

UNIVERSITATEA TEHNICĂ „GHEORGHE ASACHI” IAȘI
FACULTATEA DE INGINERIE CHIMICĂ ȘI PROTECȚIA
MEDIULUI

TEZĂ DE DOCTORAT

CERCETĂRI PRIVIND REDUCEREA GRADULUI DE POLUARE ÎN
EXPLOATAREA ȘI PRELUCRAREA LEMNULUI

REZUMAT

Ing. **CHIRIAC ALEXANDRU**

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC,
Prof. Univ. Dr. Ing. **CIOBANU DOMNICA**

≈ 2011 ≈

UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE ASACHI" IASI

PROT. NO. 18840232212305

25 Jul. 2011 13:55

**Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași
RECTORATUL**

Vă facem cunoscut că în ziua de _____ la _____ în
sustinerea publică a tezei de doctorat intitulată

**CERCETĂRI PRIVIND REDUCEREA GRADULUI DE POLUARE ÎN
EXPLOATAREA ȘI PRELUCRAREA LEMNULUI**

elaborată de **ing. ALEXANDRU CHIRIAC** în vederea obținerii titlului științific de
DOCTOR.

Comisia de doctorat este alcătuită din:

- Prof. univ.dr. ing. Ioan Mămăligă Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași	Președinte
- Prof. univ. dr. ing. Domnica Ciobanu Universitatea „Vasile Alecsandri” din Bacău	Conducător științific
- Prof. univ.dr. ing. Valentin Nedeff Universitatea „Vasile Alecsandri” din Bacău	Membru
- Prof. univ.dr. ing. Constantin Stanciu Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați	Membru
- Prof. univ.dr. ing. Matei Macoveanu Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași	Membru

Vă trimitem rezumatul tezei de doctorat, cu solicitarea de a ne comunica, în scris,
aprecierile dumneavoastră.

Cu această ocazie, vă invităm să participați la susținerea publică a tezei de
doctorat.

RECTOR
Prof. univ. dr. ing. **ION GURMA**

Secretar Universitate
Ing. Cristina Naț

Cuvânt Înainte

Doamnei prof. dr. ing. Domnica Ciobanu cele mai sincere

MULȚUMIRI și RECUNOȘȚINȚĂ

pentru îndrumarea, diplomația și răbdarea acordată în pregătirea mea
științifică

și umană în timpul perioadei doctorale.

Mulțumesc pentru șansa unui nou nivel de cunoaștere cu promisiunea că
voi duce până la capat valoarea cunoștințelor acumulate în această
perioadă importantă din viața mea ca om și pentru cariera profesională.

Mulțumesc familiei pentru că mi-a fost alături.

Dedic această lucrare mamei mele.

CUPRINS

CONSIDERAȚII INTRODUCTIVE	9
PARTEA I - STUDII DOCUMENTARE PENTRU: „CERCETĂRI PRIVIND REDUCEREA GRADULUI DE POLUARE ÎN EXPLOATAREA ȘI PRELUCRAREA LEMNULUI”	12
CAPITOLUL 1 - PRODUCȚIA ȘI CERINȚELE DE MASĂ LEMNOASĂ ÎN EUROPA ȘI ÎN ROMÂNIA	
1.1. Considerații generale privind exploatarea lemnului. Industria lemnului – exploatare și prelucrare, cerințe la nivel național	13
1.1.1. Produse ale exploatarei și prelucrării lemnului	15
1.1.2. După locul pe trunchi al unui buștean se disting	15
1.1.3. Lemnul de steri pentru industrie cuprinde piese de lemn despicat și lemnul rotund	15
1.2. Compoziția chimică a lemnului	16
1.2.1. Compoziția chimică elementară a lemnului	16
1.2.2. Componentii chimici ai lemnului	17
1.2.2.1. Componenti chimici principali	18
1.2.2.1.1. Celuloza	18
1.2.2.2. Hemicelulozele	19
1.2.2.3. Pectina	20
1.2.2.4. Lignina	21
1.2.3. Componenti chimici secundari	22
1.2.3.1. Substanțe extractibile	23

1.2.3.2. Taninurile	23
1.2.3.3. Oleorezinele	23
1.2.3.4. Uleiurile volatile	24
1.2.3.5. Acizii organici	24
1.2.3.6. Grăsimile	24
1.2.3.7. Coloranții	24
1.2.3.8. Albuminele	24
1.2.3.9. Alcaloizii	25
1.2.3.10. Gumele	25
 CAPITOLUL 2 - MANAGEMENTUL DEȘEURILOR INDUSTRIALE BIODEGRADABILE	 26
2.1. Impactul deșeurilor asupra mediului ambiant	26
2.1.1. Clasificare în funcție de sursele majore, în ordinea contribuției:	26
2.1.2. Clasificare sub aspectul compoziției chimice	26
2.1.3. Clasificare după caracteristicile principalilor constituenți se disting	27
2.1.4. Funcție de gradul de agresivitate față de mediu	27
2.2. Obiective specifice pentru protecția mediului	28
2.3. Ingineria deșeurilor și ciclul de viață al produselor	29
2.4. Gestiunea deșeurilor în România	32
2.4.1. Principii și obiective strategice	32
2.4.2. Perspective și strategii în gestionarea deșeurilor	33
2.5. Clasificarea deșeurilor	34
2.6. Deșeuri biodegradabile	35
 CAPITOLUL 3 - PRELUCRAREA TEHNOLOGICĂ A LEMNULUI	 36
3.1. Faza tehnologică de debitare a lemnului	36

3.1.1. Elemente generale privind lemnul utilizat la fabricarea pastei pentru hârtie și carton.	38
3.1.2. Tipuri de pastă pentru hârtie și carton	38
3.1.3. Pasta mecanică	39
3.1.3.1. Pasta termo-mecanică (PTM)	39
3.1.3.2. Pasta chimico-termo-mecanică (PCTM)	39
3.1.3.3. Pasta semichimică	40
3.1.4. Pasta chimică	40
CONCLUZII	41
CAPITOLUL 4 - SUBPRODUSE REZULTATE DIN EXPLOATAREA ȘI INDUSTRIALIZAREA LEMNULUI	43
4.1. Coaja arborilor	43
4.1.1. Proprietățile fizice și chimice ale cojii	44
4.1.2. Compoziția chimică a cojii din lemn de rășinoase	46
4.1.3. Valorificarea chimică a cojii	46
4.1.4. Arderea cojii	47
4.1.5. Coaja – materie primă pentru combustie	48
4.1.6. Valorificarea cojii prin producerea de plăci aglomerate	48
4.2. Rumegușul	48
4.2.1. Influența rumegușului asupra factorilor de mediu	50
4.2.2. Brichetarea rumegusului	50
4.2.3. Flux tehnologic pentru brichetarea rumegușului	51
4.2.4. Avantajele brichetării rumegusului	52
4.2.4.5. Caracteristicile masinii de brichetat	54
CAPITOLUL 5 - SUBPRODUSE DIN INDUSTRIA LEMNULUI, MATERII PRIME PENTRU AMELIORAREA CALITĂȚII TERENURILOR AGRICOLE	60
5.1. Introducere	60

5.2. Tehnici de tratare biologică	61
5.3. Biotransformări pentru deșeurile/subprodusele biodegradabile	61
5.3.1. Mobilizarea stratului primar	62
5.3.2. Trasformări în stratul secundar	63
5.4. Procese de biodegradare	63
5.4.1. Polidegradarea polizaharidelor	64
5.4.2. Biodegradarea hemicelulozelor	66
5.4.3. Biodegradarea celulozei	67
5.4.4. Biodegradarea pectinelor	68
5.4.5. Biodegradarea proteinelor	69
5.4.6. Biodegradarea ligninei	70
5.4.7. Biosinteza compușilor humici	72
5.4.8. Fermentarea compușilor azotați	73
5.5. Procese în biotehnologia compostării	74
5.5.1. Procese fizice în procesul de compostare	76
5.5.2. Factori decisivi în procesul de compostare	77
5.5.2.1. Raportul C/N	77
5.5.2.2. Microorganisme	78
5.5.2.3. Umiditatea substratului	78
5.5.2.4. Temperatura	79
5.5.2.5. Conținutul de oxigen	79
5.5.2.6. Dimensiunea substituienților, a particulelor	80
5.5.2.7. pH-ul	80
5.6. Calitatea compostului, factori de influență	81
 PARTEA A II-A PROGRAME ȘI REALIZĂRI ÎN ACTIVITATEA DE CERCETARE REDATE ÎN TEZA DE DOCTORAT – „CERCETĂRI	 84

PRIVIND REDUCEREA GRADULUI DE POLUARE ÎN
EXPLOATAREA ȘI PRELUCRAREA LEMNULUI”

INTRODUCERE	85
CAPITOLUL 6 - MATERII PRIME UTILIZATE ÎM PROGRAMUL DE CERCETARE - ANALIZA CALITATIVĂ	88
6.1. Analiza calitativă a rumegușului	88
6.1.1. Analiza chimică	89
6.2. Calitatea cojii lemnului de rășinoase	91
6.3. Calitatea subproduselor din industria berii	95
6.3.1. Borhotul de malț	95
6.3.2. Indici calitativi pentru drojdia <i>saccharomyces carlsbergensis</i>	96
- CAPITOLUL 7 - BIOFORT ORGANIC ECOLOGIC TIP I REZULTAT DIN INDUSTRIALIZAREA ȘI EXPLOATAREA LEMNULUI ADITIVAT CU SUBPRODUSE DIN INDUSTRIA BERII	98
7.1. Introducere	98
7.2. Materiale și metode folosite în obținerea fertilizatorului organic tip I	99
7.3. Rezultate și discuții	101
7.4.1. Concluzii pentru varianta experimentală I	101
7.4.2. Concluzii pentru varianta experimentală II	109
- CAPITOLUL 8 - DROJDIA <i>SACCHAROMYCES CARLSBERGENIS</i> - BIOCATALIZATOR ÎN PROCESELE DE TRANSFORMARE A SUBPRODUSELOR DIN INDUSTRIA LEMNULUI ÎN BIOFORTURI ORGANICE ECOLOGICE	111
8.1. Obiectivul cercetării	111
8.1.1. Activitățile de cercetare preconizate	111
8.1.2. Biotransformări mediate de drojdii cu aplicații în procesele de compostare și fermentare a subproduselor din industrializarea lemnului	112
8.1.3. Condițiile de operare	113
8.2. Introducere	114

8.3. Materiale și metode	115
8.4. Optimizarea procesului de obținere a biofortului organic ecologic tip II utilizând un program experimental factorial de tip 3^2	116
8.4.1. Stabilirea variabilelor de proces și a criteriului de optimizare	116
8.4.2. Determinarea domeniilor de variație ale variabilelor cheie	116
8.4.3. Elaborarea programului experimental factorial de tip 3^2	117
8.4.4. Elaborarea modelului pentru procesul de fermentare	118
8.4.5. Verificarea modelului matematic	121
8.4.6. Determinarea semnificației coeficienților	121
8.4.7. Analiza efectelor parametrilor de proces	122
8.4.8. Determinarea optimului funcției de răspuns	123
8.4.9. Transformarea valorilor adimensionale în valori reale și interpretarea rezultatelor	124
8.5. Analiza posibilităților de fermentare și introducere în fluxul tehnologic a unei noi faze cu drojdie cu efect biocatalizator care să răspundă noilor cerințe	129
8.6. Concluzii - Organizarea fluxului tehnologic având în vedere noile condiții tehnologice	129
- CAPITOLUL 9 - VALORIFICAREA SUBPRODUSELOR INDUSTRIALE ÎN TEHNOLOGIA BIOFORTURILOR ORGANICE ECOLOGICE	132
Introducere	132
9.1. Cercetări asupra procesului de obținere a biofortului organic ecologic tip III cu adaos de zer dulce	132
9.1.1. Materiale și metode	132
9.1.2. Elaborarea programului experimental	134
9.2. Analiza rezultatelor	134
9.2.1. Elaborarea modelului pentru procesul de fermentare utilizat pentru obținerea biofortului organic ecologic tip III	135
9.2.2. Determinarea valorilor optime ale parametrilor independenți	150
9.3. Concluzii	153

CAPITOLUL 10 - CONSIDERAȚII TEHNICO - ECOLOGICE ÎN CONDIȚIILE VALORIFICĂRII SUBPRODUSELOR REZULTATE DIN INDUSTRIA LEMNULUI ÎN PRODUSE ȘI TEHNOLOGII ORGANICE ECOLOGICE CU BIOFORTURI UTILIZATE ÎN INDUSTRIA AGROTEHNICĂ	155
10.1. EVALUAREA CICLULUI DE VIAȚĂ A PRODUSULUI BIOFORT ORGANIC ECOLOGIC	155
10.1.1. Evidențierea factorilor poluanți pe faze tehnologice în tehnologia de valorificare a subproduselor din industria lemnului	157
10.1.1.1. Factorii poluanți în etapele de prelucrare tehnologică, condiționare, sortare și fermentare	157
10.1.1.2. Factorii poluanți în etapa de sortare și depozitare coajă	158
10.1.2. Bilanțul de materiale ale activităților desfășurate	158
10.1.3. Gradul de valorificare a resurselor	159
10.2. Identificarea aspectelor de mediu ale activității de prelucrare a cojii și a rumegușului pentru obținere biofort organic ecologic	160
10.2.1. Apa uzată, alimentarea cu apă, efluenți tehnologici, sisteme de canalizare ale apelor pluviale	160
10.2.1.1. Alimentarea cu apă	160
10.2.1.2. Canalizarea apelor uzate menajere, tehnologice și pluviale	162
Concluzii	164
10.2.2. Emisiile în atmosferă	164
10.2.2.1. Surse mobile de poluare	164
10.2.2.2. Surse fixe de poluare	164
Concluzii	165
10.2.3. Minimizarea și gospodărirea deșeurilor	165
10.2.4. Alimentarea cu energie electrică	166
10.2.5. Zgomotul și vibrațiile	167
10.2.5.1. Surse de zgomot	167
10.2.6. Securitatea zonei	168
10.2.7. Calitatea solului	169
Concluzii	169
10.3. Metode de evaluare a impactului ecologic asupra mediului înconjurător în condițiile obținerii biofortului organic ecologic	169

10.3.1. Metoda grafică de evaluare a impactului ecologic	169
10.3.1.1. Impactul produs asupra factorului de mediu apă	169
10.3.1.2. Impactul produs asupra factorului de mediu sol	171
10.3.1.3. Stabilirea notei de bonitate pentru factorul așezări umane	171
10.3.1.4. Impactul produs asupra factorului de mediu aer	171
10.3.1.5. Concluzii	171
10.4. Metoda indicelui de calitate a mediului	172
10.5. Metoda indicelui de poluare globală (I_{PG}) pentru cei patru factori de mediu	175
10.6. Aspecte de mediu – Procedura de sistem cod ps-m-01	177
10.6.1. Analiza impactului asupra mediului ambiant produs de către o fabrică de obținere a biofortului organic ecologic	182
10.6.2. Concluzii și recomandări privind evaluarea impactului asupra mediului	183
CONCLUZII GENERALE	186
VALORIFICAREA TEZEI DE DOCTORAT: ACTIVITATEA ȘTIINȚIFICĂ DIN CADRUL TEZEI DE DOCTORAT	200
LUCRĂRI ORIGINALE în teza de doctorat: „CERCETĂRI PRIVIND REDUCEREA GRADULUI DE POLUARE ÎN EXPLOATAREA ȘI PRELUCRAREA LEMNULUI”	202
Indexul tabelelor	203
Indexul figurilor	206
BIBLIOGRAFIE	209

CONSIDERAȚII INTRODUCATIVE

În paralel cu evoluția progresului tehnico-științific și evoluția economico-socială cantitatea de deșeuri și/sau subproduse industriale biodegradabile nevalorificate cunoaște o dezvoltare cantitativă; dezvoltare care implică un grad avansat de poluare pentru factorii mediului ambiant.

Poluarea constituie una dintre marile probleme ale umanității. Progresele științei au favorizat dezvoltarea unei industrii puternice, realizându-se numeroase produse utile, progrese care implică eliminarea în mediu a unui număr apreciabil de substanțe cu efecte nedorite ca urmare a proceselor industriale poluante. Aerul, apa, solul și produsele alimentare conțin cantități mai mari sau mai mici de substanțe declarate toxice. Efectele biochimice, biofizice și fiziologice se fac mai mult sau mai puțin simțite, acumularea ducând în final la o maladie cronică a indivizilor, în funcție de sensibilitatea fiecăruia.

Având în vedere aceste considerente există în mod programat preocuparea autorităților la nivel național și internațional, pentru promovarea de strategii fezabile de gestionare și valorificare a subproduselor industriale reducând în acest mod gradul de poluare existent pentru mediul ambiant în paralel cu extinderea rezervelor de materii prime și materiale care pot intra în circuitul național.

Analiza calitativă și cantitativă a subproduselor industriale particularizate pentru industria de exploatare și industrializare a lemnului reprezintă un element cheie pentru realizarea programelor de gestionare și valorificare tehnico-materială.

Caracterizarea cantitativă și calitativă a subproduselor rezultate din exploatarea și industrializarea lemnului a evindețiat existența compușilor

chimici organici biodegradabili componente pe baza cărora se pot dezvolta programe de utilizare în diverse ramuri industriale: cerințe care impun o dezvoltare durabilă cu caracter ecologic.

În acest context forurile abilitate din țara noastră au în vedere intensificarea eforturilor Uniunii Europene referitoare la protecția mediului și asigurarea pentru populație a condițiilor de alimentație ecologică implicată de modernizarea și ecologizarea agriculturii. Această situație impune o orientare stringentă care vizează în mod sigur tehnologiile agroindustriale, „agricultura”, în aceste condiții: *agricultura ecologică a viitorului*. Condițiile tehnologice noi, moderne, de fertilizare organică cu rol de ameliorare complexă pentru caracteristicile funcționale ale solului și de nutriție a regnului vegetal vor elimina în primă etapă fertilizarea terenurilor agricole cu substanțe chimice, cu îngrășăminte chimice, care au o acțiune nocivă asupra stării de sănătate a populației.

Astfel, agricultura viitorului sub aspect biochimic poate fi denumită: agricultura metabolismului dirijat. Această dirijare se poate realiza pe două căi și anume: prin transferul de gene, unde biochimia genetică își poate spune cuvântul în ansamblul ingineriei genetice și prin dirijarea metabolismului cu ajutorul unor substanțe speciale naturale de proveniență organică.

Astfel, condițiile tehnologice noi, moderne, de fertilizare organică cu rol de ameliorare complexă pentru caracteristicile funcționale ale solului și de nutriție a regnului vegetal, vor elimina în primă etapă fertilizarea terenurilor agricole cu substanțe chimice, cu îngrășăminte chimice care au o acțiune nocivă asupra calității produselor alimentare, a stării de sănătate a populației. Se vor enumera câteva dintre substanțele utilizate și secvențele din metabolism unde

acționează. Dacă se iau în considerare numai îngrășămintele chimice care conțin azot, respectiv azotații de amoniu de potasiu și calciu atunci trebuie avut în vedere că nitrații rezultați în procesele de fertilizare sunt toxici cu acțiune cancerigenă.

Dacă se iau inițial în considerație numai îngrășămintele chimice de sinteză care conțin azot, respectiv azotații de amoniu, potasiu și calciu, atunci se va ține cont de faptul că nitrații, respectiv anionii NO_3^- se reduc la NO_2^- cu formare de hidroxil amină care reacționează mai ales cu derivații porfirinici sau cu alte enzime care conțin metal. Această acțiune este necesară și suficientă pentru a disturba procesele din lanțul respirator și alte enzime din categoria oxidore-ductazelor. Furnizarea de legume și fructe necontrolate din punct de vedere al conținutului de nitrați și nitriți constituie o sursă sigură cancerigenă deci o greșeală deosebită.

Studiul documentelor și cercetările de valorificare a subproduselor rezultate din industrializarea lemnului care se găsesc în etapa actuală s-au impus și datorită extinderii și industrializării private a lemnului care prezintă la nivel național o situație cu tendințe relativ reduse pentru controlul și valorificarea subproduselor industriale.

În acest context programele de cercetare și realizările obținute prezentate în teza de doctorat au avut în vedere:

- Utilizarea subproduselor tip coajă și rumeguș existente nevalorificate în industrializarea lemnului în: Vor fi prelucrate pentru realizarea îngrășămintelor organice fertilizante cu denumirea originală: biofort organic ecologic;

- Utilizarea procedului de biodegradare anaerobă cu determinarea condițiilor tehnologice de biodegradare: formularea unor condiții originale;
- Stabilirea condițiilor complexe de biodegradare prin utilizarea subproduselor cu un conținut evident de: hidrogen, carbon, azot și săruri minerale, subproduse rezultate în tehnologiile berii și a procesării laptelui care vor acționa pozitiv, cu rol de catalizatori și de suplimentare conținutului mineral în procesul de obținere a bioforturilor organice ecologice;
- Caracterizarea funcțională pentru produsele originale obținute denumite: bioforturi organice ecologice și conceperea în mod original a condițiilor tehnologice individualizate optimizate cu influențe asupra implicațiilor tehnico-economice și de impact asupra mediului ambiant;
- Stabilirea individualizată a condițiilor tehnologice optimizate și aplicabile pentru obținerea produselor: biofort organic ecologic tip I II III;
- Caracterizarea cantitativă și calitativă a parametrilor funcționali, pentru sortimentele obținute prin cercetarea originală, nominalizate prin definiția: biofort organic ecologic tip I II III;
- Concluzii generale cu propuneri pentru aplicarea și generalizarea soluțiilor originale cercetate existente în partea a-II-a a tezei de doctorat;
- Stabilirea impactului tehnic și ecologic pentru produsele și tehnologiile noi, originale, realizate.

Având în vedere faptul că subprodusele biodegradabile din industrializarea și prelucrarea lemnului reprezintă circa 51% din cantitatea totală de deșeuri biodegradabile existente la nivel național, s-a impus un program original de implementare a unui sistem integrat: sistem agricol, industrializarea lemnului și industria alimentară, care să răspundă la cerințele imediate și necesare pentru asigurarea agriculturii ecologice durabile.

PARTEA I

STUDII DOCUMENTARE PENTRU CERCETĂRI PRIVIND REDUCEREA GRADULUI DE POLUARE ÎN EXPLOATAREA ȘI PRELUCRAREA LEMNULUI

CAPITOLUL I

PRODUCȚIA ȘI CERINȚELE DE MASĂ LEMNOASĂ ÎN EUROPA ȘI ÎN ROMÂNIA

1.1. Considerații generale privind exploatarea lemnului.

Industria lemnului – exploatare și prelucrare, cerințe la nivel național

Pădurile și lemnul joacă un rol de prim rang în viața omului, datele subliniază importanța crescândă a acestora în perspectivă. Proprietățile funcționale ale lemnului, utilizările sale extrem de diverse pe de o parte, dar și presiunea legată de creșterea demografică pe de altă parte, fac ca această materie primă să rămână foarte solicitată în viitor.

La nivelul întregului Glob, suprafața ocupată de păduri se cifrează actualmente la aproape 3,9 miliarde ha, ceea ce reprezintă circa 30% din suprafața uscatului

La nivelul Europei, suprafața pădurilor reprezintă 34% din totalul teritoriului dacă se raportează la totalul suprafeței pădurilor de pe Glob. Ca urmare a politicii de apărare a pădurilor ponderea pădurilor europene se cifrează la numai 48%. În această zonă geografică suprafața împădurită crește cu circa 0,1% pe an, volumul de masă lemnoasă recoltat este de 533 milioane metri cubi. În anul 2000, aceasta reprezintă 14% din întregul volum furnizat de pădurea mondială. Masa lemnoasă recoltată este utilizată în proporție foarte ridicată ca lemn cu utilizări industriale.

Tendința de creștere a consumului de lemn relevată la nivel mondial este prezentă și pe plan european, previziunile pentru perioada până în anul 2020 au luat în considerare o majorare a masei lemnoase de la 390 milioane metri

cubi echivalent cu exploatarea anuală realizată în 2010, la cantitatea de 480 milioane metri cubi, cantitate necesară în anul 2020 perioadă la care se adaugă aceasta, și subprodusele. Situația în perspectiva anului 2020, perioadă la care se adaugă și subprodusele rezultate contribuie la creșterea importurilor la un nivel mai ridicat al reciclării resurselor în sfera producției de hârtie, carton și prefabricate lemnoase. În România, suprafața pădurilor măsoară 6,22 milioane hectare, ceea ce reprezintă 26,7% din suprafața țării (Abrudan I.V., 2006).

1.1.1. Produse ale exploatării și prelucrării lemnului

În procesul de producție al exploatării lemnului rezultă sortimente de lemn brut, prin acestea înțelegându-se lemnul provenit din orice parte a arborelui, ca efect al executării operațiilor de recolectare, respectiv de doborâre, curățire de crăci, cojire, secționare, despicare, fasonare în figuri. Lemnul este destinat a fi prelucrat pe cale mecanică sau chimică, sau folosit după fasonare în construcții ori utilizat drept material combustibil. Lemnul brut rezultat în cadrul procesului de exploatare, este reprezentat de bușteni, lemn de steri pentru industrie și lemn de foc. Buștenii sunt piese cu secțiune transversală relativ circulară destinați prelucrării pe cale mecanică sau utilizării în construcții.

1.2.2. Componentii chimici ai lemnului

Compoziția chimică a lemnului reprezintă o importanță deosebită în comportarea la industrializarea acestuia explicând rezistențele fizico-mecanice și existența compoziției chimice a unor subproduse industriale.

De exemplu, lemnul, materia primă pentru celuloză are patru componente de bază: celuloza, hemicelulozele, lignina și substanțele extractive,

În acest sens, figura 1.1 prezintă compoziția chimică diferențiată a lemnului de foioase și rășinoase (Stanciu, 2004).

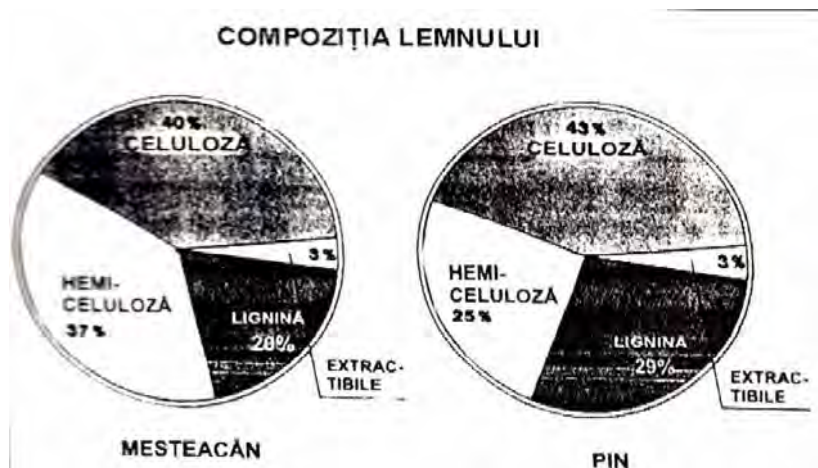


Figura 1.1. Compoziția lemnului

Indiferent de procedeul aplicat, în procesul de fabricare a celulozelor, 40÷65% din masa lemnului se dizolvă. Cea mai mare cantitate de material dizolvat se obține la producerea celulozei tehnice disulfid și sulfat acestea fac parte din grupa la care pot deveni poluanți în condiții de valorificare cantitativă, parțială sau incompletă.

Lemnul este constituit din componenți chimici principali și secundari, componenți formați în arbori ca urmare a activității lor fotosintetizante dar și a transformării substanțelor organice primare.

În tabelul 1.3 se prezintă principalii componenți chimici în lemnul de rășinoase și de foioase, specii dominante cantitativ în țara noastră.

Dacă sub raportul compoziției chimice, așa cum sunt redați în tabelul 1.3, datorită caracterului compozițional relativ uniform, lemnul putea fi apreciat ca destul de omogen, prezența sau absența unora dintre acești componenți, precum și proporțiile diferite de participare, dau materialului lemnos în speță, o puternică notă de variabilitate (Popa V.I., Spiridon 2001, Măluțan T., Popa V.I., 2002).

Tabel 1.3. Proporțiile de participare a unor componenți chimici în lemnul de rășinoase și de foioase

Componenți chimici	Specii rășinoase %	Specii foioase %
Celuloză	50÷57	42÷52
Hemiceluloze din care:		
- pentozani,	20÷26	23÷28
- haxozani,	10÷12	16÷23
- acizi poliuronic	13÷14	3÷5
Lignină	28÷34	18÷27
Substanțe extractibile	5÷10	5÷10
Cenușă	0,2÷1,7	0,2÷1,7

Celuloza, în calitate de component chimic pur, diferă de celuloza tehnică, aceasta din urmă obținându-se pe cale industrială, prin dezincrustarea lemnului, conținând și unele din substanțele cu care cea dintâi este asociată în pereții celulari. Macromoleculele de celuloză au formă de lanț și manifestă tendința de a forma legături de hidrogen intramoleculare și intermoleculare. Ca urmare a structurii fibroase și a legăturilor puternice de hidrogen în direcție

longitudinală, celuloza are o rezistență mare la solicitările termo-mecanice de: tracțiune, compresie, plesnire și duble îndoiri.

Se mai menționează: compoziția chimică a celulozei care se mai găsește și în subprodusele industriale: coajă și rumeguș, subproduse supuse cercetării în teza de doctorat.

1.2.2.4. Lignina

Lignina este compusul macromolecular principal, amorf, cu caracter aromatic complex, format din unități elementare fenilpropanice: monomere care în molecula lor conțin inele benzenice. După natura și numărul grupărilor pe care le au grefate, unitățile elementare fenilpropanice sunt numite unități guaiacil, siringil și hidroxibenzoil.

Din valorile privind proporția de participare a acestor unități în compoziția chimică a lemnului, redate în tabelul 1.5 se remarcă diferențe importante între speciile de foioase și rășinoase (Stanciu C., 2004).

Tabel 1.5. Proporția diferitelor unități de lignină prezente în lemnul speciilor rășinoase și foioase

Unități de lignină	Specii rășinoase, %	Specii foioase, %
Guaiacil	90	45
Siringil	4	50
Hidroxibenzoil	6	5

Structura ligninei este lipsită de regularitatea caracteristică polimerilor naturali, caracteristica fiind o polidispersie însemnată.

Lignina este o sursă potențială de produse fenolice pentru industria sintezelor organice. Poate avea de asemenea utilizări în industria cauciucului. Lignina rezultată în procesul de zaharificare a lemnului se poate întrebuița

pentru obținerea negrului de fum sau la realizarea unor materiale termoizolante, iar cea rezultată în procesul de fabricație a celulozei disulfite poate înlocui în industria pielăriei taninurile sintetice. Lignina poate constitui și un bun combustibil, datorită conținutului mare de carbon având o putere calorică ridicată, în compoziția *subproduselor, coajă sau rumeguș*, devenind un poluant greu biodegradabil (Popa V.I., 2001, Măluțan T., 2002).

Se menționează: Prezentarea componentului lignină vine în ajutorul programului de cercetare inițiat în teza de doctorat.

CAPITOLUL II

MANAGEMENTUL DEȘEURILOR INDUSTRIALE

BIODEGRADABILE

2.1. Impactul deșeurilor asupra mediului ambiant

S-a ajuns astăzi la o societate superindustrializată, cu un nivel de trai și o civilizație mult superioară celei din secolul trecut, cu o explozie urbanistică greu de controlat și o rată crescătoare a consumului evidentă de la an la an. Dar, ca un paradox aceeași societate se confruntă cu o adevărată criză de materii prime, epuizarea resurselor materiale și energetice cu accelerarea poluării factorilor de mediu. Se constată astăzi că, civilizația industrială a dat naștere unor dezechilibre greu de controlat consecință a exploatarei necorespunzătoare a resurselor naturale, confruntându-se în același timp cu un uriaș volum de deșeuri, subproduse industriale și municipale. Problematika deșeurilor, indiferent de categorie, dar mai ales a celor periculoase și toxice, suscită un interes atât în țările puternic industrializate, cât și în cele în curs de dezvoltare.

Mărturie în acest sens stau numeroase acte normative și juridice elaborate atât la nivelul Uniunii Europene, cât și la nivel internațional, toate menite să reglementeze tendințele actuale de poluare a mediului ambiant ca rezultat al depozitelor necontrolate de deșeuri, a subproduselor existente datorită exploatărilor neraționale a diferitelor categorii de resurse naturale, a defrișărilor, a emisiilor și deversărilor cu impact negativ asupra atmosferei, solului și bazinelor hidrografice.

2.2. Obiective specifice pentru protecția mediului:

1. eliminarea sigură a deșeurilor periculoase pentru protecția mediului;
2. gestionarea compatibilă cu mediul a deșeurilor solide și a nămolurilor de la stațiile de epurare a apelor uzate;
3. stabilirea unor obiective clare privind gestionarea bunurilor de consum.

Cantitatea de deșeuri este direct proporțională cu nivelul de industrializare al societății care le generează: 0,57 kg/zi om în România față de 6,53 kg/zi în Danemarca, cu mențiunea: gestionarea și monitorizarea deșeurilor se realizează în mod organizat în țările dezvoltate (Guinard D., 2004).

Datorită lipsei unor amenajări adecvate și a exploatării deficitare, depozitele necontrolate de deșeuri – practica cea mai cunoscută astăzi în numeroase țări pentru gestiunea deșeurilor, se numără printre sursele recunoscute ca generatoare de impact negativ pentru mediul ambiant și sănătate publică. Printre formele de impact și risc determinate de aceste depozite, acestea fiind industriale sau municipale, pot fi amintite: modificări de peisaj și disconfort vizual, poluarea aerului, apelor de suprafață și subterane, modificarea fertilității solului și a biocenozelor pe terenurile învecinate. În acest context, managementul eficient al deșeurilor reclamă existența și respectarea unor măsuri speciale, adecvate fiecărei faze de valorificare și eliminare a deșeurilor. De asemenea, ar trebui să se accentueze și pe responsabilitatea producătorilor față de propriile produse în momentul când ele devin deșeuri, precum și pe implicarea populației în vederea colectării selective a deșeurilor

În Uniunea Europeană, politica de gestiune a deșeurilor are la bază principiul ierarhiei deșeurilor, care presupune în principal prevenirea generării deșeurilor, urmată de recuperarea acestora - reutilizare, reciclare, recuperarea energiei și a materialelor, după care în final eliminarea prin incinerare sau fără recuperare de energie și depozitare. Realizarea obiectivelor stabilite în Uniunea Europeană referitoare la managementul deșeurilor este susținută de un solid cadru instituțional, legislativ și normativ (Macoveanu M., Brândușa Robu, 2010; Nedeff V., Măcărescu B., 2006).

2.3. Ingineria deșeurilor și ciclul de viața al produselor

Apariția conceptului de dezvoltare durabilă a condus implicit și la creșterea interesului pentru problemele ecologice. Dezvoltarea durabilă a produselor și proceselor presupune atingerea cerințelor prezentului fără a compromite abilitățile generațiilor viitoare de a-și realiza propriile lor cerințe (World Commission on Environment and Development, 1987). O importanță deosebită în evaluarea obștiunilor privind gestionarea deșeurilor o reprezintă folosirea analizei ciclului de viață a unui produs. Ciclul de viață al unui produs este definit prin intervalul de timp cuprins între data de fabricație a unui produs și data când acesta devine deșeu, reprezentat schematic în figura 2.1. (Nicu M., 2008; Peiu N., 2004).

Analiza ciclului de viață este un proces de evaluare a efectelor pe care un produs le are asupra mediului ambiant pe toată perioada ciclului său de viață. Metoda permite cuantificarea consumului de energie și materii prime pe de o parte, impactul asupra sănătății umane și a ecosistemelor pe de altă parte, în fazele reprezentative a desfășurării procesului tehnologic pentru obținerea unui

produs, utilizarea și reciclarea sa, transportul până la depozitarea finală a produsului uzat sau a reziduurilor nefolositoare (figura 2.1).

Pe lângă acestea ingineria ciclului de viață urmărește realizarea unui echilibru între câștigurile și pierderile care vizează aspectele energetice, de material, de tratare chimică și biologică a deșeurilor și de ambalare (Mogan Gh., 2005).

2.4. Gestiunea deșeurilor în România

2.4.1. Principii și obiective strategice

Politicile ecologice referitoare la managementul deșeurilor vizează următoarele trei direcții:

- Prevenirea producerii de deșeuri este o consecință a principiului precauției, care a impulsionat utilizarea etichetei ecologice, promovarea produselor favorabile mediului;
- Reciclarea, reutilizarea unor materiale, reprezintă o modalitate de reducere a cantității de deșeuri, fiind promovată în special pentru deșeurile din hârtie, sticlă, metal, lemn, și uleiuri uzate, în aceasta direcție fiind transpunerea în România a Directivei Uniunii Europene 94/62/EC prin H.G. nr. 349 din 11 aprilie 2002 privind ambalajele și deșeurile de ambalaje.
- Depozitarea deșeurilor în condiții sigure, controlate și intens monitorizate.

2.4.2. Perspective și strategii în gestionarea deșeurilor

- România a început să se angajeze pe direcția dezvoltării durabile încă din anul 1992, odată cu ratificarea documentelor de la Rio. În acest sens în

România s-a înființat Centrul Național pentru Dezvoltare Durabilă, care este recunoscut ca fiind singura agenție care se ocupă de această problemă și care a elaborat Strategia Națională pentru Dezvoltare Durabilă, aprobată de Guvern în anul 1999.

- În România, generarea anuală a unei cantități de deșeuri, reprezintă una dintre cele mai acute probleme legate de protecția mediului, pentru care un management al deșeurilor nesigur și inadecvat poate prezenta un potențial risc pentru mediu. Diferitele practici și metode de gestionare a deșeurilor implică emisia unor poluanți în mediul ambiant conduc la numeroase cazuri de contaminare a solului și apei subterane, amenințând sănătatea umană.
- România este conștientă de faptul că trebuie să se introducă tehnici și tehnologii noi pentru gestionarea deșeurilor. Neavând cunoștințe și experiența necesară pentru a integra astfel de tehnologii la nivel național, România își propune să realizeze într-o primă etapă stații pilot demonstrative care vor servi la evaluarea metodelor de gestionare a deșeurilor considerate optime. Aceste stații demonstrative vor fi utilizate pentru obținerea parametrilor tehnico-economici reali și a experienței de realizare și exploatare, precum și pentru informarea populației și obținerea acceptului acesteia.

• **2.6. Deșeuri biodegradabile**

Deșeurile biodegradabile reprezintă o categorie de deșeuri formată din (Popescu Gh., 2002; Ianculescu O., 2002):

- o fracție importantă din deșeurile municipale;
- deșeuri rezultate din activitățile agricole și zootehnice;

- deșeuri de la prelucrările agro-industriale, precum și,
- nămolul de la stațiile de epurare a apelor.

Cantitățile în care sunt produse aceste deșeuri sunt dependente de gradul de urbanizare și dezvoltare economico-socială, de mediul de trai: urban sau rural, de tipul de comerț, de anotimp sau procesul tehnologic folosit în industrie sau agricultură. Direcțiile de valorificare a deșeurilor biodegradabile au apelat cu precădere la depozitarea mai mult sau mai puțin controlată, excepție făcând deșeurile rezultate din activitățile industriale respectiv exploatarea și industrializarea lemnului care parțial s-au valorificat.

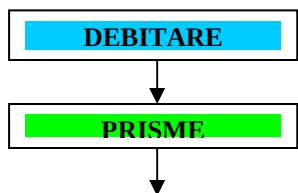
Concomitent cu progresul tehnico științific și evoluția economico-socială, cantitatea de deșeuri biodegradabile cunoaște și ea, ca și deșeurile municipale, o creștere. Din aceste considerente apare tot mai pregnantă preocuparea autorităților pentru adoptarea de strategii fezabile de gestionare a acestei categorii de deșeuri.

CAPITOLUL III

PRELUCRAREA TEHNOLOGICĂ A LEMNULUI

3.1. Faza tehnologică de debitare a lemnului

Prelucrarea tehnologică a lemnului la nivel industrial se prezintă în figura 3.1, aceasta fiind necesară pentru a evidenția existența subproduselor industriale.



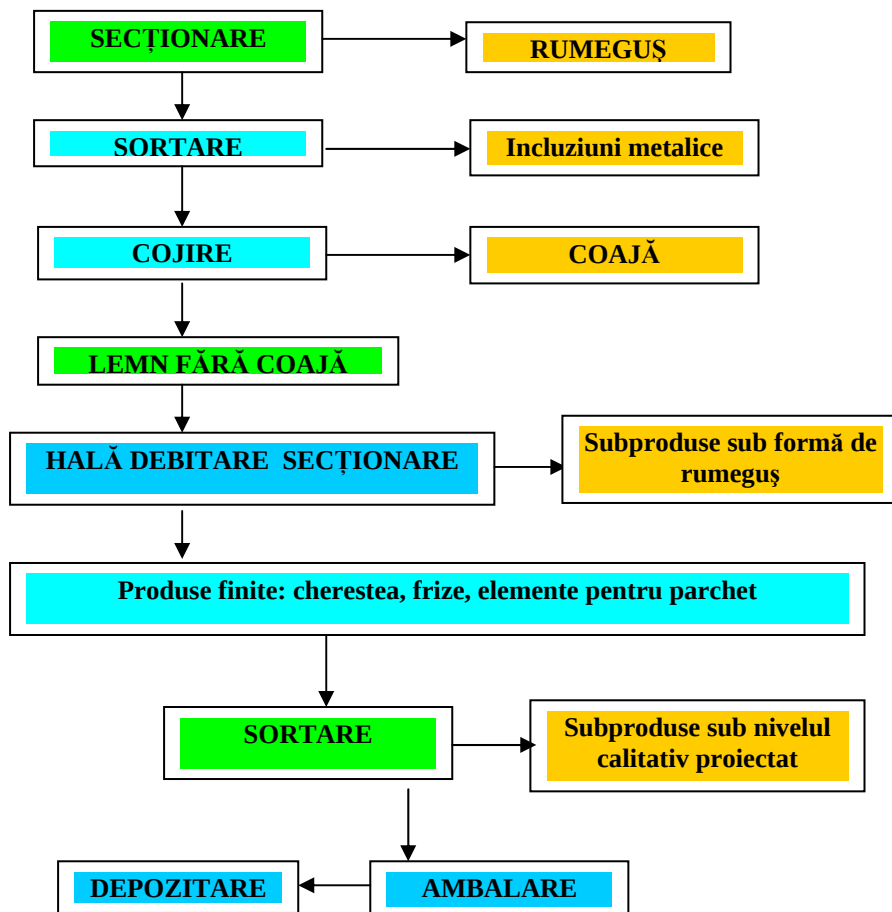


Figura 3.1. Schema procesului tehnologic de prelucrare a lemnului

CONCLUZII

Din lemnul considerat unul din principalele rezerve economice existente la nivel național care este utilizat prin prelucrare mecanică sau

chimică, rezultă subproduse parțial valorificate dacă se consideră subprodusele: coaja și rumegușul fără a exclude componentele chimice solubile din lemn considerate poluante pentru factorii de mediu (Stanciu C., 2004).

Sinteza documentară redată în capitolele 2, 3, 4, 5, poate prezenta baza tehnică necesară pentru finalizarea tezei de doctorat: *„Cercetări privind reducerea gradului de poluare în exploatarea și prelucrarea lemnului”* cu mențiunea: Cantitativ, subprodusele rezultate din exploatarea și industrializarea lemnului sunt reprezentate de rumeguș și coajă.

Cercetările privind valorificarea rumegușului și a cojii se impun la nivel național, dat fiind exploatarea artizanală la nivel privat a masei lemnoase, exploatare fără un control al gradului de poluare. Procesele industriale de exploatare și industrializare a lemnului utilizate la nivel național influențează negativ calitatea factorilor de mediu, situație care a orientat pragul de consum prin valorificarea subproduselor în realizarea unor programe de fertilizare a solului necesar pentru agricultura ecologică a viitorului.

CAPITOLUL IV

SUBPRODUSE REZULTATE DIN EXPLOATAREA ȘI INDUSTRIALIZAREA LEMNULUI

Regnul vegetal din care face parte și masa lemnoasă poate fi apreciat ca o rezervă economică naturală cu efect ecologic. Lemnul poate fi utilizat la nivel mondial și național pentru dezvoltarea unei ramuri industriale importante, poate fi considerat ca o rezervă combustibilă și o structură naturală a terenului necesară pentru protecția mediului ambiant. Din exploatarea și industrializarea masei lemnoase rezultă subproduse parțial valorificate dacă se consideră cantitativ: coaja și rumegușul, la care se pot adăuga componentele chimice solubile ale lemnului componente chimice rezultate în condițiile proceselor de industrializare chimică.

4.1. Coaja arborilor

Coaja arborilor deține o pondere importantă în volumul acestora, proporția de participare depinzând de specia lemnoasă, de diametrul de bază, de vârstă, de poziția relativă pe înălțimea trunchiului, de tipul de secțiune. Cantitatea de coajă care rezultă anual în țara noastră în procesele de exploatare și prelucrare a lemnului, însumează sute de mii de tone, reprezentând o sursă de materie organică extrem de importantă dar extrem de poluantă în caz de nevalorificare

Coaja prezintă și unele particularități care o recomandă să fie folosită la fertilizarea solului, având un conținut dominant de substanțe organice și cantități importante de substanțe minerale. Coaja arborilor în stare absolut uscată are o putere calorică superioară lemnului datorită conținutului mare de lignină, este recomandată ca material combustibil. Umiditatea ridicată și cantitatea mare de impurități preluate la deplasarea lemnului pe sol spre procesul de exploatare, influențează în mod negativ procesul de ardere în cazane. Se caută în continuare rezolvări în legătură cu modul de pregătire a cojii pentru combustie: uscare,

marunțire și brichetare, cu construcția instalațiilor de ardere, precum și cu modul de desfășurare a procesului de ardere.

În tabelul 4.1 se prezintă cantitatea de deșeuri, subproduse lemnoase, rezultate în țara noastră în perioada 1997÷2010 (Stanciu C., 2001).

4.1.1. Proprietățile fizice și chimice ale cojii

Plantele lemnoase conțin pe părțile lor exterioare un înveliș constituit din țesuturi specifice, denumit coajă. Aceasta reprezintă un procent însemnat față de masa totală a lemnului. Coaja ia naștere prin acțiunea cambiumului în perioada vegetativă, acesta formând xilenul în interior și floemul (coaja) în exterior.

Din datele prezentate în tabelele 4.2 și 4.3, conținutul de coajă variază în funcție de specia lemnoasă și de diametrul arborilor (Bujor O., Popescu O., 2001).

Tabelul 4.3. Procentul de coajă funcție de diametrul lemnului de fag

Coajă %	Diametrul în cm						
	10÷12	14÷20	22÷28	38÷44	30÷36	52÷67	>64
	2	3	4	5	6	7	8

Din punct de vedere chimic, coaja se deosebește substanțial de lemn, caracterizându-se printr-un conținut mai ridicat de substanțe extractibile, lignină și cenușă. Din datele tabelului 4.5 se constată: limitele de variație pentru principalii componenți chimici ai cojii sunt cuprinse între 17÷30% celuloză, 27÷37% lignină și 10÷20% pentozane.

Compoziția chimică a cojii depinde de specie și o serie de factori, cum ar fi: condițiile pedoclimatice de creștere a arborelui, specia, vârsta, localizarea cojii pe trunchi, tabelul 4.6. (Stanciu C., 2004).

4.1.2. Compoziția chimică a cojii din lemn de rășinoase

Compoziția chimică a lemnului de rășinoase se prezintă în tabelul 4.7.

Tabelul 4.7. Compoziția chimică a cojii din lemn de rășinoase

Componenți	%
Extract alcool-benzen	23,9
Extract în apă caldă	14,8
Extract în NaOH, 1%	33,6
Lignină	34
Celuloză	23,9

Compoziția elementară a cojii se exprimă în C, H, O, N, S. și este redat în subcapitolul „coajă combustibilă”, remarcându-se conținutul: de celuloză de 23,9% și lignină de 34%, compoziție necesară dat fiind programul de valorificare a cojii existentă în lemnul de rășinoase, partea a II-a a tezei de doctorat.

4.1.3. Valorificarea chimică a cojii

Coaja poate fi valorificată pe cale chimică pentru obținerea unor produse cum ar fi: tananții, ceruri și furfuralul. Coaja molidului și stejarului conțin taninuri valoroase valorificate în industria de pielărie iar coaja de salcie și mestecăn este folosită în tăbăcării. Se obține tanin și prin extracție, din lemnul de castan 6÷8% și stejar 3÷4%. Coaja uscată poate fi valorificată și pe linia obținerii unor ceruri obținute prin tratare cu solvenți organici, produsele realizate sunt utilizate ca lianți, ca produs în materialele de formare și turnare.

4.1.4. Arderea cojii

Dintr-o succintă analiză rezultă: Pentru producerea unei tone de celuloză albită sunt necesari aproximativ 5 m³ de lemn, din care rezultă aproximativ 225 Kg coajă. Puterea calorică a cojii și a deșeurilor de lemn, variază considerabil, în funcție de umiditate. Tabelul 4.8 prezintă puterea

calorică a cojii la diverse umidități, justificând condițiile necesare pentru un proces de ardere optimizat (Beldeanu E. C., 2003).

4.1.6. Valorificarea cojii prin producerea de plăci aglomerate

Obținerea de plăci aglomerate, prin valorificarea cojii de rășinoase, se realizează sub aspectul unei activități reduse datorită cheltuielilor mari de producție cât și pentru faptul că cererea este relativ scăzută, situație care determină folosirea ca materiale de construcție a unor produse mai cunoscute și deja consacrate.

Un alt aspect care induce valorificarea redusă a cojii pentru obținerea de plăci aglomerate ar fi, cererea mare de îngrășăminte ecologice pe bază de coajă de rășinoase care canalizează această materie primă spre această direcție (Barbu M. C., 1999).

4.2. Rumegușul

Rumegușul, subprodusul cunoscut ca rezultat poluant în procesul de secționare și tocare a buștenilor. În tabelele 4.9 și 4.10 se prezintă subprodusele tip rumeguș și coajă..

În procesul de fabricație a celulozei rezultă compuși poluanți care sunt evacuați în mediul înconjurător, în aer, în apele uzate și pe sol. Deșeurile solide, constituie agenți de poluare ai solului, a apei și atmosferei în procesele de poluare. Natura deșeurilor solide evacuate de la fabricarea celulozei diferă, funcție de procedeul de fierbere, de dezincrustare aplicat: sulfat sau disulfid, de tehnologia de pregătire a lemnului și de tehnologia de epurare a apelor uzate. În faza de pregătire a lemnului rezultă ca deșeuri solide coaja și rumegușul. Tabelul 4.9 prezintă pierderile de lemn pe faze de pregătire a lemnului (Stanciu C., 2004).

4.2.1. Influența rumegușului asupra factorilor de mediu

Rumegușul este depozitat în halde sau gropi de pământ poluând pânza freatică și cursul de apă, cu impact negativ atât asupra florei cât și a faunei. Cercetarile laborioase au arătat că particulele de rumeguș ajunse în apă duc la:

- reducerea procentului de oxigen dizolvat în apă;
- accelerarea procesului de eutrofizare.

De asemenea depozitele de rumeguș de la suprafața solului conduc la:

- crearea de disconfort prin purtarea particulelor de rumeguș de către curenții de aer;
- afectarea calității pânzei freatice;
- efect inestetic asupra imaginii peisagistice din zonă.

4.2.2. Brichetarea rumegușului

- Produsul fabricat prin acest proces înlocuiește cu mare succes lemnul de foc utilizat pe scară largă în România, având o putere calorică sporită și posibilități sporite de stocare pe de o parte, iar pe de alta parte rezolva problema valorificării parțiale a subproduselor de rumeguș rezultate din activitățile de prelucrare a lemnului: gatere, fabrici de mobilă și ateliere de tâmplărie. Subprodusele sunt poluante pentru mediul înconjurător în condițiile unei valorificări neeficiente din punct de vedere tehnico-economic. Succesul acestui tip de activitate este asigurat de mai mulți factori: premieră pe piața românească, cantitatea foarte mare de materie primă, cererea de combustibil solid utilizat atât în consumul casnic cât și în cel industrial. Brichetele de rumeguș sunt realizate prin presarea rumegușului rezidual, existent în procesul tehnologic de prelucrare a lemnului, cu adaos de liant anorganic. Produsele realizate pot înlocui cu succes lemnul de foc, dar și alți combustibili datorită puterii calorice superioare și a costului mult mai scăzut.

4.2.3. Flux tehnologic pentru brichetarea rumegușului

Fluxul tehnologic pentru brichetarea rumegușului cuprinde următoarele operații:

- depozitarea rumegușului;
- uscarea rumegușului;
- brichetarea rumegușului
- ambalarea brichetelor de rumeguș;
- depozitarea brichetelor ambalate;
- livrarea brichetelor.

4.2.4. Avantajele brichetării rumegusului

Metoda de brichetare se execută fără liant și se încadrează în normele europene. Brichetarea prezintă următoarele avantaje:

- folosirea superioară a deșeurilor rezultate din prelucrarea lemnului;
- utilizare la comanda beneficiarilor;
- obținerea unui agent termic ecologic;
- putere calorică mare de 4000÷4200 kcal/kg;
- păstrarea în saci vidați de plastic timp de 2 ani;
- cantitatea rezultată de cenușă, mică, aproximativ 1,42%.
-



•

- **Figura 4.4.** Brichete rumeguș rășinoase

- Brichetele sunt din rumeguș uscat de rășinoase. Au putere calorică foarte mare.
- Brichete din rumeguș din lemn în amestec esență de rășinoase 60 % cu esență tare stejar și fag în procent de 40%. Dimensiunile sunt de 15x6x9 cm. Puterea calorică este de 4400 Kcal/kg. Ambalajul folosit: folie de 10 sau 20 kg paletat - cant/palet 960 kg.

CAPITOLUL V

SUBPRODUSE DIN INDUSTRIA LEMNULUI, MATERII PRIME PENTRU AMELIORAREA CALITĂȚII TERENURILOR AGRICOLE

5.1. Introducere

Producerea unei cantități cât mai mari de îngrășăminte naturale a fost impusă de condițiile socio-economice, de creșterea numărului populației, care a condus la majorarea consumului de produse alimentare cu implicații asupra productivității suprafețelor agricole.

Adoptarea de către Uniunea Europeană a Regulamentului 2078 și a Directivei Nitraților din 1999 se poate considera marcarea limitării agriculturii chimice, conducând astfel la reducerea utilizării îngrășămintelor chimice cu azot. În aceste condiții, în primă etapă, cantitățile de îngrășăminte cu azot au fost limitate la 170 Kg/ha.an (Popescu Gh., 2002).

Înlocuirea treptată a îngrășămintelor chimice de sinteză cu cele naturale obținute prin valorificarea subproduselor industriale existente nevalorificate în domeniul agroindustrial a devenit o cerință expresă.

Conceptul modern de dezvoltare durabilă a condus implicit și la creșterea interesului pentru problemele ecologice, interesul pentru protecția factorilor de mediu: apă, aer, sol. Principiul de bază este minimizarea generării deșeurilor necesară procesului de conservare a calității mediului înconjurător, a resurselor naturale.

Direcțiile de valorificare în domeniul deșeurilor/subproduselor industriale, respectiv subprodusele rezultate din industrializarea și prelucrarea lemnului s-au impus având în vedere:

- sursele de materii prime cu conținut de principii active biodegradabile care răspund la condițiile fermentative, costuri cu valoare redusă și cantitatea considerată nevalorificabilă la nivel național;
- condițiile stringente de depoluare a mediului ambiant prin gestionare și valorificare, în cazul cercetat, prin prelucrare biochimică fermentativă și transformare în produse organice ecologice cu utilizări în ameliorarea calității solului agricol.

Având în vedere faptul că subprodusele biodegradabile din industrializarea lemnului reprezintă circa 51% din cantitatea totală de deșeuri biodegradabile existente la nivel național, se impune implementarea unui sistem integrat de gestionare și valorificare; sistem care să răspundă la cerințele durabile imediate, cerințe care se impun pentru asigurarea agriculturii ecologice, subiect tratat în teza de doctorat.

5.2. Tehnici de tratare biologică

Dacă se apreciază capacitatea deșeurilor biodegradabile de a fermenta, însușire utilizată pentru implementarea unor tehnologii eficiente de valorificare a acestei categorii de deșeuri, au fost dezvoltate, cercetate și îmbunătățite tehnologiile care funcționează în paralel tehnologii care înlocuiesc tehnicile de incinerare și/sau depozitare dirijată (Șuteu D., 2009; Zaharia C., 2002).

În ultima perioadă, biotehnologiile aplicate pentru valorificarea deșeurilor au utilizat procesele tehnologice de fermentare, de compostare aerobă și fermentare anaerobă.

Compostarea reprezintă totalitatea transformărilor fizice, chimice și biologice pe care le suferă deșeurile biodegradabile, trecerea acestora de la forma inițială la stadiul de humificare.

Metoda este ecologică și are în vedere valorificarea deșeurilor/subproduselor industriale biodegradabile într-un produs nepoluant cunoscut, compost cu înaltă valoare nutritivă pentru plante și cereale, în general pentru ameliorarea și îngrășarea solului agricol.

Procesul este un proces biologic natural, aerob sau anaerob, cu fezabilitate apreciabilă, legată de existența piețelor de desfacere pentru produsul final.

Fermentarea anaerobă reprezintă un proces biologic de descompunere a materiei organice umede care se desfășoară în spații închise în absența oxigenului molecular și a luminii, în prezența microorganismelor sau a aditivilor de catalizare a procesului.

Fermentația anaerobă are ca rezultat reducerea volumului deșeurilor cu stabilizarea acestora și realizarea de fertilizatori agricoli și biogaz.

Stațiile de tratare biologică în sistem anaerob trebuie să îndeplinească anumite criterii de amplasare și funcționare în funcție de reglementările naționale referitoare la protecția zonelor locuibile (Popescu Gh., Meglei V., 2002).

Procedeele care folosesc organisme care generează energie prin fermentare, în mediu lipsit de oxigen, sunt din clasa anaerobă. Dintre acestea, cu

mecanisme de primă importanță pentru conversia anaerobă a fracției organice a deșeurilor solide sunt: *bacteriile, fungii, drojdiile și actinomicetele* (Milica C., 1999).

5.5.2. Factori decisivi în procesul de compostare

Pornind de la chimismul procesului, pot fi identificați următorii factori care influențează activitatea microbiană, pentru a mări viteza de compostare și a realiza un compost de bună calitate (Istrati I., 2007; Volf I., 2007; Ungureanu C., 2006):

- concentrațiile în nutrienți și raportul C:N;
- microorganismele;
- umiditatea substratului;
- temperatura de compostare;
- conținutul de oxigen;
- dimensiunile particulelor;
- aciditatea/alcalinitatea; pH-ul.

5.5.2.1. Raportul C/N

Raportul C/N este foarte important în procesele de compostare, deoarece pe de o parte microorganismele au nevoie de carbon ca sursă de energie pentru procesele metabolice și element constituent al compușilor specifici, iar pe de altă parte au nevoie de azot pentru sinteza biomasei microbiene, predominant proteice. Valoarea optimă pentru acest raport se consideră a fi de 35/1, deoarece s-a constatat că microorganismele se dezvoltă și acționează bine la această valoare (Istrati I., 2006). Valori mai mari ale

raportului C/N inhibă creșterea microorganismelor, iar valorile mici inițiale accelerează creșterea microbiană și procesul de descompunere. Totuși, prin această creștere accelerată, oxigenul disponibil este consumat și se crează condiții anaerobe. Cantitățile extreme de azot în masa de compostare pot determina crearea unui mediu toxic pentru populațiile microbiene, inhibând procesul de compostare. Excesul de azot se poate pierde și prin leșie, sub formă de nitrat, amoniac sau sub formă de azot organic.

5.5.2.2. Microorganisme

Responsabile de descompunerea materiei organice supuse compostării sunt în cea mai mare măsură bacteriile și ciupercile microscopice, drojdiile, urmate de actinomicete, la care se adaugă în mică măsură algele, protozoarele și cianofitele.

5.5.3.3. Umiditatea substratului

Apa este ingredientul de bază care transportă substanțele din interiorul masei de compostare și transformă nutrienții în forme disponibile, fizic și chimic, microorganismelor.

Conținutul de umiditate din gramada de compostare este intercondiționat cu mulți alți parametri de compostare, incluzând conținutul de umiditate al materialelor, activitatea microbiană din gramadă, cantitatea de oxigen și temperatura (Istrati L, 2006). Cantitatea de apă recomandată pentru a obține un compost de calitate este de 40÷60%, dar procentul ideal depinde de structura materialului organic supus compostării.

5.5.2.4. Temperatura

Temperatura este factorul critic în determinarea vitezei de descompunere a materialelor din gramada de compostare. Ea depinde foarte mult de modul în care căldura generată de microorganisme este compensată de pierderea de caldură prin aerare controlată, racirea suprafețelor și pierderile de umiditate.

5.5.2.6. Dimensiunea substituenților, a particulelor

Dimensiunile materialului influențează procesul de compostare, acestea putând varia semnificativ. În general, cu cât materialele sunt tocate mai mărunt, cu atât viteza de descompunere va fi mai mare (Gyula F., Ursu P.. 1982).

Particulele cu dimensiuni mai mici au suprafețele specifice mai mari, comparativ cu volumul lor. Acest fapt arată că o parte mai mare din suprafața particulelor este expusă direct activității microbiene și descompunerii în fazele inițiale ale compostării.

Particulele mai mici atrag după sine și un amestec mai omogen și îmbunătățesc izolarea grămezii. O izolare mai bună a acestora asigură menținerea unor temperaturi optime în interior. Totuși, particulele nu trebuie să fie prea mici ca să nu se compacteze prea mult, reducând astfel spațiile libere din gramadă.

5.5.2.7. pH-ul

Valoarea optimă a pH-ului în gramada de compostare este cea cerută de microorganismele care determină descompunerea. Pentru majoritatea bacteriilor, optimul se situează între 6÷8, bacteriile neutrofile fiind cele mai numeroase. Există și bacterii acidofile, cum sunt cele lactice și acetice, care tolerează un pH până aproape de 0, precum și bacterii alcalinofile care suportă un pH până la 12.

5.6. Calitatea compostului, factori de influență

Rezultatele obținute au concluzionat următoarele:

- Dintre diferitele variante de composturi, cel mai eficace este compostul obținut în timpul verii, prin fermentare dirijată cu ajutorul biopreparatelor, cu un raport de C/N de $9 \div 11$, obținut după o durată de fermentare de 3 până la 5 luni.
- Îngrășămintele organice convenționale de tipul gunoiului de grajd și cele neconvenționale de tipul nămolului de decantare de la stațiile de epurare asigură sporuri mari de producție care justifică utilizarea acestor îngrășăminte chiar în doze mici până la moderate.
- Cele mai mari producții de porumb se obțin prin folosirea composturilor cu îngrășăminte organice neconvenționale, cu procesare redusă.
- Producția de porumb a crescut odată cu mărirea dozei la toate îngrășămintele, cele mai mari producții fiind obținute la doza maximă experimentată - 15 t/ha.

Calitatea compostului este apreciată din punct de vedere (Istrati L, 2006):

- ⇒ *fizic* - adică nu trebuie să fie vizibile bucăți de materiale solide, în special sticlă, sau materiale sintetice și trebuie să aibă o granulație uniformă;
- ⇒ *chimic* - trebuie să fie îndepărtate din compost substanțele care ar putea afecta ulterior creșterea plantelor, putând afecta în final sănătatea consumatorilor. De aceea trebuie făcute analize amănunțite a deșeurilor

supuse compostării pentru a evita contaminarea compostului cu astfel de compuși - metale grele, urme de pesticide.

Pe durata exploatării se pot obține pentru fiecare stație de compostare în parte indicatori specifici care trebuie monitorizați: concentrația în oxigen, valoarea maximă admisibilă măsurată a hidrogenului sulfurat care nu reprezintă trecerea la fermentarea anaerobă, pentru obținerea unui compost necesar, de bună calitate.

PARTEA A II-A

PROGRAME ȘI REALIZĂRI ÎN ACTIVITATEA DE CERCETARE REDATE ÎN TEZA DE DOCTORAT “CERCETĂRI PRIVIND REDUCEREA GRADULUI DE POLUARE ÎN EXPLOATAREA ȘI PRELUCRAREA LEMNULUI”

INTRODUCERE

Rezultatele studiului din literatură redat în partea a I-a a tezei de doctorat „Cercetări privind reducerea gradului de poluare în exploatarea și prelucrarea lemnului“, au avut în vedere nominalizarea tehnologiilor de exploatare și prelucrare a lemnului cu impactul negativ rezultat asupra factorilor de mediu: apă, aer, sol, dat fiind subprodusele rezultate evidente cantitativ: coajă și rumeguș.

La acest început de mileniu, populația globului se află într-o continuă efervescență, modificările de ordin tehnic, economic, ecologic și sănătatea populației, modificări care au loc și în prezent și vor continua, acestea crează într-o viziune optimistă măsuri pentru remedierea poluării factorilor de mediu la bază fiind valorificarea integrată a subproduselor industriale care devin poluante printr-o revalorificare insuficientă.

În acest context s-a adăugat orientarea programului de cercetare pentru soluțiile de depoluare a mediului ambiant prin valorificarea subproduselor: rumeguș și coajă, în bioforturi organice ecologice cu soluțiile necesare în transformarea tehnologiilor de fertilizare chimică a terenurilor agricole în tehnologii ecologice cu efect și asupra produselor agroindustriale specifice cu utilizări extinse în industria alimentară. În concluzie: scopul fiind transformarea agriculturii într-o agricultură a viitorului, ecologică și durabilă.

În ipoteza că se amintesc, doar câteva dintre problemele majore, care se impun în etapa actuală, se va prezenta scopul și necesitatea tematicii cercetării din programul tezei de doctorat:

- Importanța fertilizării organice crește considerabil în condițiile actuale ale reconsiderării resurselor de energie și a raționalizării consumului energetic în toate domeniile de activitate. Ligninele din conținutul chimic al cojii și rumegușului, ca și celoligninele, conțin o parte din energia termică cheltuită în procesul tehnologic din exploatarea și industrializarea lemnului care reprezintă o pierdere inevitabilă. Valorificarea acestora reprezintă o cale de recunoaștere a energiei termice înglobată în acestea;
- Modalitate eficientă de eliminare a substanțelor poluante prin valorificarea cantităților mari de subproduse ce nu-și găsesc pe deplin utilizarea și care constituie surse poluante, evidente fiind: zerul din prelucrarea și procesarea laptelui, borhotul de malț și drojdia de bere;
- Condițiile economico-sociale și ecologice impuse de producția limitată și poluantă de îngrășămintele chimice de sinteză;
- Găsirea de noi îngrășăminte, bioforturi organice ecologice, care să se administreze în sol în cantități mici și să prezinte o eficiență maximă datorită proprietăților de asimilare lentă de către plante;
- Cantitate însemnată de elemente și microelemente în compoziția acestora îi pot caracteriza drept îngrășăminte organo-minerale naturale, de biosinteză, cu proprietatea eliberării în trepte, retard, a principiului biologic activ;

- Eficiență ridicată în ameliorarea solului datorită compoziției chimice asemănătoare humusului din produsele cercetate care fac parte din grupa fertilizatorilor ecologici;
- Se urmărește obținerea unui îngrășământ, o gamă de bioforturi organice ecologice, care să se poată livra sub formă solidă, în paralel cu tehnicile adecvate pentru transport și eficiență în sol.

Obținerea îngrășămintelor organice ecologice cu acțiune lentă de asimilare prin valorificarea subproduselor nevalorificate sau valorificate parțial acestea fiind subprodusele: rumegușul și coaja de lemn, borhotul de malț și drojdia tip *saccharomyces carlsbergensis* din industria berii și zerul rezultat din procesarea laptelui.

În concluzie:

Scopul principal al programului de cercetare redat în partea a II-a a tezei de doctorat a avut în vedere:

- 1. Depoluarea mediului prin valorificarea subproduselor existente în industrializarea lemnului și în industria alimentară.**
- 2. Eliminarea din tehnologia agroindustrială a îngrășămintelor chimice sintetice neecologice cu acțiune poluantă și toxică asupra calității produselor alimentare cu soluții pentru transformarea agriculturii existente într-o agricultură ecologică, nepoluantă și durabilă.**

Dezvoltarea cercetării redată în partea a - II- a tezei de doctorat vizează dezvoltarea următoarelor direcții:

- Cercetarea proceselor de bioreacție anaerobe și aplicarea lor în tehnologiile noi, originale, realizate pentru obținerea bioforturilor organice ecologice;
- Studiul privind utilizarea în amestec a subproduselor rezultate din prelucrarea lemnului de rășinoase cu grupele de componenți chimici considerați principiile active din subprodusele rezultate din industria berii și prelucrarea laptelui;
- Studiul privind utilizarea subproduselor rezultate din industria berii: borhotul de malț, drojdia *saccharomyces carlsbergensis* și deșeurile tip coajă rezultată din sortarea orezului, materie primă pentru obținerea berii;
- Studiul privind utilizarea zerului dulce, subprodus excedentar rezultat din industria de prelucrare a laptelui;
- Stabilirea individualizată a condițiilor tehnologice optimizate și aplicabile pentru obținerea produselor: biofort organic ecologic tip I II III;
- Caracterizarea cantitativă și calitativă a parametrilor funcționali, pentru sortimentele obținute prin cercetarea originală, nominalizate prin definiția: biofort organic ecologic tip I II III;
- Concluzii generale cu propuneri pentru aplicarea și generalizarea soluțiilor originale cercetate existente în partea a-II-a a tezei de doctorat
- Evaluarea impactului tehnic și ecologic.

CAPITOLUL VI

MATERII PRIME UTILIZATE ÎM PROGRAMUL DE CERCETARE

- ANALIZA CALITATIVĂ -

Programele de cercetare redată în capitolul 7, 8, 9 și 10, au avut scopul de a obține o diversificare a sortimentelor de fertilizatori agricoli existenți în grupa bioforturilor organice ecologice. S-a considerat necesar realizarea unui studiu analitic prin care s-a elucidat calitatea materiilor prime utilizate cu influență asupra proceselor de compostare și fermentare. În acest context, în prezentarea rezultatelor obținute, s-a avut în vedere materialele utilizate în cercetările realizate și redată în capitolele 7, 8, 9 și 10:

- subprodusele: rumeguș și coajă rezultate din exploatarea și industrializarea lemnului de rășinoase;
- subprodusele cu rol de aditivare, de catalizare din industria berii;
- subprodusele din procesarea laptelui.

Pentru determinarea indicilor calitativi s-au utilizat metodele analitice standardizate specifice și analize instrumentale spectroscopice de absorbție în infraroșu și metoda absorbției atomice pentru conținutul mineral de cenușă.

Materiile prime au fost aprovizionate din bunăvoința următoarelor societăți industriale:

- subproduse din lemn – S.C. BARLINEK România S.A.

Onești;

- subproduse din industria berii – S.C. ALBRAU S.A. Onești;
- subproduse din prepararea laptelui – S.C. Almera Internațional Bacău.

6.1. Analiza calitativă a rumegușului

Analiza calitativă a rumegușului de lemn de rășinoase s-a realizat pe o probă medie colectată de la S.C. BARLINEK România S.A. Onești, caracterizarea dimensională s-a efectuat din producția curentă aplicată pentru obținerea de cherestea.

Procesul de sortare s-a realizat cu utilizarea unui sistem de sortare manual format din două site suprapuse cu dimensiunea de: lungime 50 cm și lățime 30 cm.

Analiza dimensională a rumegușului poate conduce la mențiunea: În procesul de compostare sau fermentare cantitatea dimensională a rumegușului, va permite prin majorarea suprafeței active, rezultată din analiza dimensională, realizarea reacțiilor de biodegradare în bune condiții, va permite creșterea vitezei de reacție cu reducerea duratei finale a procesului aplicat.

6.1.1. Analiza chimică

Pentru analiza chimică realizată pentru rumegușul de lemn de rășinoase s-au utilizat metodele instrumentale: I.R., absorbția atomică și infraroșu și

metodele chimice standardizate rezultatele fiind:

- celuloză – 43,55%;
- lignină – 29,42%;
- cenușă – 3,08%;
- hemiceluloză – 24,11%.

Comparându-se lemnul normal pentru construcții cu lemnul de reacție s-au constatat modificări mai importante la vibrațiile 3420, 2950, 1730, 1590 și în întreaga regiune cuprinsă între 1460 și 900 cm^{-1} , tabelul 6.2 și figura 6.1.

Acestea pot fi datorate modificărilor în vibrația grupelor OH, CH, CH₂ și CO, care reflectă, în ansamblu, intervertirea proporțiilor dintre componentii principali polizaharidici. Cel mai afectat este intervalul acoperirilor reciproce de frecvență 1425÷1050 cm^{-1} care se referă la vibrațiile de deformare ale grupelor atomice CH, CH₂, precum și la vibrațiile normale ale legăturii de valență C-O-H, C-O-C.

În urma interacțiunii luminii cu grupele atomice sau cu moleculele substanțelor analizate, energia absorbită poate provoca fenomene de rotire a valențelor, vibrații și excitații la niveluri electronice diferite, cărora le corespund benzi caracteristice de absorbție.

În cazul vibrațiilor de valență se deosebesc vibrații normale ν în lungimea legăturii chimice, vibrații de deformare internă δ , simetrice și asimetrice, care privesc unghiurile de valență și vibrații de deformare externă care se explică prin împiedicări de vecinătate sterică.

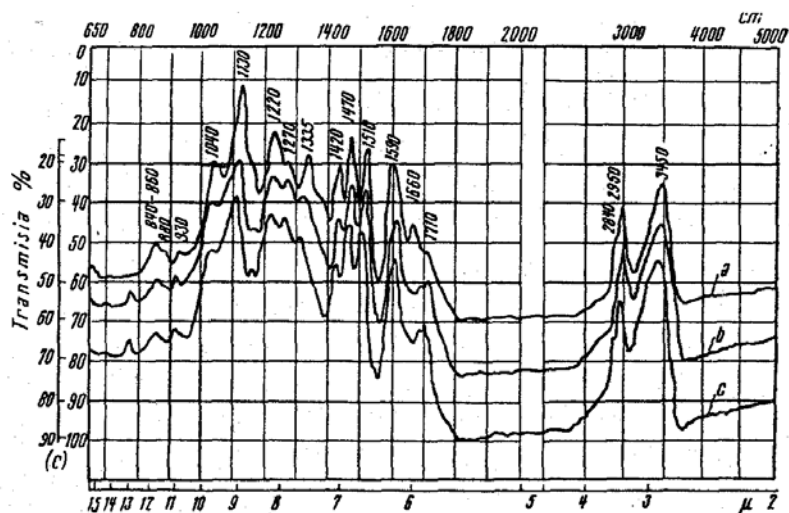


Figura 6.1. Spectrul IR al rumegușului din lemn de rășinoase

6.2. Calitatea cojii lemnului de rășinoase

În procesul de cojire, operație tehnologică existentă în industria de exploatare și industrializarea lemnului, analiza calitativă a cojii din lemn de rășinoase, a avut în vedere determinarea compoziției chimice: cantitatea de celuloză, lignină, pentozane, substanțe extractibile în soluție de NaOH 1% și substanțe minerale, cenușă totală, tabelul 6.3.

Tabelul 6.3. Coaja de rășinoase – compoziție chimică

Nr. crt.	Denumirea componentului chimic	Valori procentuale
1.	Celuloză	25,07
2.	Lignină	35,81
3.	Pentozane	11,03
4.	Substanțe extractibile în soluție de NaOH 1%	35,01
5.	Cenușă	3,27

Analiza instrumentală în IR s-a redat în figura 6.2. și tabelul 6.4. Benzile ligninei sunt mult diferențiate, în comparație cu rezultatele obținute la rumeguș, cu nuanțări bogate la grupele atomice CH, CH₂, CH₃, grupele funcționale OH, CO și nucleele aromatice.

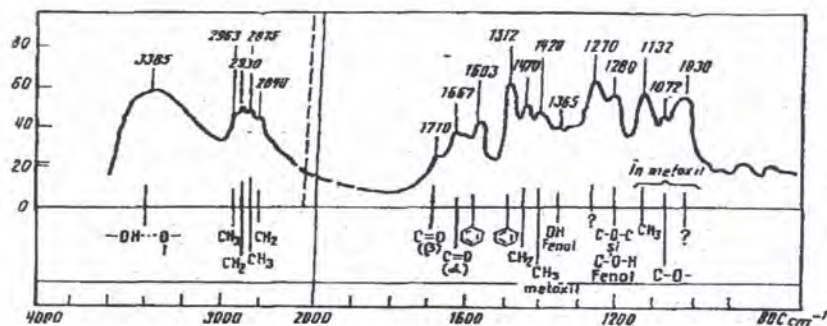


Figura 6.2. Interpretarea spectrului IR al ligninei din rumegușul din lemn de rășinoase

Studiile termogravimetrice, de distrucție, s-au efectuat cu precizarea efectelor

termice datorate descompunerii compoziției macromoleculare și de scindare a acestora. Studiile de distrucție termică sunt folosite pentru precizarea efectelor termice condiționate de descompunerea diferitelor clase de substanțe macromoleculare, de scindarea diferitelor tipuri de legături ce au fost efectuate asupra țesuturilor vegetale provenite din lemnul de rășinoase. În scopul separării componentelor puri acestea au fost supuse în prealabil unor extracții succesive.

Valoarea energiilor de activare a reacției de distrucție termică cu referire la lignina din coaja de rășinoase se prezintă după cum urmează: valoarea energiei de activare 83,62 Kj/mol, ordinul de reacție 2 p, numărul de trepte de reacție DTG, unul asimetric. Descompunerea termică s-a realizat prin metoda termogravimetrică și termodiferențială cu folosirea derivatografului, înregistrându-se simultan grupele:

- T – temperatura la fiecare moment;
- TG – greutatea probei în fiecare moment;
- DTG – viteza de scădere în greutate;
- DTA – diferența de temperatură din proba analizată.

Rezultatele cercetării sunt prezentate în figurile: 6.3

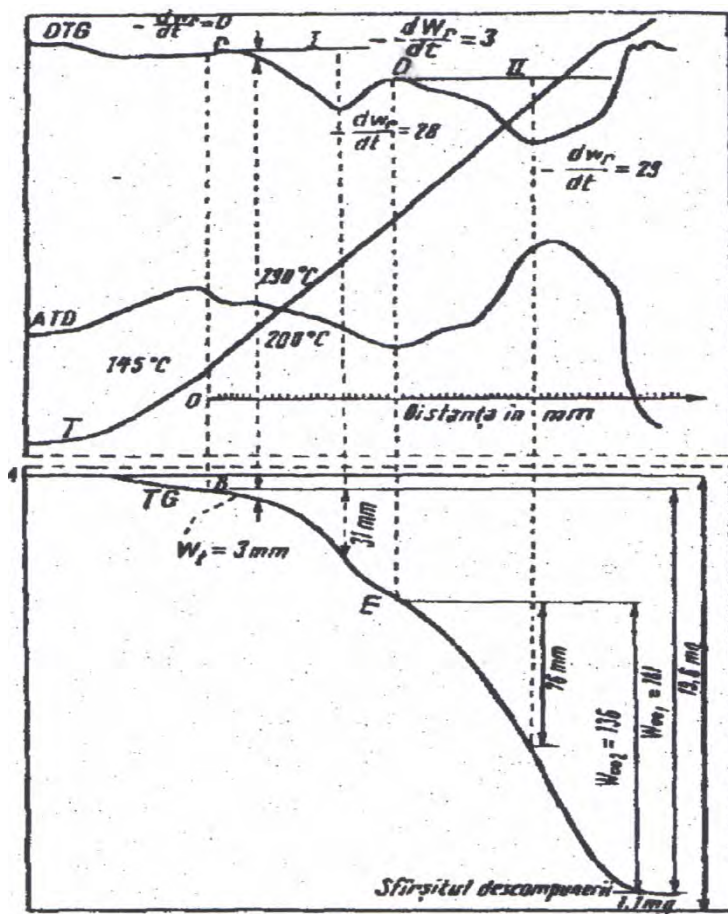


Figura 6.3. Derivatograma ligninei din rășinoase

Lignina analizată prezintă: procesul I între 145÷340 °C cu energia de activare de

64,38 Kj/mol, urmat de procesul II în domeniul de temperatură 350÷550 °C, cu energia de activare de 71,91 Kj/mol, urmate de domeniul de temperatură de 470÷580 °C pentru procesul III în care energia de activare prezintă valori de 29,26÷104,52 Kj/mol acestea fiind explicate de structura chimică fragmentată ca urmare a procesului aplicat.

6.3. Calitatea subproduselor din industria berii

6.3.1. Borhotul de malt

Tehnologia de obținere a fertilizatorilor organici ecologici, prin acțiunea compoziției chimice a subproduselor utilizate a principiilor active componente din compoziția chimică, are la bază reacția de degradare biochimică anaerobă, însoțită de distrucția oxidativă.

Refacerea deficitului macromolecular cu includerea în compoziție a sistemului tehnologic de biodegradare al subproduselor din industrializarea lemnului, completat cu un sistem integrat de aditivare format din subprodusele existente în tehnologia berii și procesarea laptelui, subproduse cu un procent de azot de 8÷10 %, este evident prin indicii calitativi redați în tabelul 6.5 și 6.6. Prin creșterea temperaturii în sistemul de compostare - fermentare, se reduce conținutul de azot legat. Valorile maxime ale conținutului de azot mineral se obțin la temperaturi mai reduse, pentru parametrii: durata și pH-ul.

Tabel 6.7. Caracteristicile borhotului de malț

Nr. crt.	Caracteristici	Componente în borhotul de malț, %
1	carbon	43,8
2	hidrogen	5,7
3	suf	7,7
4	azot	5,41
5	grupări metoxilice	8,66
6	cenușă, 525 °C÷550 °C	11,8
Elemente și microelemente exprimate în % gram din cenușă – proba medie		
1	calciu	11,7
2	cupru	0,03
3	mangan	0,08
4	nichel	urme
5	magneziu	0,02
6	sodiu	0,019
7	potasiu	0,270
8	zinc	0,02
9	fier	0,01

6.3.2. Indici calitativi pentru drojdia *saccharomyces carlsbergensis*

Calitatea drojdiei *saccharomyces carlsbergensis* este corelată riguros cu:

- ⇒ procesul tehnologic aplicat pentru obținerea berii, subprodus nevalorificat;
- ⇒ calitatea culturilor de drojdie *saccharomyces carlsbergensis*, redat în tabelele 6.8, 6.9.
- ⇒ compoziția chimică, tabelul 6.8.
- ⇒ conținutul în aminoacizi ai principiilor active pentru proteinele din

drojdie, tabelul 6.9.

Tabelul 7.8. Compoziția chimică a drojdiei *saccharomyces carlsbergensis*

Azot, %, s.u.	8÷9
Protide, %, s.u.	37÷50
Glucide, %, s.u.	35÷45
Lipide, %, s.u.	1,5÷2,5
Cenușă, %, s-u.	4,0÷6,5
P₂O₅, %, s.u.	2,5÷3,5
Apă, %	67÷73

Se apreciază că, aproximativ 94% din substanța uscată a drojdiei este alcătuită din principalele elemente de glucide: glicogen, gume, hemiceluloze; proteine, acizi nucleici, baze organice, lipide, substanțe minerale, vitamine și enzime. Conținutul în carbon al unei drojdii cu 27% s.u. este de 12,7% și servește ca bază pentru calculul necesarului de glucide pentru acumularea biomasei compostate și/sau fertilizată.

Calitatea drojdiei *saccharomyces carlsbergensis* redată în tabelele 6.8 și 6.9 poate explica avantajele utilizării în procesul anaerob pentru obținerea biofortului organic ecologic:

- Cantitatea de apă de 67÷73% existentă în compoziție în suspensia de drojdie, va înlocui apa tehnologică necesară pentru umiditatea din proces;
- Conținutul componentelor organice: proteine cu un total de 9% azot, glucide, lipide și P₂O₅ vor înlocui amelioratorii sintetici, minerali

necesari reacției de biodegradare. Se asigură astfel condițiile tehnologice ecologice prevăzute în programul de cercetare realizate fără adaos de componenți minerali: amoniac, azotați și fosfați.

• CAPITOLUL VII

• **BIOFORT ORGANIC ECOLOGIC TIP I REZULTAT DIN INDUSTRIALIZAREA ȘI EXPLOATAREA LEMNULUI ADITIVAT CU SUBPRODUSE DIN INDUSTRIA BERII**

•

• **7.1. Introducere**

- Fertilizarea organică ca procedeu tehnologic principal de ameliorare complexă, atât a însușirilor solului cât și a nutriției plantelor cunoaște o extindere marcantă în ultimii ani. Aceasta este orientată cu precădere spre utilizarea resurselor de reziduuri vegetale ce nu pot fi valorificate ca furaje sau ca materie primă pentru industrie, a dejecțiilor animale, a tuturor categoriilor de deșeuri, subproduse organice industriale, evidente cantitativ fiind rumegușul și coaja din industrializarea lemnului, inclusiv apele uzate rezultate din industria alimentară, a diferitelor composturi organice ecologice și a îngrășămintelor verzi.
- Rolul principal al aplicării îngrășămintelor organice ecologice formate prin valorificarea subproduselor industriale este acumularea de humus. Prin creșterea continuă a humusului și îmbunătățirea calității acestuia se asigură efectele pozitive asupra însușirilor solului și dinamicii elementelor nutritive transformându-l într-un sistem ecologic.

Substanțele humice au o influență importantă asupra unor însuși fizico-chimice care se reflectă în formarea structurii solului, capacității de schimb ionic, formarea de săruri și diverși compuși organo-minerali, care constituie baza complexului coloidal al solului.

- Cercetările privind obținerea fertilizatorului organic ecologic cu acțiune de asimilare lentă, acțiune retard, prin folosirea subproduselor rezultate cu utilizarea subproduselor din produsele industriale în cazul programului supus cercetării, valorificarea sistemului complex de subproduse rezultate din industria berii respectiv a borhotului de malț și refuzul de la sortarea orzului și din industrializarea lemnului: programul original are în vedere înlocuirea procedeele de fertilizare chimică a terenurilor agricole cu procese de fertilizare ecologică de natură organică, program de cercetare care vine în întâmpinarea problemelor care preocupă omenirea corelate fiind la problematica depoluării mediului ambiant.

7.2. Materiale și metode folosite în obținerea fertilizatorului organic tip I

Borhotul de malț utilizat în programul de cercetare prezintă o funcție inversă între conținutul în azot, conținutul de grupe metoxil și elementul carbon din produs.

Raportat la substanța urscată din borhotul de malț, conținutul de carbon prezintă valori de 43,8%, azotul legat chimic 5,41%, grupele metoxilice 8,66%, și un conținut total de substanțe minerale de 11,8% determinate prin calcinare la temperatura de 800 °C. Analiza realizată prin absorbție atomică a evidențiat următoarele microelemente exprimate procentual folosind un gram de cenușă: calciu 11,7%, potasiu 0,27%, sodiu 0,19%, mangan 0,08%.

Rumegușul din lemnul de rășinoase prezintă din punct de vedere calitativ indicatorii redați în cap.VI:

- coaja și pleava din faza de sortare a orzului rezultate ca urmare a procesului de obținere a berii fără extracție, s-au caracterizat calitativ prin conținutul compoziției chimice: amidon 80,21%, azot 1,35%, fosfor 1,72 mg/g s.u., potasiu 2,05 mg/g s.u., magneziu 0,55 mg/g s.u. și calciu 1,11 mg/g s.u., cu mențiunea: coaja rezultată după sortarea orzului prezintă variații dimensionale de la:
 - $6\div 8$ mm 10,47%;
 - $8\div 10$ mm 3,72.
- pleava în cantitate de 24,31% este raportată la refuzul total, capitolul 6.
- Pentru realizarea programului de cercetare s-a utilizat o instalație pilot formată din unități cubice, cu latura de 30 cm.
- Materialele supuse procesului biochimic de fermentare, după dozare, sunt omogenizate și introduse în instalația pilot.

Sistemul pilot experimental format din 31 de elemente de fermentare, de celule, s-a acoperit în sistem individual cu 4 folii de plastic asigurându-se astfel o etanșare care să nu permită pătrunderea aerului.

Pentru realizarea umidității sistemului în limita $45\div 50\%$ s-a utilizat borhotul de malț obținut după malțificare.

Programul experimental s-a realizat pe o perioadă de 12 luni, iar datele experimentale se referă la variantele temporale de lucru:

- Varianta I: *proces de degradare anaerobă în perioada 1 octombrie*

2008÷31 martie 2009 (perioada anotimpului rece)

- Varianta a II-a: proces de degradare anaerobă în perioada 1 aprilie 2009÷-30 septembrie 2009 (perioada anotimpului cald)

Tabel 7.1. Nominalizarea variabilelor independente pentru varianta I

Denumirea variabilelor considerate dominante în proces	X_i	x - codificat					
		-2	-1	0	1	2	Δx
		valori reale					
Deșeuri organice biodegradabile, %	X_1	40	45	50	55	60	5
Temperatura, °C	X_2	30	35	40	45	50	5
Durata, zile	X_3	72	144	216	288	360	72
Umiditatea, %	X_4	45	50	55	60	65	5

Tabel 7.2. Nominalizarea variabilelor independente pentru varianta II

Denumirea variabilelor considerate dominante în proces	X_i	x - codificat					
		-2	-1	0	1	2	Δx
		valori reale					
Deșeuri organice biodegradabile, %	X_1	40	45	50	55	60	5
Temperatura, °C	X_2	50	55	60	65	40	5
Durata, zile	X_3	72	144	216	288	360	72
Umiditatea, %	X_4	45	50	55	60	65	5

7.3. Rezultate și discuții

Pentru elucidarea rezultatelor cercetării s-a considerat analiza procesului în mod distinct pe etapele temporale de lucru, în care s-a utilizat metoda grafică de expunere, metodă care a permis determinarea influenței simultane a variabilelor independente (X_i) considerate parametri dominanți ai procesului, s-a ales modul de prezentare grafic, figurile 7.2÷7.8 pentru varianta I și figurile 7.9÷7.14 pentru varianta II, ca rezultat al interacțiunii ecuațiilor de regresie particularizate.

Din ecuația generală:

$$Y_i = b_0 \pm b_{iX_1} \pm b_{ij} X_1 X_j \pm b_{ii} X_{ii},$$

(7.1)

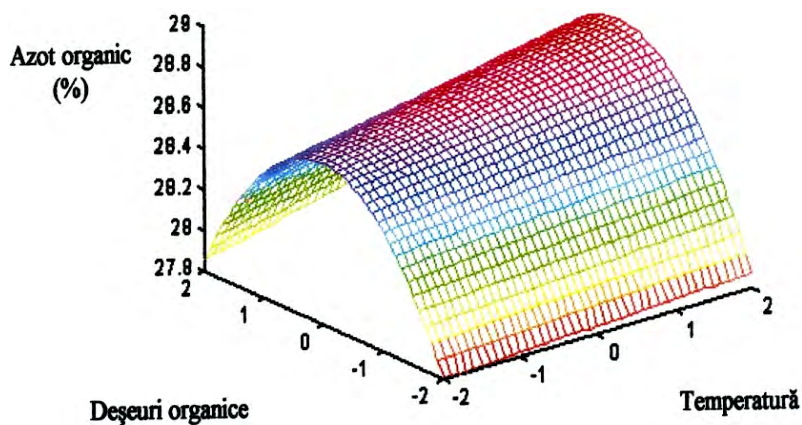
variabilele dependente (Y_i) exprimă desfășurarea procesului de degradare biochimică de tip anaerob, prin nominalizarea variabilelor dependente redată în ecuațiile de regresie particularizate din forma 7.1., tabelele 7.3 și 7.4, pentru cele două variante de lucru.

Tabel 7.3. Ecuații de regresie pentru variabilele dependente determinate în varianta I

Denumire variabile dependente (Y)	Ecuații caracteristice
y_1 Azot organic [%]	$27 + 0,051X_1 + 0,054X_2 + 0,058X_1X_2 + 0,11X_3 + 0,043X_1X_4 + 0,061X_2X_3 - 0,056X_2X_4 - 0,18X_3^2$
y_2 Azot total [%]	$35,5 + 0,03X_1 + 0,15X_2 + 0,03X_3 + 0,11X_4 + 0,74X_1X_2 + 0,18X_2X_3 + 0,17X_3X_4 + 0,21X_2^2$
y_3 reziduu fix la $100 \pm 5^\circ\text{C}$	$58 - 0,24X_1 - 0,014X_2 + 0,31X_3 + 0,79X_4 + 0,15X_1X_2 - 1,09X_1X_3 + 0,24X_1X_4 - 1,13X_2X_4 - 0,93X_1^2 + 0,12X_2^2$
y_4 reziduu fix la $800 \pm 5^\circ\text{C}$	$13,3 + 0,031X_1 - 0,14X_2 + 0,22X_3 + 1,11X_3 - 1,15X_1X_2 + 0,15X_1X_4 + 1,13X_2X_4$
y_5 carbon organic [%]	$3500 + 0,084X_1 + 0,125X_2 + 0,083X_3 + 0,28X_4 + 0,0125X_1X_2 - 0,037X_1X_3 + 0,018X_2X_3 - 0,25X_2X_4 - 0,05X_1^2 - 0,04X_2^2 + 0,01X_4^2$
y_6 Volum [%]	$15,5 - 0,61X_1 + 0,21X_2 - 0,20X_4 + 0,040X_3 - 0,18X_1X_2 + 0,06X_1X_4 + 0,06X_1X_3 + 0,06X_2X_4 - 0,13X_1^2 + 0,12X_2^2 - 0,0012X_3^2$

Tabel 7.4. Ecuatii de regresie pentru variabilele dependente determinate în varianta a II

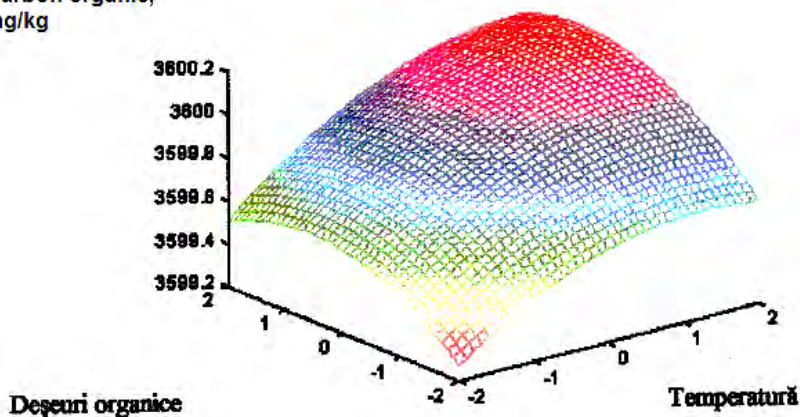
Denumire variabile dependente (Y)	Ecuatii caracteristice
y_1 Azot organic [%]	$31 + 1,05X_1 + 0,23X_2 + 0,018X_1X_2 + 0,14X_3 + 1,21X_1X_2 + 0,015X_2X_3 - 0,072X_2X_4 - 0,73X_2^2$
y_2 Azot total [%]	$40,2 + 1,11X_1 + 0,044X_2 + 0,26X_3 + 1,05X_4 + 1,14X_1X_2 + 0,48X_2X_3 + 0,88X_3X_4 + 0,86X_2^2$
y_3 reziduu fix la $100 \pm 5^\circ\text{C}$	$15,8 + 0,22X_1 - 0,50X_2 + 0,22X_3 + 0,77X_3 - 1,33X_1X_2 + 0,24X_1X_4 + 1,31X_2X_4$
y_4 reziduu fix la $800 \pm 5^\circ\text{C}$	$15,8 + 0,22X_1 - 0,50X_2 + 0,22X_3 + 0,77X_3 - 1,33X_1X_2 + 0,24X_1X_4 + 1,31X_2X_4$
y_5 carbon organic [%]	$3721 + 0,15X_1 + 0,72X_2 + 0,31X_3 + 0,29X_4 + 0,078X_1X_2 - 0,12X_1X_3 + 0,033X_2X_3 - 0,42X_2X_4 - 0,25X_1^2 - 0,14X_2^2 + 0,17X_4^2$
Y_6 dioxid de carbon [%]	$31,12 - 1,78X_1 + 1,78X_2 - 0,22X_3 + 0,43X_3 - 3,11X_1X_2 + 3,11X_4 + 0,27X_1X_2 + 0,88X_1X_3 - 0,93X_2X_3 + 0,13X_1^2 + 1,44X_2X_4 - 1,36X_2^2$



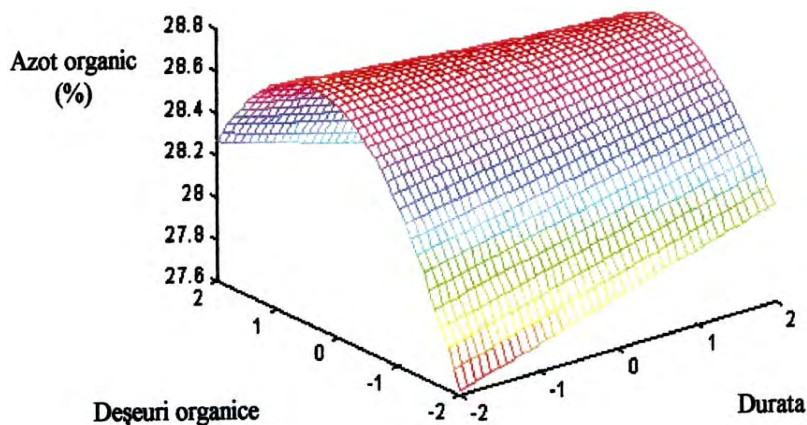
Variația conținutului de azot organic funcție de cantitatea de deșeuri organice și temperatură, când durata și umiditatea se mențin în domeniul centrat (216 zile, 55%)

Variația reziduului fix la 800 ± 5 °C, funcție de cantitatea de deșeuri organice și temperatură, când umiditatea și durata sunt situate în domeniul centrat (55%, 216 zile)

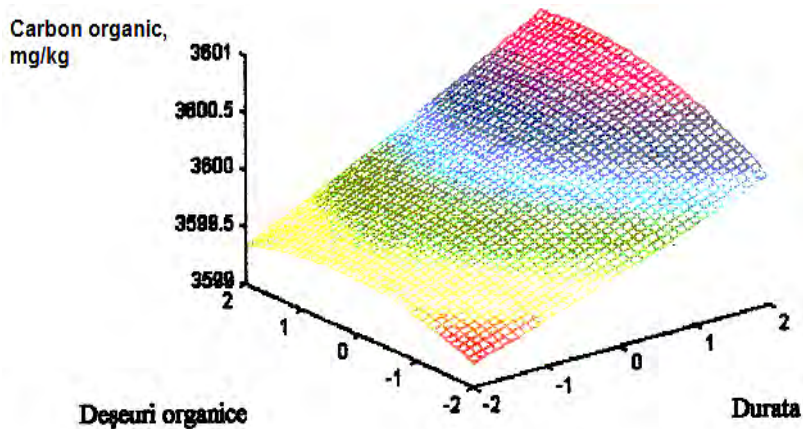
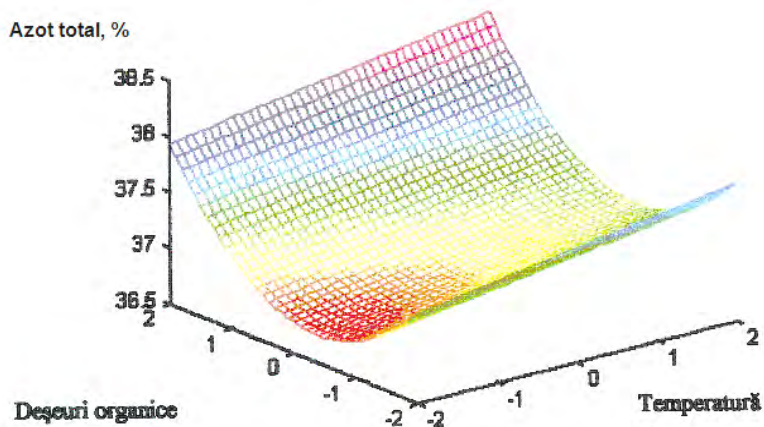
Carbon organic,
mg/kg



- Varianta experimentală II:



Variația conținutului de azot organic funcție de cantitatea de deșeuri organice și durată, când temperatura și umiditatea se mențin în domeniul centrat (40 °C, 55%)



Variația carbonului organic, funcție de cantitatea de deșeuri organice și durată, când umiditatea și temperatura sunt situate în domeniul centrat (55%, 40 °C)

7.4.1. Concluzii pentru varianta experimentală I

Influența condițiilor tehnologice impuse în instalația pilot prin programul de cercetare, cu referire la desfășurarea procesului de biodegradare anaerobă pentru varianta I, temporizată de la 1 octombrie 2008 la 31 martie 2009 s-a redat în figurile 7.1÷7.7, rezultând următoarele concluzii:

- procesul de biodegradare a componentelor organice este influențat de scăderea cantității de compuși organici din această clasă, evidentă fiind evoluția azotului organic și implicit anorganic, care scade în condițiile în care valoric cantitatea de deșeuri biodegradabile se găsește sub 50 %, figurile 7.1, 7.2;
- temperatura și durata procesului influențează semnificativ procesul în perioadele în care temperatura mediului ambiant variază între 10÷20 °C;
- așa după cum era de așteptat reziduul fix determinat la 100 ± 5 °C și incinerat la 800 °C, din care s-a determinat conținutul de carbon este influențat de cantitatea de deșeuri organice existente în compoziția amestecului, figura 7.5. Pentru un conținut de 50% deșeuri organice biodegradabile, conținutul în carbon este de 3800 mg/Kg reziduu fix la calcinare dependent de temperatură și durată se găsește în limitele de 1,0÷1,8%;

Raportul carbon/azot total realizat este de 9,88, încadrând produsul obținut în categoria: produse cu funcții de ameliorator, fertilizator organic ecologic cu următorul nivel calitativ:

- azot organic - 29%;
- azot total - 38,5%;
- reziduul fix la $100\pm 5^{\circ}\text{C}$ - 60%;
- cenușă – 1,8%;
- raportul C/N maxim 10;
- culoare brun-negru cu masa solidă omogenă.

Parametrii tehnologici necesari în primă etapă experimentală sunt reprezentați de:

- deșeurile organice biodegradabile – 50%;
- temperatura – 50°C ;
- umiditatea - $45\div 50\%$;
- durata 180 zile;

cu observația: compușii cu azot existenți în borhotul de malț au fost suficienți, condiție în care nu este necesară utilizarea amoniacului ca sursă de azot. Procedeul de fermentare în mediu anaerob este economic și datorită eliminării fazei de amestecare pentru aerare, impusă de procedeul de bioreacție aerob.

7.4.2. Concluzii pentru varianta experimentală II

Rezultatul experimentărilor realizate în perioada a II-a a programului de cercetare au avut la bază programul de cercetare formulat în sistemul centrat rotator de ordinul doi redat în tabelul 7.2. În baza ecuațiilor de regresie particularizate cu ecuația generală 7.1, sunt redate în tabelul 7.4. Valorile

dependente și care s-au stabilit având în vedere: programul din varianta a II-a la care s-a adăugat stabilirea influenței parametrilor tehnologici de lucru asupra caracteristicilor funcționale și ale produsului “biofort organic ecologic tip I”. Pentru interpretarea rezultatelor programului de cercetare s-a folosit metoda grafică utilizând reprezentările grafice din figurile 7.8÷7.14.

În condițiile experimentale realizate azotul organic prezintă valori de 28,4%÷28,5% în condițiile în care cantitatea de deșeuri organice a fost de 60%, durata de bioreacție fiind numai de 144 zile, s-a redus cu 40 de zile dacă se compară cu varianta I de lucru, figura 7.8.

Azotul total prezentat în figura 7.9 a fost de 40% la temperatura de 55÷60 °C. Reziduul fix determinat la 100±5 °C nu a depășit 65%, carbonul organic nu a depășit valoarea de 3500 mg/Kg la un consum de deșeuri organice de 55%.

Raportul carbon/azot este de 8,07 încadrând produsul în categoria “biofort organic ecologic” utilizat ca îngrășământ fertilizator cu următorii indici calitativi:

- azot organic – 28,4%÷28,5%;
- azot total – 40,0%;
- reziduu fix – 80,5%;
- reziduu la calcinare – 4,0%
- conținutul de carbon 3500 mg/Kg;
- culoare brun-negru cu masă solidă, omogenă;
- raportul C/N maxim 8.

Caracteristicile minerale pentru produsul “biofort organic ecologic tip

I“, realizat în perioada celor 6 luni de primăvară-vară sunt redată și în tabelul 7.5.

Tabel 7.5. Nivelul calitativ pentru „biofort organic ecologic“

Caracteristici	Valori % în masa de biofort		
carbon	38,50	Elemente și microelemente	
hidrogen	7,4	calciu	0,156
sulf	5,1	cupru	0,272
azot	9,05	mangan	0,189
cenușă, 800 °C	4,0	zinc	0,291
		fier	0,162

Tabelul 7.5. a relevat influența pozitivă a compoziției minerale a borhotului de malț în calitatea biofortului organic ecologic, excluzând astfel adaosurile suplimentare de compuși minerali anorganici.

În perioada celor 6 luni, durată prevăzută în programul de cercetare, s-au evidențiat următoarele: procesul s-a finalizat în 144 de zile, situație în care produsul bioreactiv s-a realizat în perioada de vară când temperatura în sistemul reactiv a fost de 65 °C.

Tehnologia cercetată considerată originală contribuie în mod evident la reducerea impactului negativ produs de deșeurile poluante studiate: parametrii tehnologici fiind:

- calitatea deșeurilor organice 60%;
- durata 144 zile realizate în perioada aprilie – septembrie și perioada caldă a anului calendaristic;
- temperatura de reacție 60 °C;
- umiditatea 55%.

Se menționează:

- Procedeul de bioreacție anaerob aplicat pentru realizarea biofortului organic ecologic tip I prezintă următoarele avantaje:

- procedeul anaerob este tehnico-ecologic prin:
- eliminarea aditivilor minerali: amoniac, îngrășăminte chimice;
- reduce consumul de apă tehnologică prin utilizarea borhotului de malț care asigură umiditatea sistemului;
- elimină costurile necesare pentru omogenizare periodică, operație prevăzută de procedeul aerob de fermentare.

CAPITOLUL VIII

DROJDIA SACCHAROMYCES CARLSBERGENSIS - BIOCATALIZATOR ÎN PROCESELE DE TRANSFORMARE A SUBPRODUSELOR DIN INDUSTRIA LEMNULUI ÎN BIOFORTURI ORGANICE ECOLOGICE

8.1. Obiectivul cercetării

Obiectivul cercetării formulat în prima parte a tezei de doctorat constă în modernizarea proceselor agrotehnice astfel încât să genereze creșterea producției și calității produselor alimentare, transformarea acestora în produse ecologice.

Soluția tehnologică originală prevede realizarea de produse ecologice “bioforturi organice ecologice” care se pot utiliza în fertilizarea solului. Soluția de modificare a tehnologiilor agroalimentare prin reducerea fertilizatorilor agricoli sintetici cu utilizare de produse ecologice va rezolva astfel eliminarea produselor poluante cu un grad intensiv de toxicitate.

8.1.1. Activitățile de cercetare preconizate

În contextul programelor naționale referitoare la protecția mediului și ecologizarea acestuia s-a urmărit realizarea unui program complex de cercetare care are în vedere:

În contextul programelor naționale referitoare la protecția mediului și

ecologizarea acestuia s-a urmărit realizarea unui program complex de cercetare care are în vedere:

- depoluarea mediului din sectoarele dominante la nivel național: industrializarea lemnului și industrializarea alimentară prin valorificarea componentelor utile în bioforturi ecologice cu utilizări organice în industria agricolă, scopul final fiind ecologizarea sistemului agricol și alimentar;
- organizarea unui flux tehnologic de obținerea bioforturilor organice ecologice prin valorificarea în sistem anaerob a subproduselor din industria lemnului: coaja și rumegușul și a drojdiei *saccharomyces carlsbergensis* cu nivel de biocatalizator și generator de componente active necesare pentru fertilizarea în sistem ecologic a agriculturii;
- determinarea condițiilor tehnologice optime necesare pentru realizarea biofortului organic ecologic tip II în mod paralel cu finalizarea calității produsului ecologic obținut: „biofort organic ecologic”.

8.3. Materiale și metode

Pentru realizarea biofortului ecologic tip II s-a aplicat procedeul de fermentare anaerob pentru care s-au utilizat celule de fermentare cubice cu latura de 30 cm izolate individual cu folie dublă de material plastic.

Programul experimental s-a realizat și programat în sistemul centrat rotator de ordinul 2 cu trei variabile, tabelul 8.1. Materialele utilizate sunt constituite dintr-un amestec de coajă de lemn de rășinoase și rumegușul rezultat din procesarea lemnului de rășinoase.

Calitatea cojii de rășinoase și a rumegușului sunt redată în mod explicit ca urmare a unei analize analitice de specialitate, capitolul VI.

Umiditatea sistemului fermentativ de 50% s-a realizat prin utilizarea suspensiei de drojdie *saccharomyces carlsbergensis* cu concentrație de 8,5%. Subprodusul „*saccharomyces carlsbergensis*” s-a aprovizionat de la societatea industrială pentru producerea berii din orașul Onești, județul Bacău. Calitatea drojdiei s-a determinat pentru: proteine totale 49,37%, cenușă 5,3%, compoziția minerală a cenușii s-a prezentat în capitolul 6.

8.4. Optimizarea procesului de obținere a biofortului organic ecologic tip II utilizând un program experimental factorial de tip 3²

S-a utilizat experimentul factorial de tip 3² în care toate combinațiile posibile ale nivelelor factorilor sunt realizate și care are în vedere toate efectele individuale și combinate ale parametrilor considerați, pentru un număr de 3 variabile de proces.

Etaple cheie pentru procesul de obținere a biofortului organic ecologic care influențează randamentul operației de fermentare prin generarea unei cantități variabile de compuși organici biodegradabili. Pe parcursul experimentului se urmărește evoluția calității biofortului organic obținut în procesul de fermentare.

8.4.1. Stabilirea variabilelor de proces și a criteriului de optimizare

S-au luat în considerație parametrii importanți ai procesului de fermentare:

- cantitatea de drojdie – X_3 ;
- durata de fermentare – X_2 ;
- cantitatea de compuși organici biodegradabili – X_1 .

Pentru criteriul de optimizare **Y**, s-a considerat cantitatea de azot total și conținutul de carbon. Numărul de experimente ce se vor efectua în studiul de design al procesului este $3^2 = 27$ **experimente**.

8.4.2. Determinarea domeniilor de variație ale variabilelor cheie

Determinarea domeniilor de variație ale variabilelor cheie este primordială pentru valabilitatea modelului elaborat. S-a procedat la centrarea punctului optim cel mai probabil prin stabilirea intervalelor de studiu al parametrilor implicați în programul de cercetare precum și atribuirea valorilor adimensionale pentru variabilele de proces în directă concordanță cu rezultatele obținute, evidențiate de criteriul de optimizare **Y**, tabelul 8.1. Pentru determinarea valorii lui **Y** – cantitatea de azot total, cantitatea de azot organic și de carbon, s-au folosit metode analitice gravimetrice standard specifice.

Tabelul 8.1. Parametrii experimentali considerați și domeniile de variație ai procesului de fermentare

Parametrul (X_i)	Variabila redușă	Valoarea minimă ($X_i^{\min}$)		Valoarea în centru (X_i^{med})		Valoarea maximă ($X_i^{\max}$)		Δx_i
		COD	REAL	COD	REAL	COD	REAL	
Deșeuri organice fermentescibile, % (x)	X_1	-1	60	0	70	+1	80	10
Durata de fermentare, zile	X_2	-1	100	0	120	+1	140	20
Cantitatea de drojdie, % (xx)	X_3	-1	10	0	20	+1	30	10

x – pentru o apreciere analitică s-a considerat necesară utilizarea pentru deșeurile organice provenite din rumeguș și coajă, suma acestora redată în tabelul 8.1. deșeuri organice fermentescibile;

xx – cantitatea de drojdie s-a raportat la deșeurile organice poziția 1 din tabelul 8.1.

8.4.9. Transformarea valorilor adimensionale în valori reale și interpretarea rezultatelor

Cunoscând valorile optime pentru variabilele de intrare x_1 , x_2 și x_3 , se determină valoarea optimului funcției Y, prin transformarea valorilor absolute, codificate, ale variabilelor de intrare, în valori reale, după relația 8.15.:

$$X_{\text{optim}}^i = X_{\text{mediu}}^i + \Delta X^i * X_{\text{optim absolut}}^i$$

(8.15.)

unde X_{optim}^i – valoarea optimă reală pentru variabilele de intrare x_1 , x_2 și x_3 ;

X_{mediu}^i – valoarea medie reală pentru variabilele de intrare x_1 , x_2 și x_3 ;

ΔX^i – lungimea jumătății domeniului de variație (pasul experimentului);

$X_{\text{optim absolut}}^i$ – valoarea optimă absolută determinată prin programul factorial pentru variabilele de intrare x_1 , x_2 și x_3 .

Valorile lui X_{mediu}^i și ΔX^i se calculează conform relațiilor 8.16., 8.17.:

$$x_{mediu}^i = \frac{x_{max\ im}^i + x_{min\ im}^i}{2}$$

(8.16.)

$$\Delta x^i = \frac{x_{max\ im}^i - x_{min\ im}^i}{2}$$

(8.17.)

Având în vedere modul de transformare a valorii absolute în valoare reală se va obține:

$$X_{1\ optim} = 62 + 3(-0,108) = 61,67\ \%$$

Se adoptă $X_{1\ optim} = 62\%$

$$X_{2\ optim} = 6 + 2(-0,94) = 4,1\ \text{luni} \approx 4\ \text{luni și } 6\ \text{zile}$$

Se adoptă $X_{2\ optim} = 4\ \text{luni} = 120\ \text{zile}$

$$X_{3\ optim} = 2 + 2(+9) = 20\%$$

Se adoptă $X_{3\ optim} = 20\%$

Valorile optime pentru funcția de răspuns y – sunt redată în tabelul 8.7.

Tabelul 8.7. Valorile optime ale parametrilor de intrare pentru optimizarea procesului de fermentare

Răspuns, y	Răspuns minim	Valori optime codificate			Valori optime reale		
		x_1 ,	x_2	x_3	Deșeuri organice, %	Durata, luni	Cantitatea de drojdie, %
Cantitatea de azot, %	3	- 0,108	- 0,94	+4,0	62	4	20

Pe baza ecuațiilor de regresie s-a ales reprezentarea grafică a funcției de răspuns y , ca formă eficientă și expresivă pentru determinarea parametrilor tehnologici care să asigure un procent optim de azot.

Interacțiunea parametrilor: durata de reacție și cantitatea de drojdie, se supune ecuației de regresie determinată de funcția y_{12} , în condițiile în care durata de fermentare de 4 luni este menținută constantă în punctul centrat și este redată în tabelul 8.8. și reprezentată grafic în figura 8.1.

Tabelul 8.8. Ecuația de regresie funcție de cantitatea de drojdie și durata de reacție în condițiile în care se menține constantă în punctul centrat zero

Denumirea caracteristicilor dependente	Ecuația de regresie – caracteristici dependente
X_1 , Deșeuri organice fermentescibile	$y_{12} = 18,33 + 2,5 x_1 + 2,88 x_2 + 1,75 x_1 x_2 + 5,22 x_1^2 + 1,44 x_2^2$
X_2 , Durata de fermentare	

Din reprezentarea grafică din figura 8.1. se observă că valoarea minimă a funcției y_{12} este determinată în punctul centrat pentru variabila x_1 (deșeuri organice fermentescibile), concomitent cu reducerea la minim a duratei de fermentare, x_2 cu valoarea -1.

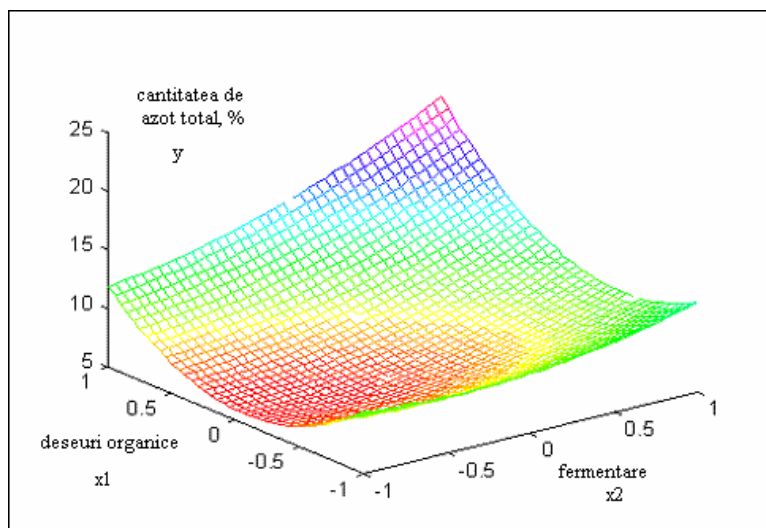


Figura 8.1. Variația cantității de azot funcție de deșeurile organice și drojdia de bere, de fermentare
în condițiile în care durata de 4 luni este menținută constantă în punctual centrat zero

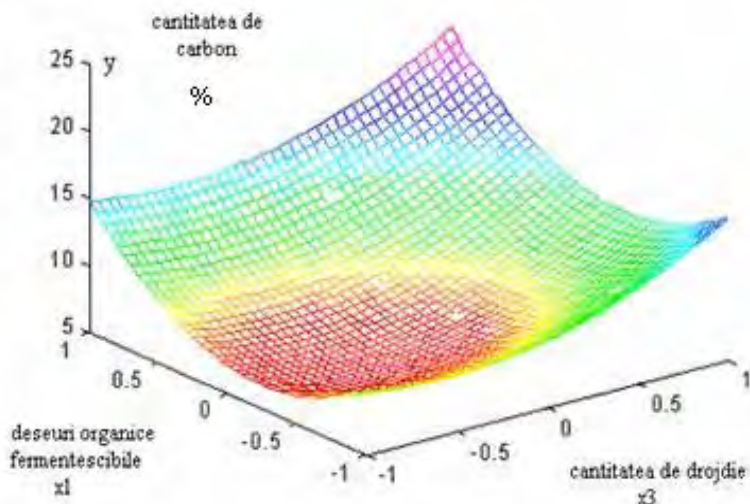


Figura 8.3. Variația cantității de carbon funcție de deșeurile organice fermentescibile și cantitatea de drojdie, în condițiile în care durata de reacție este menținută constant în punctul centrat zero la valoarea de 4 luni

Mărimea coeficientului a_{11} în comparație cu coeficientul a_{33} evidențiază efectul individual dublu al duratei de fermentare comparativ cu efectul dat de cantitatea de drojdie, asupra calității produsului final, în interacțiunea dintre cei doi parametri luați separat.

Tabelul 8.11. Parametri calitativi, biofort organic ecologic tip II

Nr. crt.	Denumirea indicatorilor calitativi	U/M	Proba 1	Proba 2	Proba 3	Valori medii
1	Conținutul de azot organic	%	17,51	18,01	18,05	17,83
2	Azot total	%	73,21	73,39	73,35	73,31
3	Reziduu fix la 100±5 °C	%	64,67	65,01	64,87	64,85
4	Reziduu la calcinare 800±5°C	%	2,09	2,11	2,015	2,07
5	Conținutul de carbon	g/kg	1357,0	1400,1	1394,1	1384,1
6	Umiditate	%	35,33	35,00	35,11	35,14
7	Raportul C/N		7,75	7,82	7,72	7,77

Cu mențiunea: Valorile de la punctul 1,2,3,4,5 sunt determinate din produsul absolut uscat.

Rezultatele analitice cu referire la calitatea biofortului organic ecologic tip II au confirmat calitatea produsului cu utilizări pentru fertilizarea solului, indicii calitativi decisivi fiind valorile medii din tabelul 8.11 și raportul C/N de 7,77.

Nivelul calitativ este confirmat și de compoziția minerală a rezidului la calcinare la 800±5 °C, analize realizate folosind metoda absorbției atomice, tabelul 8.12 și analiza biologică, tabelul 8.13. - proceduri obligatorii dat fiind utilizarea subprodusului drojdie *saccharomyces carlsbergensis*.

Tabel 8.12. Compoziția minerală exprimată în % din reziduu fix la 800 ± 5 °C analizat

Elemente și microelemente analizate								
Ca ⁺²	Cu ⁺²	Mn ⁺²	Ni ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺¹	K ⁺¹	Zn ⁺²	Fe ⁺³
0,05	0,07	0,07	0,03	0,02	0,20	0,31	0,04	0,05

Tabel 8.13. Analize microbiologice

Nr. crt.	Caracteristici	Valori maxime admise STAS 11249/90	Valoare medie de analiză
1	Număr total germeni la 1 g produs, max.	25000	10200
2	Salmonella	absent	absent
3	Clostridii sulfito - reducătoare	30	10
4	Bacterii coliforme	absent	absent
5	Mucegaiuri – număr de colonii la 1 g produs, max.	absent	absent

Analiza datelor din tabelul 8.12 și 8.13 concluzionează: Biofortul organic ecologic tip II conține elementele și microelementele necesare procesului de fertilizare a solului.

Utilizarea subprodusului de drojdie *saccharomyces carlsbergensis* nu influențează negativ calitatea microbiologică cunoscută fiind și o posibilă degradare a acestuia care ar influența calitatea biofortului organic ecologic de tip II.

8.6. Concluzii - Organizarea fluxului tehnologic având în vedere noile condiții tehnologice

- Pentru relizarea tehnologică a produsului “biofort organic ecologic de

tip II” s-a utilizat procesul anaerob catalizat de drojdia *Saccharomyces carlsbergensis*, subprodus rezultat în industria berii, soluție bazată pe proprietatea acestui produs de a media biotransformările existente în procesul de fermentare.

- Rezultatele experimentale s-au finalizat cu optimizarea procesului de fermentare, condițiile tehnologice s-au nominalizat prin:
 - materii prime utilizate: coaja în proporții reale de 60% și rumegușul de rășinoase 40% din amestec;
 - biocatalizator drojdia *Saccharomyces carlsbergensis* în cantitate de 20% raportată la substanțele organice biodegradabile existente în amestecul fermentativ;
 - durata 4 luni realizată în anotimpul cald preferat mai - septembrie, cu mențiunea: la realizarea acestui rezultat a contribuit procesul de biocatalizare a drojdiei;

Biofortul organic ecologic de tip II realizat prezintă un nivel calitativ responsabil și necesar pentru fertilizarea agriculturii. Indicii calitativi s-au nominalizat prin contribuția acestora la fertilizare:

- Conținutul de azot organic – 17,83%
- Azot total – 73,31%
- Reziduu fix la $100\pm 5^{\circ}\text{C}$ – 64,85%
- Reziduu fix la $800\pm 5^{\circ}\text{C}$ – 2,07%
- Conținutul de carbon – 1384,1g/kg
- Umiditate – 35,14%
- Raportul C/N – 7,77

- Aspect: solid de culoare brun spre negru – conținutul de germeni microbiologici toxici sunt sub limita standard.

Realizarea programului original de cercetare se bazează pe soluții originale și răspunde la următoarele obiective:

- depoluarea mediului ambiant prin valorificarea subproduselor din industrializarea lemnului și industria berii;
- obținerea de produse noi în cazul redat mai sus “biofort organic ecologic tip II” utilizat pentru fertilizarea ecologică a solului agroindustrial cu substituirea fertilizatorilor sintetici cu acțiune toxică și poluantă.

Se propune:

- Proiectarea și realizarea unităților, secțiilor de realizare a biofortului organic ecologic de tip II în complexele de industrializare a lemnului existente, sau la nivel local, acolo unde sunt în funcțiune activități de exploatare și valorificare a lemnului în urma cărora există în mod inevitabil subproduse de tip coajă și rumeguș, subproduse poluante în condiții de nevalorificare. Schema tehnologică s-a prezentat în capitolul zece.
- Procedeul de fermentare anaerob considerat original prin parametrii utilizați prezintă și avantaje economice: elimină costurile necesare pentru omogenizare și aerare, condițiile procesului aerob. Utilizarea suspensiei de drojdie de bere *saccharomyces carlsbergensis* conduce la excluderea consumului de apă tehnologică utilizată pentru realizarea umidității sistemului fermentativ.

CAPITOLUL IX

VALORIFICAREA SUBPRODUSELOR INDUSTRIALE ÎN TEHNOLOGIA BIOFORTURILOR ORGANICE ECOLOGICE

Introducere

Materiile prime necesare provin din valorificarea subproduselor rezultate din industrializarea lemnului și prepararea laptelui. Lucrările de cercetare realizate au ca scop valorificare rumegușul și a cojii din lemnul de rășinoase și zerul rezultat din procesarea laptelui cu transformarea acestora, prin aplicarea unui proces anaerob, în biofort organic ecologic tip III. Rezultatele cercetării rezolvă în mod implicit și depoluarea mediului înconjurător prin eliminarea îngășămintelor chimice de sinteză, produse cu un potențial toxic retard activ.

Prin fabricarea bioforturilor organice ecologice și utilizate intensiv în agricultură se atinge cu pași repezi dezideratul propus: transformarea agriculturii și a industriei alimentare în industrii ecologice durabile ale viitorului.

9.1. Cercetări asupra procesului de obținere a biofortului organic ecologic tip III cu adaos de zer dulce

Scopul principal al cercetării îl reprezintă utilizarea subproduselor din industria laptelui în proporții compatibile cu deșeurile organice biodegradabile formate din rumeguș, coajă și zer astfel încât să conducă la obținerea unor produse cu utilizări în agricultură.

9.1.1. Materiale și metode

Pentru realizarea programului de cercetare s-a utilizat metoda de programare a experimentelor în sistemul centrat compus rotator de ordinul II, cu patru variabile independente și 31 de experimente, prezentate în tabelul 9.1.

Tabelul 9.1. Domeniile de variație ale parametrilor experimentali pentru procesul de formare biofotului organic ecologic tip III

Variabile independente, X_i	Valori codificate					Δx
	-2	-1	0	1	2	
	Valori reale					
Deșeuri organice biodegradabile, %	40	50	60	70	80	10
Cantitatea de zer raportat la excesul de lichid, %	50	60	70	80	90	10
Durata de fermentare, zile	60	90	120	150	180	30
Adaos de coajă, %	40	50	60	70	80	10

În sistemul experimental s-au menținut constante, pentru fiecare rețetă, următorii parametri:

- ⇒ Cantitatea de apă necesară pentru o umiditate a amestecului de fermentare de 60%, aceasta este formată din apă și zer dulce;
- ⇒ Durata de fermentare propusă este în anotimpul cald în lunile aprilie - septembrie;
- ⇒ Raportul rumeguș:coajă = 2:1.

Determinările analitice s-au realizat conform normelor și standardelor specifice din care nu s-au exclus metodele analitice instrumentale.

Procesul de fermentare anaerob a utilizat rumegușul de lemn și coajă,

subproduse rezultate din prelucrarea lemnului. Compoziția rumegușului de lemn de rășinoase are un rol decisiv.

Din sinteza datelor experimentale prezente în capitolul 6 rumegușul din lemnul de rășinoase prezintă următorii indicatori: 43% celuloză, 28% lignină, 25% produse organice solubile în soluția de hidroxid de sodiu 1%, compoziția zerului dulce fiind: lactoza, compușii proteici și minerali.

Indicii calitativi determinați pentru materialele utilizate sunt redați în tebelele 9.2, 9.3.

Tabelul 9.2 Compoziția chimică a zerului lichid dulce

Denumirea produsului	Substanța uscată %	Proteine totale %	Lactoză %	Cenușă, %	Din cenușă		
					Calciu %	Fosfor %	Magneziu %
Zer lichid dulce	7,42	1,12	5,43	0,82	0,093	0,16	0,081

Tabelul 9.3. Compoziția minerală a rumegușului

Denumirea component	Ca, %	Mg, %	P, %	Zn, μg/g	Cu, μg/g	Fe, μg/g	Mn, μg/g
minim	36,4	58,6	17,02	346	9,5	61,2	3,2
maxim	37,2	62,7	17,08	556	10,7	65,6	3,4

9.1.2. Elaborarea programului experimental

Se procedează la centrarea punctului optim cel mai probabil prin stabilirea intervalelor de studiu al parametrilor implicați în programul de cercetare precum și atribuirea valorilor adimensionale pentru variabilele de

proces în directă concordanță cu rezultatele obținute, evidențiate de criteriul de optimizare y , după cum se poate observa în tabelul 9.4.

Pentru determinarea variabilelor de răspuns y_1 și y_2 , s-au folosit metode analitice standard specifice departamentelor de prelucrare a lemnului și procesarea laptelui.

9.2.1. Elaborarea modelului pentru procesul de fermentare utilizat pentru obținerea biofortului organic ecologic tip III

Determinarea coeficienților unui polinom de tip:

$$Y = f(X_1, X_2, X_3, X_4);$$

(9.1.)

Ecuția generală y , pentru determinarea azotului total și a dezvoltării maxime a msei de biofort este dată de ecuația generală (9.2.) a programului experimental:

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 + a_4 x_4 + a_{11} x_1^2 + a_{22} x_2^2 + a_{33} x_3^2 + a_{44} x_4^2 + a_{12} x_1 x_2 + a_{13} x_1 x_3 + a_{14} x_1 x_4 + a_{23} x_2 x_3 + a_{24} x_2 x_4 + a_{34} x_3 x_4 + a_{123} x_1 x_2 x_3 + a_{124} x_1 x_2 x_4 + a_{134} x_1 x_3 x_4 + a_{234} x_2 x_3 x_4 + a_{1234} x_1 x_2 x_3 x_4$$

(9.2.)

Transformarea valorilor adimensionale în valori reale pentru Azotul total

Odată aflate valorile variabilelor de intrare x_1 , x_2 , x_3 și x_4 , se poate afla valoarea optimului funcției y_1 , prin transformarea valorilor absolute (codificate) ale variabilelor de intrare, în valori reale, după formula 9.17.:

$$X_{\text{optim}}^i = X_{\text{mediu}}^i + \Delta X^i * X_{\text{optim absolut}}^i$$

(9.17.)

unde X_{optim}^i – valoarea optimă reală pentru variabilele de intrare x_1 , x_2 , x_3 și x_4 ;

X_{mediu}^i – valoarea medie reală pentru variabilele de intrare x_1 , x_2 , x_3 și x_4 ;

ΔX^i – lungimea jumătății domeniului de variație (pasul experimentului);

$X_{\text{optim absolut}}^i$ – valoare optimă absolută (redușă) determinată prin programul factorial pentru variabilele de intrare x_1 , x_2 , x_3 și x_4 .

Valorile lui X_{mediu}^i și ΔX^i se calculează după următoarele formule 9.18., 9.19.:

$$X_{\text{mediu}}^i = \frac{X_{\text{max im}}^i + X_{\text{min im}}^i}{2}$$

(9.18.)

$$\Delta x^i = \frac{x_{\max im}^i - x_{\min im}^i}{2}$$

(9.19.)

Ținând cont de modul de transformare a valorii absolute în valoare reală se va obține:

70,03%	$X_{1 \text{ optim}} = 70 + 1,5 * 0,02 =$ Se adoptă $X_{1 \text{ optim}} = 70\%$	$X_{3 \text{ optim}} = 120 + 4 * 0,01 = 120,04$ zile Se adoptă $X_{3 \text{ optim}} = 120$ zile
60,22%	$X_{2 \text{ optim}} = 60 + 0,75 * 0,01 =$ Se adoptă $X_{2 \text{ optim}} = 60\%$	$X_{4 \text{ optim}} = 60 + 2(-0,01) = 60,9$ °C $\approx$ 60°C Se adoptă $X_{4 \text{ optim}} = 60$ °C

Valorile optime pentru funcția de răspuns y_1 – Azotul total, sunt redată în tabelul 9.7.

Tabelul 9.6. Valorile optime ale parametrilor de intrare pentru aciditatea aluatului în cadrul procesului de fermentare a aluatului cu adaos de zer dulce

Valori optime Azot total $y_1=31,6$	Deșeuri organice, %	Cantitatea de zer, %	Durata, zile	Coaja, °C
	x_1	x_2	x_3	x_4
Valori reduce	0,02	0,01	0,01	-0,01
Valori reale	70	60	120	60

B. Calcularea variabilelor procesului de fermentare pentru conținutul de carbon optim

Respectând algoritmul de calcul prezentat în capitolul 9.3.1., se calculează și pentru aflarea valorilor optime ale parametrilor de intrare ce

descriu modelul matematic pentru conținutul de carbon. Primul pas îl reprezintă calculul valorilor coeficienților variabilelor de intrare ale lui x_1 , x_2 , x_3 și x_4 , care au fost notate cu a_0 , a_1 , a_2 , a_3 , a_4 , ..., a_{11} , a_{22} , a_{33} , a_{12} , a_{13} , a_{23} , a_{123} a_{1234} , prezentate în tabelul 9.7.

În urma calculării valorilor coeficienților variabilelor dependente modelul matematic care descrie funcția de răspuns y_2 – Total carbon este redat de ecuația (9.2.)

$$y_2 = 125,8 - 0,71x_1 + 0,29x_2 + 0,82 x_3 + 1,21x_4 + 5,52x_1^2 + 4,62x_2^2 + 4,32x_3^2 + 5,52x_4^2 - 0,06x_1x_2 - 0,06 x_1x_3 - 0,06 x_1x_4 + 0,06 x_2x_3 + 0,06 x_2x_4 + 0,06 x_3x_4 - 0,19 x_1x_2x_3 - 0,19 x_1x_2x_4 - 0,19x_1x_3x_4 - 0,31 x_2x_3x_4 - 0,06 x_1x_2x_3x_4$$

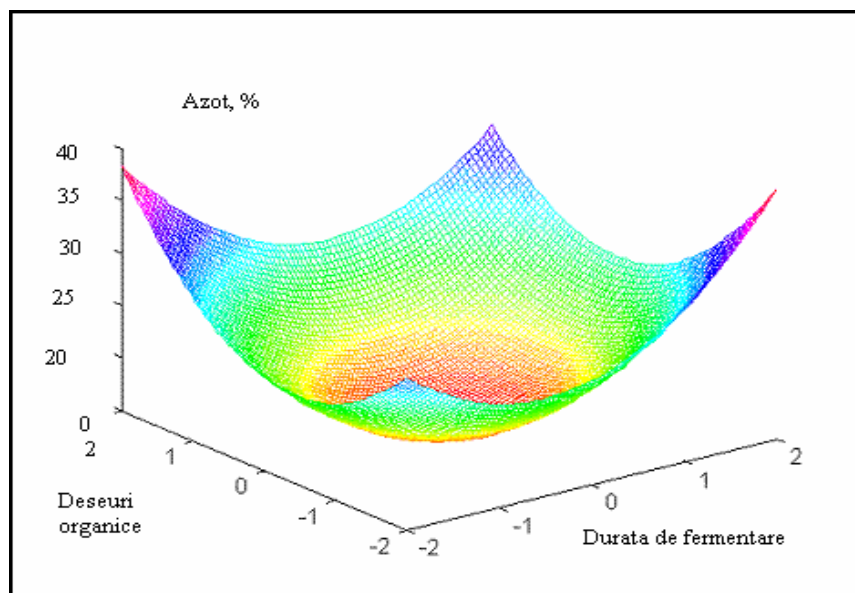


Figura 9.1. Variația Azotului în funcție de procentul de deșeuri organice și durata de fermentare, în condițiile în care cantitatea de zer adăugată și cantitatea de coajă se mențin în domeniul centrat

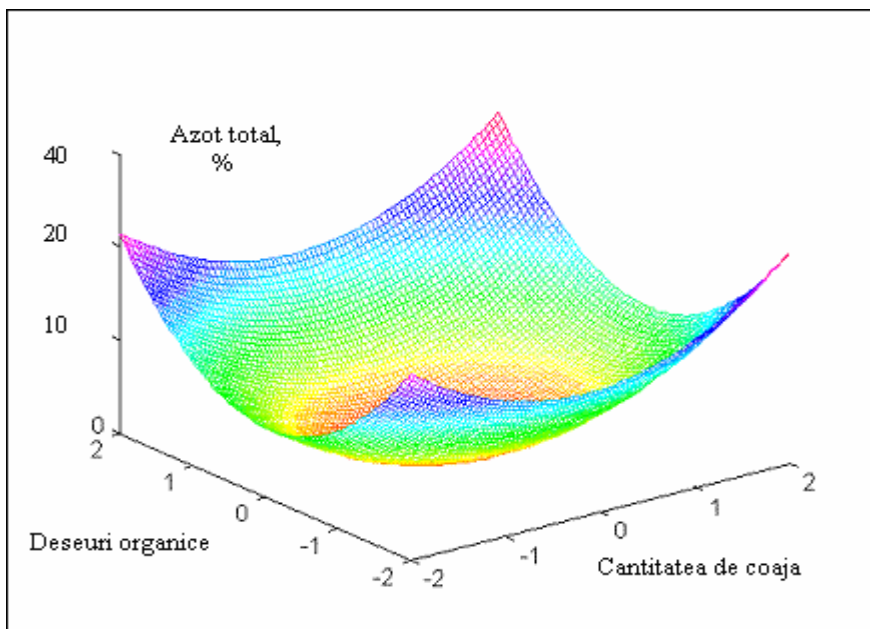


Figura 9.2. Variația Azotului în funcție de procentul de deșeuri organice adăugat și cantitatea de coajă în condițiile în care cantitatea de zer adăugată și durata de fermentare se mențin în domeniul centrat

Conținutul de carbon crește odată cu creșterea cantității de deșeuri organice, la un adaos de 70 %, condiție pentru un conținut de carbon optim. În acest caz cantitatea de zer este de 60%. Un adaos de deșeuri organice mai mic de 70% și un adaos de zer sub 60% determină o scădere semnificativă a conținutului de carbon (figura 9.5).

Un conținut de carbon în proporție de 2000g/kg în condițiile unui adaos optim de deșeuri organice de 70% este posibilă la o durată de fermentare a sistemului de 120 zile (figura 9.5.).

Adaosul de coajă de 60% contribuie în mod cert la creșterea conținutului de carbon în parametri normali, condiție pentru ca adaosul de deșeuri organice să fie minim de 70 % (figura 9.6.).

9.2.2. Determinarea valorilor optime ale parametrilor independenți

Pe baza calculelor efectuate s-au stabilit următoarele valori optime ale parametrilor independenți ai sistemului, necesari obținerii Azotului și carbonului cu valori optime pentru realizarea unui biofort organic cu dezvoltare maximă, după cum urmează în datele prezentate în tabelul 9.10.

Tabelul 9.10. Valorile optime ale parametrilor independenți ai programului de cercetare

Valori optime	Deșeuri organice, %	Conținutul de zer, %	Durata, zile	Conținutul de coajă, %
	X_1	X_2	X_3	X_4
Azot total, Y_1	70	60	120	60
Carbon, Y_2	70	60	120	60

Nivelul calitativ este confirmat și de compoziția minerală a rezidului la calcinare la $800 \pm 50^\circ\text{C}$, analize realizate folosind metoda absorbției atomice, tabelul 9.13 și analiza biologică, tabelul 9.14. - proceduri obligatorii dat fiind utilizarea subprodusului zer dulce.

Tabel 9.13. Compoziția minerală exprimată în % din reziduu fix la 800 ± 5 °C analizat

Elemente și microelemente analizate								
Ca ⁺²	Cu ⁺²	Mn ⁺²	Ni ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺¹	K ⁺¹	Zn ⁺²	Fe ⁺³
0,05	0,07	0,07	0,03	0,02	0,20	0,31	0,04	0,05

- Realizarea biofortului organic ecologic tip III a determinat și un răspuns la programul național privind depoluarea mediului în condiții economice prin valorificarea principiilor active existente în subprodusele industriale: industrializarea lemnului și industrializarea laptelui.
- Utilizarea zerului a contribuit și la reducerea consumului de apă industrială necesar pentru realizarea umidității sistemului supus procesului de fermentare anaerob.
- *Condițiile tehnologice redate în tabelul 9.10 se pot aplica cu eforturi energetice reduse prevăzute pentru: măcinarea cojii și formarea amestecului coajă-rumeguș, dozarea zerului dulce, costuri pentru betonarea platformei de fermentare și asigurarea condițiilor anaerobe prin izolare cu folii din plastic.

9.3. Concluzii

- Rezultatele obținute ca urmare a efectuării programului de cercetare au permis următoarele concluzii:
- ⇒ Pentru fertilizarea ecologică a agriculturii, cu obținerea de produse alimentare ecologice, se pot aplica bioforturi organice ecologice prin biosinteza resurselor regenerabile existente, ca urmare a unor activități industriale.

- ⇒ În programul de cercetare s-a prevăzut obținerea biofortului ecologic tip II folosind coaja, rumegușul din rășinoase, subproduse din industrializarea lemnului și zerul dulce din industria laptelui prin procedeul de fermentare anaerob.
- ⇒ Condițiile tehnologice optimizate au prevăzut:
- cantitatea de deșeuri organice 70% din care:
 - cantitatea de coajă 60% din amestecul coajă-rumeguș;
 - adaosul de zer dulce 60%;
 - durata de fermentare anaerobă 4 luni din anotimpul cald: aprilie-septembrie.
- ⇒ Calitatea biofortului obținut ca urmare a aplicării programului optimizat s-a prezentat cu următorii factori funcționali:
- Azot total – 17,83%
 - Carbon – 1250,8%
 - Raportul C/N – 7,33
 - Umiditatea – 35,14%
 - Conținutul în săruri minerale conform tabelului 9.13.
- ⇒ Realizarea biofortului organic ecologic tip III a determinat și un răspuns la programul național privind depoluarea mediului în condiții economice prin valorificarea principiilor active existente în subprodusele industriale: industrializarea lemnului și industrializarea laptelui.
- ⇒ Utilizarea zerului a contribuit și la reducerea consumului de apă industrială necesar pentru realizarea umidității sistemului supus procesului de fermentare anaerob.
-

⇒ Condițiile tehnologice redate în tabelul 9.10 se pot aplica cu eforturi energetice reduse prevăzute pentru: măcinarea cojii și formarea amestecului coajă-rumeguș, dozarea zerului dulce, costuri pentru betonarea platformei de fermentare și asigurarea condițiilor anaerobe prin izolare cu folii de plastic, condiții posibile de realizat la nivel industrial ca secții de producție în unitățile de industrializarea lemnului unde există activități de prelucrare a lemnului și poluarea cu rumeguș și coajă, subproduse nevalorificabile este evidentă.

CAPITOLUL X
CONSIDERAȚII TEHNICO - ECOLOGICE ÎN CONDIȚIILE
VALORIFICĂRII SUBPRODUSELOR REZULTATE DIN INDUSTRIA
LEMNULUI ÎN PRODUSE ȘI TEHNOLOGII ORGANICE
ECOLOGICE CU BIOFORTURI UTILIZATE ÎN INDUSTRIA
AGROTEHNICĂ

Studiul realizat a avut în vedere condițiile tehnologice și ecologice, pentru procedeul de depoluare prin valorificarea subproduselor din industrializarea și prepararea lemnului cu adaos de principii active din subprodusele din industria berii și industria laptelui în produse ecologice utilizate în agricultură.

10.5. Metoda indicelui de poluare globală (I_{PG}) pentru cei patru factori de mediu

Pentru cei patru factori de mediu analizați s-a obținut un pătrat, starea reală fiind patrulaterul cu o suprafață mai mică, cuprinsă în figura stării ideale reprezentată grafic pentru 10 unități de bonitate, după cum se observă în figura 10.4.

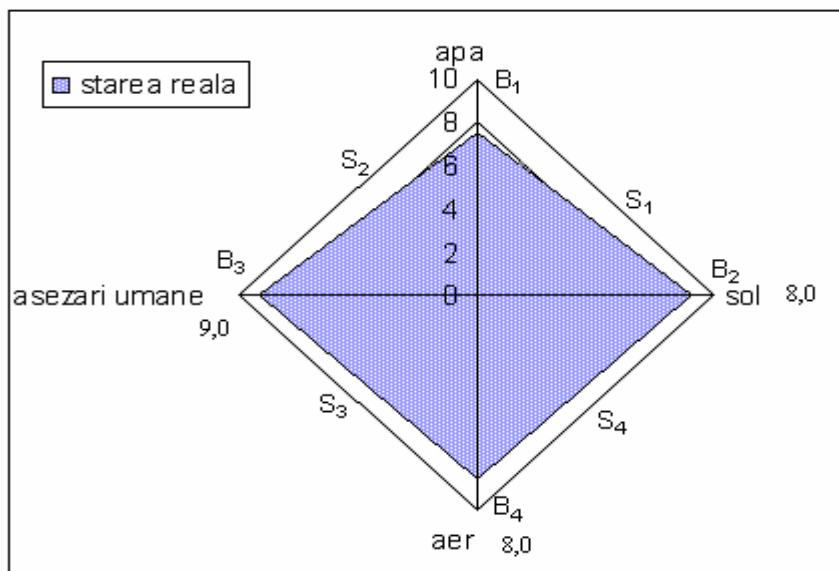


Figura 10.4. Reprezentarea grafică a indicelui de poluare globală pentru procesul de valorificare a subproduselor: coajă și rumeguș

Din reprezentarea grafică se calculează suprafețele reale pentru cei patru factori de mediu, respective: S_1 , S_2 , S_3 , S_4 ,

$$S_1 = \frac{B_1 \cdot B_2 \cdot 1}{2} = \frac{8 \cdot 8 \cdot 1}{2} = 32$$

$$S_2 = \frac{B_1 \cdot B_3 \cdot 1}{2} = \frac{8 \cdot 9 \cdot 1}{2} = 36$$

$$S_3 = \frac{B_3 \cdot B_4 \cdot 1}{2} = \frac{9 \cdot 8 \cdot 1}{2} = 36$$

$$S_4 = \frac{B_2 \cdot B_4 \cdot 1}{2} = \frac{9 \cdot 8,5 \cdot 1}{2} = 32$$

I_{PG} = indicele de poluare globală

Indicele stării de poluare globală (I_{PG}) rezultat din raportul dintre suprafața reprezentând starea ideală (S_i) și starea reală (S_r):

$$I_{PG} = \frac{S_i}{S_r}$$

(10.11.)

În urma calculelor efectuate a rezultat un indice de poluare globală cu următoarea valoare:

$$I_{PG} = \frac{200}{136} = 1,46$$

(10.12.)

Valoarea $I_{PG}=1,46$ găsită pentru obiectivul studiat, procesul tehnologic de obținere a biofortului organic, ecologic, caracterizează obiectivul analizat, din punct de vedere ecologic, astfel: „**Mediu supus efectului activității umane în limite admisibile**”.

CONCLUZII GENERALE

Rezultatele studiului documentar redată în partea I-a a tezei de doctorat „Cercetări privind reducerea gradului de poluare în exploatarea și prelucrarea lemnului” au avut în vedere: nominalizarea tehnologiilor aplicate în exploatarea și prelucrarea lemnului cu impactul negativ rezultat asupra factorilor de mediu: apă, aer, sol, dat fiind subprodusele rezultate, evidente cantitativ: coaja și rumegușul.

- În ipoteza că se amintesc numai câteva dintre problemele majore existente în teza de doctorat, se va prezenta scopul și necesitatea tematicii cercetării din programul tezei de doctorat.
- Scopul principal al programului cercetării redat în partea a II-a a avut în vedere:
 - Depoluarea mediului ambiant prin valorificarea subproduselor existente în industrializarea lemnului și industria alimentară;
 - Măsuri posibile pentru eliminarea din tehnologia agroindustrială a îngrășămintelor chimice sintetice, neecologice, cu acțiune poluantă asupra calității produselor alimentare. În sinteză:
Realizarea de produse organice ecologice „bioforturi” care să contribuie la transformarea agriculturii existente într-o agricultură ecologică, durabilă și nepoluantă.
- În acest context orientarea programului de cercetare a avut un rol evident:
 - Obținerea de îngrășăminte organice ecologice „bioforturi organice ecologice” cu acțiune lentă de asimilare agrotehnică prin realizarea unui program integrat de valorificare a subproduselor industriale

- În procesul de fermentare anaerobă, pentru sinteza humusului au intervenit: lignina din conținutul cojii și rumegușului, celoligninele care conțin o parte din energia termică cheltuită în procesul tehnologic de industrializare; compușii organici hidrocarbonați și azotați din compoziția borhotului de malț; drojdia de bere și zerul dulce; cu mențiunea: Compoziția minerală a acestor produse au înlocuit în totalitate cerințele compozițiilor minerali de sinteză respectiv compușii cu azot și fosfor.
- Programul de cercetare s-a realizat prin aplicare în tehnologiile noi, originale, a proceselor de fermentare anaerobă.
- Produsele noi obținute prin realizarea unor tehnologii originale, individualizate au fost nominalizate după cum urmează:
- *Biofort organic ecologic tip I, obținut prin fermentarea anaerobă a amestecului de componente organice fermentescibile existente în: coaja și rumegușul din lemnul de rășinoase, borhotul de malț și deșeurile rezultate din sortarea orzului – materie primă din tehnologia berii.*
- *Biofort organic ecologic tip II, obținut prin fermentarea anaerobă a subproduselor: coajă și rumeguș cu adaos de drojdie *saccharomyces carlsbergensis*, subprodus cu rol de catalizator în reacțiile existente în proces și sursă de azot și componente minerale.*

- *Biofort organic ecologic tip III, realizat ca urmare a reacțiilor de fermentare în procesul anaerob pentru: coajă, rumegușul și zerul dulce sursă de: compuși organici fermentescibili și minerali.*
- Compoziția chimică a materiilor prime utilizate în programul de cercetare s-a redat în **capitolul 6**. Ca urmare a analizelor realizate: standard, IR și termogravimetrice, se prezintă:
- Rumegușul colectat din prelucrarea lemnului de rășinoase provenit din lemnul pentru construcții și de reacție, tabelul 6.2., 6.3. și figura 6.1., 6.2, prezintă:
 - celuloză – 43,55% ;
 - lignină – 29,42% ;
 - cenușă – 3,08% ;
 - hemiceluloză – 24,11%.
- Coaja de rășinoase, tabelul 6.3, prezintă următoarea compoziție chimică:
 - celuloză – 25,07%;
 - lignină – 35,81%;
 - pentozane – 11,03%;
 - substanțe extractibile în soluție de NaOH 1% - 35,01%;
 - cenușă – 3,27%.
- Studiile termogravimetrice de distrucție termică, figura 6.3., 6.4., 6.5., au evidențiat:
 - valoarea energetică de activare - 83,63 Kj/mol
 - pentru lignină se prezintă:

⇒ procesul termic I între 145÷340 °C cu 64,38 KJ/mol;

⇒ procesul termic II între 350÷550 °C cu 71,91 KJ/mol;

⇒ procesul termic III pentru 470÷580 °C cu maxim 104 KJ/mol.

- Calitatea subproduselor din industria berii s-a redat în tebelele: 6.5., 6.6., 6.7., 6.8., 6.9.
- Borhotul de malț prezintă compoziția minerală redată în tabelul 6.7 iar elementele minerale analizate prin metoda absorbției atomice au dominat prin conținutul de: azot 5,41%, carbon 43,8%, sulf 7,7% la care se mai adaugă conținutul de microelemente: potasiu 0,27%, calciu 11,7%, sodiu 0,19%, compoziție care a condus la excluderea azotului din amoniacul necesar procesului de fermentație anaerobă.
- Drojdia *saccharomyces carlsbergensis*, tabelul 6.8 și 6.9, este caracterizată prin:
 - azot: max 9%;
 - glucide: 35÷45%;
 - lipide: 1,5÷2,5%;
 - cenușă: 4,0÷6,5%;
 - P_2O_5 : 2,5÷3,5%.
- Calitatea drojdiei *saccharomyces carlsbergensis* redată în tabelele 6.8 și 6.9 poate explica avantajele utilizării în procesul anaerob pentru obținerea biofortului organic ecologic:

- cantitatea de apă de $67\div 73\%$ existentă în compoziție, în suspensia de drojdie, va înlocui apa tehnologică necesară pentru umiditatea din proces;
 - conținutul componentelor organice: proteine cu un total de 9% azot, glucide, lipide și P_2O_5 vor înlocui amelioratorii sintetici, minerali, necesari reacției de biodegradare. Se asigură astfel condițiile tehnologice ecologice prevăzute în programul de cercetare, realizat fără adaos de componenți minerali: amoniac, azotați și fosfați.
- **Capitolul 7** redă: programul de cercetare, condițiile tehnologice originale optimizate și calitatea produsului „biofort organic ecologic” tip I obținut în procesul de fermentare anaerob folosind: coaja, rumegușul din lemnul de rășinoase, borhotul de malț și coaja de orz rezultată în procesul de sortare existent la fabricarea berii.
 - Pentru realizarea programului de cercetare s-a utilizat o instalație pilot formată din unități cubice, cu latura de 30 cm.
 - Materialele supuse procesului biochimic de fermentare, după dozare, sunt omogenizate și introduse în instalația pilot.
 - Pentru eliminarea aerului, materialul existent în fiecare celulă s-a presat cu un ciocan de lemn și s-a completat până ce acesta a ajuns la suprafața celulei pilot.
 - Programul experimental s-a realizat pe o perioadă de 12 luni, iar datele experimentale se referă la variantele temporale de lucru:
-

- Varianta I: *proces de biodegradare anaerobă în perioada 1 octombrie 2008-31 martie 2009 (perioada anotimpului rece).*
- Varianta a II-a: *proces de biodegradare anaerobă în perioada 1 aprilie 2009-30 septembrie 2009 (perioada anotimpului cald).*
- Justificarea alegerii perioadei experimentale a avut în vedere influențele posibile a condițiilor termice în perioadele experimentale programate pentru procesul anaerob de fermentare.
- Pentru realizarea programului tehnologic de cercetare s-a utilizat un program în sistemul centrat compus rotator de ordinul II cu 4 variabile și 31 de experiențe. Procesul biochimic considerat de tip anaerob s-a urmărit în primă etapă din probele colectate de sub 5 cm de la suprafață până la o adâncime de 30 cm a instalației pilot, condiție în care aerarea posibilă nu s-a mai semnalat.

În tabelele 7.1 și 7.2 se prezintă nominalizarea variabilelor independente experimentale.

Tabel 7.1. Nominalizarea variabilelor independente pentru varianta I

Denumirea variabilelor considerate dominante în proces	X_i	x - codificați					
		-2	-1	0	1	2	Δx
		valori reale					
Deșeuri organice biodegradabile, %	X_1	40	45	50	55	60	5
Temperatura, °C	X_2	30	35	40	45	50	5
Durata, zile	X_3	72	144	216	288	360	72
Umiditatea, %	X_4	45	50	55	60	65	5

Tabel 7.2. Nominalizarea variabilelor independente pentru varianta II

Denumirea variabilelor considerate dominante în proces	X_i	x - codificat					
		-2	-1	0	1	2	Δx
		valori reale					
Deșeuri organice biodegradabile, %	X_1	40	45	50	55	60	5
Temperatura, °C	X_2	50	55	60	65	40	5
Durata, zile	X_3	72	144	216	288	360	72
Umiditatea, %	X_4	45	50	55	60	65	5

- Reprezentările grafice reprezentative pentru procesul de biodegradare anaerobă în varianta I de lucru au evidențiat: Procesul tehnologic de biodegradare anaerobă este influențat în mod evident de parametrii de lucru redați în tabelul 7.1.
- Azotul organic, figura 7.1., prezintă valori cu variații de la 27,8% până la 29% acesta fiind dependent de conținutul de deșeuri organice cu valori în intervalul 50÷55%.
- Azotul total, figura 7.2, în care este inclus și azotul anorganic, prezintă valori de 38,5% pentru același conținut de deșeuri organice biodegradabile de 50÷55%, acesta fiind dependent de temperatură și durata a procesului.
- În aceleași condiții al consumului de deșeuri organice biodegradabile reziduul fix determinat la 100 ± 5 °C prezintă valori de 60% când umiditatea în sistem este de 65% și temperatura ca urmare a procesului de reacție exoterm este de 50 °C, figura 7.3, cenușa fiind de 1,8%.
- Conținutul de carbon organic, figura 7.5., poate atinge valoarea de 3600 mg/Kg dar se reduce în condițiile în care în sistemul experiment conținutul de deșeuri organice se găsește la valoarea maximă de 40%.

- Raportul carbon/azot prezintă în aceste condiții valoarea de 9.88 încadrând produsul obținut în categoria: produse cu funcții de ameliorator, agricol. Fertilizatorul organic ecologic prezintă următorul nivel calitativ propus pentru standardizare:
 - azot organic - 29%;
 - azot total - 38,5%;
 - reziduul fix la 100 ± 5 °C - 60%;
 - cenușă – 1,8%;
 - raportul C/N maxim 10
 - culoare brun-negru cu masa solidă omogenă.
- Parametrii tehnologici necesari în primă etapă experimentală sunt reprezentați de:
 - deșeurile organice biodegradabile – 50%;
 - temperatura – 50°C;
 - umiditatea - 45÷50%;
 - durata 180 zile,

cu observația: Compușii cu azot existenți în borhotul de malț au fost suficienți pentru procedeul de bioreacție anaerob, condiție în care nu este necesară utilizarea amoniacului ca sursă de azot. Procedeul de fermentare în mediu anaerob este economic și datorită eliminării fazei de amestecare pentru aerare, impusă de procedeul de bioreacție aerob.

- Pentru varianta experimentală II, s-au utilizat condițiile redate în tabelul 7.2.
- Pentru interpretarea rezultatelor programului de cercetare s-a folosit

metoda grafică utilizând reprezentările grafice din figurile 7.8÷7.14.

- În condițiile experimentale realizate azotul organic prezintă valori de $28,4\% \div 28,5\%$, în condițiile în care cantitatea de deșeuri organice a fost de 60%, durata de bioreacție fiind numai de 144 zile, s-a redus cu 40 de zile dacă se compară cu varianta I de lucru, figura 7.8.
- Azotul prezentat în figura 7.9 a fost de 40% la temperatura de $55 \div 60$ °C. Reziduu fix determinat la 100 ± 5 °C nu a depășit 65%, carbonul organic nu a depășit valoarea de 3500 mg/Kg la un consum de deșeuri organice de 55%.
- Raportul carbon/azot este de 8,07 încadrând produsul în categoria „biofort organic ecologic” utilizat ca îngrășământ fertilizator cu următorii indici calitativi:
 - azot organic – $28,4\% \div 28,5\%$;
 - azot total – 40,0%;
 - reziduu fix – 80,5%;
 - reziduu la calcinare – 4,0%
 - conținutul de carbon 3500 mg/Kg;
 - culoare brun-negru cu masă solidă, omogenă;
 - raportul C/N maxim 8.
- Caracteristicile minerale pentru produsul „biofort organic ecologic tip I”, realizat în perioada celor 6 luni de primăvară-vară sunt redată și în tabelul 7.5.

Tabel 7.5. Nivelul calitativ pentru “biofort organic ecologic”

Caracteristici	Valori % în masa de biofort		
carbon	38,50	Elemente și microelemente	
hidrogen	7,4	calciu	0,156
sulf	5,1	cupru	0,272
azot	9,05	mangan	0,189
cenușă, 800°C	4,0	zinc	0,291
		fier	0,162

- Tabelul 7.5. a relevat influența pozitivă a compoziției minérale a borhotului de malț în calitatea biofortului organic ecologic, excluzând astfel adaosurile suplimentare de compuși minerali anorganici.
- În perioada celor 6 luni, durată prevăzută în programul de cercetare, s-au evidențiat următoarele: procesul s-a finalizat în 144 de zile, situație în care produsul bioreactiv s-a realizat în perioada de vară când temperatura în sistemul reactiv a fost de 60 °C.
- Tehnologia cercetată considerată originală contribuie în mod evident la reducerea impactului negativ produs de deșeurile poluante studiate: parametrii tehnologici fiind:
 - cantatea deșeurilor organice 60%;
 - durata 144 zile realizate în perioada aprilie – septembrie a anului calendaristic;
 - temperatura de reacție 60 °C;
 - umiditatea 55%.
- Se menționează:

- Procedul de bioreacție anaerob aplicat pentru realizarea biofortului organic ecologic tip I prezintă următoarele avantaje:
 - procedeul anaerob este tehnico-ecologic prin:
 - eliminarea aditivilor minerali: amoniac, îngrășăminte chimice;
 - reduce consumul de apă tehnologică prin utilizarea borhotului de malț care asigură umiditatea sistemului;
 - elimină costurile necesare pentru omogenizare periodică, operație prevăzută de procedeul aerob de fermentare.
- În contextul preocupărilor naționale referitoare la protecția mediului ambiant și ecologizarea acestuia s-a urmărit realizarea unui program complex de cercetare care are în vedere: depoluarea mediului ambiant prin reducerea și valorificarea componentelor poluante din: industria lemnului și industria alimentară – industria berii, cu realizarea de bioforturi organice ecologice.
- În acest context s-a realizat un program original de cercetare pentru transformarea subproduselor din industria lemnului: rumegușul și coaja, într-un biofort organic ecologic tip II, folosind procedeul anaerob de fermentare catalizat de drojdia *saccharomyces carlsbergensis* – subprodus din industria berii, **capitolul 8**.
- Procedeul de fermentare anaerob a avut în vedere capacitatea drojdiilor de a produce o cantitate suficientă de coenzime care menține activitatea enzimatică din sistem. Procesul asigură un efect pozitiv în formarea de compuși cu proprietăți asemănătoare humusului, compus necesar pentru

asigurarea efectelor pozitive asupra solului și a dinamicii elementelor nutritive.

- Pentru realizarea biofortului organic ecologic tip II s-a utilizat procedeul de fermentare anaerob pentru care s-a utilizat un sistem experimental format din 30 de celule cubice cu latura de 30 cm, izolate în mod individual cu folie dublă din material plastic.
- Materialele utilizate sunt constituite dintr-un amestec de coajă de lemn de rășinoase și rumegușul rezultat din procesarea lemnului de rășinoase, nivelul calitativ s-a redat în capitolul 6.
- Umiditatea sistemului de 50% s-a realizat prin adaosul suspensiei de drojdie cu concentrație de 8,5%.
- Subprodusul: drojdia *Saccharomyces carlsbergensis*, aprovizionat de la societatea de industrializarea berii din Onești, prezintă următorii indici calitativi: proteine totale 49,37%, cenușă 5,3%, compoziția cenușii s-a redat în capitolul 6.
- Optimizarea procesului s-a realizat cu utilizarea unui program experimental factorial de tip 3^2 cu 3 variabile independente în proces:
- Domeniul de variație a variabilelor cheie sunt redate în tabelul 8.1 și extins în tabelul 8.2, formate din:
 - deșeuri organice fermentescibile: 60÷80%;
 - durata de fermentare: 80÷160 zile;
 - cantitatea de drojdie: 10÷30%;
- Valorile experimentale dependente, dominante în punctul centrat al experimentului sunt redate în tabelul 8.3.:

- Valoarea reală a conținutului de azot a variat de la : $17,5 \div 18,05\%$, valoarea medie de $17,85$ fiind calculată având în vedere 27 de experimente realizate, conținutul de carbon s-a înscriindu-se în limitele: $1383,5\%$ până la $1384,2\%$.
- Pentru determinarea optimului funcției de răspuns s-a utilizat metoda multiplicatorilor Lagrange, optimul funcției y se va găsi în punctul în care derivatele parțiale de ordinul 1 ale funcției în raport cu fiecare variabilă, se anulează.
- Valorile optime pentru parametri tehnologici de intrare sunt redați în tabelul 8.7 nominalizați valoric prin:
 - deșeuri organice fermentescibile - 62% ;
 - durata procesului de fermentare – 4 luni, recomandat în anotimpul cald;
 - cantitatea de drojdie – 20% .
- Pentru interpretarea rezultatelor s-a ales metoda grafică de exprimare a ecuațiilor de regresie redată în tabelele 8.8, 8.9, 8.10 evidențiind influența cumulată și individuală a parametrilor tehnologici utilizați:
- Interacțiunea dintre durata de fermentare și cantitatea de drojdie are un efect negativ mai slab în comparație cu influența cumulată a efectelor parametrilor: deșeuri organice fermentescibile și durata de fermentare.
- În programul tehnologic utilizat pentru obținerea „biofortului organic ecologic” tip II constă în fertilizarea anaerobă a rumegușului și a cojii de rășinoase, proces catalizat de drojdia *saccharomyces carlsbergensis*, soluție bazată de proprietatea acestui subprodus de a media biotransformările

existente în procesul fermentativ. Condițiile tehnologice s-au concretizat după cum urmează:

- materia primă: coaja în proporție de 60% și rumegușul de rășinoase în proporție de 40% din amestec;
 - biocatalizator, drojdia *saccharomyces carlsbergensis* în cantitate de 20% raportată la substanțele organice biodegradabile existent din amestecul fermentativ;
 - durata 4 luni – 120 zile realizate în anotimpul cald: 1 mai – 30 septembrie.
- Biofortul organic tip II prezintă un nivelul calitativ necesar pentru fertilizarea solului în agricultură
 - Indicii calitativi s-au nominalizat prin:
 - conținutul de azot organic – 17,83%;
 - conținutul de azot total – 73,31%;
 - reziduu fix la 100 ± 5 °C;
 - conținutul de carbon – 1384mg/kg;
 - umiditate – 35,14%;
 - raportul C/N – 7,77.
 - Conținut mineral:
 - fier – 65 μg/g;
 - zinc – 500 μg/g;
 - magneziu – 65 μg/g;
 - cupru – 10 μg/g;
 - potasiu – 15 μg/g.
-

- Proprietățile organoleptice:
 - aspect: pulbere omogenă, fără aglomerări sau corpuri străine;
 - culoare: brun închis până la negru;
 - miros: caracteristic îngrășămintelor naturale, fără mirosuri străine – mucegai, putrefacție.
- Caracteristici microbiologice:
 - Număr total de germeni la 1 g produs – 12000;
 - Salmonella – absent;
 - Bacterii coliforme – absent;
 - Mucegai, număr de colonii la 1 g - absent.
- Tehnologia și realizarea produsului „biofortului organic ecologic tip II” răspunde la următoarele obiective:
 - Depoluarea mediului ambiant prin valorificarea subproduselor din industria lemnului și industria berii
 - Biofortul organic ecologic se poate utiliza la fertilizarea ecologică a solului agroindustrial, valoarea raportului C/N fiind la nivelul cerințelor optimizate și necesare și poate substituirea fertilizatorii sintetici cu acțiune toxică și poluantă, reducând după caz îngrășămintele rezultate din industria zootehnică.
- Optimul pentru cele două variabile se realizează în condițiile în care cantitatea de deșeuri organice fermentescibile se găsește la valoarea de 62%, determinând astfel un proces de fermentare optimă în intervalul de 4 luni cu precizarea: procesul să se producă în anotimpul cald.

- Calitatea produsului nou realizat „biofortului organic ecologic tip II” s-a prezentat în tabelele 8.11, 8.12, 8.13,, caracteristicile funcționale fiind:
 - Conținutul de azot organic: 17,83%;
 - Conținutul de azot total: 73,31%;
 - Reziduu fix la $100\pm 5^{\circ}\text{C}$: 64,85%;
 - Conținutul de carbon: 1384,1%;
 - Umiditate: 35,33%;
 - Raportul C/N: 7,77 caracterizând produsul „bun” pentru fertilizarea solului.
- Microelemente din reziduu fix la $800\pm 5^{\circ}\text{C}$ sunt redată în tabelul 8.12, concluzia fiind: biofortul organic ecologic de tip II conține elemente și microelemente necesare pentru fertilizarea solului.
- Analiza microbiologică, tabelul 8.13, corespunde normelor în vigoare, prezența drojdiei *saccharomyces carlsbergensis* nu influențează indicii microbiologici.
- Aspect solid de culoare brun spre negru – conținutul de germeni microbiologici toxici sunt sub limita standard.
- Realizarea programului original de cercetare se bazează pe soluții originale și răspunde la următoarele obiective:
 - depoluarea mediului ambiant prin valorificarea subproduselor din industrializarea lemnului și industria berii;
 - obținerea de produse noi în cazul redat mai sus „biofort organic ecologic tip II” utilizat pentru fertilizarea ecologică a solului agroindustrial cu substituirea fertilizatorilor sintetici

cu acțiune toxică și poluantă.

Se propune:

- Proiectarea și realizarea unităților și secțiilor pentru realizare a biofortului organic ecologic de tip II în complexele de industrializare a lemnului existente în funcțiune, sau la nivel local, acolo unde sunt în funcțiune activități de exploatare și valorificare a lemnului în urma cărora există în mod inevitabil subproduse de tip coajă și rumeguș, subproduse poluante în condiții de o valorificare insuficientă sau fără utilizare. Schema tehnologică s-a prezentat în capitolul zece.
- Procedeul de fermentare anaerob considerat original prin parametri utilizați prezintă și avantaje economice: elimină costurile necesare pentru omogenizare și aerare, condițiile procesului aerob. Utilizarea suspensiei de drojdie *saccharomyces carlsbergensis* conduce la excluderea consumului de apă tehnologică utilizată pentru realizarea umidității sistemului fermentativ.
- În capitolul 9 s-a programat și realizat un program de cercetare original care are în vedere utilizarea subproduselor din industria laptelui, a zerului dulce, în proporții comparabile cu subprodusele organice biodegradabile formate din rumeguș și coajă astfel încât prin procesul anaerob să se realizeze scopul final: realizarea biofortului organic tip III cu utilizare în fertilizarea solului.
- Pentru relizarea programului de cercetare s-a utilizat programarea experiențelor în sistem compus centrat rotator de ordinul II cu patru variabile.

- Domeniile de variație a parametrilor experimentali pentru obținerea biofortului organic ecologic de tip III sunt redată în tabelul 9.1.

- Deșeurile organice biodegradabile în limitele: $40 \div 80\%$;
- Cantitatea de zer dulce: $59 \div 90\%$;
- Durata de fermentare anaerobă: $60 \div 180$ zile;
- Adaosul de coajă: $40 \div 80\%$.

Cantitatea de apă necesară pentru o umiditate a amestecului de 60% este formată din zerul utilizat și apă industrială.

- Din siteza datelor experimentale redată în capitolul 6 rumegușul din lemnul de rășinoase prezintă următorii indicatori:

- celuloză: 43%;
- lignină: 25%;
- compoziția mineralelor: conform tabelului 9.3.

- Pentru zerul dulce compoziția chimică este formată din:

- substanță uscată la 100 ± 5 °C: 7,42%;
- proteine totale: 1,12%;
- lactoză: 5,43%;
- cenușă: 0,82%;
- mineralele din cenușă: valori în tabelul 9.2.

- Coaja de rășinoase, după măcinare într-o moară cu ciocane, prezintă dimensiuni de: $1 \div 5$ mm.

- Centrarea punctului optim s-a realizat prin:

- stabilirea intervalelor de studiu a parametrilor evidențiați în tabelul 9.1;

- atribuirea valorilor adimensionale pentru variabilele de proces, tabelul 9.4;
 - elaborarea modelului pentru obținerea biofortului organic ecologic tip III;
 - determinarea optimului variabilelor dependente pentru azot și carbon cu aplicarea metodei multiplicatorului Lagrange.
- Valorile optime realizate pentru parametrii procesului de fermentare anaerobă sunt:
 - deșeuri organice biodegradabile: 70%;
 - cantitatea de zer dulce: 60%;
 - durata de fermentare: 120 zile;
 - adaosul de coajă: 60%.
 - Pentru interpretarea rezultatelor s-a ales metoda grafică de exprimare: tabelul 9.9, figurile 9.1, 9.2, 9.3, 9.4, 9.5, 9.6, 9.7 cu următoarea concluzie:
 - valorile pentru azot și carbon, valori dependente dominante, care să ateste un proces de fermentație anaerob complet, se obțin la un adaos de deșeuri organice biodegradabile de 70% la un adaos de coajă de 60%, la o durată de 120 zile perioada propusă: aprilie-septembrie.
 - Calitatea biofortului organic tip III este redată în tabelul: 9.12, 9.13, 9.14, în sinteză:
 - cantitatea de azot – 17,83%;
 - cantitatea de carbon – 1250,8mg/kg;
 - raportul C/N – 7,33;

- umiditatea – 35,14%.
 - Conținutul în săruri minerale conform tabelului 9.13.
- Realizarea biofortului organic ecologic tip III a determinat și un răspuns la programul național privind depoluarea mediului în condiții economice prin valorificarea principiilor active existente în subprodusele industriale din industrializarea lemnului și industrializarea laptelui.
- Utilizarea zerului a contribuit și la reducerea consumului de apă industrială necesar pentru realizarea umidității sistemului supus procesului de fermentare anaerob.
- Condițiile tehnologice redate în tabelul 9.10 se pot aplica cu eforturi energetice reduse prevăzute pentru: măcinarea cojii și formarea amestecului coajă-rumeguș, dozarea zerului dulce, costuri pentru betonarea platformei de fermentare și asigurarea condițiilor anaerobe prin izolare cu folii de plastic. Tehnologia se poate realiza la nivel industrial în secții de producție în unitățile de industrializarea lemnului unde există activități de prelucrare a lemnului și poluare cu rumeguș și coajă, subproduse nevalorificabile.
- Considerațiile tehnoco-ecologice formulate în condițiile valorificării subproduselor rezultate din industria lemnului, a berii și prelucrarea laptelui sunt redate în capitolul 10 astfel:
- Evaluarea ciclului de viață a produselor tip biofort organic ecologic tip I, tip II și tip III, la care s-a adăugat și schema tehnologică cu redarea condițiilor poluante posibile: reziduuri solide, poluarea apei, zgomot, produsele rezultate de la măcinarea cojii și utilizarea rumegușului.
- Analiza eficienței activității tehnologice și gradul de utilizare a resurselor și

a impactului asupra mediului ambiant este redată în tabelul 10.1 și 10.2 din care rezultă:

- gradul de valorificare a resurselor materiale: K_1 este de 82,05%;
- gradul global de valorificare K_2 este de 90%.
- Din analizele efectuate asupra apelor uzate, tabelul 10.4, rezultă: indicatorii de calitate care depășesc limitele N.T.P.A. 002/2005 pentru CBO_5 minim 35%, maxim 70%, iar la indicatorul materii în suspensie - maxim 60%.
- În vederea respectării condițiilor de evacuare a apelor uzate, în canalizarea stradală, conform N.T.P.A. 002/2005 se propune: retehnologizarea instalațiilor existente prin suplimentarea cu:
 - treaptă de epurare mecano-chimică;
 - treaptă de epurare biochimică.
- Evaluarea impactului ecologic în condițiile obținerii bioforturilor organice ecologice agricole, a evidențiat:
 - nota de bonitate pentru apă: 8 (opt);
 - impactul asupra solului: 8 (opt);
 - nota de bonitate pentru așezări umane: 9 (nouă);
 - impactul asupra factorilor de mediu: 8 (opt).
- Din aplicarea metodei de calcul pentru indicii de calitate I_c și indicele de poluare global I_{PG} , tabelul: 10.12, 10.13, 10.14, 10.15, rezultă indicii de calitate pentru:
 - apă: -1;
 - aer: +2.

- Valoarea indicelui I_{PG} este de 1,46 valoare care permite concluzia: procesul de obținere a biofortului organic ecologic caracterizează obiectivul analizat din punct de vedere ecologic astfel: *Mediul ambiant este supus efectului activității umane în limite admisibile.*
- În concluzie se apreciază:
 - Fabrica/secția de valorificare coajă și rumeguș prin funcționare, nu produce un impact negativ asupra factorilor de mediu: apă aer, sol.
 - Impactul pozitiv rezultat la fabricarea surselor naturale ecologice folosite pentru fertilizarea solului agricol constă în utilizarea bioforturilor organice ecologice realizate cu utilizarea procedeului anaerob de fertilizare, este evident.
 - Tehnologia și produsele obținute au un impact economic pozitiv și prin valorificarea de subproduse industriale, în cazul cercetat și redat în teza de doctorat, sunt rezultate în industria berii și prelucrarea laptelui, acestea contribuind în mod evident și la realizarea soluției: depoluare pentru mediu ambiant prin valorificare de subproduse industriale poluante.
 - Realizarea produselor noi: bioforturi organice ecologice tip I, tip II și tip III, a determinat și un răspuns la programul național privind procese biochimice originale care să utilizeze resurse naturale regenerabile: subproduse din industrializarea lemnului, industria berii și prelucrarea laptelui.

- În mod evident, prin programul cercetat s-a realizat valorificarea principiilor active existente în compoziția subproduselor cercetate și depoluarea mediului în condiții economice.
- Condițiile tehnologice optimizate necesare pentru realizarea nivelului calitativ necesar bioforturilor organice ecologice tip I, tip II și tip III, se pot aplica cu eforturi energetice reduse, eforturi nominalizate pentru: măcinarea cojii, sortarea rumegușului, formarea amestecului rumeguș/coajă, dozarea subproduselor din industria berii și prelucrarea laptelui.
- Aplicarea tehnologiilor cercetate se poate realiza la nivel industrial în cazul societății industriale de industrializarea lemnului și în condițiile unor exploatări forestiere private.
- Utilizarea bioforturilor organice ecologice tip I, tip II și tip III utilizarea pentru ameliorarea și fertilizarea solului agricol și realizarea de produse ecologice suplimentare va contribui și la depoluarea mediului ambiant prin reducerea/eliminarea îngrășămintelor sintetice și agrozootehnice.

VALORIFICAREA TEZEI DE DOCTORAT:

ACTIVITATEA ȘTIINȚIFICĂ DIN CADRUL TEZEI DE DOCTORAT

- 1. Rapoarte de cercetare aprobate de comisii științifice numite de conducerea Școlii Doctorale din Universitatea „Gh. Asachi” Iași – Facultatea de Inginerie Chimică și Protecția Mediului.**

1.1. Cercetări privind reducerea gradului de poluare în exploatări forestiere – 2009.

1.2. Considerații documentare privind poluarea mediului în exploatarea și prelucrarea lemnului – 2010.

1.3. Raport de cercetare – Considerații documentare privind poluarea mediului, depoluare prin valorificarea deșeurilor lemnoase privind compostarea și fermentarea biochimică – 2010.

2. Lucrări științifice comunicate în manifestările științificenaționale cu participare internațională.

2.1. Autori: Chiriac Alexandru, Grosu Luminița, Ciobanu Domnica, Ioniță Irina. „Subproduse din industrializarea lemnului, materii prime pentru bioforturi organice agricole” la Conferința cu prticipare internațională pe tema: „Științe Aplicate, Chimie, Inginerie chimică” – CISA 2010.

2.2. Autori: Chiriac Alexandru, Feraru Adrian, Ciobanu Domnica. „Valorificarea subproduselor din industria lemnului cu impact pozitiv asupra mediului ambiant” la Conferință cu participare internațională pe tema: „Chimia coloizilor și suprafețelor”, Galați 2011.

2.3. Autori: Grosu Luminița, Ciobanu Domnica, Chiriac Alexandru. „Compoziția chimică a subproduselor din industrializarea lemnului responsabilă în procesele biochimice de fermentare” la Cinquémé Colloqve Franco-Roumain de Chimie Appliquee, 25÷29 iunie 2008, Bacău, România.

3. Lucrări trimise spre publicare la reviste cotate I.S.I.

3.1. Irina Ioniță, Ciobanu Domnica, Chiriac Alexandru - Pollution prevention practices in wood finishing for furniture manufacturing. Revista: Environmental engineering and management journal, „Gh. Asachi” Technical University of Iași, România, 2009.

- 3.2. Chiriac Alexandru, Ioniță Irina, Ciobanu Domnica, Grosu Luminița, Apetrei Costel – Subproduse din industria lemnului și a leptelui în tehnologia bioforturilor organice ecologice. Revista: Carpathian Journal of Earth and Enviromental Sciences, 2011.
- 3.3. Ioniță Irina, Chiriac Alexandru, Ciobanu Domnica, Apetrei Costel – Compoziția subproduselor din industrializarea lemnului surse de poluare pentru mediul ambiant. Revista: Carpathian Journal of Earth and Enviromental Sciences, 2009.

4. Lucrări publicate în revistele naționale

- 4.1. Chiriac Alexandru, Ioniță Irina, Ciobanu Domnica – Caracterizarea materiilor prime, subproduse industriale în obținerea biofortului organic. Revista: Analele Universității „Transilvania”, Brașov, 2010.
- 4.2. Chiriac Alexandru, Manea Livia, Ciobanu Domnica – Drojdia carlsbergensis, biocatalizator în procesele de fermentare biochimică. Revista: Analele Universității „Dunărea de jos” Galați, 2009.
- 4.3. Chiriac Alexandru, Ioniță Irina, Căliman Octavian, Ciobanu Domnica – Deșeuri din industria lemnului și a berii în fertilizarea agriculturii. Revista: Analele Universității „Dunărea de jos” Galați, 2009.

5. Contracte de cercetare

Contract: „Linii tehnico-ecologice pentru reducerea poluării în unitățile din industrializarea lemnului”

- perioada: 2009÷2010;
- baneficiar: S.C. Fabrica de parchet Barlinek S.A. Romania;
- executant: ing. Chiriac Alexandru

LUCRĂRI CU CARACTER ORIGINAL

în teza de doctorat:

„CERCETĂRI PRIVIND REDUCEREA GRADULUI DE POLUARE ÎN EXPLOATAREA ȘI PRELUCRAREA LEMNULUI”

1. Cercetarea și implementarea unui program original, în sistem integrat:
 - sistem agricol;
 - industrializarea și prelucrarea lemnului;
 - industria alimentară,

sistem care să răspundă la cerințele imediate și necesare pentru asigurarea agriculturii ecologice durabile.

2. Programe de cercetare cu: optimizare și realizare individualizată pentru procesele biochimice anaerobe de fermentare în condițiile complexe de valorificare a subproduselor realizate din:
 - industrializarea și prelucrarea lemnului: coaja și rumegușul;
 - industrializarea laptelui: zerul dulce;
 - industrializarea berii: borhot și drojdia *saccharomyces carlsbergensis*.
3. Tehnologii pentru realizarea bioforturilor organice ecologice tip I, tip II și tip II, cu factorii directori pentru aplicare, generalizare.
4. Caracterizarea calitativă pentru trei produse noi, biofort organic ecologic: tip I, tip II și tip III, produse necesare pentru fertilizarea și amendarea solului agricol.
5. Studiul tehnico-ecologic de impact particularizat pentru programul cercetat.

BIBLIOGRAFIA- Sinteza

6. ARMEF – CTBA - Manuel d'exploitation forestiere. Tome I., 1993
13. Barbu M.C., Mitișor Al. - Tehnologia fabricării plăcilor din fibre de lemn. Universitatea Transilvania Brașov, 124 p, 1999.
18. Beldeanu E.C. - Concepții actuale privind funcția social - economică a sistemelor agroforestiere în unele țări dezvoltate din zona temperată. Analele Universității din Oradea, Tomul IV, Fascicola Silvicultură, pp. 34-43, 2001 .

19. Beldeanu E.C. - Produse conexe rezultate in fabricile de cherestea. Meridiane forestiere, nr. 4, 3-6 p, 2007.
 35. Bold V.O., Mărcineanu G.A. - Managementul deșeurilor solide urbane și industriale. Ed. MatrixRom, București, 2003
 37. Bontaș I. - Microbiologie industrială, Litografia Universității Tehnice "GH. Asachi", Iași, 1996
 42. Burlacu GH., Cavache A., Burlacu R. - Potențialul productiv al nutrețurilor și utilizarea lor. Editura Ceres, București 2002.
 46. Chis E. - Chimie . Biochimie vegetală. Universitatea Transilvania Brașov, 1991.
 48. Ciobanu D., Nedeff V. – Surse și factori de poluare chimică în diferite medii industriale, Ed. Tehnică Chișinău, 1991
 42. Clark A.C., G.R. Scollary - Anal Chim. Acta., 413 (2000), 25
 57. Drăgoi M. - Economie forestieră. Editura Economică București, 228p, 2000.
 88. Ionescu A. - Utilizarea deșeurilor organice ca îngrășământ, Editura Ceres, București, 1998
 89. Ionescu A.- Utilizarea deșeurilor organice ca îngrășământ, Editura Ceres, București, 1985
 90. Istrati L., Harja M. - Biotehnologii în protecția mediului, Editura Tehnică-Info, Chișinău, 2006
 107. Macărescu B., Nedeff V. – Legislație – Reglementări. Standarde de protecția mediului, vol. II, Editura Informatică, 2006
 109. Macoveanu M., Robu B. – Evaluări de mediu pentru dezvoltare durabilă, Editura Ecozone, Iași, 2000
-

110. Malutan, Th., Popa V.I. - Tehnologii de obținere a aditivilor din industria de celuloză și hârtie, Iași, Editura Dosoftei, 2002
123. Papay M. - Managementul deșeurilor lemnoase. Întârzia, nr.9, pp. 128÷129, 2005.
124. Păunescu I., Paraschiv G. - Instalații pentru reciclarea deșeurilor, Editura Agir, București, 2000
136. Popa V.I., Tehnologii de valorificare a ligninei, Iași, Rotaprint, Institutul Politehnic, 1983
152. Sofletea N., Curtu L., Dendrologie. Ed. Universitatea Transilvania Brasov, 418 p, 2007.
165. Timofte A., 2006: Bazele prelucrării primare a lemnului ed. Academic Pres, Cluj-Napoca 281p.
169. Volf I. - Elemente de biotehnologie și bioremediere, Editura PIM, Iași, 2007