, ei au arătat că, activitate amilolitică a fost mai redusă în comparație cu cea a malțului de orz, o soluție propusă pentru remedierea acestui aspect a fost ca timpul de malțificare să fie prelungit. În comparație cu malțul de orz, malțul de hrișcă a prezentat și un nivel scăzut de glucide fermentescibile și o friabilitate ridicată (Wijngaard *et al.*, 2007).

Zarnkow *et al.* (2005) au folosit pentru malțificare hrișcă decorticată și au determinat parametrii optimi de germinare: temperatura de germinare, 19°C, timpul de germinare, cinci zile. Tot ei au recomandat ca operația tehnologică de uscare a malțului verde să se efectueze în mai multe etape pentru a nu afecta activitatea enzimatică. Wijngaard *et al.* (2006) au studiat efectul timpului de germinare asupra calității malțului de hrișcă și au ajuns la concluzia că la o temperatură a aerului de 15°C, timp de patru sau cinci zile de germinare, boabele de hrișcă sunt suficient de modificate, dar nutrienții nu au fost încă epuizați. Într-un studiu efectuat de Agu *et al.* (2012) s-a ajuns la concluzia că, niveluri ridicate de α amilază se înregistrează în malțul de hrișcă atunci când temperatura de germinare a fost de 20°C.

Nic Phiarais *et al.* (2005) au investigat impactul operației tehnologice de uscare a malțului verde de hrișcă asupra activităților enzimelor α -amilaza, β -amilaza, β -glucanaza și proteaza din malțul de hrișcă-produs finit, în condiții de înmuiere și germinare optimizate. În urma studiului efectuat s-a constatat că toate aceste activități enzimatică scad în timpul uscării la 40°C, timp de 48 de ore. Ei au recomandat ca operația tehnologică de uscare să se realizeze în două etape, la diferite temperaturi și pe perioade mai scurte de timp. Zweytick *et al.* (2005) au obținut malț de hrișcă aplicând 2 ore de înmuiere, 4 zile de germinare și 26 de ore de uscare la 80°C. Berea produsă din acest malț a fost opacă, culoare maro, cu stabilitatea spumei slabă și gustul amar.

Obținerea berii din malț de hrișcă 100% a reprezentat o adevărată provocare pentru specialiștii din domeniu. Brasajul a fost prima etapă în producția de bere din malț de hrișcă care a fost optimizată. Mustul derivat din malț de hrișcă a prezentat valori scăzute de fermentabilitate și niveluri ridicate de vâscozitate în comparație cu mustul derivat din malț de orz (Arendt & Dal Bello, 2011). Malțul de hrișcă are activitate amilolitică mai scăzută decât malțul de orz sau de grâu, ceea ce poate conduce la dificultăți în procesul de obținere a berii-produs finit, cum ar fi randamente reduse de extract, vâscozități ridicate ale mustului de bere, rate scăzute de filtrare și probleme de fermentare (Giménez-Bastida *et al.*, 2015). Nic Phiarais *et al.* (2006) au arătat că adăugarea de preparate enzimatică comerciale a îmbunătățit procesul

de filtrare și calitatea berii de hrișcă prin creșterea conținutului de extract, randamentul de obținere și extractul total fermentescibil. Aceste efecte le-au obținut Wijngaard și Arendt (2006) care au dezvoltat o diagramă de plămădire pentru malț de hrișcă 100%, prin optimizarea celor doi parametri importanți, temperatura și timpul de plămădire. Nic Phiaris *et al.* (2010), au obținut o bere din malț de hrișcă 100% cu caracteristici asemănătoare berii de grâu, în ceea ce privește pH-ul, conținutul în azot, gradul de fermentare și conținutul în alcool. În plus, o analiză senzorială a arătat că această bere era acceptabilă în ceea ce privește mirosul, puritatea gustului și amăreala. În procesul de plămădire se recomandă să se respecte următorii parametri: 15 minute la 35°C sau 15 minute la 45°C; 40 minute la 65°C; 30 minute la 72°; 10 minute la 78°C. Deși s-a constatat că temperatura optimă de gelatinizare a hrișcăi este de 67°C, temperatura optimă de zaharificare a fost de 65°C. Toate aceste cercetări au condus la rezultate promițătoare în ceea ce privește calitatea berii din malț de hrișcă 100%, însă, sunt necesare studii privind optimizarea condițiilor de malțificare și plămădire. Mai mult, parametrii de calitate ai malțului de hrișcă și caracteristicile senzoriale ale berii de hrișcă-produs finit sunt aspecte care nu au fost încă investigate în profunzime (Giménez-Bastida *et al.*, 2015).

Concluzii parțiale. Cercetările efectuate până în prezent demonstrează posibilitățile reale de utilizare ale altor materii prime neconvenționale în procesul de fabricare a berii, de la simpli adjuvanți sub formă de cereale nemalțificate, făină, crupe, fulgi, boabe extrudate sau expandate la obținerea unor sortimente fabricate din 100% materii prime neconvenționale.

Rezultatele indică faptul că pentru îmbunătățirea și optimizarea în continuare a caracteristicilor de calitate ale berii – produs finit, pot fi utile combinații de diferite materii prime neconvenționale. Dacă hrișca și-a dovedit până acum calitățile în obținerea de produse finite apreciate de consumatori, mai rămâne ca și amarantul să-și găsească aplicabilitate în această industrie, prin calitățile funcționale și nutriționale pe care le posedă și care nu au fost încă exploatare în totalitate.

În ultimii ani, studiile de cercetare privind utilizarea hrișcăi și amarantului la fabricarea berilor fără gluten s-au intensificat având în vedere și creșterea numărului de persoane ce suferă de boala celiacă. De asemenea, aceste posibile materii prime vor continua să atragă atenția consumatorilor cu diferite preferințe de gust și aromă sau consumatorilor cu afecțiuni medicale. Posibilitățile sunt nelimitate atunci când se optimizează rețeta de fabricație în activitatea de inovare a specialiștilor, ce au în vedere și eficiența și eficacitatea procesului de fabricare a noilor sortimente de bere.

Porumbul este cea mai versatilă cultură monetară emergentă, având o adaptabilitate mai largă în condiții climatice variate și numită regina cerealelor la nivel global. Sorgul este o cereală apropiată genetic de porumb, este numită și planta-cămilă datorită rezistenței sale la condiții extreme de secetă, fiind un aliment de bază important în multe regiuni semi-aride ale lumii în curs de dezvoltare.

Cu toate acestea, există unele limitări în utilizarea acestor două cereale: porumbul are boabele golașe, nu are o coajă care să acționeze ca adjuvant pentru filtrare și are un nivel scăzut de activitate enzimatică. Structura bobului de sorg este similară cu cea a porumbului; nu are coajă, iar stratul aleuronic inhibă fluxul de enzime. Mai mult decât atât, dezvoltarea enzimelor amilolitice în timpul germinării porumbului și sorgului este mult mai mică decât la orz. În țări din întreaga lume, berea artizanală și funcțională a reînviat sortimente vechi, și a creat noi sortimente, în misiunea specialiștilor de a introduce beri speciale cu un gust deplin și o prelucrare eficientă. Noile sortimente sunt create folosind diferite combinații de ingrediente sau modificări în procesul de fabricare a berii. Rezultatele indică faptul că industria și cercetarea științifică pot promova inovația în crearea de noi sortimente de bere, într-un mod bine structurat folosind materii prime neconvenționale, contribuind la îmbunătățirea calității produselor și la reducerea abaterilor de calitate.

CAPITOLUL III

MATERIALE, METODE DE ANALIZĂ, APARATURĂ

În experimentări s-a utilizat:

- hrișcă comună (*Fagopyrum esculentum*), din recolta anului 2020, procurată de la un fermier local din județul Suceava;
- sorg cultivat în partea de est a României din recolta anului 2021;
- orzul și malțul de orz au fost obținute de la compania Bermas Suceava, România; malțul de orz a fost utilizat ca probă martor pentru toate probele de malț și de bere obținute;
- malț de sorg și malț de hrișcă de proveniență SUA (Pennsylvania Craft Malt);
- hamei tip Amarillo Yachima Chief (Yakima, WA, SUA), recolta 2019;
- drojdie de bere Fermentis tip 74/30 (Marquette-lez-Lille, France);
- preparate enzimatiche de la Novozyme Company (Bagsvaerd, Danemarca), și anume Termamyl Classic cu α -amilază termostabilă.

Materiile prime folosite în rețelele de fabricație au fost inițial cântărite, amestecate, apoi supuse măcinării.

Proprietățile materiilor prime și mustului au fost determinate pentru probele de orz și hrișcă în conformitate cu procedurile standard ale ultimelor versiuni ale Analytica EBC Analytica propusă de Convenția Europeană de Bere: umiditatea (EBC 4.2), conținutul de corpuri străine (EBC 4.22), rata de zaharificare și viteza de filtrare (EBC 4.5.1), culoarea mustului (EBC 4.7.1) și conținutul în aminoacizi liberi din must (FAN, EBC 8.10.1) cu spectrofotometru Hach Lange DM 6000 (Hach Lange GmbH, Düsseldorf, Germania), pH -ul mustului de bere (EBC 8.17) cu ajutorul unui pH-metru WTW Inolab 720 (Xylem Analytics, Ingolstadt, Germania), extractul original (EBC 8.3), Extractul malțului, plămada Congress (EBC 8.2.1), fermentescibilitatea, atenuarea finală a mustului de laborator din malț (EBC 4.11.2) cu Anton Paar Alex (Anton Paar Austria 158 GmbH, Graz, Austria); conținutul în azot total al malțului (EBC 4.3.1), conținutul în azot solubil al malțului (EBC 4.9.1), cu Velp Scientifica UDK (Velp Scientifica SRL, Usmate, Italia). Pentru fiecare plămadă, un vas a fost utilizat pentru determinarea analitică, iar rezultatul prezintă media și abaterea standard. Determinările din același eșantion au fost efectuate în trei exemplare pentru analiză, iar valorile medii au fost utilizate în acest studiu.

Pentru berea – produs finit, au fost efectuate următoarele analize fizico-chimice în conformitate cu procedurile standard ale celor mai recente versiuni ale Analytica EBC propusă de Convenția Europeană de Bere: Extractul original și densitatea originală (EBC 9.43.2), conținutul de alcool (% v/v, % m/m; EBC 9.2.1), turbiditate, turbiditate S25/S0, Turbiditate S90/S0; EBC 9.29), pH (EBC 9.35), conținut de CO₂ (EBC 9.28.3), conținut în O₂ (EBC 9.37.1), calorii KJ/100 mL (EBC 9.45) Anton Paar Modular DMAmeter (Anton Paar Austria 158 GmbH, Graz, Austria, Austria,), culoare (EBC 9.6) și valoare amară (EBC 9.8) cu spectrofotometru Hach Lange DM 6000 (Hach Lange GmbH, Düsseldorf, Germania). Trei determinări din același eșantion au fost efectuate în paralel pentru analiză, iar valoarea medie a fost utilizată în acest studiu.

Metode de analiză statistică. Pentru evaluarea statistică a datelor, s-a efectuat o analiză unidirecțională a varianței (ANOVA) și testul HSD al lui Tukey pentru comparații multiple. Diferențele dintre medii au fost considerate semnificative statistic pentru valorile $p \leq 0,01$. Datele care arată variația parametrilor au fost reprezentate grafic folosind software-ul de proiectare pentru experiment (Design Expert, versiune de probă, Minneapolis, SUA). Folosind Microsoft Excel, valoarea medie a evaluatorilor a datelor senzoriale a fost reprezentată grafic. Analiza componentelor principale (PCA) a fost efectuată folosind software-ul XLSTAT pentru a sublinia corelațiile și diferențele dintre caracteristicile senzoriale și fizico-chimice ale probelor și variabilitatea acestora în funcție de aceste variabile.

CAPITOLUL IV

CERCETĂRI PRIVIND OBTINEREA ÎN CONDIȚII DE LABORATOR A MALȚULUI DE HRIȘCĂ

În câteva studii anterioare hrișca a fost utilizată ca adjuvant sau sub formă de malț la fabricarea berii (Phiarais *et al.*, 2006; Wijngaard *et al.*, 2006; Giménez-Bastida *et al.*, 2015; Deng *et al.*, 2019; Brasil *et al.*, 2020; Dabija *et al.*, 2022). În comparație cu alte produse fără gluten, cum ar fi orezul, hrișca s-a dovedit a fi excelentă pentru elaborarea berii fără gluten (Giménez-Bastida *et al.*, 2015). Malțificarea boabelor de hrișcă include înmuierea, germinarea și procesul de uscare, ducând la unele modificări fiziologice și fizico-chimice ale boabelor de hrișcă. Datorită diferențelor structurale și compoziționale între bobul de orz și achena de hrișcă, optimizarea condițiilor de malțificare este esențială pentru creșterea calității produsului finit, malțul de hrișcă (Phiarais *et al.*, 2006; Wijngaard *et al.*, 2006; Giménez-Bastida *et al.*, 2015).

Au fost propuse mai multe variante tehnologice pentru obținerea malțului de hrișcă și în toate cazurile s-a determinat o activitate enzimatică semnificativ mai mică comparativ cu malțul de orz (Dabija *et al.*, 2022). Studiile anterioare au arătat că nivelurile de activitate α - și β -amilazică sunt mai scăzute în malțul de hrișcă decât cele de orz. Datorită nivelului scăzut al acestor enzime esențiale, plămădirea folosind 100% hrișcă malțificată fără ajutorul enzimelor comerciale poate duce la caracteristici nedorite, cum ar fi randamente reduse de extract, vâscozități ridicate ale mustului, rate scăzute de filtrare și probleme de fermentare (Giménez-Bastida *et al.*, 2015; Deng *et al.*, 2019; Brasil *et al.*, 2020). În consecință sunt necesare studii viitoare pentru a optimiza condițiile de malțificare și plămădire. Mai mult, parametrii de calitate ai malțurilor și caracteristicile senzoriale ale produselor finite sunt aspecte care nu au fost încă investigate în profunzime (Dabija *et al.*, 2020).

Conducerea procesului de malțificare are, în general, drept obiectiv obținerea unui malț cu calități biotehnologice superioare, cu cheltuieli minime de producție și productivitate ridicată. Printr-o dirijare rațională a parametrilor tehnologici în timpul malțificării aceste obiective pot fi atinse.

Prin acest studiu s-a stabilit, în condiții de laborator, plecând de la o materie primă existentă cu indicii fizico-chimici de calitate determinați în prealabil, tehnologia de malțificare din care să rezulte un malț de hrișcă cu calități biotehnologice superioare destinat fabricării berii. De asemenea, s-a propus un studiu comparativ între calitatea malțului de hrișcă obținut în condiții de micromaltaj și malțul de orz, materie primă convențională utilizată la fabricarea berii.

Hrișca a fost supusă unei proceduri de micromalțificare într-o cameră cu temperatură controlată, în vase de sticlă, un uscător și o serie de site pentru degerminare manuală. Pentru malțificare au fost aplicate patru variante, utilizând diferiți parametri (temperatură și timp), pentru operațiile de înmuiere, germinare și uscare:

- varianta 1 (V1): 5h înmuiere umedă la 16°C, 19h înmuiere uscată, 4h înmuiere umedă, 20h înmuiere uscată, 4 zile germinare, 24h uscare la 50°C;
- varianta 2 (V2): 3h înmuiere umedă la 16°C, 2h înmuiere uscată, 16h înmuiere umedă, 4 zile germinare, 24h uscare la 50°C;
- varianta 3 (V3): 2h înmuiere umedă la 15°C, 1h înmuiere uscată, 2h înmuiere umedă, adaos de soluție NaOH 0,3%, clătire cu apă, 15h înmuiere uscată, 3h înmuiere umedă, 5 zile germinare, 5h uscare la 40°C, 19h uscare la 50°C;

- varianta 4 (V4): 1h înmuiere umedă la 20°C, adaos de soluție NaOH 0,3%, clătire cu apă, 1h înmuiere uscată, 19h înmuiere umedă; 5 zile germinare, 5h uscare la 40°C, 19h uscare la 50°C.

Umiditatea malțului a fost determinată prin uscarea la etuvă la 103±2°C în conformitate cu metoda EBC. Rezultatele au fost exprimate în procente de umiditate.

Pentru evaluarea parametrilor de calitate ai malțului, probele de malț au fost supuse brasajului experimental prin metoda Congress conform metodei EBC, iar determinările au fost efectuate pe mustul de laborator obținut. Pentru probele de malț obținute în toate cele patru variante experimentale de malțificare s-au determinat randamentul în extract, durata de zaharificare, durata de filtrare, diferența de extract între malțul măcinat fin și grosier, indicele Kolbach, pH-ul și culoarea mustului în conformitate cu metodele EBC. S-au efectuat în paralel trei determinări din aceeași probă pentru analiză și valoarea medie a fost utilizată în acest studiu.

Orzul și malțul de orz au fost analizate în prealabil. Caracteristicile orzului și hrișcăi nemalțificate sunt prezentate în tabelul 4.1.

Tabelul 4.1.

Rezultate ale evaluării fizico-chimice a probelor de orz și hrișcă folosite în experimentări

Caracteristici	Valori obținute pentru:	
	Orz	Hrișcă
Umiditate, %	11,00±0,20	10,63±0,15
Masa a 1000 boabe, g	39,87±0,12	27,60±0,36
Corpuri străine, total, din care, %:	3,23±0,15	6,77±0,25
- corpuri inerte minerale;	0,12±0,02	2,37±0,15
- corpuri inerte organice;	0,10±0,02	1,63±0,15
- semințe de buruieni;	0,67±0,15	2,77±0,08
- spărturi și semințe fără embrion;	2,20±0,17	-
- semințe golașe.	0,14±0,02	-
Energie de germinare, %	85±1,00	95±1,00
Capacitate de germinare, %	90±3,46	98±1,00
Sensibilitate la apă	40±1,00	45±2,00
Substanțe proteice, %	10,80±0,26	11,30±0,17
Amidon, % față de s.u.	62,00±2,00	67,00±1,00

Analizând rezultatele prezentate pentru probele de orz, din punct de vedere al producătorului de malț destinat fabricării berii, se pot trage următoarele concluzii:

- toți indicii de calitate (cu excepția sensibilității la apă) se încadrează în standardul românesc pentru orz – materie primă pentru fabricarea berii;
- masa a 1000 de boabe ne dă indicații asupra mărimii boabelor, soiul de orz analizat este un soi cu boabe medii;
- procentul ridicat de boabe rămase negerminate după cinci zile (10%) va îngreuna procesul de malțificare (aceste boabe vor rămâne nesolubilizate) și va reduce randamentul în extract;
- orzul analizat prezintă o sensibilitate mărită la apă ceea ce va necesita aplicarea unor măsuri speciale în procesul de malțificare. Sensibilitatea la apă foarte mare poate fi redusă prin următoarele procedee:
 - o înmuieri cu pauze scurte sub apă și pauze lungi fără apă;
 - o aplicarea procedurii de reînmuier;
 - o adaosul în apa de înmuier de apă oxigenată (perhidrol), acid giberelic sau săruri ale acidului giberelic, agenți oxidanți, metale grele.

Conținutul în amidon prezintă o valoare ridicată ce va contribui la obținerea unui malț cu un conținut superior în extract. Corelat cu conținutul ridicat în amidon, orzul prezintă un conținut mai sărac în substanțe proteice ce va fi benefic procesului de malțificare.

Indicii de calitate determinați prin analiza fizico-chimică a orzului confirmă faptul că acesta poate fi utilizat ca materie primă la fabricarea malțului pentru industria berii. Comparativ, probele de hrișcă prezintă indici de calitate inferiori probei de orz, în ceea ce privește masa a 1000 de boabe și conținutul în corpuri străine. Energia și capacitatea de germinare au înregistrat valori mai mari decât proba de orz, deci, în concluzie hrișca analizată poate fi supusă procesului de malțificare.

Stadiile de dezvoltare ale hrișcăi la diferitele perioade de prelevare a probelor din timpul germinării (V4) sunt prezentate în figura 4.3. A fost interesant de observat că hrișca a produs o singură rădăcină lungă, cu o absență vizibilă a radicelelor. Acesta este diferit de sistemul de rădăcile cu 3-4 ramificații întâlnit la germinarea orzului (Agu *et al.*, 2012).



Figura 4.3. Diferite stadii de germinare pentru hrișcă (V4)

Evaluarea calității malțului a fost efectuată pe mustul obținut prin metoda Congress, o parte esențială a analizei de rutină a malțului (Phiarais *et al.*, 2006). În tabelul 4.2. sunt prezentați sintetic parametrii care au fost determinați în timpul brasajului experimental prin metoda Congress.

Din analiza globală a datelor prezentate în urma aprecierii malțului în condiții de laborator, se observă că, din cele patru variante de malțificare aplicate, rezultatele cele mai bune, reflectate în indicii de calitate determinați, s-au obținut prin aplicarea variantei 4 de malțificare.

Se cunoaște că, umiditatea malțului are o mare importanță dacă se ține seama de câștigul de extract care se realizează la un conținut mare de apă. Dar, la un conținut mare de apă calitatea malțului are de suferit pe timpul depozitării, își pierde din aromă, își modifică gradul de solubilizare în timpul depozitării, provoacă greutatea la măcinare și duce la obținerea unor beri cu însușiri gustative și stabilitate coloidală mai scăzută. În toate variantele experimentale s-a obținut un malț cu o umiditate corespunzătoare, după cum se observă și din datele din tabelul 4.2. Aceste rezultate sunt în concordanță cu cele obținute de Deželak M. *et al.* (2014).

Tabelul 4.2.

Parametrii medii ai malțului de hrișcă determinați pentru variantele experimentale

Caracteristicile de calitate	Varianta			
	V1	V2	V3	V4
Umiditate, %	4,90±0,10	4,75±0,22	5,12±0,15	4,68±0,09
Culoare, EBC	4,77±0,25	4,90±0,26	4,77±0,21	4,60±0,10
Randament în extract, % s.u.	63,75±0,89	63,05±1,29	64,78±1,85	65,62±0,60
Durata de zaharificare, min.	28±1,00	26±1,00	25±2,00	24±2,00
Durata de filtrare, min.	45±1,00	48±2,00	46±2,00	42±2,00
pH-ul mustului	5,97±0,12	6,17±0,15	6,0±0,17	6,03±0,21
Cifra Kolbach	25,37±0,73	24,39±1,59	24,81±0,98	26,38±0,60
Diferența de extract, %s.u.	3,80±0,10	3,50±0,15	3,60±0,20	3,03±0,15

Malțul obținut, prin toate variantele experimentate de malțificare corespunde tipului de malț blond, malțul cel mai deschis la culoare s-a obținut în varianta 4 de malțificare. Acest indicator de calitate nu oferă informații sigure despre viitoarea culoare a berii, dar în cadrul analizei malțului ne oferă indicații despre tipul de malț respectiv.

Durata de zaharificare prezintă valori apropiate pentru toate cele patru probe de malț supuse analizei. Wijngaard *et al.* (2015) au raportat că temperaturile de gelatinizare ale malțurilor de hrișcă au variat între 65,76-67,12°C. Prin urmare, este mai probabil ca durata de zaharificare mai lungă să se fi datorat activităților amilolitice relativ scăzute ale malțului de hrișcă în comparație cu malțul de orz.

În ceea ce privește durata de filtrare aceasta ne furnizează informații despre nivelul atins de solubilizare a malțului, despre compoziția realizată în urma intervenției enzimelor la malțificare și nu în ultimul rând despre posibile probleme ce pot surveni la faza de filtrare în producție. Observația de ansamblu care se desprinde din compararea valorilor la acest indicator este aceea că, nici una din probele de malț supuse analizei nu a atins sau depășit valoarea maximă recomandată de normele EBC, respectiv de 60 minute, de la care malțul este considerat insuficient solubilizat.

Valoarea pH-ului are influență asupra proceselor de descompunere enzimatică și determină solubilizarea proteinelor, a substanțelor amare din hamei și culoarea la fierberea mustului. Există o dependență între pH-ul mustului și cel al berii obținută din aceasta. Berile cu valori mari ale pH-ului sunt expuse tulburărilor fizico-chimice datorită insuficienței coagulării a proteinelor la fierbere. Valoarea pH-ului la probele de malț analizate este aproximativ constantă, ceea ce ne arată că procesul tehnologic de obținere a malțului a decurs normal, fără variația parametrilor tehnologici în toate cele patru variante experimentate.

Randamentul în extract al malțului variază între 63,72% (varianta 1) și 65,59% (varianta 4), deci prezintă valori apropiate, acest indice însumând totalitatea substanțelor solubile. Rezultate asemănătoare au fost obținute și de Phiarais *et al.* (2006) care au obținut un randament în extract cuprins între 61,8% și 69,2%.

Indicele Kolbach este o măsură pentru dezagregarea proteolitică a malțului și un indiciu cu privire la conținutul de enzime proteolitice al malțului. Semnificația cifrei Kolbach este limitată de faptul că depinde de conținutul de azot total și de proveniența materiei prime și totdeauna trebuie examinată în corelație cu conținutul de azot total. Analizând datele prezentate în tabelul 4.2 putem spune că toate probele de malț sunt insuficient dezagregate, ceea ce ne conduce la concluzia de a recomanda utilizarea unor enzime proteolitice exogene în procesul de plămădire.

Diferența de randament între măcinașul fin și cel grosier reprezintă un criteriu important pentru solubilizarea hemicelulozelor și în același timp și pentru capacitatea enzimatică a malțului. Toate probele de malț analizate au prezentat o bună solubilizare citolitică, cea mai bună valoare de 3% o prezintă malțul obținut prin varianta 4 de malțificare.

În tabelul 4.3 sunt sintetizate caracteristicile fizico-chimice ale malțului de orz luat în acest studiu comparativ cu caracteristicile malțului de hrișcă obținut prin varianta 4 de malțificare.

Tabelul 4.3.

Caracteristici fizico-chimice pentru malțul de orz și malțul de hrișcă

Indicele de calitate	Malț de orz	Malț de hrișcă
Umiditate, %	5,00±0,10	4,68±0,09
Culoare, unit. EBC	3,80±0,20	4,60±0,10
Randament în extract, % s.u.	78,00±2,00	65,62±0,60
Durata de zaharificare, min.	15±0,35	24±2,00
Durata de filtrare, min.	38±2,00	42±2,00
pH must	5,90±0,10	6,03±0,21
Indice Kolbach	38±2,00	26.38±0.60
Diferența de extract, % s.u.	3.0±0.20	3.03±0.15

Din analiza comparativă a datelor prezentate se observă că, malțul de hrișcă obținut prin varianta 4 de malțificare prezintă indici de calitate acceptabili pentru industria berii. Malțul de hrișcă obținut prezintă valori comparative cu malțul de orz în ceea ce privește pH-ul mustului și diferența de extract, valori mai mici înregistrându-se pentru randamentul în extract, indicele Kolbach, durata de zaharificare și durata de filtrare. S-a constatat că pH-ul mustului de hrișcă este de 6,0 foarte apropiat de cel al mustului de orz care a fost de 5,9.

Wijngaard *et al.* (2005) au explicat că, datorită diferențelor botanice între orz și hrișcă, producția de enzime și, prin urmare, procesul de malțificare va diferi, iar malțul-produs finit va avea unele caracteristici fizico-chimice diferite. Este bine cunoscut faptul că orzul este o plantă monocotiledonică, iar hrișca este o plantă dicotiledonică. Nivelurile de activitate amilolitică și, prin urmare, randamentul în extract este scăzut în comparație cu malțul de orz, dar procedurile de malțificare pot fi probabil optimizate prin adăugarea de preparate enzimatiche comerciale.

Concluzii parțiale. Calitatea materiei prime supuse malțificării are o influență hotărâtoare în realizarea unui malț de calitate optimă pentru fabricarea berii. În urma aprecierii calității după indicii determinați în laborator, orzul și hrișca analizate îndeplinesc condițiile tehnice de calitate pentru fabricarea malțului destinat industriei berii.

Din datele furnizate de literatura de specialitate au fost selecționate metode de malțificare care s-au pretat calităților tehnologice ale materiilor prime analizate. S-au stabilit parametrii pentru fiecare operație tehnologică și s-au întocmit diagramele de lucru pentru patru variante de malțificare.

Malțul – produs finit a fost analizat din punct de vedere fizico-chimic și pe baza rezultatelor prezentate s-a arătat că malțul obținut prin varianta 4 de malțificare prezintă valori superioare la majoritatea indicatorilor determinați, fapt ce o recomandă ca o variantă optimă de malțificare pentru probele de hrișcă luate în studiu. Diferențele botanice dintre orz și hrișcă au condus la diferențe și între parametrii malțurilor rezultate. Se impune verificarea în condiții industriale a variantei optime stabilită în condiții de laborator. Definitivarea diagramelor de lucru se recomandă a se efectua numai după parcurgerea industrială a unui ciclu de malțificare. De asemenea, cercetările vor continua prin optimizarea procesului de plămădire-zaharificare la utilizarea malțului de hrișcă –materie primă și evaluarea calității berii de hrișcă - produs finit.

CAPITOLUL V

CERCETĂRI PRIVIND OBTINEREA ÎN CONDIȚII DE LABORATOR A MALȚULUI DE SORG

Sorgul (*Sorghum vulgare*) este a cincea cea mai importantă cultură de cereale din lume după orez, grâu, porumb și orz din punct de vedere cantitativ și cea mai cultivată cereală din Africa, după porumb. Sorgul reprezintă de asemenea, una dintre cele mai versatile culturi de cereale de pe continentul african, servind ca hrană pentru milioane de oameni. Până în prezent, există mai mult de 10.000 de soiuri de sorg și se dezvoltă mai multe prin cercetarea continuă de creștere a plantelor pentru a selecta caracteristicile dorite în noile soiuri ce diferă prin pigmentare, dimensiune, structură, textură, duritate și caracteristici biochimice. Prin compoziția sa, sorgul s-a dovedit a fi sigur pentru consum în cazul persoanelor cu boală celiacă. Literatura de specialitate este relativ limitată în comparație cu cea a porumbului și orezului în explorarea sorgului pentru producția de produse alimentare fără gluten, cum ar fi produse de panificație, patiserie-cofetărie, paste făinoase, băuturi alcoolice și nealcoolice etc.

În țările africane există deja o tradiție cu valoare socio-culturală și nutrițională de a obține bere de sorg, atât ca sorg malțificat, cât și ca adjuvant, utilizând fie metode tradiționale sau metode clasice (Espinosa-Ramirez *et al.*, 2013, Khoddami *et al.*, 2017). Prezența berilor de sorg pe piață reprezintă o recunoaștere a posibilității utilizării acestei cereale la fabricarea berii. Pentru a îmbunătăți proprietățile senzoriale ale produsului finit literatura de specialitate recomandă folosirea sorgului în combinație cu alte cereale (Ciocan *et al.*, 2023).

Sorgul este o sursă excelentă de proteine, vitamine din grupul B, minerale și constituenți care promovează sănătatea, cum ar fi antioxidanți fenolici, fibre și ceară care scad colesterolul. În ceea ce privește sorgul nemalțificat, s-a constatat că, calitatea senzorială a berii care a fost obținută cu 50% sorg nemalțificat este similară cu cea a berilor obținute din 100% malț de orz, deși au stabilități mai mici ale spumei (Dabija *et al.*, 2022).

Ogbonna & Adejemilu au elaborat recenzii privind producerea berii din sorg, care evidențiază dificultățile tehnologice cu care se confruntă malțificarea și producerea berii de sorg. Recenzii cuprinzătoare mai recente privind obținerea berii lager de sorg, în special malțul de sorg, au fost elaborate și de Agu *et al.* Datorită problemelor asociate cu sorgul malțificat, cum ar fi dezvoltarea unei puteri diastatice insuficiente, modificarea limitată a proteinelor, costuri mari de malțificare, pierderi mari la malțificare, alături de necesitatea de a suplimenta plămăzile cu enzime exogene, ar putea părea mai fezabil să se utilizeze plămăze de sorg nemalțificat și adaos exogen de preparate enzimatic. Goode *et al.*, au descoperit că, atunci când se utilizează condiții de plămădire optimizate, musturile acceptabile ar putea fi produse din 100% sorg nemalțificat, atunci când nivelurile optimizate ale unei α -amilaza stabilă, α -amilaza fungică și o protează bacteriană au fost încorporate în plămadă. Goode *et al.*, au găsit, de asemenea, că programul de plămădire este potrivit atunci când se utilizează sorg nigerian alb, nemalțificat, ca adjuvant în diferite proporții față de malțul de orz. Espinosa-Ramirez *et al.* (2013) au produs cu succes beri lager din diferite tipuri de malțuri de sorg pentru berea fără gluten, utilizând în procesul de plămădire-zaharificare β -amilază sau amiloglucozidază. Procesul de malțificare are impact asupra abundenței și profilului substanțelor fitochimice din boabele de sorg, care, la rândul său, au o influență asupra efectelor potențiale de sănătate ale produsului finit. Elmaki *et al.* au raportat o scădere semnificativă a conținutului de tanin în timpul germinării. Osuntogun *et al.* au constatat, de asemenea, că conținutul total de polifenoli și tanin al diferitelor soiuri de sorg a scăzut în timpul malțificării. În schimb, alți cercetători au observat o creștere a conținutului în polifenoli în timpul germinării sorgului, inclusiv cantitatea de fenoli totali, taninuri, leucoantocianine totale și antocianine totale. Khoddami *et al.* au constatat, de asemenea, o creștere a conținutului de tanin în sorg după malțificare (Khoddami *et al.*, 2017).

Se propune un studiu comparativ între calitatea malțului de hrișcă obținut în condiții de micromaltaj și malțul de orz, materie primă convențională utilizată la fabricarea berii.

Sorgul a fost supus unei proceduri de micromalțificare într-o cameră cu temperatură controlată, în vase de sticlă, un uscător și o serie de site pentru degerminare manuală. Pentru malțificare au fost aplicate patru variante, utilizând diferiți parametri (temperatură și timp), pentru operațiile de înmuiere, germinare și uscare:

- varianta 1 (V1): 8h înmuiere umedă la 17°C, 10h înmuiere uscată, 2h înmuiere umedă la 17°C, 4 zile germinare, 6h uscare la 50°C, 4h uscare la 60°C, 2h la 65°C, 6h la 75°C (Khoddami *et al.*, 2017);
- varianta 2 (V2): 16h înmuiere umedă la 25°C, 2h înmuiere uscată, 16h înmuiere umedă la 30°C, 5 zile germinare, 24h uscare la 50°C (Amadi *et al.*, 2021);
- varianta 3 (V3): 10h înmuiere umedă la 28°C (în apă s-a adăugat 0,01% formaldehidă), 4 zile germinare, 24h uscare la 50°C (Rubio-Flores *et al.*, 2020);
- varianta 4 (V4): 18h înmuiere umedă la 20°C, la fiecare 6 h de înmuiere umedă, pauză de 30 minute de înmuiere uscată, 4 zile germinare, 3h uscare la 70°C (Ofoedu *et al.*, 2022).

Umiditatea malțului a fost determinată prin uscarea la etuvă la 103±2°C în conformitate cu metoda EBC. Rezultatele au fost exprimate în procente de umiditate.

Pentru evaluarea parametrilor de calitate ai malțului, probele de malț au fost supuse brasajului experimental prin metoda Congress conform metodei EBC descrisă în capitolul 3, iar determinările au fost efectuate pe mustul de laborator obținut. Pentru probele de malț obținute în toate cele patru variante experimentale de malțificare s-au determinat randamentul în extract, durata de zaharificare, durata de filtrare, diferența de extract între malțul măcinat fin și grosier, indicele Kolbach, pH-ul și culoarea mustului în conformitate cu metodele EBC. S-au efectuat în paralel trei determinări din aceeași probă pentru analiză și valoarea medie a fost utilizată în acest studiu.

Evaluarea calității malțului a fost efectuată pe mustul obținut prin metoda Congress, o parte esențială a analizei de rutină a malțului (Phiarais *et al.*, 2006). În tabelul 5.2. sunt prezentați sintetic parametrii care au fost determinați în timpul brasajului experimental prin metoda Congress.

Din analiza globală a datelor prezentate în urma aprecierii malțului în condiții de laborator, se observă că, din cele patru variante de malțificare aplicate, rezultatele cele mai bune, reflectate în indicii de calitate determinați, s-au obținut prin aplicarea variantei 2 de malțificare.

Se cunoaște că, umiditatea malțului are o mare importanță dacă se ține seama de câștigul de extract care se realizează la un conținut mare de apă. Dar, la un conținut mare de apă calitatea malțului are de suferit pe timpul depozitării, își pierde din aromă, își modifică gradul de solubilizare în timpul depozitării, provoacă greutatea la măcinare și duce la obținerea unor beri cu însușiri gustative și stabilitate coloidală mai scăzută. În toate variantele experimentale s-a obținut un malț cu o umiditate corespunzătoare, după cum se observă și din datele din tabelul nr.5.2. Aceste rezultate sunt în concordanță cu cele obținute de Ofoedu *et al.* (2022). Principalele modificări chimice pe care le suferă boabele în timpul malțificării sunt reducerea conținutului de amidon și hemiceluloză. În timpul acestui proces fiziologic, componentele legate de celule slăbesc din cauza sintezei enzimelor, precum celulele și arabinoxilanazele. Pereții celulari hidrolizați permit pătrunderea altor enzime relevante care vor degrada proteinele și amidonul (Rubio-Flores *et al.*, 2020).

Malțul obținut, prin toate variantele experimentate de malțificare corespunde tipului de malț blond, malțul cel mai deschis la culoare s-a obținut în varianta 2 de malțificare. Acest indicator de calitate nu oferă informații sigure despre viitoarea culoare a berii, dar în cadrul analizei malțului ne oferă indicații despre tipul de malț respectiv

Tabelul 5.2.

Parametrii medii ai malțului de sorg determinați pentru variantele experimentale

Caracteristicile de calitate	Varianta			
	V1	V2	V3	V4
Umiditate, %	5,14±0,10	5,20±0,10	5,12±0,10	5,40±0,14
Culoare, EBC	4,75±0,20	4,62±0,10	4,68±0,16	4,72±0,10
Randament în extract, % s.u.	56,28±0,64	61,10±1,02	59,74±1,26	58,22±0,52
Durata de zaharificare, min.	18,00±1,00	12,00±1,00	15,00±2,00	14,00±2,00
Durata de filtrare, min.	58,00±1,00	50,00±2,00	56,00±1,00	52,00±2,00
pH-ul mustului	5,67±0,12	5,65±0,10	5,61±0,15	5,75±0,12
Cifra Kolbach	32,30±0,50	34,24±1,20	33,54±0,15	31,42±0,50

Durata de zaharificare prezintă valori apropiate pentru toate cele patru probe de malț supuse analizei. În ceea ce privește durata de filtrare aceasta ne furnizează informații despre nivelul atins de solubilizare a malțului, despre compoziția realizată în urma intervenției enzimelor la malțificare și nu în ultimul rând despre posibile probleme ce pot surveni la faza de filtrare în producție. Observația de ansamblu care se desprinde din compararea valorilor la acest indicator este aceea că, nici una din probele de malț supuse analizei nu a atins sau depășit valoarea maximă recomandată de normele EBC, respectiv de 60 minute, de la care malțul este considerat insuficient solubilizat.

Valoarea pH-ului are influență asupra proceselor de descompunere enzimatică și determină solubilizarea proteinelor, a substanțelor amare din hamei și culoarea la fierberea mustului. Există o dependență între pH-ul mustului și cel al berii obținută din aceasta. Berile cu valori mari ale pH-ului sunt expuse tulburărilor fizico-chimice datorită insuficienței coagulării a proteinelor la fierbere. Valoarea pH-ului la probele de malț analizate este aproximativ constantă, ceea ce ne arată că procesul tehnologic de obținere a malțului a decurs normal, fără variația parametrilor tehnologici în toate cele patru variante experimentate.

Randamentul în extract al malțului variază între 56,28% (varianta 1) și 61,10% (varianta 2), deci prezintă valori apropiate, acest indice însumând totalitatea substanțelor solubile. Indicele Kolbach este o măsură pentru dezagregarea proteolitică a malțului și un indiciu cu privire la conținutul de enzime proteolitice al malțului. Semnificația cifrei Kolbach este limitată de faptul că depinde de conținutul de azot total și de proveniența materiei prime și totdeauna trebuie examinată în corelație cu conținutul de azot total. Analizând datele prezentate în tabelul 5.2 putem spune că toate probele de malț sunt insuficient dezagregate, ceea ce ne conduce la concluzia de a recomanda utilizarea unor enzime proteolitice exogene în procesul de plămădire. Diferența de randament între măcinașul fin și cel grosier reprezintă un criteriu important pentru solubilizarea hemicelulozelor și în același timp și pentru capacitatea enzimatică a malțului.

Concluzii parțiale. Sorgul poate fi utilizat cu succes pentru a produce malț obținându-se o calitate corespunzătoare a acestuia atunci când condițiile de malțificare precum timpul, umiditatea și temperaturile pe cele trei operații tehnologice, înmuierea, germinarea și uscarea sunt controlate. Calitatea materiei prime supuse malțificării are o influență hotărâtoare în realizarea unui malț de calitate optimă pentru fabricarea berii. În urma aprecierii calității după indicii de calitate determinați în laborator, orzul și sorgul analizate îndeplinesc condițiile tehnice de calitate pentru fabricarea malțului destinat industriei berii. S-au stabilit parametrii pentru fiecare operație tehnologică și s-au întocmit diagramele de lucru pentru patru variante de malțificare. Malțul – produs finit a fost analizat din punct de vedere fizico-chimic și pe baza rezultatelor prezentate s-a arătat că malțul obținut prin varianta 2 de malțificare prezintă valori superioare la majoritatea indicatorilor determinați, fapt ce o recomandă ca o variantă optimă de malțificare pentru probele de sorg luate în studiu.

CAPITOLUL VI

CERCETĂRI PRIVIND UTILIZAREA HRIȘCĂI ȘI A MALȚULUI DE HRIȘCĂ LA FABRICAREA BERII

Dintre pseudocereale, hrișca este una dintre cele mai citate materii prime în studiile efectuate pentru fabricarea malțurilor și berilor fără gluten și berilor funcționale, deoarece a demonstrat de-a lungul anilor rezultate deosebite în ceea ce privește productivitatea, activitatea enzimatică și compoziția chimică a produsului finit (Brasil *et al.*, 2020; Kowalska & Ziarno, 2020; Dabija *et al.*, 2022). S-a constatat că, utilizarea acestei materii prime la fabricarea berii afectează compoziția și proprietățile fizico-chimice și senzoriale ale produsului finit. Astfel, hrișca conține o cantitate mai mare de proteine și polifenoli de mare importanță care pot promova diferențe substanțiale în berea – produs finit (Brasil *et al.*, 2020). De exemplu, rutina din hrișcă este un bioflavonoid cu proprietăți fiziologice și biologice importante, protejează împotriva stresului oxidativ, acționează ca un scut împotriva leziunilor gastrice, previne sângerările, îmbunătățește vederea și auzul, menține capilarele și arterele puternice și flexibile etc. (Dabija *et al.*, 2022; Streimikyte *et al.*, 2022).

La malțificarea hrișcării cercetătorii au ajuns la concluzia că, activitate amilolitică a malțului obținut a fost mai redusă în comparație cu cea a malțului de orz (Dabija *et al.*, 2022). Enzimele amilolitice sunt cruciale pentru procesul de fabricare a berii, deoarece permit ca amidonul nefermentescibil să fie catalizat în glucide simple (Koller & Perkins, 2022). În comparație cu malțul de orz, malțul de hrișcă a prezentat și un nivel scăzut de glucide fermentescibile și o friabilitate ridicată. Pentru a remedia acest aspect unii cercetători sugerează utilizarea enzimelor exogene pentru a îmbunătăți degradarea amidonului și creșterea conținutului de alcool (Brasil *et al.*, 2020; Blšáková *et al.*, 2021). Pe de altă parte, malțificarea este un proces consumator de energie, iar fabricarea berii cu o proporție de adjuvanți nemalțificați a devenit o opțiune atractivă pentru reducerea costurilor și a amprentei de carbon. De aceea, la fabricarea berii s-a încercat și utilizarea hrișcării în calitate de adjuvant nemalțificat pentru a permite producerea de noi produse inovatoare cu caracteristici specifice dorite (Yorke *et al.*, 2021). Principalul dezavantaj în ceea ce privește procesabilitatea la includerea hrișcării nemalțificate este scăderea activității enzimatică (amilolitice, proteolitice și citolitice), deoarece aceste sisteme enzimatică sunt activate și sintetizate în timpul procesului de malțificare (Yorke *et al.*, 2021).

Cercetările efectuate până în prezent au condus la rezultate promițătoare în ceea ce privește calitatea berii din malț de hrișcă 100%, însă, sunt necesare studii privind optimizarea condițiilor de malțificare și brasaj. De asemenea, malțul de hrișcă și berea de hrișcă-produs finit nu au fost investigate în profunzime în ceea ce privește proprietățile fizico-chimice și senzoriale (Dabija *et al.*, 2022).

Obiectivul acestui studiu a fost acela de a evalua efectele utilizării hrișcării nemalțificate și a malțului de hrișcă asupra proprietăților fizico-chimice și senzoriale ale mustului de bere și berii – produs finit. Rezultatele au fost comparate cu cele ale unei probe de bere realizată integral din malț de orz.

Aprecierea calității malțului s-a realizat prin efectuarea de analize fizico-chimice pe mustul de bere obținut prin metoda Congress (pentru probele de malț de orz) și metoda Congress modificată pentru probele de malț de hrișcă. Toate probele de plămadă au fost obținute în Mash Bath R12 cu conectare la PC (1-CUBE, Havlíckuv Brod, Cehia) în conformitate cu metoda EBC 4.5.1. (Analytica EBC, European Brewery Convention, 1998).

Variantele inițiale ale rețetelor de bere testate sunt prezentate în tabelul 6.1. Proporția de hrișcă nemalțificată utilizată în aceste experimente a variat de la 0 la 30%, în timp ce malțul

de hrișcă a reprezentat diferența până la 100% (70-100%). Proporțiile enzimei Termamyl Classic din tabelul 6.1. au fost adăugate pe baza recomandărilor din literatura de specialitate și din experiența industrială (cantitatea ideală de enzimă utilizată industrial la producerea berii din orz și orz nemalt și malțificat este de 2%). Enzima a fost adăugată la începutul plămădirii la o temperatură de 35°C.

Tabelul 6.1.

Variante rețete de brasaj utilizate în experimentări

Ingredient	Varianta rețetă de brasaj							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Malț de hrișcă, %	90	90	80	80	80	70	70	100
Făină de hrișcă, %	10	10	20	20	20	30	30	0
Preparat enzimatic Termamyl classic, %	2	3	3	4	5	4	5	2

Variantele prezentate în Tabelul 6.2 au fost sugerate pentru fabricarea berii pe baza constatărilor preliminare obținute pentru rețetele de brasaj descrise în Tabelul 6.1.

Tabelul 6.2.

Variante experimentale de obținere a berii în condiții de laborator

Ingredient	Varianta de rețetă de brasaj				
	M	V1	V2	V3	V4
Malț de orz,%	100	-	-	-	-
Malț de hrișcă, %	0	70	60	50	-
Făină de hrișcă,%	0	30	40	50	100
Preparat enzimatic Termamyl classic, %	2	2	2	2	2

Rețetele de bere propuse au fost dezvoltate folosind cunoștințele din literatura de specialitate și rezultatele experimentale ale autorului. Aceste beri de hrișcă (B1, B2, B3, B4) obținute au fost comparate cu berea obținută exclusiv din malț de orz (CS) 100%. Toate experimentele de laborator, atât pentru variantele de brasaj, cât și pentru producția de bere, au fost repetate de cel puțin trei ori.

Probele de malț și hrișcă au fost supuse măcinării cu o moară cu discuri de laborator (distanța dintre discurile de măcinare 0,20 mm) tip Perten LM 3310 (Cheltenham, Marea Britanie). La malțul de orz a fost aplicată metoda Congress (metoda EBC 4.5.1) (figura 6.1), astfel: câte 50 g malț de orz măcinat au fost aduse în cuvele aparatului prevăzute cu agitator și s-a trecut la programul de plămădire prin selectare „Congress program”. Peste malțul măcinat s-au adăugat 200 mL apă distilată cu temperatura de 45°C, plămada formată a fost menținută la această temperatură timp de 30 minute. Apoi, temperatura s-a ridicat cu 1°C pe minut până la 70°C prin amestecarea continuă a plămезii. După ce s-a ajuns la această temperatură s-a adăugat 100 mL de apă distilată, încălzită la 70°C și din acest moment, s-a măsurat durata de zaharificare. Plămada a fost menținută timp de o oră la 70°C și apoi s-a răcit la temperatura de 20°C. Pentru malțul de hrișcă și hrișca ca ingredient nemaltificat s-a utilizat metoda Congress modificată (figura 6.2), diagrama de brasaj a fost următoarea: 15 minute la 35°C; 15 minute la 45°C; 40 minute la 65°C; 30 minute la 72°C; 10 minute la 78°C (Wijngaard & Arendt, 2006).

Durata de zaharificare a fost determinată cu un test negativ de iod (reprezintă timpul din momentul în care plămada a ajuns la temperatura de 70/72°C și până în momentul când soluția de iod nu își mai modifică culoarea). După menținerea variantei cu 100% malț de hrișcă la 72°C timp de 60 de minute, proba cu malț de hrișcă 100% nu s-a zaharificat. Rezultatele acestui experiment sugerează utilizarea preparatelor enzimatice exogene pentru a scurta durata zaharificării plămезii. Optimizarea cantității de enzime pentru obținerea berii a necesitat mai multe investigații.

După plămădire conținutul balonului a fost adus la 450 g cu apă distilată, urmată de omogenizare și filtrare printr-un filtru cutat (Sartorius cu diametrul de 290 mm, 1602 N grade). Primii 100 mL de must s-au reîntors pe filtru pentru a conferi o claritate ridicată a mustului obținut. Înainte de fierbere, s-au determinat caracteristicile de calitate ale mustului de bere.

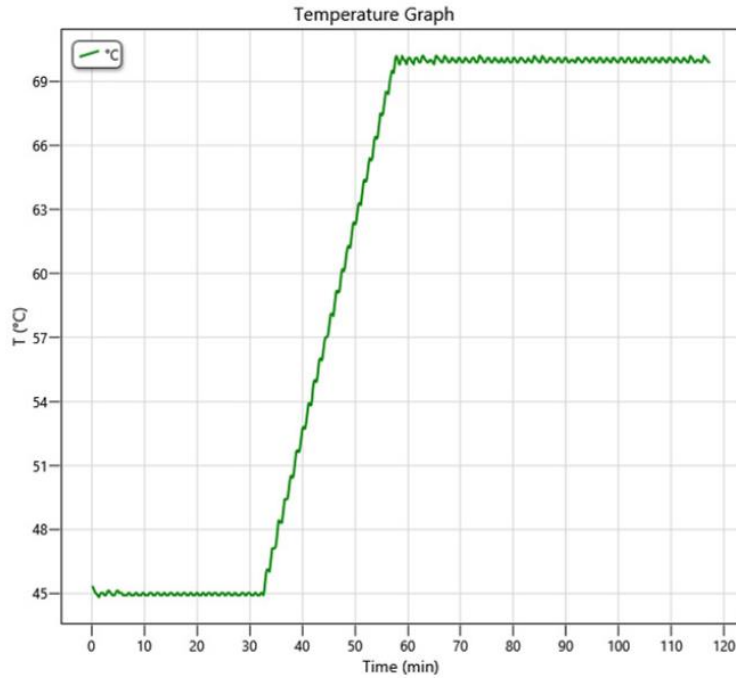


Figura 6.1. Diagrama de brasaj - metoda Congress

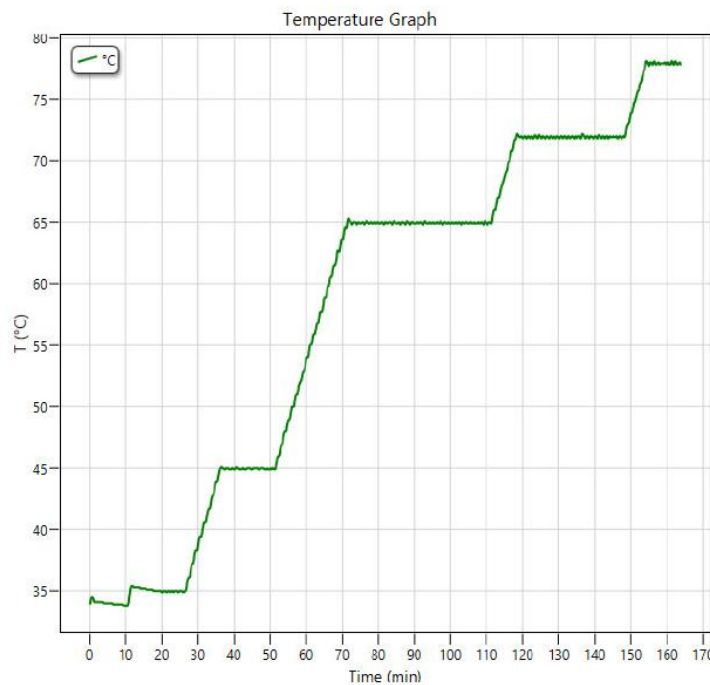


Figura 6.2. Diagrama de brasaj - metoda Congress modificată

Mustul Congress obținut din trei vase de plămădire (2–2,2 L) a fost fiert cu hamei (1,52–1,54 g hamei Amarillo cu 7,8% acizi alfa amari) în baloane Erlenmeyer timp de 1 oră. Valoarea amară a mustului vizată a fost de 20 IBU. După fierbere, mustul (1,5–1,7 L) a fost răcit la 20°C și lăsat în repaus timp de 30 de minute pentru a permite sedimentarea trubului la cald și decantat în vase de fermentare din sticlă cu o capacitate de 2 L prevăzute cu supape de evacuare CO₂. Înainte de inoculare cu drojdie, mustul a fost analizat.

După răcire până la temperatura de 12°C, mustul de bere (1,5 L) a fost inoculat cu 25 g de drojdie tip 74/30 Fermentis, a cărei calitate a fost determinată anterior folosind aparatul Nucleocounter YC-100 (ChemoMetec A/S, Allerød, Danemarca), numărul total de celule fiind de 24×10^8 /mL biomasă, din care celule moarte 1,42%. Fermentația primară a avut loc în vase de fermentare din sticlă tip Erlenmayer (cu volum 2 L) la 12°C timp de 6 zile, într-un frigider industrial cu posibilitate de reglare digitală, după care berea tânără a fost îmbuteliată și supusă fermentației secundare și maturării timp de 30 de zile la 4°C în același frigider industrial. Toate experimentele de obținere a berii în condiții de laborator au fost repetate de minim trei ori.

Tabelul 6.4. rezumă caracteristicile calitative ale maltului de hrișcă și malțului de orz utilizat în studiu.

Tabelul 6.4.

Caracteristici fizico-chimice pentru malțul de orz și malțul de hrișcă

Indicele de calitate	Malț de orz	Malț de hrișcă
Umiditate, %	5,30±0,10	4,90±0,09
Culoare, unit. EBC	3,10±0,20	6,77±0,10
Conținut în extract, % s.u.	8,85±0,50	7,30±0,60
Durata de zaharificare, min.	8,00±0,35	> 90,00
Durata de filtrare, min.	15,00±2,00	> 150,00
pH must	6,00±0,10	6,77±0,21
Indice Kolbach	38,00±2,00	30,57±0,60
Aspect must	limpede	slab opal

Rezultatul reprezintă valoarea medie ± devierea standard (DS), $n = 3$

Din analiza comparativă a datelor prezentate se observă că, malțul de hrișcă prezintă indici de calitate acceptabili pentru industria berii. Malțul de hrișcă obținut prezintă valori comparative cu malțul de orz în ceea ce privește umiditatea și pH-ul mustului, valori mai mici înregistrându-se pentru conținutul în extract și indicele Kolbach. În ceea ce privește durata de zaharificare și durata de filtrare, acestea au fost mult mai mari decât în cazul malțului de orz, de aceea s-a propus utilizarea de preparate enzimatice în experimentări, preparate enzimatice care să reducă aceste durate.

Wijngaard *et al.* (2005) au explicat că, datorită diferențelor botanice între orz și hrișcă, producția de enzime și, prin urmare, procesul de malțificare va diferi, iar malțul produs finit va avea unele caracteristici fizico-chimice diferite. Este bine cunoscut faptul că, orzul este o plantă monocotiledonată, iar hrișca este o plantă dicotiledonată. Nivelurile de activitate amilolitică și, prin urmare, randamentul în extract este scăzut în comparație cu malțul de orz, dar procesul de brasaj poate fi optimizat prin adăugarea de preparate enzimatice comerciale (Brasil *et al.*, 2020; Streimikyte *et al.*, 2022). De exemplu, Nic Phiarais *et al.* (2006) au arătat că adăugarea de preparate enzimatice comerciale a îmbunătățit procesul de filtrare și calitatea berii de hrișcă prin creșterea conținutului de extract, randamentul de obținere și extractul total fermentescibil. Aceste efecte le-au obținut și Wijngaard & Arendt (2006) care au dezvoltat o diagramă de plămădire pentru malț de hrișcă 100%, prin optimizarea celor doi parametri importanți, temperatura și timpul de plămădire (Dabija *et al.*, 2022). Myncke E. *et al.* (2022) au investigat în plus filtrarea plămezilor obținute cu 40% hrișcă nemalțificate, aceasta a fost

îmbunătățită prin măcinarea mai fină a hrișcăi nemălțificate sau prin adăugarea de preparate enzimatice, care conțin α -amilază, proteaze și β -glucanază. În cele din urmă, filtrarea la scară mică a plămезii cu 40% hrișcă nemălțificată a fost îmbunătățită prin adăugarea unor preparate enzimatice exogene (β -amilaza și β -glucanaza). În schimb, filtrarea plămезii nu a fost afectată de proteaze.

La începutul brasajului, ingredientele măcinate au fost amestecate cu apă pentru a forma plămada. În timpul creșterii treptate a temperaturii (brasaj prin infuzie), enzimele din malț și cele adăugate conform rețetei au descompus compușii complecși din plămada în compuși cu moleculă mai mică (Zdaniewicz *et al.*, 2020). Timpul de la atingerea temperaturii de 72°C până la descompunerea amidonului (test cu iod negativ) se numește durată de zaharificare. Acest indicator este o măsură generală a descompunerii amidonului, dependentă de activitatea enzimelor amilolitice din plămada. Se cunoaște că, un factor foarte important în descompunerea amidonului este temperatura de gelatinizare a acestuia (Zdaniewicz *et al.*, 2020). Giménez-Bastida *et al.* (2015) au raportat că temperaturile de gelatinizare ale malțurilor de hrișcă au variat între 65,76-67,12°C.

Valorile determinărilor efectuate pe mustul de bere rezultat pentru toate cele opt variante de rețete de bere luate în studiu sunt sintetizate în tabelul 6.5.

Tabelul 6.5.

Parametrii fizico-chimici ai mustului de bere pentru primul experiment

Caracteristica	Varianta rețetă de brasaj							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Durata de zaharificare, minute	5,00±0,58	5,00±0,58	5,00±0,00	5,00±0,58	5,00±0,58	5,00±0,00	5,00±0,58	10,00±0,00
Durata de filtrare, minute	20,00±1,0	20,00±1,0	20,00±1,0	20,00±0,58	20,00±1,0	20,00±1,0	20,00±1,0	30,00±0,58
Extract primitiv, °P	7,40±0,06	7,50±0,12	7,50±0,06	7,60±0,06	7,60±0,06	7,50±0,12	7,60±0,06	7,40±0,06
Randament în extract, % s.u.	64,33±0,07	65,27±0,04	65,27±0,02	66,22±0,08	66,22±0,05	65,27±0,07	66,22±0,04	64,33±0,07
Culoare, unit. EBC	7,54±0,02	8,04±0,03	8,22±0,02	7,99±0,06	8,36±0,04	7,86±0,02	8,19±0,04	8,27±0,03
pH	6,07±0,05	6,10±0,06	6,12±0,08	6,11±0,04	6,12±0,02	6,15±0,04	6,16±0,05	6,12±0,02
Aspect must de malț	limpede	limpede	limpede	limpede	limpede	limpede	limpede	slab opal

Rezultatul reprezintă valoarea medie ± devierea standard (DS), $n = 3$

S-a remarcat în timpul studiului că, indiferent de adaosul de malț de hrișcă utilizat, durata de zaharificare a fost similară pentru fiecare dintre variantele analizate, de 5 minute, cu excepția ultimei variante în care s-a utilizat 100% malț de hrișcă, la care durata de zaharificare a fost de 10 minute. După plămădire a urmat etapa de răcire a plămезii la 20°C și adăugarea de apă până la greutatea de 450g conform metodologiei EBC. Durata de filtrare depinde în mare măsură de compoziția materiei prime, conținutul de β -glucani și vâscozitatea plămезii. În studiile asupra unor materii prime neconvenționale de fabricare a berii sau a aditivilor adjuvanți, s-a observat o creștere semnificativă a vâscozității plămезii, rezultând o filtrare de mai lungă durată decât în cazul utilizării malțului de orz sau malțului de grâu (Zhuang *et al.*, 2017; Blšáková *et al.*, 2021). De asemenea, β -glucanii pot scădea randamentul în extract și pot conduce la creșterea riscului de turbiditate a berii – produs finit (Blšáková *et al.*, 2021). În acest caz, literatura de specialitate recomandă utilizarea enzimelor exogene (β -glucanază) care permit descompunerea β -glucanilor (Byeon *et al.*, 2021; Cela *et al.*, 2022).

Cel mai important indicator al malțului, care afectează eficiența producției de bere, este randamentul în extract. Rezultatele obținute demonstrează că malțul de hrișcă și hrișca pot fi utilizate la obținerea berii. În alte studii, pentru malțul de hrișcă nivelurile medii ale randamentului în extract au fost de aproximativ 65%, comparativ cu 80% pentru proba martor (malț de orz) (Wijngaard & Arendt, 2006). Rezultate asemănătoare au fost obținute și de Phiarais *et al.* (2006) care au obținut un randament în extract cuprins între 61,8% și 69,2%. De altfel cercetările efectuate subliniază faptul că, mustul obținut din hrișcă și malț de hrișcă a

prezentat valori scăzute de fermentabilitate și niveluri ridicate de vâscozitate în comparație cu mustul obținut din malț de orz (Phiarais *et al.*, 2005; Wijngaard *et al.*, 2005; Arendt & Dal Bello, 2011).

Culoarea mustului a prezentat valori apropiate pentru toate cele 8 variante, cea mai mică valoare s-a înregistrat pentru varianta 1 (7,54 unit. EBC), iar cea mai mare valoare a prezentat varianta 5 (8,36 unit. EBC). Toate variantele au prezentat valori mai mari pentru culoare decât malțul blond (3,10 unit. EBC, v. tabelul 6.2).

pH-ul pentru variantele studiate a prezentat valori apropiate, în intervalul 6,07-6,16. Scăderea pH-ului mustului este considerată a fi benefică, deoarece multe procese au loc mai rapid și mai bine la pH mai scăzut (Zdaniewicz *et al.*, 2020). De exemplu, valoarea pH-ului are influență asupra vâscozității plămezii, a proceselor de descompunere enzimatică și determină solubilizarea proteinelor, a substanțelor amare din hamei și culoarea la fierberea mustului. Există o dependență între pH-ul mustului și cel al berii obținută din aceasta. Berile cu valori mari ale pH-ului sunt expuse tulburărilor fizico-chimice datorită insuficienței coagulării a proteinelor la fierbere. Phiarais *et al.* (2010), au obținut o bere din malț de hrișcă 100% cu caracteristici asemănătoare berii de grâu, în ceea ce privește pH-ul, conținutul în azot, gradul de fermentare și conținutul în alcool. Deși varianta 8 a arătat valori mai mari pentru viteza de zaharificare și viteza de filtrare, nu au fost observate diferențe considerabile pentru ceilalți parametri la variantele 2-7. S-a considerat că, prin creșterea procentului de enzimă (3-5%) nu va conduce la o creștere semnificativă a conținutului în extract, deci din punct de vedere economic, folosirea unei doze de preparat enzimatic mai mare de 2% nu este indicată. Din acest motiv, s-au stabilit rețetele de bere prezentate în tabelul 6.2 pentru că s-a dorit a se studia cum se vor comporta amestecurile de hrișcă nemaltificată și malț de hrișcă prin adăugarea de doar 2% enzimă Termamyl.

Parametrii fizico-chimici ai mustului de bere în toate variantele experimentale sunt sintetizați în tabelul 6.6.

Rețetele de brasaj propuse au fost stabilite ținând cont de rezultatele proprii obținute prin brasaj experimental și de datele din literatura de specialitate. În paralel s-a realizat și o probă martor de bere din malț de orz.

Se observă că, față de proba martor, cele patru probe experimentale au valori apropiate față de proba martor în ceea ce privește pH-ul mustului, conținutul în azot total și gradul aparent de fermentare. Diferențe semnificative au fost obținute la durata de zaharificare, durata de filtrare, conținutul în extract, culoarea mustului, randamentul în extract, conținutul în azot solubil, cifra Kolbach și conținutul în aminoacizi liberi. Între variante, durata de zaharificare, pH-ul și conținutul total de azot nu au fost diferențe semnificative (la nivel $p < 0,01$). Durata de filtrare este cea mai bună la varianta 4 (1:1, malț de hrișcă:hrișcă nemaltificată, cu 2% enzimă Termamyl). Aceste date arată că hrișca nemaltificată are un efect pozitiv asupra duratei de filtrare. Această variantă prezintă un randament mai mic de extract și conținut extract, conținut de FAN și grad aparent de fermentare. Cela *et al.* (2022) arată că, randamentul în extract depinde de compoziția chimică a materiilor prime, în principal de conținutul de zaharuri și dextrină și, de asemenea de conținutul în compuși azotați (Cela *et al.*, 2022). Aceștia din urmă sunt o sursă importantă de nutriție pentru drojdie în timpul fermentării, și influențează, de asemenea, proprietățile fizice și senzoriale ale berii, cum ar fi stabilitatea coloidală, stabilitatea spumei și profilul de aromă (Deng *et al.*, 2019). Comparând malțul de hrișcă cu alte malțuri fără gluten, Buiatti *et al.* (2018) au arătat că malțul de hrișcă a produs cele mai mari randamente de extract pentru bere (40%). Pentru acest parametru s-a obținut valori mai mari între 61,53% și 64,33%. Acesta din urmă este o sursă importantă de nutriție pentru drojdie în timpul fermentării și influențează proprietățile fizice și senzoriale ale berii, cum ar fi stabilitatea coloidală, stabilitatea spumei și profilul de aromă. Conținutul total de azot al berii va depinde atât de materiile prime utilizate în timpul brasajului, cât și de

parametrii procesului de fabricare a berii (Bamforth, 2016). Rezultatele obținute sunt în concordanță cu cele evidențiate în alte cercetări efectuate pe hrișcă și malț de hrișcă ca materii prime în industria berii (Gallagher, E., 2009; Buiatti *et al.*, 2018; Cela *et al.*, 2022).

Tabelul 6.6.

Parametrii fizico-chimici ai mustului de bere pentru cel de-al doilea experiment

Caracteristica	Varianta				
	M	V1	V2	V3	V4
Durata de zaharificare, minute	15,00±1,00 ^a	8,00±1,00 ^{b,A}	10,00±1,00 ^{c,A}	12,00±1,00 ^{d,A}	10,00±1,00 ^{e,A}
Durata de filtrare, minute	15,00±1,00 ^a	15,00±1,00 ^{a,A}	15,00±1,00 ^{a,A}	10,00±1,00 ^{b,B}	8,00±1,00 ^{c,D}
Extract primitiv, °P	9,10±0,15 ^a	7,40±0,10 ^{b,A}	7,40±0,08 ^{c,A}	7,30±0,12 ^{d,A}	7,10±0,11 ^{e,B}
Randament în extract, % s.u.	82,22±0,30 ^a	64,33±0,26 ^{b,A}	64,33±0,34 ^{c,A}	63,40±0,42 ^{d,B}	61,53±0,26 ^{e,C}
Culoare, unit. EBC	3,30±0,08 ^a	7,82±0,04 ^{b,A}	7,76±0,06 ^{c,A}	7,78±0,08 ^{d,A}	8,35±0,04 ^{e,B}
pH	6,10±0,10 ^a	6,16±0,12 ^{a,A}	6,16±0,10 ^{a,A}	6,16±0,20 ^{a,A}	6,21±0,16 ^{a,A}
Proteine totale, % s.u.	10,46±0,08 ^a	10,75±0,06 ^{a,A}	10,85±0,08 ^{b,A}	10,81±0,07 ^{a,A}	11,00±0,05 ^{c,B}
Azot solubil, mg/L	695,20±1,52 ^a	630,28±1,24 ^{a,A}	645,28±1,22 ^{c,B}	640,60±1,20 ^{d,C}	686,70±1,16 ^{e,D}
Azot total, %s.u.	1,68±0,10 ^a	1,72±0,20 ^{a,A}	1,74±0,10 ^{a,A}	1,73±0,40 ^{a,A}	1,76±0,20 ^{a,A}
Cifra Kolbach	37,50±0,75 ^a	30,74±0,82 ^{b,A}	34,51±0,90 ^{c,B}	35,02±1,00 ^{d,B}	38,96±0,82 ^{e,C}
FAN, mg/100g	121,35±0,84 ^a	80,29±0,68 ^{b,A}	79,29±0,50 ^{c,A}	80,90±0,66 ^{d,B}	72,23±0,64 ^{e,D}
Grad aparent de fermentare, %	83,10±0,40 ^a	77,02±0,50 ^{a,A}	77,02±0,30 ^{a,A}	76,71±0,60 ^{a,A}	77,40±0,50 ^{a,B}

Rezultatul reprezintă valoarea medie ± devierea standard (DS), $n = 3$. Literele diferite (a, b, c, d,e) indică că rezultatul prezintă diferențe semnificative față de proba martor (M) la nivelul $p < 0,01$; Litere diferite (A, B, C, D) indică că rezultatul prezintă diferențe semnificative între variante (V1, V2, V3, V4) la nivelul $p < 0,01$.

Mustul de bere obținut a fost supus procesului de fierbere cu hamei. Caracteristicile fizico-chimice ale mustului după fierbere cu hamei sunt rezumate în Tabelul 6.7.

Tabelul 6.7.

Parametrii fizico-chimici ai mustului de bere după fierberea cu hamei

Caracteristica	Varianta				
	M	V1	V2	V3	V4
Extract primitiv, °P	11,00±0,20 ^a	9,10±0,10 ^{b,A}	9,20±0,10 ^{c,A}	9,00±0,20 ^{d,A}	8,90±0,16 ^{e,B}
Culoare, unit. EBC	4,40±0,18 ^a	11,80±0,14 ^{b,A}	11,00±0,12 ^{c,B}	11,40±0,10 ^{d,C}	12,00±0,12 ^{e,D}
pH	5,98±0,02 ^a	6,04±0,04 ^{a,A}	6,05±0,01 ^{a,A}	6,04±0,02 ^{a,A}	6,10±0,04 ^{a,A}
Valoarea amară	38,90±0,42 ^a	41,90±0,38 ^{a,A}	38,60±0,54 ^{b,B}	39,60±0,26 ^{c,C}	41,80±0,32 ^{d,A}

Rezultatul reprezintă valoarea medie ± devierea standard (DS), $n = 3$. Literele diferite (a, b, c, d) indică că rezultatul prezintă diferențe semnificative față de proba martor (M) la nivelul $p < 0,01$; Litere diferite (A, B, C, D) indică că rezultatul prezintă diferențe semnificative între variante (V1, V2, V3, V4) la nivelul $p < 0,01$.

După 60 de minute de fierbere a probelor cu hamei, s-a observat o scădere ușoară a pH-ului la toate probele luate în studiu, comparativ cu aceleași probe înainte de fierbere. Conținutul în extract a crescut la toate probele ca urmare a operației de fierbere datorită evaporării apei. În comparație cu mustul de bere obținut din malț de orz, la care conținutul în extract a crescut după fierbere la valoarea de 11°P, toate cele 4 probe de must de bere au avut conținutul în extract mai mic, între 11 și 12°P. Pentru a îmbunătăți conținutul în extract al mustului de bere Cela *et al.* (2022) propune pregelatinizarea materiilor prime nemalțificate la brasaj (Cela *et al.*, 2022). Fierberea a condus la o creștere a culorii tuturor probelor testate de la aproximativ 7-8 unit. EBC la 11-12 unit. EBC.

După răcire până la temperatura de 12°C, mustul de bere a fost însămânțat cu drojdie, fermentarea primară a durat 6 zile, după care berea tânără a fost îmbuteliată și supusă fermentării secundare și maturării timp de 30 zile. Berea-produs finit a prezentat caracteristicile fizico-chimice prezentate în tabelul 6.8.

Tabelul 6.8.

Caracteristicile fizico-chimice ale berii – produs finit

Ingredient	Varianta				
	M	1	2	3	4
Extract real, % m/m	11,05±0,40	8,98±0,05	8,92±0,04	10,65±0,05	9,52±0,09
Extract aparent, % m/m	2,28±0,02	2,63±0,07	2,64±0,06	3,13±0,06	2,87±0,07
Conținut în alcool, % v/v	4,59±0,06	3,32±0,09	3,29±0,05	3,97±0,04	3,49±0,08
Conținut în alcool, % m/m	3,58±0,05	2,60±0,08	2,57±0,05	3,1±0,04	2,73±0,08
Densitate, g/cm ³	1,00840±0,01	1,00841±0,03	1,00843±0,02	1,01036±0,02	1,00936±0,01
Turbiditate, EBC	0,86±0,02	3,19±0,04	3,03±0,03	1,98±0,01	1,19±0,01
Turbiditate, S25/S0	1,05±0,01	6,59±0,05	4,13±0,06	3,97±0,04	1,99±0,04
Turbiditate S90/S0	1,09±0,02	3,28±0,02	3,05±0,01	2,03±0,01	1,15±0,02
pH	4,53±0,03	4,82±0,09	4,73±0,05	4,93±0,05	4,84±0,05
Culoare, EBC	5,40±0,12	6,77±0,18	6,11±0,16	8,00±0,11	6,30±0,10
Valoare amară, IBU	25,80±0,53	24,90±0,95	18,80±0,60	20,00±0,69	21,50±0,56
CO ₂ , g/L	5,12±0,07	4,42±0,03	4,43±0,01	4,36±0,01	4,49±0,01
O ₂ , mg/L	0,01±0,01	3,09±0,03	3,79±0,13	4,59±0,13	4,47±0,07
Calorii, kJ/100 mL	190±2,00	134±2,00	134±2,00	160±1,00	143±1,00

Rezultatul reprezintă valoarea medie ± devierea standard (DS), n = 3

Berile obținute prin cele 4 variante diferă de proba martor în ceea ce privește extractul real, extractul aparent, conținutul de alcool, valoarea energetică, în timp ce s-au observat diferențe nesemnificative la culoare, pH, valoare amară. Un parametru distinctiv foarte important este alcoolul etilic, al cărui conținut a fost afectat de utilizarea malțului de hrișcă și a hrișcăii nemalțificate. Obținerea unor rezultate diferite ale acestui component a condus la o valoare energetică mai mică a berii – produs finit.

Culoarea berii este o consecință, printre altele, a produselor rezultate din reacția Maillard dintre compușii FAN și glucidele reducătoare (Zdaniewicz *et al.*, 2020). În studiile efectuate de Steiner *et al.* (2012) un conținut mai mare de FAN în malțul de orz 100% a determinat o creștere a culorii berii datorită reacției Maillard (Steiner *et al.*, 2012). Rezultatele obținute sunt în concordanță cu cele obținute de Agu *et al.* (2012), Deng *et al.* (2019). De exemplu, studiile efectuate de Deng *et al.* (2019) au ajuns la concluzia că dublarea cantității de malț de hrișcă ca adjuvant la fabricarea berii (de la 20% la 40%) a condus la o creștere suplimentară a culorii berii la aproximativ 5,1 unități EBC. Valoarea amară a berii din hrișcă a scăzut ușor în comparație cu cele ale berii din 100% malț de orz. Deoarece s-a folosit același regim de hameiere, conținutul de substanțe amare a fost apropiat în rândul celor patru variante.

Influența globală estimată a făinii de hrișcă și a malțului de hrișcă asupra extractului real, aparent, a conținutului de alcool și a densității berii este prezentată în figura 6.3. În general, extractul de bere crește odată cu creșterea nivelului de făină de hrișcă în rețeta de bere și este în scădere când malțul de hrișcă a fost încorporat în cantități mari. Conținutul de extract al berii este un indice calitativ important al acesteia. Este compus în mare parte din carbohidrați și substanțe azotate. Pe langa acestea, extractul de bere conține și glicerina, substanțe minerale, substanțe amare, taninuri, coloranți și acizi organici. Orzul prin germinare pierde unele cantități din conținutul acestuia, care este necesar pentru dezvoltarea embrionului. Astfel este posibil ca berea cu o cantitate mare de malț de hrișcă să prezinte un conținut redus de extract față de cele obținute cu niveluri ridicate de făină de hrișcă.

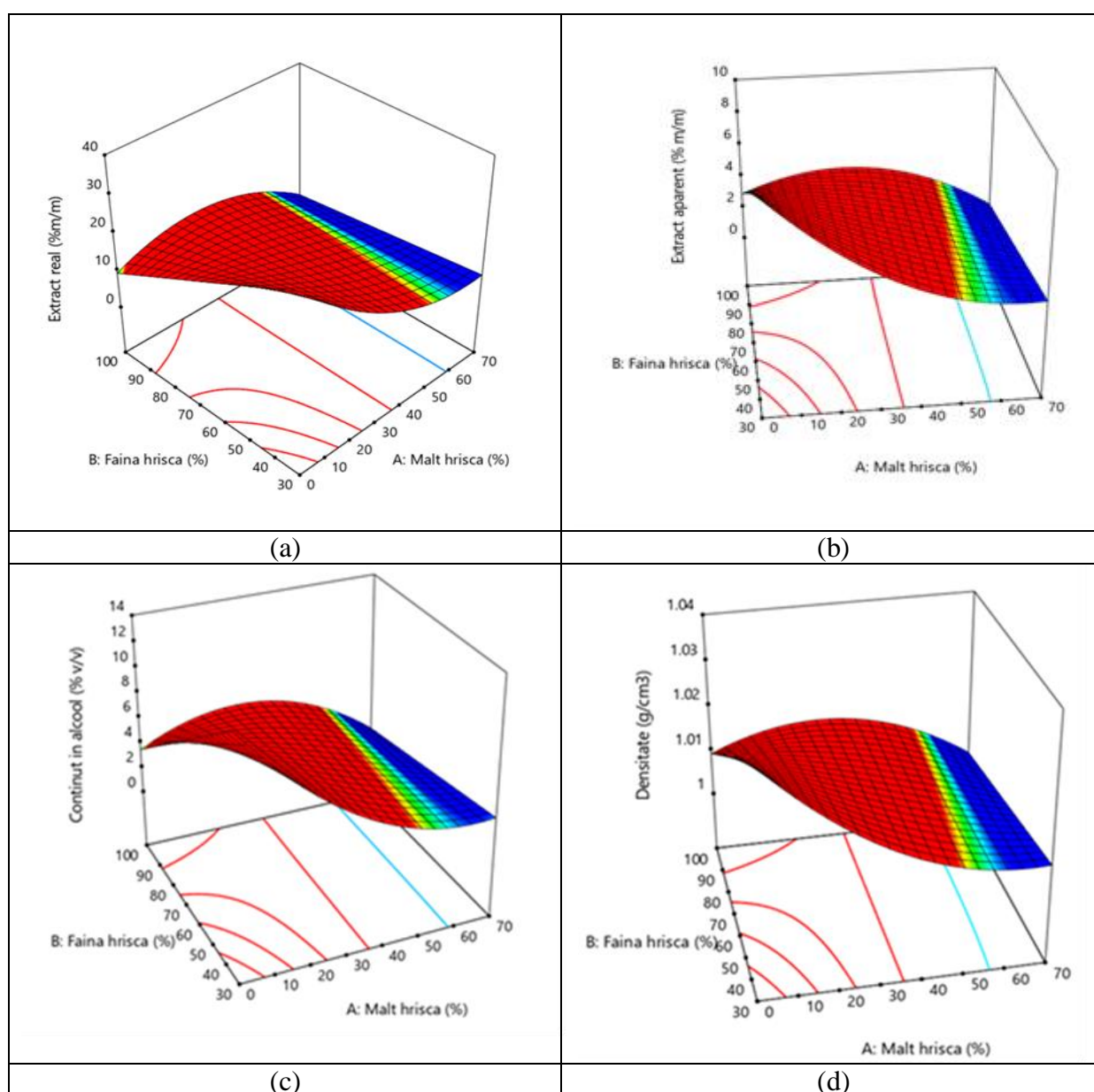


Figura 6.3. Reprezentările grafice ale extractului real (a), extractului aparent (b), conținutului de alcool (c) și densității (d), în funcție de cantitățile de făină de hrișcă și malț de hrișcă utilizate în rețeta de bere

O reprezentare grafică a turbidității berii și a dioxidului de carbon sunt prezentate în Figura 6.4. O tendință similară a fost observată pentru toate valorile de turbiditate și anume aceste valori au crescut odată cu creșterea nivelului de adăugare a făinii de malț de hrișcă. Acest lucru se poate explica prin faptul că făina de hrișcă poate avea un nivel ridicat de taninuri polifenolice și azotul solubil fiind mai bogat în proteine decât malțul de hrișcă, favorizând apariția unei beri cu valori mai mari de turbiditate (Cadenas *et al.*, 2021). Fabricarea berii cu materii prime, cu indice Kolbach ridicat (care este mai mare la mustul cu niveluri ridicate de făină de hrișcă decât la cele cu nivel ridicat de malț de hrișcă) determină o creștere a turbidității berii (Cela *et al.*, 2022). Procesul de malțificare pentru hrișcă va duce la scăderea activității proteolitice a acesteia. Prin urmare, atunci când făina de hrișcă nemalțificată este utilizată în fabricarea berii ca înlocuitor parțial al malțului de hrișcă, există o scădere a compușilor de azot cu molecularitate scăzută și a conținutului de proteine, prevenind formarea turburelilor. Conținutul de dioxid de carbon al probelor de bere variază,

cele mai mici valori fiind înregistrate pentru berea obținută cu un nivel ridicat de făină de malț de hrișcă. Capacitatea de absorbție a dioxidului de carbon din bere este influențată de compoziția sa, în special de distribuția coloizilor cu o suprafață de contact mare (Salamon *et al.*, 2022). De exemplu, unele biomolecule proteice pot juca un rol semnificativ în stabilizarea dioxidului de carbon, care pare să fie într-o cantitate mai mare în făinurile de malț (Gribkova *et al.*, 2021).

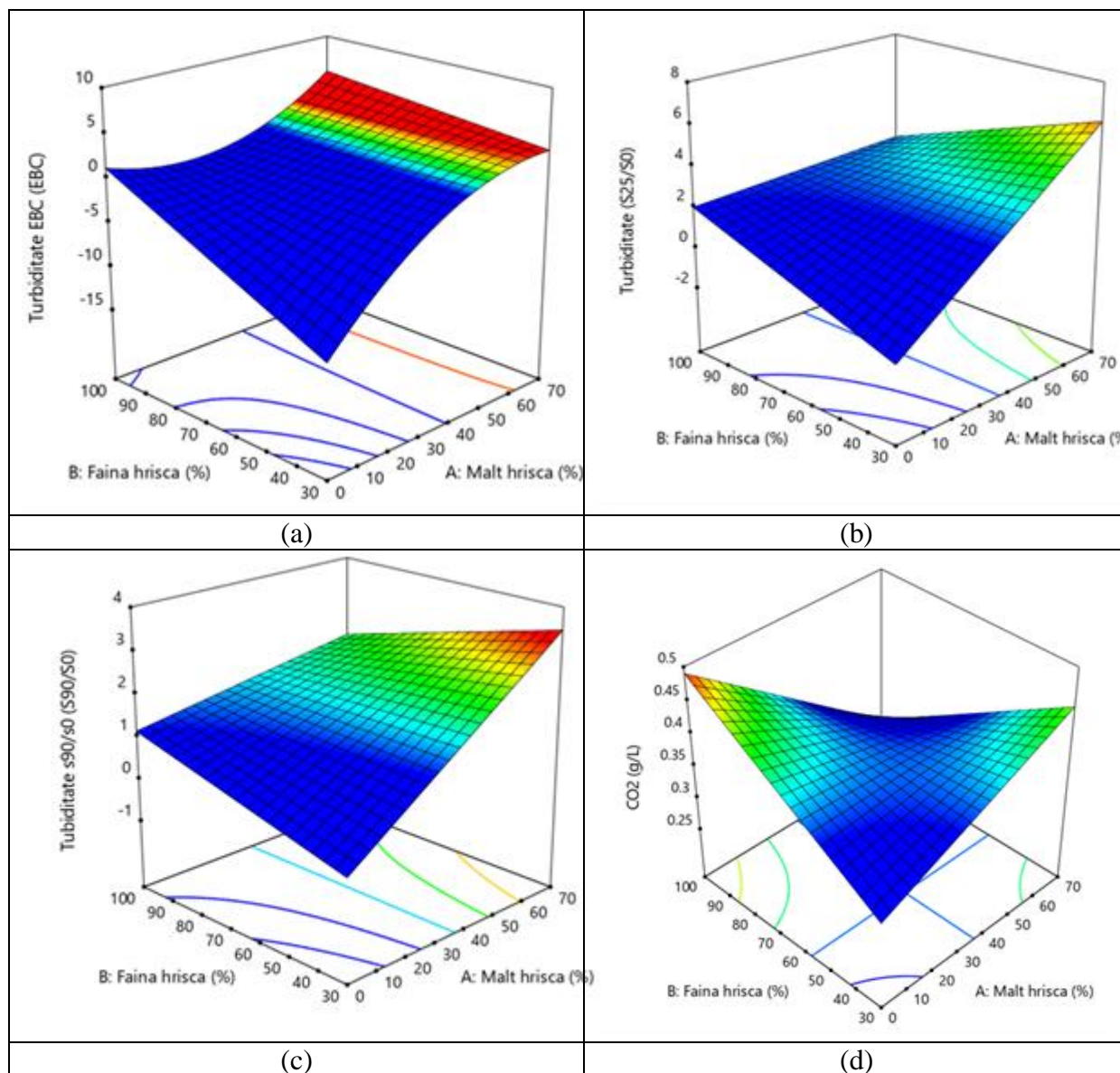


Figura 6.4. Reprezentările grafice ale turbidității berii (a), turbidității S25/S0 (b), turbidității S90/S0 (c) și dioxidului de carbon (d), în funcție de cantitățile de făină de hrișcă și malț de hrișcă utilizate în rețeta de bere

Figura 6.5. prezintă valorile pH-ului, culoarea, valoarea amară și conținutul de oxigen în funcție de diferitele malțuri de hrișcă și făina de hrișcă utilizate în rețeta de bere. Nu există o tendință concludentă în ceea ce privește valorile de culoare, pH, valoare amară și conținut de oxigen în funcție de doza de făină de hrișcă malțificată sau nemalțificată utilizată. Amăreala este o cauză a izomerizării acizilor α din hamei în timpul fierberii. Deoarece a fost folosit același regim de hameiere pentru toate variantele de produs finit, nu a fost înregistrată o tendință concludentă dependentă de rețeta de bere. Culoarea berii nu a variat semnificativ,

rezultate similare fiind raportate și de Nic Phiarais *et al.* (2010) care a concluzionat că culoarea berii obținute din mațul de hrișcă a fost cel mai probabil ca cea a berii din hrișcă nemălțificată, deoarece nu s-au obținut diferențe semnificative între boabele de hrișcă mălțificate sau nemălțificate. Datorită faptului că același regim de obținere la scară de laborator a fost utilizat pentru toate probele, valorile pH-ului și ale conținutului de oxigen au fost similare între acestea.

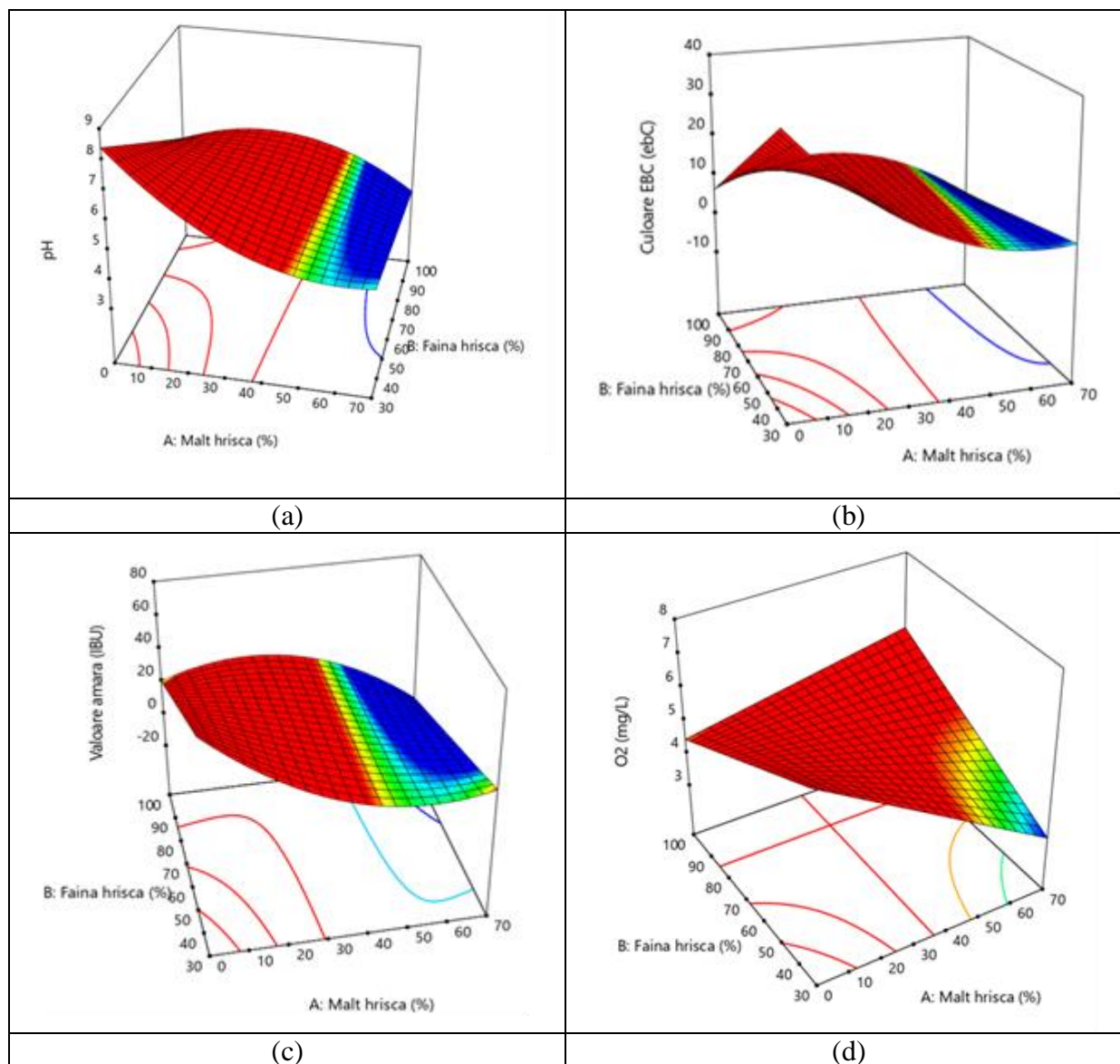


Figura 6.5. Reprezentările grafice ale pH-ului (a), culorii (b), valorii amare (c) și a conținutului de oxigen (d) din bere, în funcție de cantitățile de făină de hrișcă și mațul de hrișcă utilizate în rețeta de bere

Analiza senzorială este o parte integrantă a dezvoltării produselor care îndeplinesc așteptările consumatorilor. Prin urmare, investigațiile privind încorporarea ingredientelor funcționale care promovează sănătatea, cum ar fi hrișca în rețetele tradiționale, sunt adesea completate de evaluarea aspectului, aromei, gustului și texturii, precum și calitatea generală prin proceduri standardizate care implică judecători instruiți sau comisii de degustători.

Rezultatele analizei senzorială sunt sintetizate în figura 6.6.

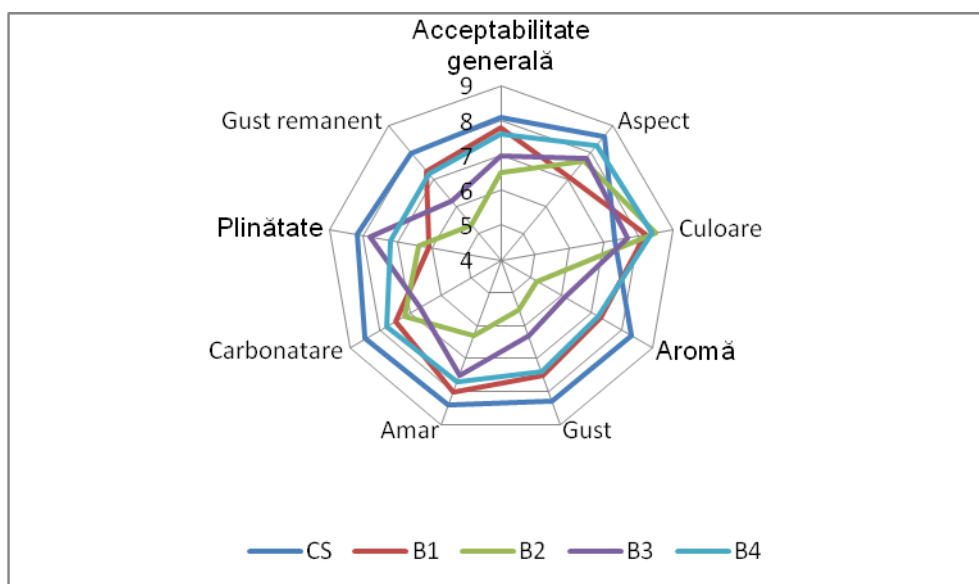


Figura 6.6. Analiza senzorială a probelor de bere studiate

Conform datelor obținute, eșantionul CS a obținut cel mai mare punctaj pentru acceptabilitatea generală, în timp ce B2 a avut cel mai mic punctaj. La un anumit nivel, toate mostrele de bere au fost apreciate de paneliști. Probele CS, B1 și B4 au obținut un punctaj similar de 8,1, 7,8 și, respectiv, 7,6, în timp ce eșantioanele B3 și B2 au obținut un punctaj mediu ca moderat de 7,0 și, respectiv, 6,6.

Aceste rezultate sunt în concordanță cu cele găsite de Sebestyén *et al.* (2013) care la analiza senzorială au stabilit că berea de hrișcă avea aromă de semințe de floarea soarelui prăjite și aromă asemănătoare castanelor, și a fost evaluată pozitiv de către degustători. De asemenea, NicPhiarais *et al.* (2010) au raportat că berile de hrișcă erau acceptabile în ceea ce privește puritatea gustului, mirosul și gradul de amăreală. Caracteristicile senzoriale care au contribuit la acceptarea generală au variat în funcție de rețeta de fabricare a berii. În general, cele mai bune rezultate senzoriale au fost obținute pentru proba CS. Cu toate acestea, pentru parametrul de culoare, mostrele de bere fără gluten au obținut rezultate senzoriale mai bune. Aceste date au fost în acord cu cele obținute de Brasil *et al.* (2020) care au raportat o bere mai deschisă la culoare cu un nivel crescut de adaos de malț de hrișcă în rețeta de bere. Din probele de bere fără gluten, cea mai mare acceptabilitate a fost înregistrată pentru probele B1 care au conținutul cel mai înalt de malț de hrișcă în rețetă. Aceste date au fost în acord cu cele raportate de Dezelak *et al.* (2014) care au concluzionat că berea din malț de hrișcă are punctaje mari din punct de vedere senzorial.

Concluzii parțiale. Obținerea berii din hrișcă și malț de hrișcă este facilă, procesul tehnologic este similar cu berea obținută din malț de orz sau malț de grâu, produsul finit este identic mai mult sau mai puțin cu o bere tipică în multe privințe, ceea ce face din hrișcă o materie primă posibilă pentru consumatorii obișnuiți de bere care se află în identificarea unor noi experiențe senzoriale.

Profilul diferit de fermentație pentru berea de hrișcă cu o concentrație inițială mai mare de glucoză este crucial pentru alcool și alte produse de fermentație, modificându-i pozitiv aroma și gustul. Cu toate acestea, conținutul său ridicat de compuși polifenolici poate provoca un gust slab astringent, o aromă picantă și dulce, apreciată de degustători.

Rezultatele obținute au condus la concluzia că se poate obține bere din hrișcă și fără ca aceasta să fie malțificată, doar prin adaos de preparate enzimatice la brasaj, de aceea în următoarele experimentări se propune obținerea berii doar din hrișcă nemalțificată, mult mai avantajoasă din punct de vedere economic și tehnologic.

CAPITOLUL VII

CERCETĂRI PRIVIND UTILIZAREA SORGULUI ȘI A MALȚULUI DE SORG LA FABRICAREA BERII

Sorgul este a cincea cea mai importantă cultură de cereale din lume după porumb, orez, grâu și orz și servește ca principală cereală alimentară pentru peste 750 de milioane de oameni care trăiesc în regiunile tropicale semi-aride din Africa (Nigeria, Sudan, Burkina Faso, Etiopia), Asia (India, China) și în unele regiuni din America Centrală și de Sud (Schnitzenbaumer & Arendt, 2014; Adiamo *et al.*, 2018; Abah *et al.*, 2020; Akpoghelie *et al.*, 2022). Se cultivă în întreaga lume, țările producătoare aflate în top fiind India, China, Brazilia, SUA, țări din Africa și este cereala cea mai utilizată pentru fabricarea berii fără gluten (Gumienna *et al.*, 2020; Oseguera-Toledo *et al.*, 2020). Sorgul aparține, la fel ca orzul și porumbul, familiei *Poaceae*. Este strâns legat de porumb atât în ceea ce privește organizarea genomică, forma plantelor, fiziologia dezvoltării, cât și în aplicații (Adebo, O.A., 2020; Galassi *et al.*, 2020). Este mai tolerant la secetă decât alte culturi de cereale fiind numită și planta-cămilă și, prin urmare, este un aliment de bază important în multe regiuni semi-aride ale lumii în curs de dezvoltare, în timp ce în țările occidentale este utilizat în principal ca hrană pentru animale (Schnitzenbaumer & Arendt, 2014). Berea fără gluten este o alternativă nu numai pentru persoanele intolerante la gluten, dar și pentru cei care sunt interesați de diverse produse noi lansate pe piață (Gumienna *et al.*, 2020; Budner *et al.*, 2021). Potrivit unui raport publicat de Fior Markets, piața globală a berii fără gluten va crește la 18,7 miliarde USD până în anul 2025, cu o rată anuală de creștere de 16,3% (Rocha dos Santos Mathias *et al.*, 2019; Gumienna *et al.*, 2020).

În literatura de specialitate se găsesc multe informații despre utilizarea sorgului sau malțului de sorg la fabricarea berii. Cercetările efectuate până în prezent au vizat optimizarea procesului de fabricare a berii de sorg și obținerea unui produs finit cu caracteristici senzoriale care să întrunească acceptabilitatea consumatorilor (Cela *et al.*, 2023). Studiile efectuate au vizat posibilitatea utilizării sorgului ca adjuvant la obținerea berii, fie sub formă măcinată sau extrudată în proporție de 40-60% față de malțul de orz (Goode & Arendt, 2003; Dlamini *et al.*, 2020; Cadenas *et al.*, 2021; Cela *et al.*, 2023) sau fabricarea berii din 100% malț de sorg (Goode & Arendt, 2003; Djameh *et al.*, 2019; Oseguera-Toledo *et al.*, 2020; Tano *et al.*, 2020). Prezența berilor de sorg pe piață reprezintă o recunoaștere a posibilității utilizării acestei cereale la fabricarea berii. Pentru a îmbunătăți proprietățile senzoriale ale produsului finit este necesar să se obțină un malț din sorg de calitate sau se recomandă folosirea în combinație cu alte cereale (Embashu *et al.*, 2019; Cela *et al.*, 2022).

Utilizarea sorgului la fabricarea berii se realizează de mii de ani în multe țări din Africa. Utilizarea sorgului ca principală materie primă la fabricarea berii este tradițională în Africa, atât ca sorg malțificat, cât și ca adjuvant (Shen *et al.*, 2018; Tra Bi *et al.*, 2021; Atchelouwa *et al.*, 2022). În prezent berea din sorg în aceste țări se obține prin metode tradiționale și industriale, prin fermentație spontană sau fermentație dirijată, cunoscute sub diferite denumiri locale în funcție de regiune sau grup etnic (Coulibaly *et al.*, 2020; Bayoi & Etoa, 2021; Sawadogo-Lingani *et al.*, 2021; Coulibaly *et al.*, 2022). De exemplu, berea de sorg este cunoscută sub numele de kefir, bantu sau utshwala în Africa de Sud, pito sau burukutu în Gana, Togo și Nigeria, dolo, doru sau tchapalo în Burkina Faso, Mali, Senegal și Coasta de Azur, tchoukoutou sau chakpalo în Benin, Togo, și nordul Nigeriei, otika în Nigeria și Gana, bili-bili, ambga, kapsiki sau dora-bonga în Ciad, Camerun și Africa Centrală, omalovu, tombo sau epwaka în Namibia, ikigage sau awarwa în Ruanda, merissa în Sudan, talla în Etiopia, mtama în Tanzania, munkoyo în Congo și Zambia, doru, chibuku, uthwala sau chikokivana în Zimbabwe, busaa în Kenya (Hlangwani *et al.*, 2020; Coulibaly *et al.*, 2021; Sawadogo-

Lingani *et al.*, 2021). Spre deosebire de berea de sorg fabricată industrial, berea tradițională nu este filtrată și stabilizată, este consumată în stare de fermentare activă, are termenul de valabilitate foarte scurt de 24-72 ore, este opacă, cu un gust ușor acrișor, bogată în compuși bioactivi și o concentrație de alcool relativ scăzută (Cadenas *et al.*, 2021; Sawadogo-Lingani *et al.*, 2021). În aceste țări, berea are valoare socio-culturală și nutrițională, deci joacă un rol central în culturile oamenilor și reprezintă o parte importantă a dietei pentru o parte din ce în ce mai mare a populației urbane (Budner *et al.*, 2021; Sawadogo-Lingani *et al.*, 2021; Coulibaly *et al.*, 2022). Producția de beri lager clare din sorg a fost raportată și în alte părți ale lumii. În Mexic s-a obținut o bere de tip lager din sorg. În SUA s-a utilizat încă din anii 1980 sorgul ca adjuvant la prepararea berii lager. În Africa berea din sorg este percepută de consumatori ca având calități terapeutice datorită compușilor bioactivi, activității antioxidante și conținutului ridicat de compuși fenolici (Aka *et al.*, 2020; Hlangwani *et al.*, 2020; Ncube *et al.*, 2020; Pamies *et al.*, 2021; Coulibaly *et al.*, 2022).

Datorită problemelor asociate cu sorgul malțificat, cum ar fi dezvoltarea unei puteri diastatice insuficiente, temperaturi ridicate de gelatinizare, vâscozitatea ridicată a plămezii, conținutul scăzut de aminoacizi liberi, modificarea limitată a proteinelor datorită activității proteolitice reduse, costuri mari de malțificare, pierderi mari la malțificare, împreună cu nevoia de a suplimenta plămezile cu enzime exogene, ar putea părea mai fezabil să se utilizeze plămezi din sorg nemalțificat și enzime comerciale (Okolo *et al.*, 2020; Rubio-Flores *et al.*, 2020; Budner *et al.*, 2021; Disharoon *et al.*, 2021). Espinosa-Ramírez *et al.* au produs cu succes beri lager din diferite tipuri de malțuri de sorg utilizând β -amilază sau amiloglucozidază (Espinosa-Ramírez *et al.*, 2013). Berea de sorg-produs finit are în general o concentrație slab alcoolică, cu un gust complex, aromat, ușor acrișor, o ușoară senzație de amar sau astringent, prezintă o stabilitate mai mică a spumei, termen de valabilitate scurt (Attchelouwa *et al.*, 2020; Konfo *et al.*, 2020; Einfalt, D., 2021).

Lucrarea propune un studiu al utilizării malțului de sorg și a sorgului la fabricarea berii, rezultatele obținute fiind comparate cu berea obținută din 100% malț de orz.

Aprecierea calității malțului s-a realizat prin efectuarea de analize fizico-chimice pe mustul de bere obținut prin metoda Congress (pentru probele de malț de orz) și metoda Congress modificată pentru probele de malț de sorg. Toate probele de plămădă au fost obținute în Mash Bath R12 cu conectare la PC (1-CUBE, Havlíckuv Brod, Cehia) în conformitate cu metoda EBC 4.5.1. (Analytica EBC, European Brewery Convention, 1998). În acest scop, probele de malț și de sorg au fost supuse măcinării cu o moară de laborator tip Perten LM 3310. Pentru malțul de orz s-a utilizat metoda Congress, astfel: câte 50 g malț de orz măcinat au fost aduse în cuvele aparatului prevăzute cu agitator și s-a trecut la programul de plămădire prin selectare „Congress program”. Peste malțul măcinat s-au adăugat 200 mL apă distilată cu temperatura de 45°C, plămada formată a fost menținută la această temperatură timp de 30 minute. Apoi, temperatura s-a ridicat cu 1°C pe minut până la 70°C prin amestecarea continuă a plămezii. După ce s-a ajuns la această temperatură s-a adăugat 100 mL de apă distilată, încălzită la 70°C și din acest moment, s-a măsurat durata de zaharificare. Plămada a fost menținută timp de o oră la 70°C și apoi s-a răcit la temperatura de 20°C. Conținutul balonului a fost adus la 450 g cu apă distilată, urmată de omogenizare și filtrare printr-un filtru cutat. Primii 100 mL de must s-au reîntors pe filtru pentru a conferi o claritate ridicată a mustului obținut. Înainte de fierbere, s-au determinat caracteristicile de calitate ale mustului de bere.

Tabelul 7.1. prezintă variațiile rețetelor de bere testate, cu varianta CS desemnând bere cu malț de orz 100%. În aceste teste, au fost utilizate cantități diferite de malț de sorg și sorg nemalțificat. Pe baza sugestiilor din literatura de specialitate și experiența practică, au fost adăugate cantitățile de enzimă Termamyl Classic din tabelul 7.1. (cantitatea ideală de enzimă

utilizată industrial pentru fabricarea berii cu orz nemălțificat este de 4%). La o temperatură de 35°C, enzima a fost adăugată la începutul procesului de plămădire.

Tabelul 7.1.

Variante experimentale de obținere a berii în condiții de laborator

Ingredient	Varianta de rețetă de brasaj					
	CS	S1	S2	S3	S4	S5
Maț de orz,%	100	-	-	-	-	-
Maț de sorg, %	-	100	70	60	50	-
Făină de sorg,%	-	-	30	40	50	100
Preparat enzimatic Termamyl classic, %	0	4	4	4	4	4

Pentru mațul de sorg și sorgul ca ingredient nemălțificat s-a utilizat metoda Congress modificată, diagrama de brasaj a fost următoarea: 15 minute la 35°C; 15 minute la 45°C; 40 minute la 65°C; 30 minute la 72°C; 10 minute la 78°C (Wijngaard & Arendt, 2006). După menținere la 72°C timp de 60 de minute proba nu s-a zaharificat. S-a adăugat 1 g maț de orz și s-a menținut timp de 20 de minute la aceeași temperatură, dar nici așa nu s-a zaharificat. Concluzia acestui experiment a fost că, în încercările ulterioare trebuie utilizate preparate enzimatice care să reducă durata de zaharificare a plămезii. Cercetările au continuat pentru stabilirea cantității optime de enzimă pentru procesul de brasaj.

Mustul obținut a fost fiert cu hamei (1,52g hamei Amarillo (7,8% alfa acizi amari)/L must) în vase Erlenmeyer timp de 1 oră. După fierbere mustul a fost răcit la 20°C și lăsat în repaus 30 minute, în vederea sedimentării trubului la cald, și decantat în vasele de fermentare de capacitate 2L prevăzute cu supape de evacuare CO₂. Înainte de însămânțarea cu drojdie mustul de maț a fost analizat.

După răcire până la temperatura de 12°C, mustul de bere (1,5 L) a fost însămânțat cu 25 g lapte drojdie tip 74/30 Fermentis, a cărui calitate a fost determinat în prealabil cu ajutorul aparatului Nucleocounter YC-100, numărul de celule totale fiind de 24 x 10⁸/mL biomasă, din care celule moarte 1,42%. Fermentația primară s-a realizat la temperatura de 12°C timp de 6 zile, într-un frigider industrial cu posibilitate de reglare digitală, după care berea tânără a fost îmbuteliată și supusă fermentării secundare și maturării timp de 30 zile la 4°C în același frigider industrial.

Prima etapă de evaluare a potențialului sorgului ca materie primă nemălțificată și a mațului de sorg în fabricarea berii a fost analiza acestora.

În tabelul 7.3. sunt prezentate sintetic caracteristicile de calitate ale mațului de sorg și ale mațului de orz utilizate în studiu.

Tabelul 7.3.

Caracteristici fizico-chimice pentru mațul de orz și mațul de sorg

Indicele de calitate	Maț de orz	Maț de sorg
Umiditate, %	5,10±0,10	8,64±0,15
Culoare, unit. EBC	3,60±0,10	4,80±0,10
Conținut în extract, % s.u.	8,90±0,30	8,60±0,40
Durata de zaharificare, min.	9,00±0,40	> 30
Durata de filtrare, min.	14,00±1,00	> 50
pH must	6,05±0,10	6,17±0,10
Aspect must	limpede	slab opal

* Rezultatele reprezintă valori medii ± abaterea standard (SD), n=3

Mațul de sorg prezintă indici de calitate corespunzători pentru fabricarea berii, după cum se poate observa din analiza comparativă a datelor care au fost prezentate. PH-ul și

conținutul în extract al mustului primitiv obținut din malțului de sorg sunt similare cu cele obținute pentru malțul de orz, înregistrând în același timp valori mai mari pentru umiditatea malțului și culoarea mustului. Având în vedere că duratele de zaharificare și filtrare au fost mai lungi decât în cazul malțului de orz, s-a sugerat utilizarea preparatelor enzimatică pentru a scurta acești timpi pentru a produce bere în condiții de laborator. Datele obținute pentru malțul de sorg sunt apropiate de cele obținute de Rubio-Flores *et al.* pentru culoarea mustului de bere (4,62 unit. EBC) (Rubio-Flores *et al.*, 2020), pentru durata de zaharificare de cele determinate de Coulibaly *et al.* (57,39 minute) (Coulibaly *et al.*, 2021) și de Gumienna & Górna (60 minute) (Gumienna *et al.*, 2020), pentru umiditate decât cele obținute de Yafetto *et al.* (8,34%) (Yafetto *et al.*, 2022), pentru conținutul din extract și pH-ul mustului decât cele determinate de Tokpohozin *et al.* (Tokpohozin *et al.*, 2018).

Amestecul de ingrediente a fost combinat cu apă pentru a crea mustul înainte de a începe procesul de brasaj. Gelatinizarea, lichefierea și zaharificarea au fost etapele procesului de brasaj. Transformarea completă a amidonului în plasmă a fost confirmată prin testul cu iod. Un malț bun se zaharifică în mai puțin de 10 minute; o durată mai lungă este rezultatul dezagregării insuficiente a amidonului. Este bine cunoscut faptul că temperatura de gelatinizare a amidonului este un element crucial în degradarea acestuia (Zdaniewicz *et al.*, 2020).

Datorită activității amilolitice scăzute, insuficiente pentru o zaharificare completă, temperatură ridicată de gelatinizare, dar și conținutului redus de azot aminic liber, utilizarea malțului de sorg la fabricarea berii a condus la unele dificultăți. Sorgul are o activitate β -amilazică scăzută, dar o activitate α -amilazică mai mare decât malțul de orz. Activitatea enzimatică redusă va duce la o producție scăzută de carbohidrați fermentescibili și un conținut ridicat de dextrine și în final la o creștere a vâscozității (Espinosa-Ramírez *et al.*, 2013; Taylor *et al.*, 2013). Temperatura de gelatinizare este limitată de kafirine (Heredia-Olea *et al.*, 2017). Prin urmare, hidroliza amidonului în zaharuri fermentescibile are loc doar parțial. De aceea, pentru a evita problemele tehnologice, utilizarea sorgului în fabricarea berii necesită un proces de malțificare adecvat. În caz contrar, se recomandă utilizarea enzimelor exogene pentru a produce beri de sorg (Cela *et al.*, 2020).

Espinosa-Ramírez *et al.* (2014) au evaluat efectul adaosului de β -amilază sau amiloglucozidază în timpul plămădirii sorgului, obținând un conținut mai mare de alcool. Urias-Lugo & Salvidar au folosit amiloglucozidază, ce a condus la un randament îmbunătățit al mustului și al ratei de filtrare, obținându-se în final un procent mai mare de etanol (Urias-Lugo & Saldivar, 2005). Cu toate acestea, conținutul de alcool al berii de sorg a fost cu 1,1% mai mic decât berea de malț de orz. Culoarea, pH-ul și conținutul FAN nu au fost afectate de adaosul de amiloglucozidază. Pentru a reduce aceste deficiențe se poate adăuga și *Aspergillus oryzae* care s-a dovedit că îmbunătățește proprietățile de malțificare ale sorgului. Prin folosirea acestui adjuvant α -amilaza a fost afectată pozitiv, în timp ce pentru β -amilază nu au existat diferențe (Cela *et al.*, 2020).

Principalele probleme la fabricarea berii cu sorg sunt puterea diastatică mai mică a malțului său, în special deficiența în activitatea β -amilazei și temperatura de gelatinizare mai mare a amidonului de sorg comparativ cu amidonul de orz (Rubio-Flores *et al.*, 2020). Într-o cercetare efectuată de Espinosa-Ramirez *et al.* (2013) au fost produse cu succes beri lager din diferite tipuri de malțuri de sorg și adjuvanți fără gluten, suplimentate cu β -amilază sau amiloglucozidază.

Tabelul 7.4 prezintă rezultatele analizelor efectuate asupra mustului de bere produs prin toate cele cinci rețete de bere care au fost investigate. Aceste constatări au fost comparate cu o probă de must de bere produsă din malț de orz.

Tabelul 7.4.

Parametrii fizico-chimici ai mustului de bere

Caracteristica	Varianta rețetă de fabricație					
	CS	S1	S2	S3	S4	S5
Durata de filtrare, min.	20,00±2,00	40,00±1,00	40,00±1,00	40,00±1,00	40,00±1,00	40,00±1,00
Durata de zaharificare, min.	10,00±1,00	10,00±2,00	10,00±2,00	10,00±2,00	10,00±2,00	10,00±2,00
Conținut în extract, °P	8,95±0,30	8,60±0,50	7,80±0,50	7,40±0,50	7,30±0,50	6,60±0,50
Randamentul în extract, % s.u.	84,05±0,20	83,24±0,40	74,35±0,30	69,98±0,25	68,93±0,34	61,47±0,28
Culoarea, unit. EBC	3,40±0,10	3,80±0,20	3,90±0,20	3,80±0,10	3,90±0,10	3,50±0,10
pH	6,06±0,02	6,17±0,05	6,25±0,05	6,26±0,05	6,22±0,05	6,28±0,05
Proteine totale, % su	10,22±0,05	8,35±0,07	8,43±0,08	8,46±0,06	8,49±0,05	8,63±0,06
Azot solubil, mg/L	678,00±0,58	193,90±0,65	206,90±0,76	196,60±0,57	187,30±0,84	195,70±0,74
Azot total, % su	1,54±0,10	1,34±0,20	1,35±0,10	1,35±0,20	1,36±0,10	1,38±0,10
FAN, mg/100g	116,28±0,66	51,67±0,63	48,23±0,60	60,81±0,55	49,53±0,68	43,83±0,58
Indicele Kolbach	39,04±0,50	21,96±0,64	22,77±0,50	21,39±0,44	20,27±0,48	20,50±0,62
Grad aparent de fermentare, %	84,96±0,40	58,13±0,50	60,25±0,50	60,81±0,40	61,11±0,40	63,63±0,50

* Rezultatele reprezintă valori medii ± abaterea standard (SD), n=3

Mustul de bere obținut a fost supus procesului de fierbere cu hamei. După 60 de minute de fierbere a probelor cu hamei, s-a observat o scădere ușoară a pH-ului la toate probele luate în studiu, comparativ cu aceleași probe înainte de fierbere. Conținutul în extract a crescut la toate probele ca urmare a operației de fierbere datorită evaporării apei. Fierberea a condus la o creștere a culorii tuturor probelor testate de la aproximativ 3,4-3,9 unit. EBC la 4,5-8,9 unit. EBC.

După răcire până la temperatura de 12°C, mustul de bere a fost însămânțat cu drojdie, fermentația primară a durat 6 zile, după care berea tânără a fost îmbuteliată și supusă fermentării secundare și maturării timp de 30 zile. Berea-produs finit a prezentat caracteristicile fizico-chimice prezentate în tabelul 7.6.

Tabelul 7.6.

Caracteristicile fizico-chimice ale berii – produs finit

Caracteristica	Varianta rețetă de fabricație					
	CS	S1	S2	S3	S4	S5
Extract original, % m/m	11,10±0,05 ^a	10,40±0,05 ^{b,A}	11,38±0,04 ^{c,B}	11,26±0,05 ^{d,C}	9,92±0,04 ^{e,D}	8,90±0,04 ^{f,E}
Extract aparent, % m/m	2,40±0,02 ^a	4,14±0,06 ^{b,A}	4,28±0,04 ^{c,B}	4,59±0,04 ^{d,C}	3,11±0,04 ^{e,D}	2,68±0,03 ^{f,E}
Conținut în alcool, % v/v	4,75±0,04 ^a	3,32±0,05 ^{b,A}	3,78±0,05 ^{c,B}	4,12±0,06 ^{d,C}	3,04±0,04 ^{e,D}	2,81±0,05 ^{f,E}
Conținut în alcool, % m/m	3,70±0,02 ^a	2,58±0,05 ^{b,A}	2,94±0,05 ^{c,B}	3,20±0,06 ^{d,C}	2,38±0,05 ^{e,D}	2,20±0,06 ^{f,E}
Densitate, g/cm ³	1,00835±0,0002 ^a	1,01444±0,0001 ^{b,A}	1,01492±0,0001 ^{c,B}	1,01616±0,0002 ^{d,C}	1,01036±0,0002 ^{e,D}	1,00869±0,0002 ^{e,E}
Turbiditate, EBC	0,76±0,01 ^a	1,56±0,02 ^{b,A}	1,12±0,01 ^{c,B}	0,74±0,02 ^{a,C}	1,49±0,01 ^{d,D}	1,43±0,03 ^{a,E}
pH	4,60±0,04 ^a	4,69±0,05 ^{a,A}	4,89±0,05 ^{b,B}	4,75±0,05 ^{c,C}	4,62±0,05 ^{a,C}	4,70±0,05 ^{d,A}
Culoare, EBC	5,20±0,12 ^a	5,60±0,15 ^{b,A}	6,60±0,12 ^{c,B}	6,80±0,18 ^{c,B}	5,10±0,11 ^{a,C}	4,50±0,12 ^{d,D}
Valoare amară, IBU	25,30±0,50 ^a	24,80±0,58 ^{a,A}	32,20±0,52 ^{b,B}	25,80±0,70 ^{a,A}	25,40±0,85 ^{a,A}	26,50±0,78 ^{c,C}
CO ₂ , g/L	4,90±0,04 ^a	4,82±0,05 ^{a,A}	4,80±0,07 ^{a,A}	5,10±0,05 ^{b,B}	4,90±0,07 ^{a,A}	4,87±0,08 ^{a,A}
O ₂ , mg/L	1,20±0,01 ^a	3,15±0,01 ^{b,A}	2,44±0,01 ^{c,B}	3,22±0,03 ^{b,A}	3,20±0,02 ^{b,A}	3,23±0,01 ^{b,B}
Valoarea energetică, kJ/100mL	145±0,50 ^a	139±0,60 ^{a,A}	152±0,50 ^{b,B}	161±0,70 ^{a,A}	115±0,80 ^{a,A}	105±0,80 ^{c,C}

*Rezultatele reprezintă valori medii ± abaterea standard (SD), n = 3; Litere diferite indică (a, b, c, d, e, f) că rezultatul prezintă diferențe semnificative față de proba martor (CS) la nivelul p < 0,01; Litere diferite indică (A, B, C, D, E) că rezultatul prezintă diferențe semnificative între variante (S1, S2, S3, S4, S5) la nivelul p < 0,01.

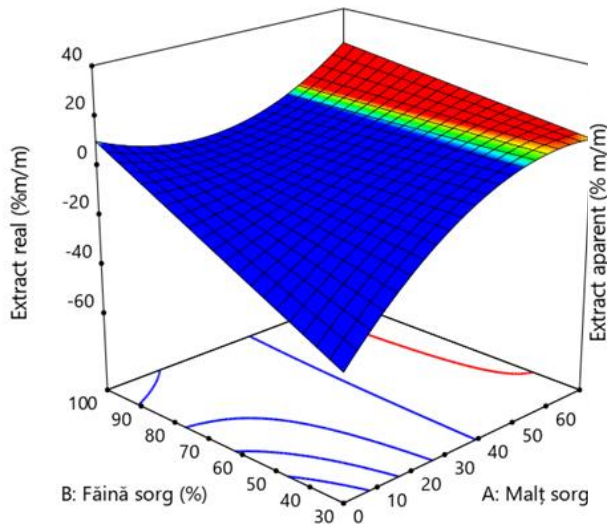
Extractul real, extractul aparent și conținutul în alcool sunt diferite pentru cele cinci variante de bere și proba de control, în timp ce s-au găsit variații minore în ceea ce privește culoarea, pH-ul, valoarea amară și conținutul în dioxid de carbon. Conținutul în alcool etilic, care a fost afectat de utilizarea malțului de sorg și a sorgului nemalțificat, este un factor distinctiv crucial.

Analiza senzorială are o importanță primordială în aprecierea calității berii. Gustul, mirosul, culoarea, limpiditatea, spumarea, degajarea bulelor de dioxid de carbon, constituie cea mai bună recomandare și sunt, în același timp, rezultat al tuturor operațiilor tehnologice. Pentru efectuarea analizei senzoriale a celor 5 variante experimentale s-a folosit metoda scării de punctaj.

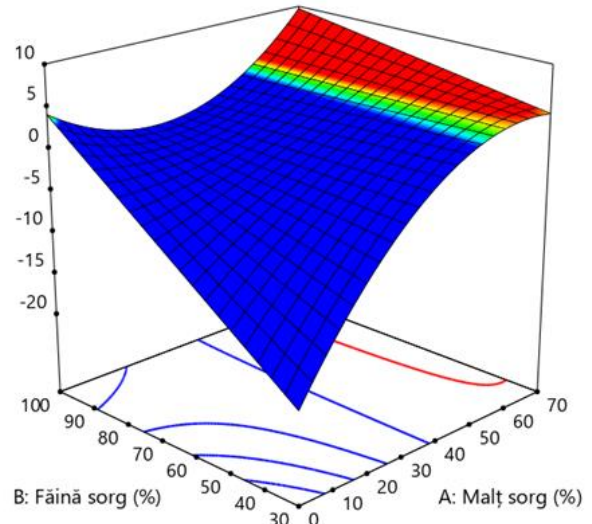
Caracteristicile senzoriale ale probelor de bere sunt prezentate în Tabelul 7.7. Punctajul mediu general de acceptabilitate a variat între 6,41 și 8,42. Conform datelor noastre, toate mostrele de bere au fost apreciate de membrii panelului, de la „mi-a plăcut puțin” la „a plăcut foarte mult”. Nu au fost obținute diferențe semnificative ($p < 0,05$) pentru acceptabilitatea generală între berile S3 și S1. Se pare că aceste tipuri de beri au fost similare și din punct de vedere al caracteristicilor senzoriale de aromă și ultima senzație. Aceste tipuri de beri cu malț de sorg în rețetă, au fost cele mai apreciate după proba de bere martor. Aceste date sunt în acord cu cele raportate de Owuama care a concluzionat că, caracterul berilor din malțul de orz și sorg este într-un fel comparabil (Owuama, C.I., 1997). Potrivit acestuia, aceste tipuri de beri sunt acceptabile cu o mică diferență de aromă, gust și culoare. Proba martor a fost cea mai apreciată, primind cel mai mare punctaj pentru caracteristicile senzoriale aspect, aromă, gust general, carbonatare, plinătate și ultima senzație. Proba de bere S2 a fost mai puțin apreciată, primind cele mai mici puncte pentru caracteristicile senzoriale culoare, aromă, gust general, amăreală, carbonatare, plinătate și ultima senzație. Toate probele de bere au fost foarte bine apreciate pentru carbonatare, ceea ce înseamnă o valoare cuprinsă între 8,31 și 8,81. Acest fapt a fost explicabil deoarece s-a raportat că boabele de sorg conțin fracții de amilază care sunt implicate în hidroliza amidonului în timpul plămădirii (Owuama, C.I., 1999). Prezintă o activitate β -amilazică mai scăzută decât malțul de orz, dar o activitate mai mare α -amilazică (Cadenas *et al.*, 2021). De asemenea, principalul compus al boabelor de sorg este amidonul, conținutul fiind ușor mai mare decât cel din orz (Gous & Fox, 2017). Acest lucru va duce la o producție mare de glucide fermentescibile și deci de dioxid de carbon, mai ales dacă este combinat cu malțul de orz sau sorg. Caracteristica senzorială aspect a fost mai puțin apreciată pentru probele de bere cu cantități mari de făină de sorg încorporate în rețeta lor. Cu toate acestea, aceste probe de bere au fost bine apreciate pentru culoarea lor. Acest fapt a fost explicabil, deoarece pigmentarea miezului de sorg a fost mai mult albă, ceea ce poate să nu afecteze valoarea culorii berii. Fiind un tip de bere blondă pentru evaluare și ținând cont de faptul că adaosul de sorg nu a crescut foarte mult culoarea berii, a condus la o bună apreciere a acestei caracteristici senzoriale de către paneliști. Cea mai mare valoare a amăreliei senzoriale a fost obținută pentru proba martor. Se pare că adăugarea de sorg în rețeta de bere va conduce la o scădere semnificativă ($p < 0,05$) a acestei valori. Conform lui Aetunji *et al.* sorgul are o aromă dulce, asemănătoare porumbului, care poate reduce valoarea amăreliei a probelor de bere în care a fost încorporat (Aetunji *et al.*, 2013).

Spuma, capacitatea de spumare și persistența spumei deosebesc berea de alte băuturi. O spumă bună, frumoasă, albă și stabilă în timp ne dă garanția calității berii și reflectă faptul că s-a lucrat corect. Caracteristicile spumei sunt: volumul, densitatea și persistența. Volumul spumei depinde de conținutul în dioxid de carbon și de cantitatea de substanțe cu acțiune tensioactivă. Degajarea lentă a dioxidului de carbon, în bule mici și uniforme, se explică prin legarea lui de coloizii din extract: dextrine, proteine, rășini amare din hamei. Persistența spumei depinde de gradul de dispersie al substanțelor coloidale din bere, care formează o

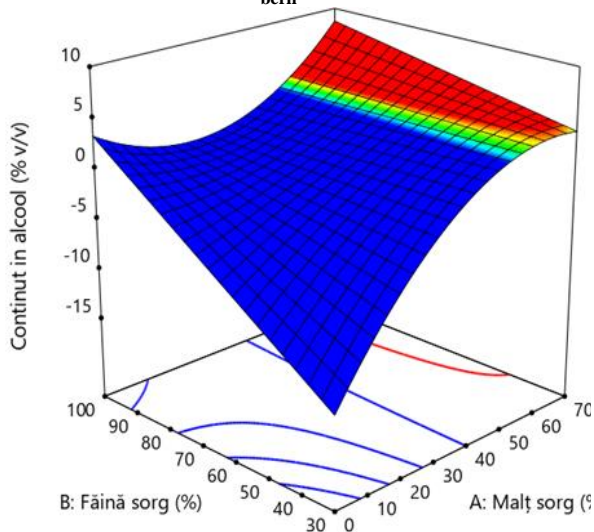
peliculă rezistentă în jurul bulelor de dioxid de carbon. Persistența spumei este favorizată de rășinile amare din hamei și de substanțele cu azot, complexe, dar este diminuată de prezența grăsimilor și doza de alcooli superiori. Berea trebuie să prezinte spumă multă și persistentă, să fie limpede și strălucitoare, păstrându-și aceste calități un timp cât mai îndelungat.



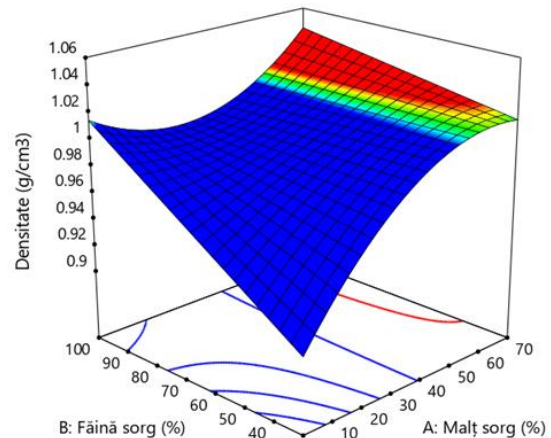
Reprezentarea suprafeței de răspuns pentru efectul combinat al cantității de făină de sorg și malț de sorg asupra extractului real al berii



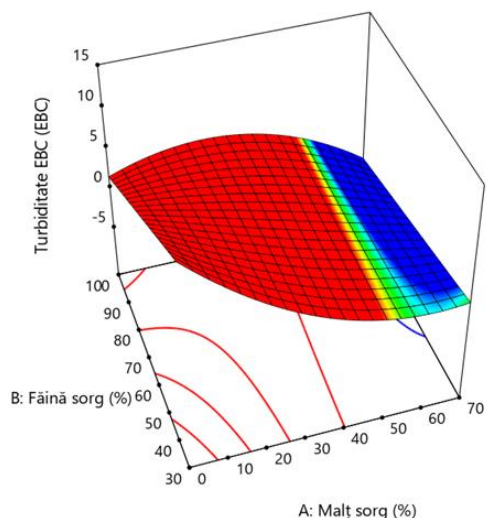
Reprezentarea suprafeței de răspuns pentru efectul combinat al cantității de făină de sorg și malț de sorg asupra extractului aparent al berii



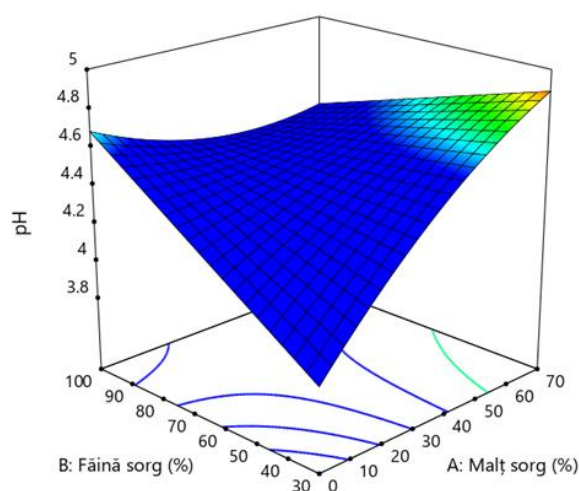
Reprezentarea suprafeței de răspuns pentru efectul combinat al cantității de făină de sorg și malț de sorg asupra conținutului în alcool al berii



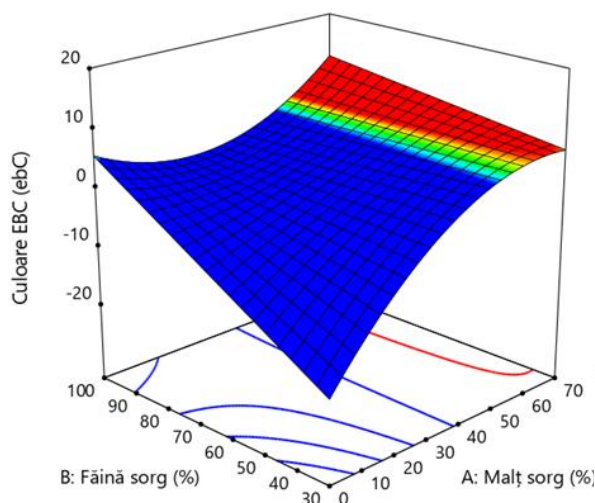
Reprezentarea suprafeței de răspuns pentru efectul combinat al cantității de făină de sorg și malț de sorg asupra densității berii



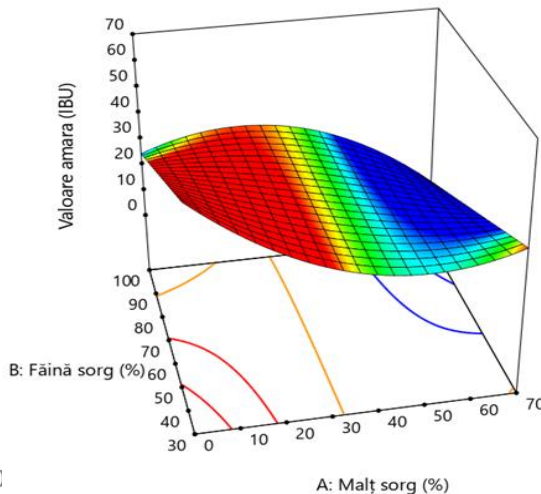
Reprezentarea suprafeței de răspuns pentru efectul combinat al cantității de făină de sorg și malț de sorg asupra turbidității EBC a berii



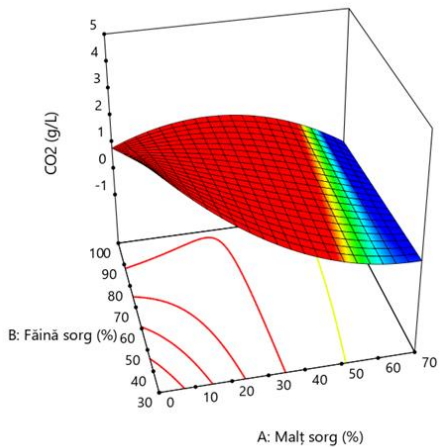
Reprezentarea suprafeței de răspuns pentru efectul combinat al cantității de făină de sorg și malț de sorg asupra pH-ului berii



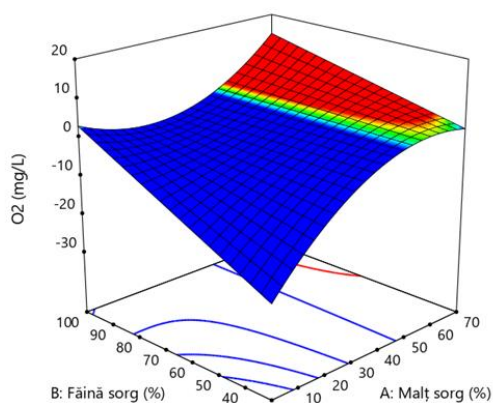
Reprezentarea suprafeței de răspuns pentru efectul combinat al cantității de făină de sorg și malț de sorg asupra culorii berii



Reprezentarea suprafeței de răspuns pentru efectul combinat al cantității de făină de sorg și malț de sorg asupra valorii amare a berii



Reprezentarea suprafeței de răspuns pentru efectul combinat al cantității de făină de sorg și malț de sorg asupra conținutului în CO₂



Reprezentarea suprafeței de răspuns pentru efectul combinat al cantității de făină de sorg și malț de sorg asupra conținutului în O₂

Fig.7.4. Reprezentarea grafică a suprafeței de răspuns pentru efectul combinat al făinii de sorg și malțului de sorg asupra caracteristicilor fizico-chimice ale produsului finit

Tabelul 7.7.

Sinteza rezultatelor analizei senzoriale

Caracteristica	Variantă rețetă de fabricație					
	CS	S1	S2	S3	S4	S5
Aspect	8,71±0,17 ^e	7,04±1,18 ^c	7,06±0,33 ^b	8,60±0,13 ^e	6,62±1,28 ^a	6,82±1,03 ^b
Culoare	7,52±1,00 ^d	7,12±1,40 ^b	6,71±0,23 ^a	7,36±0,57 ^{bc}	7,31±0,95 ^c	8,10±0,23 ^d
Aromă	8,61±0,26 ^e	8,27±0,33 ^d	6,23±0,14 ^a	8,32±0,18 ^d	7,34±0,53 ^b	7,81±0,77 ^c
Gust general	8,62±0,15 ^f	8,10±0,21 ^d	5,82±0,15 ^a	8,36±0,22 ^e	7,25±0,84 ^b	7,92±0,30 ^c
Amăreală	8,01±0,24 ^c	8,21±0,28 ^c	6,52±0,35 ^a	8,43±0,11 ^d	8,21±0,36 ^c	7,41±0,24 ^b
Carbonatare	8,81±0,11 ^d	8,40±0,18 ^{bc}	8,31±0,11 ^a	8,54±0,09 ^c	8,52±0,18 ^{bc}	8,40±0,19 ^{ab}
Plinătate	8,52±0,15 ^e	8,02±0,25 ^d	6,06±0,95 ^a	8,21±0,24 ^d	7,31±0,34 ^b	7,22±0,95 ^b
Ultima senzație	8,33±0,27 ^e	7,91±0,53 ^c	6,22±0,77 ^a	8,08±0,57 ^c	7,13±0,25 ^b	7,01±0,64 ^b
Acceptabilitate generală	8,42±0,21 ^e	8,01±0,20 ^d	6,41±0,82 ^a	8,12±0,36 ^d	7,12±0,33 ^b	7,92±0,77 ^c

* Datele sunt exprimate ca medie ± abatere standard. Valorile medii a-d- din aceeași coloană urmate de o altă literă sunt diferite din punct de vedere statistic ($p < 0,05$)

Concluzii parțiale. Obținerea unor sortimente de bere de sorg și malț de sorg a fost demonstrată ca fiind posibilă în multe țări de pe glob. În condițiile actuale, în care schimbările climatice sunt din ce în ce mai mult resimțite și în țara noastră, fabricarea berii din această cereală reprezintă o alternativă viabilă, dar în același timp și o noutate pe piața de profil din România.

Sorgul este mai tolerant la secetă decât alte culturi de cereale fiind numită și planta-cămilă, fiind una din cele mai versatile culturi alimentare și va fi o cultură importantă pentru o economie sustenabilă. Prin cercetările efectuate în condiții de laborator s-a demonstrat potențialul acestei cereale de a fi utilizată ca materie primă în industria berii, s-a obținut și o variantă de produs finit care a întrunit calificativul de foarte bună, deci nu a prezentat nici un fel de tipuri de lipsuri sau defecte perceptibile.

Se au în vedere efectuarea de studii viitoare pentru a optimiza procesele tehnologice și rețetele de fabricație pentru îmbunătățirea caracteristicile senzoriale ale berii – produs finit. În acest proces este nevoie de eforturi concentrate și continue în cercetare și coordonarea tuturor părților interesate pentru implementarea eficientă a soluțiilor relevante cu efecte asupra calității produsului finit. Rezultatele indică faptul că industria și cercetarea științifică pot promova inovația în crearea de noi sortimente de bere, într-un mod bine structurat folosind porumbul și sorgul, contribuind la îmbunătățirea calității produselor și la reducerea abaterilor de calitate. În inovarea tehnologică se vor avea în vedere criteriile tehnice, economice, dar și acceptabilitatea noilor sortimente de către consumatori.

CAPITOLUL VIII

OBȚINEREA BERII DE HRİȘCĂ ȘI SORG ÎN CONDIȚII DE STAȚIE PILOT

Adjuvanții nemalțificați sunt adesea folosiți în industria berii ca o sursă alternativă rentabilă de extract, precum și pentru funcționalitatea individuală pe care o aduc procesului de fabricare a berii finite. Reducerea costurilor poate fi determinată prin reducerea la minimum a cerințelor pentru procesul de malțificare și a costurilor aferente acestuia. În plus, economiile de costuri pot apărea din înlocuirea malțului de orz potențial scump cu cereale mai ieftine din surse locale. Alegerea cerealelor nemalțificate în industria globală este astfel puternic influențată de aprovizionarea locală cu materii prime și de considerentele de cost. Atributele de calitate ale unora dintre cele mai importante mărci de bere la nivel mondial se bazează pe adjuvanții utilizați în rețetele lor. Adjuvanții sunt utilizați de producătorii de bere atât pentru a modifica calitatea berii (de exemplu, aromă, spumă, stabilitate coloidală), cât și pentru a permite producerea de noi produse inovatoare cu caracteristici specifice dorite.

Obținerea berii cu cereale nemalțificate, în special într-o cantitate mărită, poate fi o provocare și este necesară o înțelegere mai detaliată a factorilor care limitează ratele de încorporare a acestora în rețetele de fabricație. Principalul dezavantaj din punct de vedere al procesabilității atunci când se includ adjuvanți nemalțificați este scăderea activităților enzimatică amilolitice, citolitice și proteolitice din măciniș, deoarece aceste sisteme enzimatică sunt activate și sintetizate în timpul procesului de malțificare. Acțiunile acestor trei sisteme enzimatică în timpul malțificării și plămădirii influențează compoziția chimică a mustului și eficiența recuperării extractului de bere. Compoziția biochimică variată a materialelor cerealiere va avea impact atât asupra performanței procesului de fabricare a berii, cât și asupra calității berii finite. O deficiență a activității enzimatică și variațiile în compoziția adjuvanților nemalțificați pot influența, în consecință, profilul de aromă al berii – produs finit (Yorke *et al.*, 2021). Deci, trebuie remarcat faptul că adăugarea oricărui adjuvant nemalțificat va reduce potențialul enzimatic și va crește nivelurile de β -glucan. Adjuvantul tinde să crească vâscozitatea mustului și să scadă eficiența filtrării (Sterczyńska *et al.*, 2021). Dintre modificările de compoziție cu impact în proces, prezența β -glucanilor și pentozanilor este cea mai semnificativă, care poate provoca must vâscos, separare lentă a mustului, scăderea recuperării extractului, filtrare lentă și utilizare mai mare a filtrelor (Rosa & Lannes, 2022).

Utilizarea cerealelor care nu conțin proteine generatoare de gluten în fabricarea berii este o abordare potrivită pentru producerea berii fără gluten. Orezul, porumbul, sorgul, meiul, tefful, pseudocerealele precum hrișca, quinoa și amarantul, au fost studiate în ultimii ani ca alternative la malțul de orz în producția de bere fără gluten (Rosa & Lannes, 2022; Cela *et al.*, 2023). În literatura de specialitate există mai multe studii care au investigat obținerea berii din cereale nemalțificate. În ultimii ani, a crescut interesul pentru fabricarea berii exclusiv din orz nemalțificat (Cela *et al.*, 2022). De exemplu, Steiner *et al.* au raportat că utilizarea orzului 100% nemalțificat a produs bere cu mai puțină plinătate (Steiner *et al.*, 2012).

Utilizarea hrișcăi și sorgului ca adjuvanți la fabricarea berii este cunoscută de multă vreme. Primele preocupări în utilizarea hrișcăi la fabricarea berii au constat în utilizarea acesteia ca materie primă nemalțificată pentru îmbunătățirea conținutului în extract al mustului de bere și reducerea costurilor de producție. Acest lucru s-a concretizat prin adaosul acestei pseudocereale sub formă de făină, crupe sau sub formă extrudată în etapa de plămădire. Pe de altă parte, valoarea nutrițională și randamentul sunt mai mari decât porumbul și grâul și, de asemenea, hrișca este mai rezistentă decât orzul și grâul la condițiile climatice nefavorabile de cultură (Koshova *et al.*, 2017). Hrișca s-a dovedit a fi potrivită pentru utilizare ca ingredient brut în fabricarea berii, în special pentru aplicarea în producția de bere fără gluten. Malțul de

hrișcă are o activitate amilolitică redusă și un randament mic în extract, rate de filtrare reduse legate de vâscozitatea ridicată a mustului și probleme la fermentarea mustului. Prin urmare, este necesar să se utilizeze enzime suplimentare pentru a echilibra activitatea enzimatică scăzută și pentru a permite zaharificarea completă. Având în vedere caracteristicile nutriționale și senzoriale, berile obținute din malț de hrișcă 100% dezvoltă o aromă deosebită de nucă, au o culoare mai închisă și au un conținut mai scăzut de alcool decât berile din malț de orz. Hrișca este singura pseudocereală care conține rutina, un flavonoid care posedă efecte antioxidante, antiinflamatorii și anticancerigene, printre altele. S-a arătat că utilizarea malțului de hrișcă în fabricarea berii lager oferă beri îmbogățite în rutină. Aceste beri prezintă o capacitate antioxidantă relativ mare și o stabilitate oxidativă în timpul maturării forțate, comparativ cu berea 100% din malț de orz. Creșterea compoziției totale de polifenoli și, în consecință, activitatea antioxidantă a berii este favorizată de condiții mai blânde în timpul malțificării (Cadenas *et al.*, 2021; Dabija *et al.*, 2022). Cercetările noastre anterioare la nivel de laborator ne-au condus la concluzia că, se poate obține bere din hrișcă și fără ca aceasta să fie malțificată, doar prin adaos de preparate enzimaticice la brasaj (Ciocan *et al.*, 2023).

Utilizarea sorgului ca alternativă la malțul de orz este importantă în producția tuturor tipurilor de bere (Ale și Lager). Sorgul este o sursă excelentă de proteine, vitamine din grupul B, minerale și constituenți care promovează sănătatea, cum ar fi antioxidanți fenolici, fibre și ceară care scad colesterolul. În ceea ce privește sorgul nemalțificat, s-a constatat că, calitatea senzorială a berii care a fost obținută cu 50% sorg nemalțificat este similară cu cea a berilor obținute din 100% malț de orz, deși au stabilități mai mici ale spumei (Cadenas *et al.*, 2021; Dabija *et al.*, 2021). Schnitzenbaumer *et al.* au publicat un studiu cu rezultatele sintetizate în urma obținerii a două beri cu 40% sorg nemalțificat (un soi roșu și unul alb) și, în ambele cazuri, au obținut evaluări foarte asemănătoare cu berea din 100% din malț de orz în ceea ce privește calitățile senzoriale precum aroma, plinătatea și amăreala (Schnitzenbaumer *et al.*, 2013). Utilizarea sorgului ca principală materie primă la fabricarea berii este tradițională în Africa, atât ca sorg malțificat, cât și ca adjuvant (Attchelouwa *et al.*, 2017; Shen *et al.*, 2018). Prezența berilor de sorg pe piață reprezintă o recunoaștere a posibilității utilizării acestei cereale la fabricarea berii. Pentru a îmbunătăți proprietățile senzoriale ale produsului finit literatura de specialitate recomandă folosirea sorgului în combinație cu alte cereale (Embashu *et al.*, 2019; Cela *et al.*, 2023; Ciocan *et al.*, 2023). Lucrarea prezintă cercetările efectuate pentru obținerea berii din hrișcă și sorg sub formă nemalțificată la nivel de stație pilot.

Obținerea mustului de bere. Obținerea mustului de bere s-a realizat în condiții de stație pilot. Materiile prime au fost mai întâi măcinate, cântărite și aduse în vasul de plămădire-zaharificare. S-au utilizat câte 5 kg de materie primă și 15 L de apă de plămădire pentru a forma plămada, conform variantelor prezentate în tabelul 8.1.

Tabelul 8.1.

Variante de rețete de fabricație luate în studiu

Ingredient	Variantă rețetă de fabricație			
	M	B1	B2	B3
Malț de orz, %	100	-	-	-
Hrișcă nemalțificată, %	0	100	0	50
Sorg nemalțificat, %	0	0	100	50
Preparat enzimatic Termamyl classic, %	-	0,88	0,88	0,88
pH inițial	6,30	6,39	6,68	6,60

PH-ul plămезilor formate s-a ajustat cu acid lactic până la valoarea de 5,50. Pentru toate cele 4 variante ale rețetei de fabricație procesul de brasaj s-a desfășurat conform următorului program: încălzire plămadă la 45°C și menținere la această temperatură timp de 15 minute,

apoi, temperatura s-a ridicat până la 65°C prin amestecarea continuă a plămezii. După ce s-a ajuns la această temperatură plămada a fost menținută timp de 40 minute, apoi a fost adusă la 72°C și din acest moment, s-a măsurat durata de zaharificare. La această temperatură a fost menținută timp de 70 minute, apoi temperatura plămezii a fost adusă la 78°C unde a fost menținută timp de 10 minute. După răcire la 20°C plămada a fost supusă filtrării, borhotul de malț obținut a fost spălat cu o cantitate de 15L apă pentru recuperarea extractului reținut.

Mustul obținut a fost fiert cu hamei (16g hamei Amarillo (7,8% alfa acizi amari)/L must) în cazanul de fierbere timp de 1 oră. După fierbere mustul a fost răcit la 20°C și lăsat în repaus 30 minute, în vederea sedimentării trubului la cald și decantat în vasele de fermentare de capacitate prevăzute cu supape de evacuare CO₂. Înainte de însămânțarea cu drojdie mustul de bere a fost analizat.

După răcire până la temperatura de 12°C, mustul de bere a fost însămânțat cu 100 g lapte drojdie tip 74/30 Fermentis, a cărui calitate a fost determinat în prealabil cu ajutorul aparatului Nucleocounter YC-100, numărul de celule totale fiind de 24 x 10⁸/mL biomasă, din care celule moarte 1,42%. Fermentația primară s-a realizat la temperatura de 12°C timp de 6 zile, într-un frigider industrial cu posibilitate de reglare digitală, după care berea tânără a fost îmbuteliată și supusă fermentării secundare și maturării timp de 28 zile la 4°C în același frigider industrial.

Mustul de bere obținut după fierbere a fost analizat din punct de vedere fizico-chimic, rezultatele sunt prezentate sintetic în tabelul 8.2.

Tabelul 8.2.

Proprietățile fizico-chimice ale mustului de bere

Caracteristica	Variantă rețetă de fabricație			
	M	B1	B2	B3
Durata de zaharificare, minute	15±1,00	70±2,00	70±2,00	70±1,00
Extract primitiv, °P	9,80±0,40	10,80±0,50	10,60±0,30	9,90±0,40
Culoare, unit. EBC	6,40±0,10	17,40±0,50	5,86±0,20	12,20±0,10
pH	6,10±0,04	6,13±0,05	6,03±0,04	6,14±0,02
Azot solubil, mg/L	695,20±0,75	638,00±0,76	196,00±0,54	414,00±0,82
FAN, mg/100g	121,35±0,64	82,40±0,48	41,60±0,50	55,00±0,56
Valoare amară, IBU	35,10±0,40	34,10±0,20	31,10±0,50	32,10±0,30
Grad final de fermentare, %	83,10±0,74	63,90±0,58	50,90±0,42	57,60±0,44

Din analiza datelor prezentate în tabelul 8.2. se observă că, în ceea ce privește extractul primitiv, pH-ul și valoarea amară a mustului de bere diferențele între proba martor, mustul obținut din 100% malț de orz și cele trei variante experimentale sunt nesemnificative. Valori diferite s-au găsit pentru durata de zaharificare, culoarea mustului de bere, conținutul în azot solubil, conținutul în azot aminic liber (FAN) și gradul final de fermentare. Astfel, durata de zaharificare a probelor de must obținute pentru cele 3 variante experimentale a fost de aproape 5 ori mai mare decât durata de zaharificare a plămezii obținută din 100% malț de orz. Această diferență se datorează faptului că, malțul de orz posedă echipamentul enzimatic necesar solubilizării amidonului în procesul de fierbere în comparație cu cele două materii prime nemalțificate, hrișca și sorgul care sunt utilizate în cele 3 variante de lucru. Pentru a facilita procesul de solubilizare a amidonului s-a adăugat un preparat enzimatic care a fost stabilit a se utiliza în aceste variante de brasaj prin cercetările noastre anterioare (Ciocan *et al.*, 2023). Același explicație, a lipsei echipamentului enzimatic adecvat solubilizării proteinelor din hrișcă și sorg, a condus și la obținerea unui conținut redus de azot solubil și azot aminic liber (FAN) în mustul de bere obținut, cel mai mic conținut de azot solubil și FAN înregistrându-se pentru mustul de bere rezultat din 100% sorg nemalțificat. Insuficiența compușilor cu azot din mustul de bere îngreunează procesul de fermentare, ca atare gradul

final de fermentare este mult mai mic decât în cazul probei martor, iar în final, substanțele proteice nesolubilizate pot influența negativ și stabilitatea coloidală a berii. Culoarea mustului de bere pentru proba obținută 100% din hrișcă nemălțificată a fost cea mai închisă, iar, surprinzător, mustul de bere obținut din 100% sorg nemălțificat a prezentat o culoare mai deschisă decât proba martor.

După răcire până la temperatura de 12°C, mustul de bere a fost însămânțat cu drojdie, fermentația primară a durat 6 zile, după care berea tânără a fost îmbuteliată și supusă fermentării secundare și maturării timp de 28 zile la 4°C. Berea-produs finit a prezentat caracteristicile fizico-chimice prezentate în tabelul 8.3. Berile obținute prin cele 3 variante diferă de proba martor în ceea ce privește extractul aparent, conținutul de alcool, conținutul în CO₂, conținutul în azot solubil, conținutul în azot aminic liber și în cei doi compuși secundari ai fermentației alcoolice, diacetil și pentadion și valoarea energetică, în timp ce s-au observat diferențe nesemnificative în ceea ce privește extractul original, culoarea, pH-ul, valoarea amară. Un parametru distinctiv foarte important este alcoolul etilic, al cărui conținut a fost afectat de utilizarea celor două ingrediente nemălțificate. Obținerea unor rezultate diferite ale acestui component a condus la o valoare energetică mai mică a berii – produs finit.

Tabelul 8.3

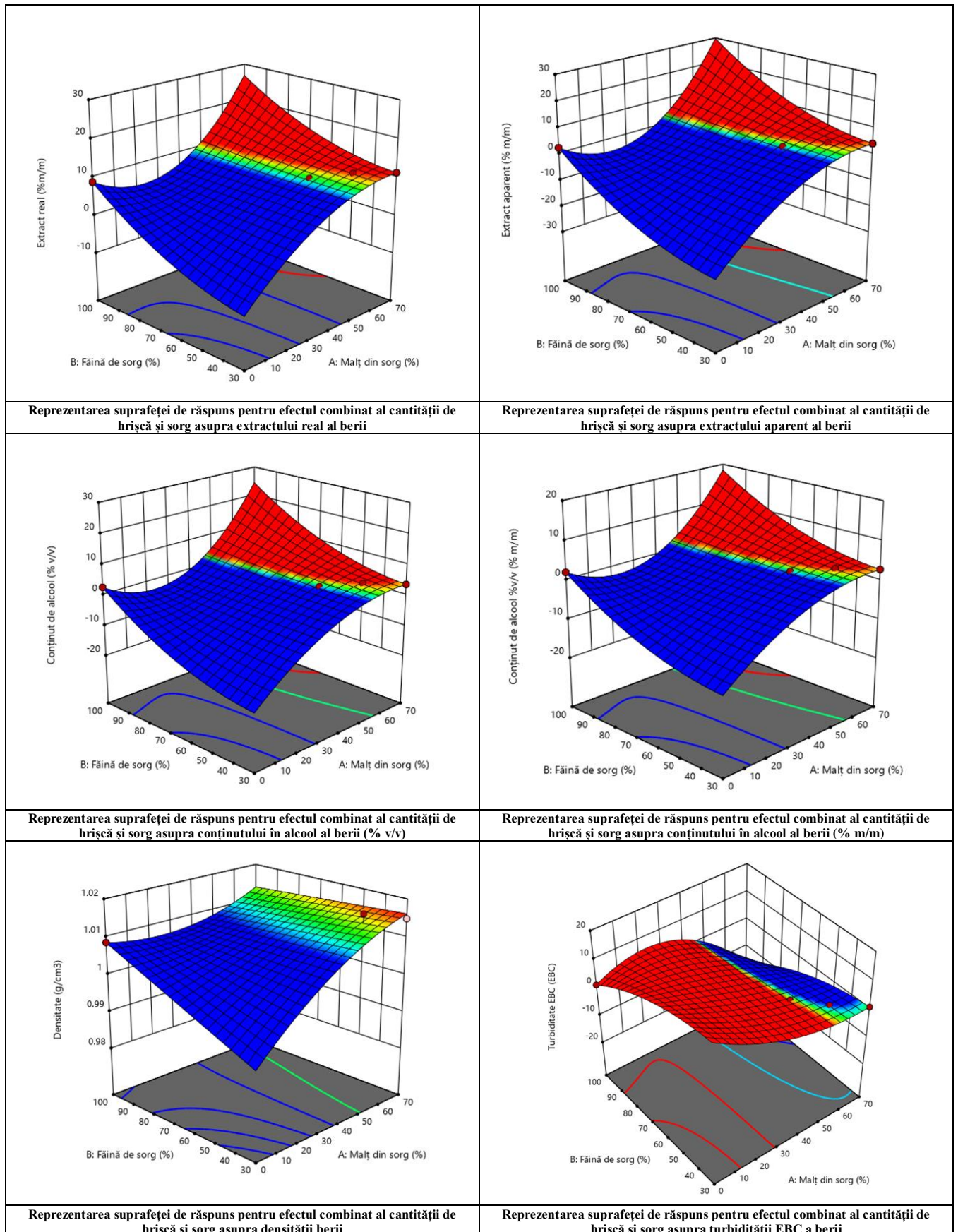
Proprietăți fizico-chimice ale berii – produs finit

Caracteristica	Varianta rețetă de fabricație			
	M	B1	B2	B3
Extract original, % m/m	10,50±0,20	10,70±0,30	10,50±0,20	9,90±0,40
Extract aparent, % m/m	2,35±0,04	4,08±0,03	5,15±0,05	4,47±0,06
Conținut în alcool, % v/v	4,50±0,02	3,51±0,04	2,84±0,04	2,87±0,02
Conținut în alcool, % m/m	3,75±0,04	2,73±0,01	2,20±0,02	2,23±0,03
Densitate, g/cm ³	1,00980±0,0001	1,01481±0,0001	1,01909±0,0002	1,01692±0,0002
Turbiditate, EBC	2,94±0,02	34,77±0,02	5,23±0,03	9,33±0,01
Turbiditate S25/S0, EBC	12,40±0,01	85,93±0,80	15,38±0,04	22,99±0,04
Turbiditate S90/S0, EBC	13,62±0,02	61,73±0,02	6,19±0,02	11,73±0,02
pH	4,50±0,02	4,86±0,01	4,42±0,05	4,95±0,07
Culoare, EBC	5,20±0,12	7,90±0,50	4,50±0,20	6,50±0,12
Valoare amară, IBU	19,80±0,40	19,80±0,30	19,30±0,60	19,90±0,62
CO ₂ , g/L	5,02±0,04	3,13±0,01	3,30±0,01	5,44±0,01
O ₂ , mg/L	0,11±0,01	1,14±0,02	0,31±0,14	0,39±0,12
FAN, mg/L	102,24±0,50	22,80±0,12	4,90±0,02	13,90±0,02
Azot solubil, mg/L	234,00±2,10	374,85±1,60	90,16±2,68	230,58±1,80
Diacetil, ppb	45,24±0,24	187,13±0,74	71,68±0,56	233,02±0,70
Pentadion, ppb	28,40±0,62	196,51±0,48	26,55±0,44	129,02±0,40
Extract aparent după fermentare, % m/m	1,84±0,01	3,20±0,02	4,98±0,02	3,70±0,01
Calorii, kJ/100 mL	190,00±2,00	161,95±0,62	159,73±2,60	149,95±0,50

Față de proba martor, se observă că cele trei variante experimentale prezintă valori mai mici pentru conținutul în alcool și conținut în azot alfa aminic liber (FAN) și valori apropiate pentru ceilalți parametri. Rezultatele sunt în concordanță cu cele obținute de Kouakou *et al.* pentru berea de sorg nemălțificat 100%, în ceea ce privește conținutul în alcool (2,3-3% alc. v/v), cu cele obținute de Gasiński *et al.* pentru valoarea extractului aparent (4,82-5,17 % m/m) (Kouakou *et al.*, 2021; Gasiński *et al.*, 2023). Se cunoaște deja că, hrișca are proprietăți suficiente de fabricare a berii pentru a fi utilizată ca materie primă și a prezentat potențial de substituție pentru orz în obținerea berii fără gluten de fermentație inferioară (Dezelak *et al.*, 2015; Puligundla *et al.*, 2021). Rezultatele obținute pentru berea de hrișcă sunt apropiate de cele obținute de Brasil *et al.* pentru conținutul în alcool (3,74% v/v), valoarea energetică (160,94 kJ/100 mL), conținutul în extract (4,96% m/m). Proba 3 obținută din 50% hrișcă și 50% sorg a prezentat caracteristici fizico-chimice corespunzătoare unei beri de calitate, fapt ce s-a confirmat și prin analiza senzorială efectuată. Această bere a prezentat un conținut în

Cercetări privind utilizarea unor materii prime neconvenționale în industria berii
 Rezumatul tezei de doctorat

alcool mai mic decât proba martor, dar un conținut mai ridicat în CO₂ decât aceasta, fapt constatat și la analiza senzorială la aprecierea impregnării cu CO₂ și a persistenței spumei.



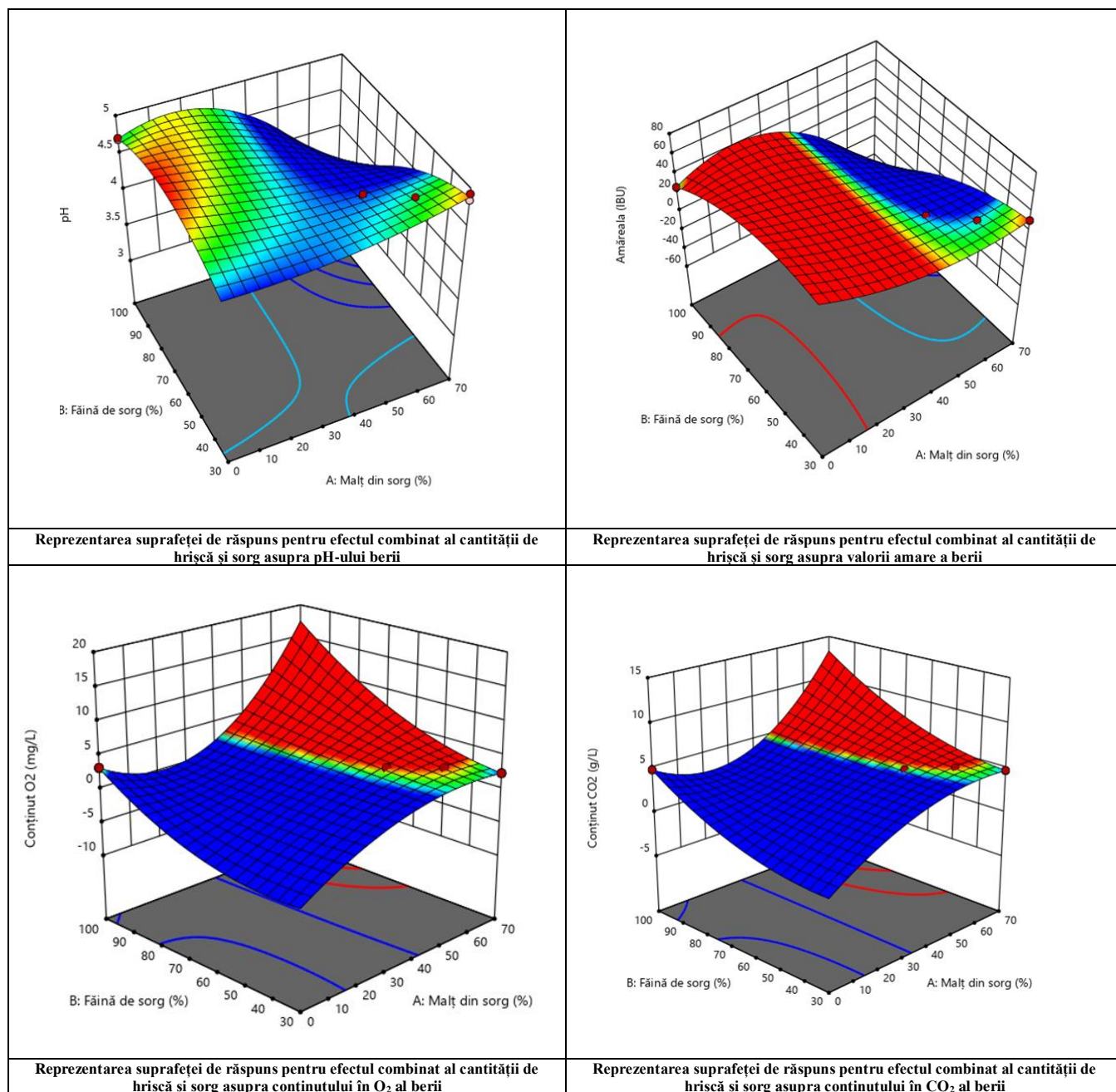


Fig.4.1. Reprezentarea grafică a suprafeței de răspuns pentru efectul combinat al cantității de hrișcă și sorg asupra caracteristicilor fizico-chimice ale produsului finit

Analiza senzorială este o parte integrantă a dezvoltării produselor care îndeplinesc așteptările consumatorilor. Analiza senzorială a berii este complexă, deoarece în bere s-au găsit peste 800 de compuși chimici. Pentru a evita discrepanțele și pentru a obține rezultate uniforme, paneliștii sunt rugați să urmeze aceeași procedură de degustare pentru fiecare probă (Habschied *et al.*, 2022). Pentru a evalua aspectul, trebuie evaluată spuma berii, înălțimea stratului de spumă, dimensiunea și culoarea bulelor, spuma care aderă la pahar în timpul consumului și persistența spumei. De asemenea, trebuie luate în considerare culoarea și claritatea berii. În tabelul 4 sunt sintetizate rezultatele analizei senzoriale ale probelor de bere obținute în stația pilot.

Sinteza rezultatelor analizei senzoriale

Proba analizată	Punctaj mediu total	Calificativ	Caracterizarea produsului
M	19,24	Bere foarte bună	Berea are însușiri organoleptice pozitive, specifice, care sunt bine conturate. Nu prezintă nici un fel de tipuri de lipsuri sau defecte perceptibile
B3	18,40		
B1	16,56	Bere bună	Berea are însușiri pozitive, specifice, destul de conturate, dar și lipsuri și defecte foarte mici, ne semnificative
B2	17,22		

Din analiza rezultatelor prezentate în tabelul 8.4. se observă că, punctajul cel mai mare l-a prezentat varianta 3 (50% făină de hrișcă și 50% făină de sorg) care a primit calificativul de bere foarte bună. Celelalte două variante, bere din 100% hrișcă și bere din 100% sorg au primit calificativul de bere bună.

Caracteristicile senzoriale ale probelor de bere sunt prezentate în figura 8. Cu excepția culorii, toate caracteristicile senzoriale au fost cele mai apreciate pentru proba martor. Cele mai mici punctaje pentru atributele senzoriale ale berii au fost primite de proba B1. Dintre berile fără gluten, cea mai apreciată a fost proba B3. Probabil, calitățile senzoriale ale hrișcăi și sorgului au condus la o bere bine apreciată de paneliști. Aceste date sunt în concordanță cu cele raportate de Owama (1999) care a concluzionat că o înlocuire cu malț de orz până la 70% sorg poate duce la beri cu proprietăți senzoriale similare cu cea obținută numai cu malț de orz. Conform lui Owama (1997), caracteristicile berii lager cu sorg sunt comparabile cu cele din malț de orz, cu diferențe mai mari de culoare, gust și aromă. Caracteristicile de culoare au fost cele mai apreciate pentru proba de bere de sorg 100%. Acest lucru se poate datora faptului că pigmentarea miezului de sorg are mai multă culoare albă, ceea ce influențează culoarea berii – produs finit (Ciocan *et al.*, 2023). De asemenea, eșantionul B2 a prezentat cea mai scăzută valoare pentru atributul senzorial amăreală, care se poate datora gustului dulce al berii (Adetunji *et al.*, 2013).

Concluzii parțiale. Hrișca și sorgul au fost utilizate ca cereale nemalțificate pentru a obține, în condiții de stație pilot, bere din 100% hrișcă, bere din 100% sorg și bere din combinația celor două materii prime în diferite procente.

Cercetările întreprinse demonstrează posibilitățile reale de utilizare ale hrișcăi și sorgului în procesul de fabricare a berii, de la simpli adjuvanți la obținerea unor sortimente fabricate din 100% hrișcă sau 100% sorg.

Cele două materii prime și-au dovedit până acum calitățile în obținerea de produse finite apreciate de consumatori, prin calitățile funcționale și nutriționale pe care le posedă, dar încă nu au fost exploatate în totalitate.

Posibilitățile sunt nelimitate atunci când se optimizează rețeta de fabricație în activitatea de inovare a specialiștilor, ce au în vedere și eficiența și eficacitatea procesului de fabricare a noilor sortimente de bere.

Prin cercetările efectuate s-a urmărit stabilirea unui regim optim de plămădire-zaharificare care să conducă la un must de bere cu caracteristici de calitate adecvate pentru obținerea eficientă a produsului finit.

Optimizarea parametrilor tehnologici ai operațiilor de plămădire-zaharificare, fierbere cu hamei și fermentare-maturare a fost realizată cu ajutorul programului Design Expert prin abordarea optimizării răspunsurilor multiple. Prin utilizarea metodelor moderne de optimizare s-au determinat soluțiile optime pentru parametrii tehnologici cheie din procesul tehnologic de obținere a noilor sortimente de bere.

Rezultatele cele mai bune din punct de vedere senzorial și al caracteristicilor fizico-chimice le-a întrunit berea obținută din 50% hrișcă și 50% sorg.

CAPITOLUL X

CONCLUZII GENERALE.

CONTRIBUȚII ORIGINALE ȘI PERSPECTIVE

Teza de doctorat intitulată „*Cercetări privind utilizarea unor materii prime neconvenționale în industria berii*” a avut drept scop principal identificarea a noi materii prime ce pot fi folosite pentru obținerea de sortimente de bere fără gluten și de a elabora rețeta de fabricație, procesul tehnologic, specificația tehnică de produs pentru varianta optimă de produs finit dezvoltată.

Prin tematica sa, teza de doctorat a vizat identificarea a noi materii prime viabile pentru fabricarea berii, materii prime care pot fi utilizate la obținerea unor sortimente de bere fără gluten care să răspundă și cerințelor tot mai variate ale consumatorilor.

În urma rezultatelor obținute și folosind o strategie integrată de cercetare, dezvoltare și inovare se pot trage următoarele concluzii care sintetizează și contribuțiile originale ale tezei de doctorat:

Studiul documentar efectuat a subliniat importanța factorilor ce influențează diversificarea sortimentală din industria berii, printre aceștia se pot enumera: renașterea berii artisanale; interesul crescut al consumatorilor pentru berea funcțională; preocuparea producătorilor pentru reducerea costurilor de obținere a produsului finit; dezvoltarea fabricării berilor fără gluten; cererea consumatorilor pentru experiența unică de a consuma produse autentice de calitate superioară, cu gust și aromă distinctivă; condiții nefavorabile de cultură a orzului sau grâului în unele zone de pe glob etc.

În ultimii ani, studiile care investighează utilizarea ingredientelor alternative 100% în locul malțului de orz sau malțului de grâu în producția de bere au crescut. Printre materiile prime care au fost evaluate pentru obținerea de bere se numără cerealele, cum ar fi sorgul, porumbul, orezul și meiul și pseudocerealele, cum ar fi hrișca, amarantul și quinoa. Cu toate acestea, tehnicile pentru producerea berii din cereale (altele decât orzul și grâul) și pseudocereale, nu sunt încă bine dezvoltate. Folosirea acestor materii prime neconvenționale a făcut posibilă obținerea berii fără gluten ce poate fi consumată și de persoanele care suferă de boala celiacă.

Cercetările efectuate până în prezent demonstrează posibilitățile reale de utilizare ale altor materii prime neconvenționale în procesul de fabricare a berii, de la simpli adjuvanți sub formă de cereale nemalțificate, făină, crupe, fulgi, boabe extrudate sau expandate la obținerea unor sortimente fabricate din 100% materii prime neconvenționale. Cercetările efectuate indică faptul că pentru îmbunătățirea și optimizarea în continuare a caracteristicilor de calitate ale berii – produs finit, pot fi utile combinații de diferite materii prime neconvenționale. De asemenea, aceste posibile materii prime vor continua să atragă atenția consumatorilor cu diferite preferințe de gust și aromă sau consumatorilor cu afecțiuni medicale. Posibilitățile sunt nelimitate atunci când se optimizează rețeta de fabricație în activitatea de inovare a specialiștilor, ce au în vedere și eficiența și eficacitatea procesului de fabricare a noilor sortimente de bere.

În cercetările proprii realizate s-au ales sorgul și hrișca ca materii prime, în calitate de înlocuitori ai malțului. Sorgul (*Sorghum vulgare*) este o cereală apropiată genetic de porumb, este numită și planta-cămilă datorită rezistenței sale la condiții extreme de secetă, fiind una din cele mai versatile culturi alimentare și în viitor va fi o cultură importantă pentru o economie sustenabilă. Structura bobului de sorg este similară cu cea a porumbului; nu are coajă, iar stratul aleuronic inhibă fluxul de enzime. Mai mult decât atât, dezvoltarea enzimelor amilolitice în timpul germinării sorgului este mult mai mică decât la orz. Hrișca obișnuită

(*Fagopyrum esculentum*), o pseudocereală fără gluten care aparține familiei *Polygonaceae* are similarități cu orzul. Datorită compoziției și valorii sale nutritive unice se utilizează în prezent în dietele fără gluten, ca ingredient în producția de produse de panificație și pentru fabricarea berii fără gluten. Datorită diferențelor structurale și compoziționale între bobul de orz și achena de hrișcă, optimizarea condițiilor de malțificare este esențială pentru creșterea calității produsului finit, malțul de hrișcă.

Calitatea materiei prime supuse malțificării are o influență hotărâtoare în realizarea unui malț de calitate optimă pentru fabricarea berii. În urma aprecierii calității după indicii de calitate determinați în laborator, orzul, hrișca și sorgul analizate îndeplinesc condițiile tehnice de calitate pentru fabricarea malțului destinat industriei berii.

Din datele furnizate de literatura de specialitate au fost selecționate metode de malțificare care s-au pretat calităților tehnologice ale materiilor prime analizate. S-au stabilit parametrii pentru fiecare operație tehnologică și s-au întocmit diagramele de lucru pentru patru variante de malțificare. Malțul – produs finit a fost analizat din punct de vedere fizico-chimic și pe baza rezultatelor prezentate s-a arătat că malțul obținut se poate utiliza la obținerea berii fără gluten. De asemenea, s-a arătat că, cercetările pot continua prin optimizarea procesului de plămădire-zaharificare la utilizarea malțului de hrișcă sau malțului de sorg – materie primă și evaluarea calității berii – produs finit.

Rezultatele obținute prin cercetările efectuate în condiții de laborator de utilizare a hrișcăi malțificate și/sau nemalțificate la obținerea berii ne-au condus la concluzia că aceasta este facilă, procesul tehnologic este similar cu berea obținută din malț de orz sau malț de grâu, produsul finit este identic mai mult sau mai puțin cu o bere tipică în multe privințe, ceea ce face din hrișcă o materie primă posibilă pentru consumatorii obișnuiți de bere care se află în identificarea unor noi experiențe senzoriale. Față de proba martor (berea obținută din 100% malț de orz), ce a înregistrat un conținut de alcool de 4,59% v/v, conținutul în alcool a variantelor experimentale a variat între 3,29÷3,97% v/v. Culoarea berii – produs finit a fost de 6,11÷8 unit. EBC, mai mare decât cea obținută pentru proba martor de 5,40 unit. EBC, în timp ce, conținutul în CO₂ a fost, pentru toate variantele experimentale cu 12÷15% mai mic decât proba martor. Conținutul ridicat de compuși polifenolici ai hrișcăi poate provoca un gust slab astringent, o aromă picantă și dulce, apreciată de degustători. Mai mult, cercetările proprii au condus la concluzia că se poate obține bere din hrișcă și fără ca aceasta să fie malțificată, doar prin adaos de preparate enzimactice la brasaj, de aceea în următoarele experimentări s-a propus obținerea berii doar din hrișcă nemalțificată, mult mai avantajoasă din punct de vedere economic și tehnologic.

Obținerea unor sortimente de bere din sorg și malț din sorg a fost demonstrată ca fiind posibilă în multe țări de pe glob. În condițiile actuale, în care schimbările climatice sunt din ce în ce mai mult resimțite și în țara noastră, fabricarea berii din această cereală reprezintă o alternativă viabilă, dar în același timp și o noutate pe piața de profil din România. Față de proba martor (berea obținută din 100% malț de orz), ce a înregistrat un conținut de alcool de 4,75% v/v, conținutul în alcool a variantelor experimentale a variat între 2,81÷4,12% v/v, mai redus decât berea obținută din materii prime convenționale. Culoarea berii – produs finit a variat între 4,50÷6,80 unit. EBC, în timp ce pentru proba martor s-a înregistrat valoarea de 5,20 unit. EBC. Conținutul în CO₂ a variat între 4,80÷5,10 g/L foarte apropiat de valoarea înregistrată pentru proba martor de 4,90 g/L. Prin cercetările efectuate în condiții de laborator s-a demonstrat potențialul acestei cereale de a fi utilizată ca materie primă în industria berii, s-a obținut și o variantă de produs finit care a întrunit calificativul de foarte bună, deci nu a prezentat nici un fel de tipuri de lipsuri sau defecte perceptibile.

Cercetările au continuat prin utilizarea hrișcăi și sorgului, ca materii prime nemalțificate pentru a obține, în condiții de stație pilot, bere din 100% hrișcă, bere din 100% sorg și bere din combinația celor două materii prime în diferite procente. Cercetările întreprinse au

demonstrat posibilitățile reale de utilizare ale hrișcăi și sorgului în procesul de fabricare a berii, de la simpli adjuvanți la obținerea unor sortimente fabricate din 100% hrișcă sau 100% sorg. Rezultatele cele mai bune din punct de vedere senzorial și al caracteristicilor fizico-chimice le-a întrunit berea obținută din 50% hrișcă nemaltificată și 50% sorg nemaltificat. Această bere a prezentat un conținut în alcool de 2,87% v/v, mai mic decât cel al probei martor (berea obținută din 100% malț de orz), dar un conținut de CO₂ de 5,44 g/L, mai ridicat decât proba martor a cărei valoare a fost de 5,02 g/L, fapt confirmat și la analiza senzorială la aprecierea impregnării cu CO₂ și a persistenței spumei. Cea mai deschisă culoare a prezentat-o berea obținută din 100% sorg nemaltificat, 4,50 unit. EBC, chiar și față de proba martor, care a înregistrat valoarea de 5,20 unit. EBC. Optimizarea parametrilor tehnologici pe fluxul tehnologic a fost realizată cu ajutorul programului Design Expert prin abordarea optimizării răspunsurilor multiple. Prin utilizarea metodelor moderne de optimizare s-au determinat soluțiile optime pentru parametrii tehnologici cheie din procesul tehnologic de obținere a noului sortiment de bere. În final, rezultatele cele mai bune din punct de vedere senzorial și al caracteristicilor fizico-chimice le-a întrunit berea obținută din 50% hrișcă nemaltificată și 50% sorg nemaltificat.

Teza de doctorat a prezentat și o analiză economico-financiară a procesului de obținere a berii fără gluten, pentru varianta optimă dezvoltată la nivel de stație pilot, cu accent pe calculul costului unitar al produsului finit și realizarea unui studiu comparativ dintre acesta și cel rezultat pentru berea obținută din malț de orz.

În perspectivă, se au în vedere efectuarea și a altor studii pentru a optimiza procesele tehnologice și rețetele de fabricație pentru îmbunătățirea caracteristicilor senzoriale ale berii – produs finit. În acest proces este nevoie de eforturi concentrate și continue în cercetare și coordonarea tuturor părților interesate pentru implementarea eficientă a soluțiilor relevante cu efecte asupra calității produsului finit. Ca urmare, industria și cercetarea științifică pot promova inovația în crearea de noi sortimente de bere, într-un mod bine structurat folosind diferite materii prime neconvenționale, contribuind la îmbunătățirea calității produselor și la reducerea abaterilor de calitate. În inovarea tehnologică se vor avea în vedere criteriile tehnice, economice, dar și acceptabilitatea noilor sortimente de către consumatori.

Posibilitățile sunt nelimitate atunci când se optimizează rețeta de fabricație în activitatea de inovare a specialiștilor, ce au în vedere și eficiența și eficacitatea procesului de fabricare a noilor sortimente de bere.

DISEMINAREA REZULTATELOR CERCETĂRII

I. Articole publicate în reviste indexate și cotate Web of Science (WoS)

1. Ciocan, M.E., Dabija, A., Codină, G.G. (2020). **Effect of some unconventional ingredients on the production of black beer**, *Ukrainian Food Journal*, 9(2), 322-331.
2. Dabija, A., Ciocan, M.E., Chetrariu, A., & Codină, G.G. (2021). **Maize and sorghum as raw materials for brewing, a review**. *Applied Sciences-Basel*, 11(7), 3139
3. Dabija, A., Ciocan, M.E., Chetrariu, A., & Codină, G.G. (2022). **Buckwheat and Amaranth as Raw Materials for Brewing**, a Review. *Plants*, 11(6), 756.
4. Salamon, R.V., Dabija, A., Ferencz, Á., Tankó, G., Ciocan, M.E., & Codină, G.G. (2022). **The Effect of Dry Hopping Efficiency on β -Myrcene Dissolution into Beer**. *Plants*, 11(8), 1043.
5. Ciocan, M.E., Salamon, R.V., Ambrus, Á., Codină, G.G., Chetrariu, A., & Dabija, A. (2023). **Use of Unmalted and Malted Buckwheat in Brewing**. *Applied Sciences*, 13(4), 2199.
6. Ciocan, M. E., Salamon, R. V., Ambrus, Á., Codină, G. G., Chetrariu, A., & Dabija, A. (2023) **Brewing with Unmalted and Malted Sorghum: Influence on Beer Quality**. *Fermentation*, 9(5), 490.
7. Ciocan, M. E., Salamon, R. V., Ambrus, Á., Codină, G. G., Chetrariu, A., & Dabija, A. (2023) **Brewing with Buckwheat and Sorghum: Impact on quality beer**. *Scientific Study & Research Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*, 24 (3), în curs de publicare

II. Articole în reviste și volumele unor manifestări științifice indexate în alte baze de date internaționale

1. Dabija, A., Ciocan, M.E., Chetrariu, A., Mîrzan, D. (2021) **Comparative evaluation of the physico-chemical characteristics of buckwheat malt and barley malt**, Conference Proceedings, 21st International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management SGEM 2021 21(6.1), 97-103, ISBN 978-619-7603-30-9, ISSN 1314-2704, doi:<https://doi.org/10.5593/sgem2021/6.1>

III. Cereri de brevete de invenție

1. Dabija, A., Ciocan, M.E., Codină, G.G. (2020). **Bere brună fără gluten și procedeu de obținere a acesteia**, A/00456

IV. Lucrări comunicate la manifestări științifice naționale și internaționale

1. Șestac, M., Ciocan, M., Dabija, A. (2020). **Research on the use of unconventional raw materials in the production of beer**, 86 *International scientific conference of young scientists and students "Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution"*, April 2–3, 2020, Kiev, Ucraina și publicată în *book of abstracts*, 179, ISBN 978-966-612-213-4
2. Ciocan, M.E., Dabija, A. (2020). **Malt replacers in the production process of gluten free beer**, Multidisciplinary Conference on Sustainable Development, Section: Food Chemistry, Engineering & Technology, 08-09 October 2020, Timișoara

3. **Ciocan, M.E.** (2020). **Research on obtaining lager beer with sorghum flour**, International Conference for Students - STUDENT IN BUCOVINA, Facultatea de Inginerie Alimentară, Universitatea Ștefan cel Mare din Suceava, 18 Decembrie 2020, Suceava
4. **Ciocan, M.E., Mârzan, D., Chetrariu, A., Dabija, A.,** (2021), **Research on the use of buckwheat malt as a raw material in brewing**, 87 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. <http://conferencenuft.ho.ua/Books%20of%20abstracts/2021/Part%201.pdf>
5. **Ciocan, M.E., Mârzan, D., Chetrariu, A., Dabija, A.,** (2021). **Buckwheat malt as raw material for brewing** 16th International Conference of Constructive Design and Technological Optimization in Machine Building, OPROTEH; 25-27 May 2021, Bacău
6. 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, 2021
7. **Ciocan, M.E., 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, Suceava, Romania, ISSN 2068 – 0819
8. **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
9. **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., p. 142, NUFT, Kyiv, Ukraine
10. **Ciocan, M.E., Chetrariu, A., Salamon, R.V., & Dabija, A.** (2022) **Studies on brewing with buckwheat and buckwheat malt**, 17th International Conference of Constructive Design and Technological Optimization in Machine Building, OPROTEH; 25-27 May 2021, Bacău
11. Dabija, A., **Ciocan, M.E., Salamon, R.V., Chetrariu, A.**(2022). **Gluten-free beer. New approach to developing the formulation**, 4th World Conference on Sustainable Life Sciences WOCOLS 2022, Istanbul, Turkey, 1-7 August 2022 și publicată în book of abstracts
12. **Ciocan, M.E., Salamon, R.V., Dabija, A.** (2022) **Research on Obtaining Some Types of Beer from Unconventional Raw Materials**, International Conference on Modern Technologies in Food Industry, MTFI-2022, 20-22 October 2022, Chisinau, Republic of Moldova și publicată în book of abstracts
13. Dabija, A., **Ciocan, M.E., Salamon, R.V.** (2022), **Fără gluten în industria berii**, Conferința Națională a Facultății de Medicină și Științe Biologice a Universității “Ștefan cel Mare din Suceava”, 4-6 noiembrie 2022, Suceava, România, publicat în volumul de rezumate
14. **Ciocan, M.E.** (2022) **Comparative study on quality properties of gluten-free beer from malted and unmalted sorghum**, International Conference for Students - STUDENT IN BUCOVINA, Facultatea de Inginerie Alimentară, Universitatea Ștefan cel

Mare din Suceava, 18 Decembrie 2020, Suceava

15. Ciocan, M.E., Chetrariu, A. (2023) **Hrișca – materie primă în industria berii**, Conferința Națională a Studenților Dieteticieni, organizată de Facultatea de Medicina și Științe Biologice, din cadrul Universității „Stefan cel Mare” din Suceava, 18 martie 2023, Suceava
16. Ciocan, M.E., Chetrariu, A., Salamon, R.V., & Dabija, A. (2023) **Study on the use of unmalted sorghum in the production of beer**, 89th International scientific conference of young scientists and students “Youth scientific achievements to the 21st century Nutrition problem solution”, 2-3 aprilie 2023, Kiev, Ucraina, publicat în volumul de rezumate, pag.53
17. Dabija, A., Ciocan, M.E. (2023) **Present and perspectives in the technology of obtaining gluten-free beer**, Smart Diaspora 2023, Diaspora în învățământ superior, știință, inovare și antreprenariat, 10-13 aprilie 2023, Timișoara
18. 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, 11-13 May 2023, Bacău
19. Ciocan, M.E., Chetrariu, A., Salamon, R.V., Dabija, A. (2023) **Hops substitutes for brewing beer: a review**, Multidisciplinary Conference on Sustainable Development, Universitatea de Științele Vieții Regele Mihai I din Timișoara, 25-26 Mai 2023, Timișoara
20. Ciocan, M.E. (2023) **Cercetări privind utilizarea unor materii prime neconvenționale în industria berii**, Workshop Proiecte de cercetare aplicativă la USV și colaborarea cu mediul socio-economic, 14 iulie 2023, Suceava

V. Premii

1. Gold medal for the invention *Gluten free black beer and process for obtaining it*, International Exhibition INVENTCOR, Deva, 17-19 decembrie 2020

VI. Membru proiecte

Membru grup țintă proiect **PROINVENT- Program pentru creșterea performanței și inovării în cercetarea doctorală și postdoctorală de excelență**, Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Capital Uman 2014-2020, Contract nr. 62487/03.06.2022POCU/993/6/13 –Cod SMIS: 153299

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

- Akpogheli, P. O., & Edo, G. I. (2022). Proximate and nutritional composition of beer produced from malted sorghum blended with yellow cassava. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 45, 102535.
- Amadi, O. C., Moneke, A. N., Okolo, B. N., & Nwagu, T. N. (2022). Assessment of malting performance of maize and sorghum of similar total nitrogen content in providing the hydrolytic enzymes in the brewing of gluten-free beers. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 80(1), 35-42.
- Aruna, C., & Visarada, K.B.R.S. (2019). Sorghum grain in food and brewing industry. In *Breeding Sorghum for diverse end uses* (pp. 209-228). Woodhead Publishing.
- Attchelouwa, C. K., Aka-Gbézo, S., N'guessan, F. K., Kouakou, C. A., & Djè, M. K. (2017). Biochemical and microbiological changes during the Ivorian sorghum beer deterioration at different storage temperatures. *Beverages*, 3(3), 43.
- Attchelouwa, C. K., N'guessan, F. K., Marcotte, S., Amoikon, T. L., Charmel, M., & Djè, M. K. (2020). Characterisation of volatile compounds associated to sensory changes during the storage of traditional sorghum beer by HS-GC/FID and SPME-GC/MS. *Journal of Agriculture and Food Research*, 2, 100088.
- Baiano, A., Fiore, A., la Gatta, B., Tufariello, M., Gerardi, C., Savino, M., & Grieco, F. (2023). Single and interactive effects of unmalted cereals, hops, and yeasts on quality of white-inspired craft beers. *Beverages*, 9(1), 9.
- Baillière, J., Laureys, D., Vermeir, P., Van Opstaele, F., De Rouck, G., De Cooman, L., ... & De Clippeleer, J. (2022). 10 unmalted alternative cereals and pseudocereals: A comparative analysis of their characteristics relevant to the brewing process. *Journal of Cereal Science*, 106, 103482.
- Bamforth, C.W. (2017). Progress in brewing science and beer production. *Annual review of chemical and biomolecular engineering*, 8, 161-176.
- Bobkov, S. (2016). Biochemical and technological properties of buckwheat grains. In *Molecular breeding and nutritional aspects of buckwheat* (pp. 423-440). Academic Press.
- Bogdan, P., & Kordialik-Bogacka, E. (2017). Alternatives to malt in brewing. *Trends in Food Science & Technology*, 65, 1-9.
- Budner, D., Carr, J., Serafini, B., Tucker, S., Dieckman-Meyer, E., Bell, L., & Thompson-Witrick, K. A. (2021). Statistical Significant Differences between Aroma Profiles of Beer Brewed from Sorghum. *Beverages*, 7(3), 56.
- Cadenas, R., Caballero, I., Nimubona, D., & Blanco, C. A. (2021). Brewing with starchy adjuncts: Its influence on the sensory and nutritional properties of beer. *Foods*, 10(8), 1726.
- Cankurtaran, T., & Bilgiçli, N. (2021). Improvement of functional couscous formulation using ancient wheat and pseudocereals. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 25, 100400
- Cela, N., Galgano, F., Perretti, G., Di Cairano, M., Tolve, R., & Condelli, N. (2022). Assessment of brewing attitude of unmalted cereals and pseudocereals for gluten free beer production. *Food Chemistry*, 384, 132621.
- Cela, N., Condelli, N., Perretti, G., Di Cairano, M., Tolve, R., & Galgano, F. (2023). Gluten reduction in beer: Effect of sorghum: quinoa ratio and protein rest time on brewing parameters and consumer acceptability. *Journal of Cereal Science*, 109, 103607.
- Cela, N., Condelli, N., Perretti, G., Di Cairano, M., De Clippeleer, J., Galgano, F., & De Rouck, G. (2023). A Comprehensive Comparison of Gluten-Free Brewing Techniques: Differences in Gluten Reduction Ability, Analytical Attributes, and Hedonic Perception. *Beverages*, 9(1), 18.

- Chrungoo, N. K., & Chettry, U. (2021). Buckwheat: A critical approach towards assessment of its potential as a super crop. *Indian J. Genet*, 81(1), 1-23.
- Ciocan, M.; Dabija, A.; Codină, G. G. Effect of some unconventional ingredients on the production of black beer. *Ukr. Food J.* 2020, 9(2), 322-331
- Ciocan, M. E., Salamon, R. V., Ambrus, Á., Codină, G. G., Chetrariu, A., & Dabija, A. (2023). Use of Unmalted and Malted Buckwheat in Brewing. *Applied Sciences*, 13(4), 2199.
- Ciocan, M. E., Salamon, R. V., Ambrus, Á., Codină, G. G., Chetrariu, A., & Dabija, A. (2023). Brewing with Unmalted and Malted Sorghum: Influence on Beer Quality. *Fermentation*, 9(5), 490.
- Coulbaly, W. H., Bouatenin, K. M. J. P., Boli, Z. B. I. A., Camara, F., Sanogo, Y. M., Akissi, D. M., ... & Djè, K. M. (2021). Volatile compounds of traditional sorghum beer (tchapalo) produced in Côte d'Ivoire: comparison between wild yeasts and pure culture of *Saccharomyces cerevisiae*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 37(5), 75.
- Dabija, A., Ciocan, M. E., Chetrariu, A., & Codină, G. G. (2021). Maize and sorghum as raw materials for brewing, a review. *Applied Sciences*, 11(7), 3139.
- Dabija, A., Ciocan, M. E., Chetrariu, A., & Codină, G. G. (2022). Buckwheat and amaranth as raw materials for brewing, a review. *Plants*, 11(6), 756.
- Deng, Y., Lim, J., Lee, G. H., Nguyen, T. T. H., Xiao, Y., Piao, M., & Kim, D. (2019). Brewing rutin-enriched lager beer with buckwheat malt as adjuncts. *Journal of microbiology and biotechnology*, 29(6), 877-886.
- Disharoon, A., Boyles, R., Jordan, K., & Kresovich, S. (2021). Exploring diverse sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) accessions for malt amylase activity. *Journal of the Institute of Brewing*, 127(1), 5-12.
- Donadini, G., & Porretta, S. (2017). Uncovering patterns of consumers' interest for beer: A case study with craft beers. *Food research international*, 91, 183-198.
- Drub, T. F., dos Santos, F. G., Centeno, A. C. L. S., & Capriles, V. D. (2021). Sorghum, millet and pseudocereals as ingredients for gluten-free whole-grain yeast rolls. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 23, 100293.
- Einfalt, D. (2021). Barley-sorghum craft beer production with *Saccharomyces cerevisiae*, *Torulasporea delbrueckii* and *Metschnikowia pulcherrima* yeast strains. *European Food Research and Technology*, 247, 385-393.
- Embashu, W., Iileka, O., & Nantanga, K. K. (2019). Namibian opaque beer: a review. *Journal of the Institute of Brewing*, 125(1), 4-9.
- Gasiński, A., Kawa-Rygielska, J., Szychaj, R., Opiela, E., & Sowiński, J. (2023). Production of gluten-free beer brewing from sorghum malts mashed without external enzyme preparations. *Journal of Cereal Science*, 112, 103693.
- Habschied, K., Krstanović, V., & Mastanjević, K. (2022). Beer Quality Evaluation—A Sensory Aspect. *Beverages*, 8(1), 15.
- Ofoedu, C. E., Iwouno, J. O., Ojimba, N. C., Chacha, J. S., Okafor, D. C., & Anwaegbu, O. M. (2022). Effect of malting regimen on diastatic power, cold and hot water extracts of malts from sorghum. *International Journal of Food Science & Technology*, 57(7), 4328-4336.
- Orhotohwo, O. L., Czipa, N., Kovács, B., & Alexa, L. (2021). Impacts of the use of gluten-free cereals and spices on the quality parameters of beer. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*, 11(1), e3838-e3838.
- Palombi, L., et al. (2023). Assessment of the impact of unmalted cereals, hops, and yeast strains on volatolomic and olfactory profiles of Blanche craft beers: A chemometric approach. *Food Chemistry*, 416, 135783.
- Rosa, R.S., & Lannes, S.C.D.S. (2022). Impact of the use of unmalted adjuncts on the rheological properties of beer wort. *Food Science and Technology*, 42, e101021.
- Yang, D., & Gao, X. (2022). Progress of the use of alternatives to malt in the production of gluten-free beer. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(10), 2820-2835.