



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL ÎNTR-UNU
PROIECTUL SOCIALE SI
PENSIOANILOR VÂRSTNICI
AMPLASATII



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
NAȚIONALE
OPPOSDRU



USAMV Iași

REZUMAT

Pentru a obține produse alimentare valoroase activitatea de cercetare are un rol important, privind realizarea de noi tehnologii care să fie mai simple, durata redusă a procesului de lucru, consumuri mici de energie, consumuri specifice de materiale scăzute etc.

În industria alimentară malțul este un semiprodus important din punct de vedere economic, fiind folosit ca materie primă în industria băuturilor alcoolice, industria produselor de panificație și patiserie, industria băuturilor răcoritoare, în industria produselor farmaceutice etc.

În cadrul tezei de doctorat "**Cercetări privind optimizarea procesului de lucru pentru obținerea malțului**", autorul își propune să exploreze domeniul tehnologiilor de fabricare a malțului cu scopul de a obține variante noi de lucru privind operațiile de înmuiere-germinare a semințelor de orz și de uscare a malțului verde, respectiv optimizarea procesului de lucru, fără a modifica caracteristicile fizico-chimice ale malțului obținut prin tehnologiile actuale.

În **capitolul I** este prezentată importanța malțului ca factor economic, ca produs alimentar privind compoziția fizico-chimică și ca produs util în mai multe domenii din industria alimentară.

Pentru fabricarea malțului, în țara noastră, este necesară o cantitate de semințe orz de peste 200000 tone anual. România ocupă locul 4 în Europa, după Cehia, Austria și Germania, din punct de vedere al consumului de malț pe cap locuitor, și locul 5 în Europa din punct de vedere al consumului de malț funcție de numărul de locuitori (www.ziare.com/consum + bere + România). Începând cu anii 1980 malțul a avut o cerere din ce în ce mai mare în industria de panificație (ca ameliorator pentru conținutul de zahăr necesar îmbunătățirii fermentației aluaturilor, colorant natural, pentru îmbunătățirea conținutului de enzime și al complexului de vitamine B), în laboratoare de cofetărie și patiserie, iar începând cu anii 2004 – 2005 se folosește în industria băuturilor naturale cu nectar, datorită aportului ridicat de substanță uscată. De asemenea, malțul are o utilizare mare și în industria medicamentelor.

Malțul se folosește în industriile specificate mai sus sub diferite sortimente, cum ar fi: malț blond, malț brun, malț caramel, malț acid, malț melanoidinic, malț "ascuțit", malț Viena, malț München, malț Amber, malț chocolat, malț black, malț Roast Barley etc.

Capitolul II prezintă cercetările actuale privind tehnologia fabricării malțului. Evaluarea materiilor prime și auxiliare folosite pentru fabricarea malțului este tratată în primul subcapitol. Materia primă principală o constituie semințele de orz. Pentru fabricarea malțului apa are o importanță mare, deoarece condiționează procesele de lucru pentru malțificarea semințelor de orz. Ca materii auxiliare sunt folosite materialele de dezinfectare a orzului la înmuiere, materialele de stimulare a germinării în timpul procesului de germinare, materiale de igienizare a spațiilor de producție, materiale și substanțe pentru analize de laborator, aerul condiționat, agenții termici, agenții frigorifici, materiale de ambalare.

Semințele de orz recomandate a se folosi pentru obținerea malțului sunt cele din specia *Hordeum vulgare* L. (orzul comun) cu șase rânduri de boabe pe spic cu conținut de proteină până în 11,4 %, și din specia *Hordeum distichum* L. (orzoaica) cu două rânduri de boabe pe spic, de asemenea cu conținut de proteine sub 11,4 %. În cazul ambelor specii de orz amidonul sub formă de granule reprezintă masa principală a bobului de orz, fiind necesară în procesul de zaharificare.

Partea vie a bobului de orz este reprezentată de embrion, prin care se absoarbe apa în bob, cu rol însemnat în formarea enzimelor, alcătuit din plumulă (acrospiră) din care se va forma tulpina noii plantuțe și din radiculă (radiculă) din care se va forma rădăcina viitoarei plante.

Materia auxiliară principală necesară în procesul de fabricare a malțului este apa tehnologică, cu o pondere din punct de vedere cantitativ, de 12 hl ... 18 hl/tona de malț. Parametrii care scot în evidență calitatea apei sunt: duritatea, alcalinitatea necompensată și puritatea biologică a apei.

Duritatea apei, luată în calcul pentru fabricarea malțului, este duritatea permanentă măsurată în grade germane, care trebuie să fie cuprinsă într-un interval de 4 până la 12 grade germane funcție de tipul de malț obținut. Puritatea biologică a apei trebuie să corespundă unei ape potabile pentru care numărul total de germeni nu trebuie să depășească 20 unități/ml de apă, iar numărul total de bacili coli nu trebuie să fie mai mare de 3 unități/litru de apă.

Materialele pentru spălare și dezinfectare a semințelor de orz sunt substanțele alcaline, de regulă carbonatul de sodiu (Na_2CO_3) sau hidroxidul de sodiu (NaOH) în soluție de 2 %. Se mai folosesc pentru spălarea, igienizarea și dezinfectarea spațiilor de producție și substanțe pe bază de clor sau iod, acizi acetici halogenați, acid paracetic sau săruri quaternare de amoniu.

În continuarea acestui capitol este tratată tehnologia actuală de fabricare a malțului, în care sunt descrise fazele tehnologice ale procesului de lucru și se prezintă utilajele folosite pentru realizarea operațiilor tehnologice. Primele operații tehnologice sunt cele de pregătire a semințelor de orz (recepție, precurățare, curățare, sortare și depozitarea/maturarea semințelor de orz) în vederea malțificării. Principalele utilaje aferente acestor operații sunt: cântarul basculă

auto și CFR; instalația de transport pneumatic; elevatoarele; cicloanele de separare a prafului și a impurităților ușoare; cântarele automate cu cupă basculantă; tararul aspirator; tăietorul de țepi; triorul cilindric; sortatorul de semințe de orz cu site orizontale; depozite-tampon cu semințe de orz calitate I și II pentru maturare; transportoare orizontale cu racleți sau elicoidale. Semințele de orz curățate, sortate și maturate sunt trecute la procesul de lucru propriu-zis de malțificare care constă în următoarele operații: spălarea-dezinfectarea boabelor, înmuierea și germinarea semințelor de orz și uscarea malțului verde.

În timpul procesului de lucru pentru înmuierea materiei prime au loc trei procese importante: spălarea și dezinfecția semințelor de orz; absorbția apei în bob; alimentarea cu oxigen a bobului. Prin înmuierea semințelor de orz se urmărește creșterea umidității acestora de la 12 ... 14 % la 40 ... 46 %, cu scopul de a declanșa procesul de germinare. Ca urmare a absorbției apei, semințele de orz trec de la starea de viață latentă la o viață activă. Astfel, la o umiditate de circa 30 % fenomenele vitale din bob prezintă o intensificare vizibilă. La 38 % umiditate apare colțul radicelelor, iar la valori ale umidității de peste 40 % apare și colțul plumulelor, ceea ce înseamnă că s-a declanșat procesul de germinare.

În timpul germinării semințelor de orz are loc un proces fiziologic complex prin care embrionul folosește substanțele nutritive din endosperm pentru sinteza de substanțe care să asigure dezvoltarea plănuței.

Scopul procesului de germinare este de a forma echipamentul enzimatic necesar proceselor de zaharificare, atât pentru zaharificarea amidonului din mustul de malț pentru obținerea berii, cât și pentru zaharificarea amidonului din făina de malț, care se adaugă la diferite sortimente de aluat pentru pâine în vederea îmbunătățirii procesului de fermentare a aluatului; zaharificarea amidonului din bob este necesară și pentru a modifica structura semințelor de orz pentru a fi zdrobite mai ușor la măcinare.

Echipamentul enzimatic care se formează și se dezvoltă în timpul germinării este compus din enzime de zaharificare a amidonului (α -amilaza care acționează asupra lanțurilor de amiloză și β -amilaza care acționează asupra lanțurilor de amilopectină ale amidonului), enzime proteolitice (endopeptidazele, care atacă proteinele în interiorul lanțului polipeptidic, formând fracțiuni proteice macromoleculare, și exopeptidazele, care atacă lanțul polipeptidic din exterior spre interior, separând câte un aminoacid), hemicelulaze, glucanaze, fosfataze și lipaze.

Germinarea semințelor de orz se realizează prin două procedee de bază: germinarea pe arie și germinarea pneumatică. Germinarea pneumatică folosește următoarele procedee de germinare: în casete; cu tobe; în grămezi mobile. Germinarea semințelor de orz în casete (tip Saladin) este procedeul care se practică folosind 8 casete (una pentru fiecare zi de germinare),



UNIONA F E U R O P E A N A



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL RUGII, PĂDURILOR,
PROIECTIEI SOCIALE ȘI
PENSACIUNILOR VÂRSTNICIE
ASPIRANȚII



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
NAȚIONALE
ȘI
CUPEDRU



USAMV Iași

dotate fiecare cu un ventilator și o instalație proprie de condiționare a aerului. Fiecare casetă este prevăzută cu un întorcător mecanic de semințe de orz. Procedul de germinare în tobe se realizează în mod asemănător cu cel în casete, cu deosebirea că întoarcerea grămezilor de semințe de orz se face prin rotirea tobelor. Procedul de germinare cu grămezi mobile are loc pe alei de germinare, prevăzute cu grătar și canal de aerare (spațiul de sub grătar este împărțit pe lungimea aleii într-un număr de 8 compartimente, unul pentru fiecare zi de germinare, prin care se introduce aer condiționat cu parametri diferiți pentru fiecare zi de lucru). Aleile de germinare sunt prevăzute cu câte un întorcător, pentru a realiza amestecarea, întoarcerea și transportul longitudinal al grămezilor, și două instalații de condiționare a aerului, fiecare din acestea realizând aer cu umiditatea de 100 %, dar cu temperaturi diferite (o diferență de 3 ... 5°C). Alea de germinare reprezintă de fapt o casetă cu lungimea de 50 ... 60 m.

Uscarea malțului este operația tehnologică prin care se realizează deshidratarea acestuia, folosind un agent termodinamic numit agent de uscare și care este aer cald. Uscarea cu aer cald are rolul de a aduce un aport de căldură care să faciliteze evaporarea apei din materialul supus uscării. În timpul procesului de lucru pentru uscarea malțului are loc transferul de căldură și masă la nivelul fiecărui bob de malț.

Mecanismul uscării este determinat de procesele termofizice (difuzie, termodifuzie) care au loc în interiorul boabelor de malț, de transferul simultan de masă prin difuzie convectivă și de transferul de căldură în stratul-limită care separă suprafața stratului de malț de agentul de uscare (aer cald). Pe durata procesului de uscare, evaporarea apei se produce inițial la suprafața bobului de malț verde, iar vaporii formați difuzează în stratul de malț printre boabe. Treptat, temperatura crește în interiorul boabelor de malț și se formează vaporii care difuzează din bob în stratul de material uscat până la suprafața acestuia.

Uscarea cuprinde, din punct de vedere al dinamicii îndepărtării apei, etapa de preuscare (veștejirea), care constă în eliminarea apei din malț cu viteză constantă, la temperaturi de 45 ... 55°C, până la o umiditate a semințelor de 10 % la malțul de tip blond și 20 % la cel brun, și etapa de uscare propriu-zisă (sau finală), care constă în eliminarea apei cu viteză descrescândă, la temperaturi crescânde pentru malțul blond de până la 80 ... 85°C și umiditate a semințelor de 4,5 ... 7,5 %, iar la malțul brun la temperaturi de 100 ... 105°C și umiditate de 1,5 ... 3,5 %.

Utilajele folosite pentru uscarea malțului sunt realizate utilizând diferite soluții constructive, cum ar fi: uscătorul de malț cu camere orizontale, uscătorul de malț cu grătar basculant, uscătorul cu camere verticale și, mai nou, uscătoarele pneumatice cilindrice cu fund dublu plat și capac sub formă de calotă sferică.

După uscare, malțul proaspăt este supus următoarelor operații: răcirea malțului,



UNIONA F E URO P P A N A



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL RĂZBOI, FA M I L I E I,
P R O D U C T I E I S O C I A L E Ș I
P E N S I O N A R I I L O R V A R I E T A T E
A M P L I F I C A T E



Fundul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
NAȚIONALE
ȘI
CERCETĂRII ȘTIINȚIFICE



USAMV Iași

degerminarea malțului (ruperea radicelelor, a plumulelor și a unei părți mici din cojile de malț), polizarea sau lustruirea malțului. Aceste operații au rolul de a elimina următoarele riscuri: resorbția apei în cazul neefectuării răcirii; apariția gustului de amar sau ranced în cazul neîndepărtării radicelelor și a plumulelor; micșorarea randamentului în extract de substanță uscată a mustului de malț în cazul neîndepărtării cojilor exfoliate de pe suprafața boabelor de malț. O importanță deosebită se acordă depozitării malțului minim patru săptămâni, în vederea maturării, când se urmărește reactivarea echipamentului enzimatic, care în timpul procesului de uscare a suferit un șoc termic.

Tendențele actuale privind curățarea semințelor de orz au în vedere folosirea de utilaje moderne, performante pentru curățat cum sunt: separatoarele-aspiratoare cu recirculare a aerului TRC/R realizate de firma OCRIM – Italia; separatoarele cu tambur rotitor de tip Damas din Danemarca; separatoarele-vibratoare, care realizează separarea impurităților din masa semințe de cereale folosind suprafețe plane înclinate aflate în mișcare de vibrație (aceste echipamente tehnice prezintă, comparativ cu cele oscilante, o capacitate de prelucrare, o încărcare specifică și o eficiență tehnologică superioare); sortatoare (separatoare) după culoare, mărime și transparență fabricate de Buhler, numite SORTEX, în care semințele de orz după ce ajung în interiorul utilajului, trec sub formă de strat foarte subțiri prin fața unor celule fotoelectrice care separă semințele de orz de cele cu dimensiuni diferite (mai Mari și mai mici) sau de impurități.

Scopul și obiectivele tezei de doctorat sunt prezentate în **capitolul III**. Optimizarea procesului de lucru pentru obținerea malțului reprezintă scopul acestei lucrări. Realizarea de diagrame de germinare cu durată mai mică și diagrame de uscare într-un timp cât mai redus, prin care să se obțină tehnologii noi de fabricație a malțului, este obiectivul principal al cercetărilor teoretice și experimentale.

Realizarea de familii noi de diagrame pentru germinarea semințelor de orz și pentru uscarea malțului a fost posibilă datorită realizării și experimentării a două linii de micromaltaj în cadrul laboratorului de industrie alimentară de la disciplinele de mecanizare a agriculturii din USAMV Iași.

Pentru realizarea obiectivelor tezei de doctorat s-au parcurs următoarele etape:

- analiza stadiului actual al cercetărilor privind tehnologia și procesul de lucru folosite în operațiile tehnologice de obținere a malțului. În această fază s-au realizat următoarele: s-au identificat cele mai avansate tehnologii pentru fabricarea malțului, precum și procesul de lucru pentru germinarea semințelor de orz; au fost stabilite procesele fizice, fiziologice și biochimice care au loc în sămânța de orz în timpul germinării; s-a făcut un studiu teoretic asupra uscării convective a malțului în strat fix și în strat fluidizat; s-a stabilit procesul de lucru pentru uscarea

malțului verde, dar și utilajele folosite pentru germinarea și uscarea malțului;

- conceperea, proiectarea și realizarea unui stand experimental (linie de micromaltaj pentru studiul înmuierii semințelor de orz, germinării acestora și uscării malțului verde), format dintr-o casetă multifuncțională atașată în interiorul uscătorului vertical de laborator, în care se realizează operațiile de spălare, înmuiere, germinare și uscare;
- cercetări privind modelarea matematică a fluxului de aer și a distribuției câmpului de temperatură în caseta multifuncțională pentru procesul de lucru în vederea uscării;
- prelucrarea statistică a rezultatelor experimentale privind procesul de lucru pentru germinarea semințelor de orz, respectiv modul de evoluție al radicelelor și plumulelor;
- cercetări pentru optimizarea variantelor experimentale privind procesul de lucru pentru obținerea malțului.

În cadrul **capitolului IV** sunt prezentate materialul și metoda de cercetare pentru efectuarea cercetărilor în condiții de laborator. Cercetările experimentale s-au desfășurat pe perioada a doi ani. Acestea au avut loc în laboratorul cu utilaje de industrie alimentară din cadrul grupului de discipline cu profil de mecanizare a agriculturii din USAMV Iași, dotat cu instalații pentru asigurarea utilităților, apă și energie electrică monofazată și trifazată.

Pentru efectuarea analizelor senzoriale și fizico-chimice ale semințelor de orz și ale malțului s-a folosit aparatura de laborator din dotarea laboratorului de chimie, a disciplinei oenologie din cadrul Stațiunii Didactice "V. Adamachi" a USAMV din Iași și din cadrul laboratorului de la Fabrica de malț "Soufflet România" din Buzău. Metodele de analiză au respectat protocolul de lucru al normelor Analytica EBC (European Brewery Convention).

Cercetările experimentale s-au desfășurat după un plan de cercetare care a urmărit:

- efectuarea experiențelor de germinare folosind masa de germinare Jacobsen, cu ajutorul căreia se pot realiza diagrame de înmuiere-germinare a semințelor de orz. Pe durata procesului de lucru se pot monitoriza parametrii de temperatură și de umiditate;
- efectuarea experiențelor de uscare a malțului verde prin utilizarea unei instalații de uscare pe verticală de laborator, echipată cu microprocesor și care permite monitorizarea parametrilor tehnologici, a vitezei, a temperaturii și a umidității agentului de uscare, înainte și după parcurgerea stratului de produs. Instalația de uscare permite cântărirea continuă a probei de produs supus uscării, determinând pierderea de umiditate pe durata procesului de lucru. Parametrii monitorizați pe durata procesului de uscare a malțului sunt analizați sub formă grafică, rezultând diferite diagrame de uscare a malțului verde;
- realizarea de modele fizice pentru germinarea semințelor de orz și uscarea malțului verde;



DRINF A F I R O P P A N A



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL RĂZBOIULUI, PĂRĂȘILOR ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE ȘI
FAMILIEI



Fondul Social European
POSNET 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
NAȚIONALE
ȘI
CERCETĂRII ȘTIINȚIFICE



USAMV Iași

- realizarea de programe de simulare a procesului de lucru pentru germinarea semințelor de orz și a celui de uscarea a malțului verde;
- prelucrarea statistică a datelor experimentale privind evoluția radiclelor și a plumulelor din timpul fazelor de înmuire și germinare și interpretarea rezultatelor experimentale;
- prelucrarea statistică a datelor, în vederea optimizării procesului de lucru pentru obținerea malțului și interpretarea acestora;
- confirmarea sau infirmarea ipotezei stabilite;
- folosirea rezultatelor experimentale obținute dacă se confirmă ipoteza sau, dacă aceasta se infirmă, se vor relua experiențele cu alți parametri de lucru;
- se vor continua cercetările sau se vor folosi rezultatele acestora în producție, lucrări științifice etc.

Pentru obținerea malțului în condiții de laborator s-au folosit semințele de orz din soiurile Nectaria, Mădălin și Andreea, care au fost achiziționate de la Societatea Agricolă "Astra" Trifești, județul Iași, specializată în producerea semințelor, și de la Fabrica de malț "Soufflet România" din județul Buzău. Semințele de orz trebuie să conțină: apă = 13 ... 14 %; substanță uscată = 86 ... 87 %, formată din: substanțe extractive neazotoase (amidon = 55 ... 60 %, zaharuri (mono și dizaharide) = 1 ... 2 %, celuloză = 5 %, cenușă = 2,5 %, vitamine); proteine (albumine, globuline, prolamine, gluteline, proteine enzimatică) = 10 ... 12 %; grăsimi (gliceride, fosfatide, steroli) = 2,5 %; enzime.

Materialul utilizat în cadrul experimentărilor efectuate a fost compus din: instalația de micromaltaj folosită la metoda A și instalația de micromaltaj folosită la metoda B.

Instalația de micromaltaj folosită la metoda A este formată din: lin de spălare cu volum de 6 litri, necesar pentru spălarea semințelor de orz, casete cilindrice cu fund din sită zincată, masa de germinare Jacobsen și uscătorul vertical de laborator cu casetă plată originală.

Masa de germinare Jacobsen, datorită construcției speciale, a echipamentelor electronice cu care este dotată și a componentelor sale (cuva; racord de alimentare cu apă; racord de golire (evacuare) a apei din cuvă; aparat de răcire a apei; racord de alimentare a cuvei cu apă rece de la aparatul de răcire a apei; racord-retur a apei din cuvă către aparatul de răcire a apei; aparat de încălzit apă; racord de alimentare a cuvei cu apă caldă de la aparatul de încălzit apă; racord-retur a apei din cuvă către aparatul de încălzit apă) realizează înmuirea și germinarea semințelor de orz, sub control al temperaturilor și al timpilor de înmuire.

Instalația de uscarea pe verticală de laborator cu casetă plată originală este dotată cu o interfață-operator "touch screen" ce permite controlul și monitorizarea procesului de uscarea.

Transferul de căldură și masă în interiorul uscătorului se realizează prin convecție, agentul de căldură fiind reprezentat de aerul încălzit cu ajutorul rezistențelor electrice (3 rezistențe de câte 1,5 kW fiecare). Agentul de uscare este aspirat din exterior cu ajutorul unui ventilator și refulat în incinta uscătorului de jos în sus.

Instalația de micromaltaj utilizată la metoda B este formată din caseta multifuncțională și uscătorul vertical cu grătar utilizat și în cadrul metodei A. Caseta multifuncțională înlocuiește: vasul din inox, care a avut rol pentru spălarea și înmuierea semințelor de orz; caselele din PVC cu fund din sită zincată; masa de germinare Jacobsen și caseta din inox plată inițială a uscătorului. Prin înlocuirea celor patru componente, caseta multifuncțională a preluat efectuarea operațiilor de spălare, înmuiere, germinare și uscare. Această casetă, prin construcția sa specială, a putut fi folosită pentru efectuarea celor 4 operații menționate anterior numai în condițiile în care a fost introdusă în locul casetei originale din inox a uscătorului de laborator prezentat anterior.

În vederea efectuării analizelor de laborator pentru semințele de orz, malțul verde și malțul finit, s-au folosit următoarele utilaje: cântarul electronic KERN 440-49N cu precizie de 0,1 g, anemometru pentru determinarea vitezei aerului cald sub grătar și la ieșirea din uscător, analizorul de umiditate model MAC (termobalanța analitică electronică) pentru determinarea umidității semințelor de cereale înainte de începerea uscării, în timpul uscării și la finalul uscării, termometrul cu sondă TIP K, etuva necesară pentru determinarea umidității semințelor de orz și a malțului finit uscat, friabilmetru pentru determinarea friabilității malțului, moara de laborator pentru obținerea și determinarea măcinșului fin și grosier, aparatul pentru pregătirea plămezilor după metoda Congress-Hartong, aparatul pentru determinarea cifrei Kolbach și a indicelui Hartong, microviscozimetru DM 5000 pentru determinarea viscozității, spectrofotometru DR 5000 Lange, pahare berzelius cu must filtrat pentru determinarea prin metoda comparării a vitezei de filtrare, a timpului de zaharificare și a culorii, aparatul Buchi Scrubber B-324 pentru distilarea proteinelor, biuretă digitală pentru titrarea distilatului de proteină.

În vederea alegerii semințelor de orz pentru obținerea malțului, după efectuarea analizelor senzoriale și fizico-chimice în cadrul laboratorului, s-a făcut determinarea pe cale experimentală a procentului de semințe germinate la temperaturile de 15°C, 18°C, 21°C și 24°C, pentru semințele din soiurile de orz Mădălin, Nectaria și Andreea, cu ajutorul mesei de germinare Jacobsen.

La **temperatura de 15°C** (martor), se observă că procentul de boabe germinate din soiul de orz Mădălin, în 5 zile, a fost foarte slab, de numai 69 %, iar în 7 zile procentul de boabe germinate a fost de 91 %. În cazul semințelor de orz din soiul Andreea, s-a atins un

procent de germinare de 74 % în ziua a 5-a, iar în ziua a 7-a s-a ajuns la un procent de germinare de 92 %. Soiul Nectaria a atins în ziua a 5-a procentul de germinare de 79 %, iar în ziua a 7-a a ajuns la un procent de 93 %, valoare mai apropiată de cea a soiului Andreea.

La **temperatura de 18°C**, procentul de boabe germinate din soiul de orz Mădălin, în ziua a 5-a, a fost de 86 %, iar în ziua a 7-a, de 94 %. Al doilea soi de orz, Andreea, în ziua a 5-a a atins un procent de boabe germinate de 93 %, iar în ziua a 7-a, de 97 %. Cel de al treilea soi, Nectaria, a avut procentul de semințe de orz germinate de 93 %, în ziua a 5-a, și de 97 % în ziua a 7-a.

În cazul germinării la **temperatura de 21°C**, procentul de boabe germinate, pentru soiul de orz Mădălin, în ziua a 5-a a avut valoarea de 93 %, iar în ziua a 7-a, de 94 %; la soiul de orz Andreea, s-a ajuns în ziua a 5-a la un procent de boabe germinate de 95 %, iar în ziua a 7-a, 97 %. Soiul de orz Nectaria a avut procentul de semințe de orz germinate de 96 % în ziua a 5-a și de 97 % în ziua a 7-a, valori foarte apropiate de cele ale soiului Andreea.

După determinarea calității semințelor de orz din cele trei soiuri s-a trecut la malțificarea acestora în laborator, prin două metode: prin metoda A, cu instalația de micromaltaj formată din vasul din tablă de inox, casetele cilindrice din PVC cu fund din sită zincată, masa de germinare Jacobsen și uscătorul vertical de laborator; prin metoda B, cu instalația de micromaltaj formată din caseta multifuncțională încorporată în interiorul uscătorului vertical de laborator.

În ambele metode s-au respectat aceleași faze tehnologice care sunt utilizate și în cadrul unităților industriale și anume: **recepția calitativă și cantitativă a semințelor, condiționarea materiei prime, spălarea, înmuierea și germinarea semințelor de orz, uscarea malțului verde.**

Înmuierea și germinarea semințelor de orz s-au efectuat, cu linia de micromaltaj cu masa de germinare Jacobsen (metoda A), în câte 12 experiențe pentru cele trei soiuri de orz (Andreea, Mădălin, Nectaria), rezultând 36 de variante.

S-au folosit următoarele notații în cadrul variantelor: **v** reprezintă varianta; **a** - metoda **A** prin care s-a lucrat; **b** - metoda **B**; **n** - soiul Nectaria; **m** – soiul Mădălin; **a** – soiul Andreea; **1 ... 12** - numărul variantei; **I** – umectarea semințelor de orz prin imersie în apă; **NI** – neimersarea (neumectarea) semințelor de orz; **u** – reprezintă operația de uscare.

În cadrul experiențelor efectuate prin metoda B s-au respectat aceleași faze tehnologice ca și la metoda A, numai că operațiile tehnologice s-au efectuat cu instalația de micromaltaj formată din caseta multifuncțională atașată în interiorul uscătorului vertical de laborator.

Modelarea matematică privind uscarea malțului în condiții de laborator este tratată în **capitolul V**. Caseta multifuncțională realizată pentru condiții de laborator poate efectua

operațiile de spălare a semințelor, înmuiere, germinare și uscare. Caseta cu anumite compartimentări pentru circulația agentului de uscare a fost modelată matematic în vederea optimizării constructive și funcționale.

Optimizarea curgerii agentului de uscare în caseta multifuncțională a avut ca obiect uniformizarea gradientului de temperatură și vitezei agentului de uscare sub grătarul pe care se dispune stratul de malț. Procesul complex de optimizare, a solicitat simularea curgerii agentului de uscare prin CFD (Computational Fluid Dynamics), modificând parametrii constructivi ai distribuitorului de agent de uscare al casetei și parametrii funcționali de viteză și temperatură ai acestui agent la intrarea în casetă.

Simularea CFD utilizează modelul matematic propus prin: parcurgerea etapelor de discretizare numerică a domeniului de calcul cu metoda volumelor finite în etapa de preprocesare; impunerea condițiilor la limită pentru obținerea unui sistem determinat de ecuații, ce se realizează în etapa de preprocesare pentru geometrie și în etapa de procesare pentru parametrii de viteză a agentului de uscare, temperatură, umiditate; rezolvarea sistemului de ecuații în fiecare nod al domeniului prin metoda iterativă până la obținerea convergenței, în etapa de procesare; reprezentarea grafică a soluțiilor obținute în fiecare nod din domeniul studiat, pentru parametrii viteză, temperatură, umiditate și linii de curent, în etapa de postprocesare. Cu ajutorul simulării CFD s-a construit un model optim al distribuitorului de agent de uscare sub grătarul casetei (inițial distribuitorul de agent era gol, iar în final distribuitorul are șase șicane), ce dă posibilitatea obținerii unui malț uscat uniform, iar anterior uscării obținerea unei germinări uniforme a semințelor de orz.

În **capitolul VI** al tezei de doctorat sunt prezentate rezultatele cercetărilor experimentale privind optimizarea procesului de lucru pentru obținerea malțului. Experiențele au fost efectuate pentru cele trei soiuri de orz (Nectaria, Mădălin, Andreea), după trei diagrame privind timpul de înmuiere și germinare la temperatura de 15°C, trei la 18°C, trei la 21°C și trei la 24°C, rezultând 36 variante la metoda A și 36 pentru metoda B.

Pe parcursul desfășurării experiențelor prin metoda A sau B germinarea se întrerupe în faza în care radicele atinge lungimea de 17 ... 22 mm, iar plumula atinge lungimea de 7 ... 12 mm.

În cadrul experiențelor efectuate prin metoda A privind înmuierea și germinarea semințelor, procesele de sorbție și desorbție a apei de către semințele de orz au avut loc într-un interval de timp cuprins între 96 ore și 140 ore, timp în care radicelele au crescut până la 17 ... 22 mm, iar plumelele, până la 7 ... 12 mm.

Timpii de înmuiere și germinare a semințelor au fost:

- în cazul experiențelor-martor efectuate la 15⁰C atingerea parametrilor medii menționați a avut loc după un timp de 140 ore;
- la experiențele efectuate la 18⁰C atingerea parametrilor medii menționați a avut loc după un timp de maximum 122 ore;
- în ceea ce privește experiențele efectuate la 21⁰C atingerea parametrilor medii menționați a avut loc după un timp mediu de 118 ore;
- pentru experiențele efectuate la 24⁰C atingerea parametrilor medii menționați a avut loc după un timp mediu de 96 ore.

Dacă se analizează parametrii mai sus menționați se constată că pe măsură ce se mărește temperatura la care are loc înmuierea și germinarea semințelor, scade timpul în care se petrec aceste procese.

După terminarea operațiilor de germinare, experiențele au continuat prin efectuarea operațiilor de uscare în etapa A.

Uscarea a avut loc folosind parametrii de timp și temperatură a aerului încălzit în creștere de la 35⁰C la 80⁰C, pentru toate experiențele, diferența făcând-o numai viteza aerului încălzit care a avut valori de 1,5 m/s, 2 m/s și de 2,5 m/s.

Variantele pentru uscare au fost notate cu v_{aun} , v_{aum} , v_{aua} sau cu v_{bun} , v_{bum} , v_{bua} , unde: **v** – varianta, **a** – metoda A, **u** – operația de uscare, **n** – malț Nectaria, **m** – malț Mădălin, **a** – malț Andreea, **b** – metoda B.

În cazul metodei A probele de malț verde pentru uscare au fost: malț verde Nectaria, varianta v_{an8} , care a fost uscat în nouă variante (v_{aun1} ; v_{aun2} ; v_{aun3} ; v_{aun4} ; v_{aun5} ; v_{aun6} ; v_{aun7} ; v_{aun8} ; v_{aun9}); malț verde Mădălin, varianta v_{am6} , care a fost uscat în nouă variante (v_{aum1} ; v_{aum2} ; v_{aum3} ; v_{aum4} ; v_{aum5} ; v_{aum6} ; v_{aum7} ; v_{aum8} ; v_{aum9}); malț verde Andreea, varianta v_{aa8} , care a fost uscat în nouă variante (v_{aua1} ; v_{aua2} ; v_{aua3} ; v_{aua4} ; v_{aua5} ; v_{aua6} ; v_{aua7} ; v_{aua8} ; v_{aua9}).

La final s-a obținut o umiditate medie a malțului de 5,6 % când viteza aerului cald a fost de 2,5 m/s, mai mică față de umiditatea medie de 6,6 %, atunci când s-a folosit la uscare aer cald cu viteza de circulație de 2,0 m/s. La viteza aerului cald de 1,5 m/s umiditatea finală a malțului a avut valoarea cea mai mare și anume o medie de 7,7 %. Cele mai bune variante de uscarea malțului au fost v_{aun8} (obținut din malț verde din semințe de orz Nectaria = v_{an8}) cu umiditatea finală $U = 5,6\%$, v_{aum8} (obținut din malț verde din semințe de orz Mădălin = v_{am6}) cu $U = 5,1\%$, v_{aua7} (obținut din malț verde din semințe de orz Andreea = v_{aa8}) cu $U = 5,3\%$.

În cazul metodei B s-au continuat cercetările prin efectuarea experiențelor pentru obținerea malțului în laborator cu caseta multifuncțională încorporată în camera de uscare a uscătorului vertical. Operațiile de înmuiere, germinare și uscare realizate cu caseta

multifuncțională au respectat parametrii prezentați la metoda de lucru.

Prin metoda B, rezultatele obținute în timpul operației de înmuire și germinare, privind absorbția apei de către semințele de orz (cuprinsă într-un interval al umidității semințelor de orz de la $U = 37 \%$ până la $U = 48 \%$) și apariția radicelelor (dimensiuni de 0,1 mm până la 2 mm) chiar în faza de înmuire, condiționate de timp, sunt:

- pentru experiențele efectuate la 15°C (martor) absorbția apei și apariția radicelelor a avut loc după un timp de 54 ore, germinarea semințelor de orz terminându-se într-un interval de timp cuprins între 121 ore și 140 ore;
- la experiențele efectuate la temperatura de 18°C absorbția apei și apariția radicelelor a avut loc după un timp mediu de 45 ore, germinarea realizându-se după maxim 121 ore;
- în cazul experiențelor efectuate la 21°C absorbția apei și apariția radicelelor au avut loc după un timp mediu de 36 ore, cu mențiunea că după acest timp lungimea radicelei a trecut în medie de 3 mm, germinarea fiind întreruptă după un interval de timp cuprins între 86 și 96 ore;
- la experiențele efectuate la 24°C absorbția apei și apariția radicelelor au avut loc după un timp mediu de 30 ore, dar, ca și în cazul experienței efectuate la 21°C , lungimea radicelelor după acest timp fost în medie de 3 mm, iar germinarea a fost întreruptă după maxim 86 ore.

Din punct de vedere al germinării semințelor prin metoda B se constată faptul că pe măsură ce se mărește temperatura la care are loc înmuirea și germinarea semințelor, scade timpul în care se petrec aceste procese.

În cadrul metodei B, ca și în cazul metodei A, după operația de germinare s-au respectat procedurile de efectuare a analizelor senzoriale pentru toate probele de malț verde, după fiecare experiență efectuată, când s-a observat că probele de malț verde obținut prin efectuarea experiențelor la 15°C (probă-martor), la 18°C și la 21°C au aspect fizic plăcut, cu boabe pline, fără pete de mușegai, fără mirosuri străine și cu miros specific plăcut de castravete verde specific. Malțul verde obținut prin efectuarea experiențelor la 24°C are boabele pline, fără pete de mușegai, dar cu ușor miros și gust de acru. În cazul acestei temperaturi malțul a avut pH-ul sub 4,4. Ca și în cazul metodei A, și în cazul metodei B operația de uscare s-a efectuat tot numai pentru trei probe de malț verde din fiecare soi de orz.

Se menționează faptul că fiecare probă din cele trei a fost uscată la rândul ei în câte nouă variante, rezultând douăzeci și șapte de variante de uscare prin metoda B: malț verde obținut din semințe de orz din soiul Nectaria varianta v_{bn9} , uscat în nouă variante (v_{bun1} ; v_{bun2} ; v_{bun3} ; v_{bun4} ; v_{bun5} ; v_{bun6} ; v_{bun7} ; v_{bun8} ; v_{bun9}); malț verde obținut din semințe de orz din soiul

Mădălin varianta v_{bm8} , uscat în nouă variante (v_{bum1} ; v_{bum2} ; v_{bum3} ; v_{bum4} ; v_{bum5} ; v_{bum6} ; v_{bum7} ; v_{bum8} ; v_{bum9}); malț verde obținut din semințe de orz din soiul Andreea varianta v_{ba8} uscat tot în nouă variante (v_{bua1} ; v_{bua2} ; v_{bua3} ; v_{bua4} ; v_{bua5} ; v_{bua6} ; v_{bua7} ; v_{bua8} ; v_{bua9}).

Malțul uscat la aceiași parametri de temperatură și timp a avut în final o umiditate medie de 6,3 % când viteza aerului cald a fost de 2,5 m/s, mai mică față de umiditatea medie de 7,1 % atunci când s-a folosit la uscare aer cald cu viteza de circulație de 2,0 m/s. La viteza de 1,5 m/s a aerului cald folosit la uscare, umiditatea finală a malțului a avut valoarea cea mai mare și anume de 8,2 % în medie.

Umiditățile finale cele mai mici s-au obținut în cadrul variantelor de uscare v_{bun8} (obținut din malț verde din semințe de orz Nectaria = v_{bn9}) când umiditatea $U = 6,2\%$, v_{bum7} (obținut din malț verde din semințe de orz Mădălin = v_{bm6}) când $U = 5,7\%$ și v_{bua8} (obținut din malț verde din semințe de orz Andreea = v_{ba8}) când $U = 5,9 \%$.

Pornind de la condiția tehnologică de întrerupere a germinării semințelor de orz în momentul în care radicelele au ajuns la lungimea de 17 ... 22 mm și plumulele au ajuns la lungimea de 7 ... 12 mm, după încheierea etapelor experimentale și centralizarea rezultatelor obținute s-a trecut la faza de analiză statistică a modului de evoluție a radicelelor și plumulelor în timpul germinării, pentru fiecare soi de orz. Această analiză a constat în folosirea testului parametric: **Testul F (Fisher) pentru analiza dispersiilor**. Testul are la bază testarea parametrilor unor repartiții cunoscute (Stoleriu Iulian, 2010).

În vederea punerii în aplicare a testului **F pentru analiza dispersiilor**, în cazul modului de evoluție a radicelelor și plumulelor semințelor de orz în timpul germinării, s-a utilizat programul Matlab prin comanda specifică: $[h, p, ci, stats] = \text{vartest2}(X, Y, \alpha, \text{tail})$, (<http://www.mathworks.com>).

Această aplicație s-a realizat pentru semințele de orz din cele trei soiuri (Nectaria, Mădălin, Andreea) în cazul germinării atât prin metoda A cât și prin metoda B, în următoarele versiuni:

- versiunea evoluției radicelelor la temperatura de 15°C comparativ cu evoluția radicelelor la temperatura de 18°C , în paralel cu evoluția plumulelor la temperatura de 15°C comparativ cu evoluția plumulelor la temperatura de 18°C ;
- versiunea evoluției radicelelor la temperatura de 15°C comparativ cu evoluția radicelelor la temperatura de 21°C , în paralel cu evoluția plumulelor la temperatura de 15°C comparativ cu evoluția plumulelor la temperatura de 21°C ;
- versiunea evoluției radicelelor la temperatura de 18°C comparativ cu evoluția radicelelor la temperatura de 21°C , în paralel cu evoluția plumulelor la temperatura de 18°C



UNIONA F E UROPA N A



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL ÎNUTRII, FAMILIEI,
PROTECȚIEI SOCIALE ȘI
PENSIOANELOR VÂRSTNICI
ASPIRANȚII



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
NAȚIONALE
OPPOSDRU



USAMV Iași

comparativ cu evoluția plumulelor la temperatura de 21°C;

Testul a fost aplicat pentru un nivel de semnificație $\alpha = 0,05$ și o probabilitate de dispersie în jurul valorii medii de 95 %.

Rezultatele obținute în urma analizelor statistice privind evoluția radicelelor și a plumulelor în timpul germinării, recomandă variantele de lucru v_{am6} și v_{am9} , v_{an5} și v_{an8} , v_{aa5} și v_{aa8} , de la metoda A, și variantele de lucru v_{bn3} și v_{bn9} , v_{bm3} și v_{bm6} , v_{ba5} și v_{ba8} , în cazul metodei B, ca fiind optime. De menționat că aceste variante au dispersii semnificativ egale (H_0) și coeficienți de determinare R^2 mai mari de 0,9500.

Rezultatele analizelor fizico-chimice ale probelor de malț obținute prin cele două metode de laborator (A și B) scot în evidență faptul că prin **metoda A s-a obținut varianta optimă** v_{an8} și v_{aan8} , iar în cazul **metodei B varianta optimă** este v_{ba8} și v_{bua8} .

Capitolul VII al tezei de doctorat tratează concluziile care au fost stabilite în urma cercetărilor efectuate. Vor fi prezentate cele mai importante concluzii stabilite de autorul tezei de doctorat.

- Semințele de orz (materia primă pentru obținerea malțului) trebuie să conțină proteine sub 11,4 %.
- Instalațiile care se folosesc în liniile tehnologice industriale de obținere a malțului sunt complexe și performante (construcția specială a utilajelor de înmuiere a semințelor de orz, a aleilor de germinare, a utilajelor de întors malțul verde, a uscătoarelor de malț verde) și pot fabrica tipuri diferite de malț: blond, brun, sticlos sau caramel.
- Malțul se poate obține prin mai multe metode de germinare (germinare pe arie, germinare pneumatică în tobe, germinare pneumatică pe alei, germinare pneumatică în tancuri cilindrice cu fund bombat), însă principalele operații tehnologice, de spălare a semințelor de orz, de înmuiere și germinare a acestora și de uscare a malțului verde, se derulează în aceeași cronologie de lucru pentru toate metodele de germinare.
- Se remarcă tendința de revenire la uscătoarele pe verticală, cu 2 sau 3 nivele, prin care se urmărește reducerea consumurilor de energie pentru transportul malțului, prin căderea liberă a acestuia de pe un grătar pe celălalt, eliminându-se utilajele de transport, eliminarea sistemului de întoarcere a malțului verde în vederea uniformizării umidității în timpul uscării și folosirea aerului de la etajul inferior pentru preîncălzirea stratului de malț de la etajul superior.
- Obiectivul principal al cercetărilor teoretice și experimentale îl constituie optimizarea procesului de lucru privind obținerea malțului prin realizarea unor familii noi de diagrame pentru înmuierea și germinarea semințelor de orz și a unor familii noi de diagrame pentru uscarea malțului verde, cu ajutorul a două linii de micromaltaj.

- Cercetările experimentale au fost efectuate în laboratorul dotat cu echipamente de industrie alimentară din cadrul grupului de discipline cu profil de mecanizare a agriculturii ale USAMV Iași.

- Metoda de lucru pentru efectuarea experiențelor a impus folosirea tehnologiei de obținere a malțului în laborator (s-au respectat fazele de spălare a semințelor, înmuiere-germinare și uscare a malțului verde) prin metoda A (în care s-a utilizat linia de micromaltaj formată din casete cilindrice din PVC, cu fund metalic zincat perforat, plus masa de germinare Jacobsen și uscătorul vertical de laborator) și metoda B (în care s-a folosit linia de micromaltaj formată din caseta multifuncțională încorporată în uscătorul vertical de laborator).

- În vederea eficientizării procesului de uscare s-a realizat modelarea matematică a procesului de lucru privind circulația fluxului de aer cald prin caseta multifuncțională, care a avut ca rezultat îmbunătățirea modelului fizic inițial al casetei multifuncționale de obținere a malțului, prin simularea CFD a casetei multifuncționale, impunând modificarea variantei distribuitorului inițial de aer cu trei șicane în varianta nouă de distribuitor de aer cu șase șicane.

- Cercetările experimentale pentru optimizarea procesului de lucru privind obținerea malțului, prin metoda A și metoda B, scot în evidență obținerea unor rezultate apropiate ale indicilor fizici (lungimea radicelelor, lungimea plumulelor, umiditatea semințelor la sfârșitul germinării) în timpul procesului de înmuiere și germinare comparativ cu metodele clasice, însă timpii consumați pentru aceste procese sunt mai mici (86 ore până la 96 ore) decât în cazul procedeelor clasice (126 ore până la 140 ore).

- Prin metoda A se observă că cele mai bune variante de uscare sunt: v_{aun8} cu umiditatea finală de 5,6 % (prin uscarea malțului verde al variantei v_{an8}); v_{aum8} cu umiditatea finală de 5,1 % (prin uscarea malțului verde al variantei v_{am6}); v_{aua7} cu umiditatea finală de 5,3 % (prin uscarea malțului verde al variantei v_{aa8});

- Rezultatele obținute în timpul operației de înmuiere-germinare în cadrul experiențelor efectuate prin **metoda B** arată că pe măsură ce se mărește temperatura la care are loc înmuierea și germinarea semințelor, scade timpul în care se petrec aceste procese.

- Malțul verde obținut prin efectuarea experiențelor la 24°C are boabele pline, fără pete de mucegai, dar cu ușor miros și gust de acru și pH-ul sub 4,4; datorită acestor minusuri acest malț nu a mai fost pus la uscare.

- Prin metoda B s-au obținut diagramele de uscare optime în cadrul variantelor: v_{bun8} (obținut din malț verde din semințe de orz Nectaria = v_{bn9}) când umiditatea finală $U = 6,2\%$, v_{bum7} (obținut din malț verde din semințe de orz Mădălin = v_{bm6}) când $U = 5,7\%$ și v_{bua8} (obținut din malț verde din semințe de orz Andreea = v_{ba8}) când $U = 5,9\%$.

- Rezultatele analizelor statistice privind evoluția radicelelor și a plumulelor în timpul germinării, recomandă ca fiind optime variantele de lucru v_{am6} și v_{am9} , v_{an5} și v_{an8} , v_{aa5} și v_{aa8} , obținute prin **metoda A**, și variantele de lucru v_{bn3} și v_{bn9} , v_{bm3} și v_{bm6} , v_{ba5} și v_{ba8} , obținute prin **metoda B**.

- Rezultatele experimentale obținute în laborator, comparate cu rezultatele analizei statistice selectează următoarele variante optime ale diagramelor de înmuiere - germinare și ale diagramelor de uscare pentru fabricarea malțului: la **metoda A varianta optimă este v_{an8}** (lungimea radicele este de 22 mm, lungimea plumulei este de 9 mm, umiditatea la sfârșitul germinării este $U = 46,7\%$) și v_{aun8} (umiditatea malțului la sfârșitul uscării $U = 5,6\%$), iar în cazul **metodei B varianta optimă este v_{ba8}** (lungimea radicele este de 19 mm, lungimea plumulei este de 7 mm, umiditatea la sfârșitul germinării este $U = 46,7\%$) și v_{bua8} (umiditatea malțului la sfârșitul uscării $U = 5,9\%$).

- Comparând cele două variante, v_{aun8} și v_{bua8} , din punct de vedere fizico-chimic se constată că malțul obținut prin metoda A are un număr de cinci parametri cu valori foarte apropiate de limitele condițiilor de admisibilitate (1 – proteina totală, 3 – extract în substanță uscată, 5 – timp de filtrare, 6 – friabilitate, 7 – boabe sticloase), restul parametrilor încadrându-se bine în interval, iar malțul obținut prin metoda B, îndeplinește toate condițiile de admisibilitate, ceea ce demonstrează că varianta v_{ba8} și v_{bua8} , reprezintă varianta optimă.

- Experiențele efectuate cu cele două instalații de micromaltaj prin metodele A și B au condus la scurtarea timpului de înmuiere-germinare și uscare, de la 7 zile la 4,5 zile, și la obținerea malțului cu caracteristici organoleptice și fizico-chimice cu valori care îndeplinesc aceleași condiții de admisibilitate ca și malțul obținut în minim 7 zile în instalațiile industriale.

- Prin obținerea de familii noi de diagrame de înmuiere-germinare și uscare mai scurte cu până la trei zile, privind fabricarea malțului în laborator, prin experimentările realizate prin metoda B (cu caseta multifuncțională încorporată în uscătorul vertical de laborator) cât și prin metoda A (cu masa de germinare Jacobsen și uscătorul vertical de laborator), în comparație cu malțul obținut cu instalații industriale, se concluzionează că obiectivele și scopul tezei de doctorat de a optimiza procesul de lucru privind obținerea malțului au fost atinse.

Obținerea familiilor de diagrame de înmuiere-germinare și familiilor de diagrame de uscare mai scurte, realizate cu ajutorul instalațiilor de micromaltaj destinate pentru laborator, față de diagramele de înmuiere, germinare și uscare existente, recomandă liniile de micromaltaj prezentate (din cadrul metodei A și din cadrul metodei B) marilor producători de malț în vederea stabilirii celor mai bune familii de diagrame de germinare a semințelor de orz pentru



uscarea malțului verde într-un timp scurt și obținerea unei game largi de sortimente de malț.

Linia de micromaltaj utilizată în cadrul metodei B este ușor de exploatat (eliminându-se operațiile suplimentare de transvazare dintr-un vas în altul, comparativ cu numărul de operații manuale care trebuie efectuate prin metoda A) și este utilă în diferite industrii precum: industria băuturilor alcoolice (bere, whiskey etc); industria panificației și laboratoarele de patiserie unde se folosește făină de malț pentru aromă și culoare; industria băuturilor răcoritoare unde extractul de malț este folosit ca aport de substanță uscată, colorant natural și pentru îmbunătățirea conținutului de vitamine.

Realizarea liniei de micromaltaj utilizată în cadrul metodei B, formată din caseta multifuncțională încorporată în uscătorul vertical de laborator, deschide noi căi pentru cercetare privind obținerea de noi sortimente de malț, stabilirea modului de dezvoltare a echipamentelor enzimactice în timpul germinării și în prima parte a uscării, funcție de temperatură, de umiditate și de prezența oxigenului, cercetări privind prezența vitaminelor în compoziția chimică a malțului, dar și reducerea conținutului de vitamine în prezența sau absența apei în malț în anumite procente, la anumite temperaturi, în anumite intervale de timp.