

MINISTERUL EDUCAȚIEI, CERCETĂRII ȘI TINERETULUI
UNIVERSITATEA din BACĂU

FACULTATEA de INGINERIE

CALEA MĂRĂȘEȘTI NR. 157

Tel. +40 234 580170, Fax. +40 234 580170

<http://www.ub.ro>, decaning@ub.ro



Departamentul de Inginerie Chimică și Alimentară

Catedra Chimia și Ingineria Siguranței Alimentare și Protecției Mediului

Prof.univ.dr.ing. Lucian Gavrilă

GESTIONAREA, VALORIFICAREA ȘI MINIMIZAREA DEȘEURILOR INDUSTRIEI ALIMENTARE

2007

GESTIONAREA, VALORIFICAREA ȘI MINIMIZAREA DEȘEURILOR INDUSTRIEI ALIMENTARE

Cuprins

1. INTRODUCERE	1
2. DEȘEURILE INDUSTRIEI ALIMENTARE	3
2.1. Definirea deșeurilor	3
2.2. Clasificarea și proprietățile deșeurilor industriei alimentare	4
2.3. Metode generale de reutilizare și/sau tratare a deșeurilor industriei alimentare	7
2.3.1. Valorificarea în agricultură sau zootehnie	7
2.3.2. Incinerarea	8
2.3.3. Fermentarea anaerobă	8
2.3.4. Compostarea	8
2.3.5. Aplicarea pe sol a deșeurilor netratate sau tratate parțial	8
2.3.6. Tratarea în iazuri și lagune	9
2.3.7. Tratarea prin procedeul cu nămol activate	9
2.3.8. Tratarea prin sedimentare, decantare și flotație	9
2.3.9. Tratarea prin procese de membrană	10
2.3.10. Tratarea prin procedee chimice	10
2.3.11. Tratarea în bioreactoare	10
2.3.12. Noi metode de valorificare a deșeurilor industriei alimentare	10
3. EVALUAREA CICLULUI DE VIAȚĂ ÎN INDUSTRIA ALIMENTARĂ	12
3.1. Procesul și metodologia evaluării ciclului de viață	13
3.2. Evaluarea ciclului de viață al produselor alimentare	14
3.2.1. Unitatea funcțională	14
3.2.2. Granițele sistemului	15
3.2.3. Alocarea	15

1. Introducere

Industria alimentară este supusă unor presiuni crescute de a-și îmbunătăți performanțele de mediu, atât din partea consumatorilor, cât și din partea forurilor legislative care răspund și ele la presiunea consumatorului. O serie de tehnologii „curate și prietenoase” pentru prelucrarea produselor alimentare au fost elaborate tocmai cu scopul de a permite producătorilor să înțeleagă mai bine efectele pe care activitățile lor le au asupra mediului și pentru a putea adopta măsurile practice în vederea realizării unei producții durabile.

Atunci când punem în discuție impactul producției alimentare asupra mediului, este important să utilizăm o abordare holistică, asupra întregului sistem. De exemplu, nu este eficient să reducem emisiile dintr-o instalație de prelucrare a produselor agricole dacă prin aceasta se ajunge la un consum mai ridicat de materii prime, consecința directă fiind creșterea emisiilor în agricultură. Întrucât lanțul alimentar este complex, impactul asupra mediului poate apărea în mai multe locuri și în diverse momente, chiar și numai pentru un singur produs alimentar. Evaluarea ciclului de viață (ECV, LCA = Life Cycle Assessment) oferă o modalitate de evaluare a impactului asupra mediului a unui produs, proces sau activități, pe întreaga sa durată de viață.

Cele două probleme cruciale legate de tehnologiile alimentare sunt managementul energiei și managementul deșeurilor. Producerea de alimente se realizează cu consumuri semnificative de energie, iar din proces rezultă cantități relativ mari de deșeuri. Deșeurile conexe industriei alimentare pot fi clasificate în trei categorii: (i) deșeuri rezultate din procesele de producție, (ii) produse alimentare și resturi de produse alimentare aruncate ca deșeuri municipale solide și (iii) ambalaje. O pondere ridicată în aceste deșeuri o au ambalajele, provenite atât de la ambalarea secundară, cât și de la ambalarea primară, pentru consumatori. Cel puțin în țările industrializate, sectorul alimentar este cel mai mare utilizator de ambalaje.

În conformitate cu Eurostat, baza de date a Comisiei Europene, la nivelul anului 2002 nivelul deșeurilor generate de industria europeană a produselor alimentare, băuturilor și produselor din tutun a fost în medie de 154 kg/(an x locuitor), variind între 22 kg/(an x locuitor) în Franța și Bulgaria și peste 600 kg/(an x locuitor), în Olanda și Irlanda. În România, nivelul este de 62 kg/(an x locuitor), comparabil cu cel din Turcia, Ungaria, Slovenia și Portugalia [1]. Această împrăștiere a datelor pe o plajă foarte largă de valori nu poate fi explicată doar prin influența modului de producere sau de consum a acestor produse; ea arată că este necesară o armonizare a standardelor de definire și recunoaștere a diverselor tipuri de deșeuri.

Lucrarea de față își propune să răspundă la trei întrebări:

1. Ce sunt deșeurile industriei alimentare?
2. Care sunt sursele de proveniență ale acestor deșeuri?
3. Cum pot fi minimizate aceste deșeuri?

2. Deseurile industriei alimentare

2.1. DEFINIREA DEȘEURILOR

Există mai multe posibilități de a defini noțiunea de „deșeu”. Comisia Uniunii Europene, Secretariatul Convenției de la Basel, Organizația Europeană pentru Comerț și Dezvoltare își au propriile lor definiții oficiale. În directiva cadru pentru deșeuri a Comisiei UE, 75/442/EEC este dată definiția juridică a deșeului: **„Prin "deșeu" se înțelege orice obiect sau substanță [...] pe care proprietarul acesteia îl/o aruncă sau intenționează să îl/o arunce”** [2]. În concordanță cu definiția UE, noțiunea de deșeu este definită asemănător și în alte state ale Uniunii. Vechea diferențiere între deșeuri a căror depozitare este generatoare de cheltuieli și deșeuri a căror depozitare este aducătoare de venituri nu mai există ca legislație. Până nu de mult, deșeurile tipice rezultate prin prelucrarea alimentelor nu erau privite de producători drept deșeuri, întrucât acestea de regulă erau vândute. Mai mult decât atât, această practică era considerată sigură din punct de vedere al protecției mediului: deșeul era compus din hrană. Fiind în strânsă legătură cu industria alimentară, agricultura a fost primul dintre sectoarele în care s-au depozitat deșeurile industriei alimentare. Dacă această depozitare de deșeuri poate fi considerată drept reciclare, este greu de apreciat.

2.2. CLASIFICAREA ȘI PROPRIETĂȚILE DEȘEURILOR INDUSTRIEI ALIMENTARE

În general, într-un proces de producție intră materii prime și materiale auxiliare și ies produsele finite dorite și deșeuri care pot fi deșeuri specifice produsului obținut sau deșeuri nespecifice.

Cantitatea și calitatea deșeurilor nespecifice este practic independentă de tipul și calitatea produsului finit. Ca exemplu de deșeuri nespecifice se pot menționa containerele pentru produsele chimice utilizate în curățirea și dezinfecția instalațiilor industriei alimentare. Numărul și tipul acestor containere care trebuie îndepărtate nu influențează calitatea produsului obținut.

În cazul deșeurilor specifice, cantitatea generată raportată la nivelul producției nu poate fi modificată decât prin mijloace tehnice, mijloace care, de cele mai multe ori, conduc la modificarea calității produselor. Ca exemple tipice de astfel de deșeuri pot fi menționate boabele de orz epuizate de la fabricarea berii, subprodusele de abatorizare din producția de carne, cojile de cartofi sau de citrice, pâinea învechită, etc. Deșeurile specifice se acumulează în mod inevitabil ca urmare a prelucrării materiilor prime. Ele sunt produse în diverse etape ale procesului tehnologic, etape în care din materia primă sunt extrase produsele dorite. După extragerea acestora, deseori în deșeuri mai rămân componente potențial utile.

Deșeurile din industria alimentară sunt caracterizate de o valoare ridicată a raportului dintre cantitățile de deșeurile specifice și de produse finite. Aceasta înseamnă că, pe lângă faptul că generarea acestor deșeuri specifice este inevitabilă, cantitatea și tipul deșeurilor produse, constând în principal din resturi organice ale materiei prime prelucrate, este dificil de modificat cu menținerea intactă a calității produsului finit. Utilizarea și depozitarea deșeurilor specifice este dificilă datorită instabilității biologice, a naturii potențial patogene, a conținutului ridicat de apă, a potențialului rapid de autooxidare, precum și datorită nivelului ridicat al activității enzimatice [4]. Diversele tipuri de deșeuri generate în diferite ramuri ale industriei alimentare pot fi cuantificate în funcție de nivelul producției în ramura respectivă.

Îndustria alimentelor și a băuturilor reprezintă cel mai mare sector de producție al UE. Cu o pondere de 13,6% în cifra totală de afaceri a UE – 15 în 2002, acest sector este mai mare decât cel al automobilelor, produselor chimice, mașinilor și echipamentelor [3]. Depozitarea deșeurilor și managementul subproduselor industriei alimentare pune probleme deosebite atât în domeniul protecției mediului, cât și în acela al dezvoltării durabile.

Metodele actuale de utilizare a deșeurilor specifice s-au dezvoltat odată cu liniile tradiționale de producție, fiind strâns legate de originea agricolă a materiilor prime. Două sunt metodele tradiționale de utilizare a deșeurilor: ca hrană pentru animale (boabele de cereale epuizate, frunzele și coletele de sfeclă, de ex.) sau ca îngrășământ (nămolul de la filtrare sau de la carbonatare din industria zahărului, de ex.). Majoritatea soluțiilor agricole pentru depozitarea deșeurilor reprezintă un echilibru între reglementările legislative și cele mai bune soluții ecologice și economice.

Analizând diverse ramuri ale industriei alimentare se pot determina cantitățile de deșeuri generate pe fazele procesului tehnologic. Se poate calcula un indice al deșeurilor specifice (I_{DS}), definit ca raport între masa deșeurilor acumulate raportată la masa produsului comercializabil [5]. Tabelul 2.1 prezintă principalele deșeuri din diversele ramuri ale industriei alimentare, precum și valorile indicelui deșeurilor specifice.

Tabelul 2.1. Deșeuri din diferite ramuri ale industriei alimentare [4, 5]

Ramura	Deșeuri	I_{DS}
Prelucrarea cerealelor	tărâțe	0.11–0.18
	dunsturi	0.06–0.11
	spărturi de boabe, semințe, coji, pleavă	< 0.01
	praf, paie, pleavă	< 0.01
	corn de secară	< 0.01
	refuzuri de ovăz cu tărâțe și pleavă	0.39
	deșeuri de orez brun	0.11
	tărâțe de orez	0.11–0.18
	făină de orez	< 0.01
	malț încolțit	0.038
	praf de malț	< 0.01
	deșeuri de la separatorul de boabe	0.01–0.04
Fabricarea tăițelilor	resturi de aluat	0.0012–0.0014
	coji de ouă	0.02–0.08
Prelucrarea cartofilor	coji de cartofi	0.3–0.5
Prăjirea cafelei	coji de boabe de cafea	0.02–0.04
Extragerea zahărului	melasă	0.191
	tăiței de sfeclă (postextracție)	0.517
	frunze și colete de sfeclă	0.136
	nămol de carbonatate	0.427
Produse lactate	zer	4.0–11.3
	reziduuri de brânzeturi	0.01–0.04
	reziduuri din lapte	0.04
Industria cărnii	deșeuri de abator	0.1–0.87
Produse din ouă	coji de ouă	0.03–0.12
Industria berii	praf de malț	< 0.001
	boabe epuizate	0.192
	spărturi de boabe	0.024
	drojdie	0.024
	nămol de kieselgur	0.006
Vinificație	tescavină	0.136–0.145
	sediment de limpezire	0.015–0.050
	sediment de drojdii	0.03–0.045

Până în prezent, cea mai importantă metodă de a scăpa de deșeurile industriei alimentare a fost utilizarea acestora în hrana animalelor. În tabelul 2.2 sunt prezentate informații referitoare la compoziția diferitelor deșeuri alimentare utilizate ca hrană pentru animale.

Tabelul 2.2. Deșeuri din industria alimentară și compoziția acestora [6]

Deșeu ^a	Apă	Proteine	Lipide	Fibre ^b	Minerale	Altele ^c
Deșeuri bogate în proteine						
Sânge	86	85.7	2.1		7.1	5.1
Malț încolțit	8.8	33.0	2.2	9.4	6.6	48.8
Trub la cald și la rece		17.0–51.7	0.2–3.1	0.7–17.5	1.4–2.5	25.2–80.7
Drojdie		51.0	2.4	1.9	6.9	37.8
Deșeuri bogate în celuloze/hemiceluloze						
Plevă de ovăz	7.1	3.4	1.4	33.5		61.7
Tăiței de sfeclă (postextracție)	9.4	10.0	0.9	20.6		68.5
Boabe epuizate	80–83	19–23	9–12	53–58	4–5.5	1.5–15
Boabe sparte, semințe, coji	10–15	15	4–5	20–30	1–3	53–60
Deșeuri bogate în glucide						
Deșeuri de aluat, tăiței	10.7	12.3	2.8	3.4	0.9	69.9
Tărâțe	10.9–12.2	14.7–18.0	3.5–5.2	5.8–15.8		51.2–76
Dunsturi	10–15	13–15	3–4		1	80–83
Deșeuri de ovăz (făină, fulgi)	8.4–9.1	14.3–14.9	7.4	2.2–5.3		72.4–76.1
Tărâțe de ovăz	9.2	8.9	3.5	2.8		84.8
Deșeuri de orez brun	13.1	8.3	2.5		1.4	87.8
Tărâțe de orez	9.0	13.0	14.0	15.2		57.8
Făină de orez	9.7–10.8	14.1–14.5	14.0–16.7	8.8		50.8–53.4
Coji de boabe de cafea	75.0	17.5	1.0	9.4	1.2	70.9
Melasă	33.0	12.9	0.2	0.5		86.4
Sfecle mici, rădăcini, alte părți	83.0	11.0	2.0	14.0		73
Zer	93.4–94.4	12.1–17.9			7.6–14.3	76.8–80.3
Coji de cartofi	77.8	2.0	0.1	2.5	1.0	
Deșeuri bogate în minerale						
Coji de ouă		5.0			95 (CaCO ₃)	0
Nămol de carbonatare	72–75	1.9			56.3–88.8	9.3
Nămol de kieselgur	55–95	8–15			85–88.5	0–7
Deșeuri bogate în lipide						
Deșeuri de abator	74	34.6	53.8		7.7	3.9

a – toate valorile sunt exprimate în procente masice; compoziția deșeurilor este exprimată în % masice raportate la masa uscată

b – celuloză și hemiceluloze

c – coloana reprezintă restul conținutului neinclus în coloanele anterioare, astfel încât conținutul total să fie de 100%. Componentele principale sunt în special glucide

Pe lângă deșeurile solide, industria alimentară produce și poluanți aeropurtați (gaze, particule solide sau lichide) precum și ape reziduale. Toți acești poluanți pot provoca probleme grave de poluare, fiind subiectul unor reglementări legale din ce în ce mai severe în majoritatea țărilor. Apele reziduale reprezintă cel mai întâlnit deșeu al industriei alimentare, întrucât multe operații unitare ale tehnologiilor produselor alimentare (spălare, evaporare, filtrare, extracție, etc.) se desfășoară în mediu apos sau necesită cantități importante de apă. Apele reziduale provenite din aceste procese conțin uzual cantități importante de solide în suspensie, compuși organici dizolvați (glucide, proteine, lipide), punând probleme dificile în ceea ce privește deversarea. În tabelul 2.3 sunt prezentate caracteristicile tipice ale unor ape reziduale provenite din diverse ramuri ale industriei alimentare.

Tabelul 2.3. *Compoziția apelor reziduale provenite din diverse sectoare ale industriei alimentare [7]*

Sectorul industrial	Concentrația poluantului [mg/L]			
	CBO ₅	TSS	Proteine	Grăsimi
Lactate	1000 - 4000	1000 - 2000	6 - 82	30 - 100
Produse din pește	500 - 2500	100 - 1800	300 - 1800	100 - 800
Carne	1000 - 6500	100 - 1500	350 - 950	15 - 600
Produse avicole	200 - 1500	75 - 1100	300 - 650	100 - 400
Legume	1000 - 6800	100 - 4000	-	-
Fructe	1200 - 4200	2500 - 6700	-	-
Municipal	100 - 300	100 - 500	150 - 530	0 - 40

CBO₅ – Consum biochimic de oxigen la 5 zile

TSS – total suspensii solide

2.3. METODE GENERALE DE REUTILIZARE ȘI/SAU TRATARE A DEȘEURILOR INDUSTRIEI ALIMENTARE

Pentru îndepărtarea deșeurilor solide în general se pot utiliza următoarele metode generale [6]: (i) valorificarea în agricultură sau zootehnie, (ii) incinerarea, (iii) fermentarea anaerobă, (iv) compostarea.

În cazul deșeurilor lichide și a apelor reziduale, se pot utiliza următoarele metode, enumerate în ordinea frecvenței folosirii lor [8, 9]: (i) aplicarea pe sol a deșeurilor netratate sau tratate parțial, (ii) sedimentarea, decantarea și precipitarea chimică, (iii) flotația cu aer dizolvat, (iv) tratarea în iazuri de stabilizare, (v) tratarea în lagune aerate; (vi) tratarea în lagune neaerate, (vii) tratarea prin alte procese de fermentație anaerobe; (viii) tratarea prin procedeul cu nămol activat; (ix) tratarea prin procese de membrană, (x) tratarea prin procedee chimice, (xi) tratarea în filtre cu biomembrană, (xii) tratarea în filtre biologice rotative.

2.3.1. Valorificarea în agricultură sau zootehnie

Clasificând deșeurile după compoziția lor (tab. 2.2), se observă imediat logica utilizării lor tradiționale. Animalele omnivore (suinele, de ex.) digeră ușor și rapid proteinele și grăsimile, ca urmare deșeurile bogate în proteine și lipide sunt potrivite ca hrană pentru acestea. Întrucât aceste deșeuri sunt susceptibile la contaminare cu microbi patogeni, este necesară o sterilizare prealabilă a acestora.

Deșeurile bogate în celuloză și hemiceluloze sunt potrivite pentru hrana rumegătoarelor, doar acestea posedând enzimele necesare pentru descompunerea polizaharidelor din deșeurile fibroase. Pentru alte categorii de animale, consumul excesiv de celuloză și hemiceluloze poate fi dăunător din punct de vedere fiziologic. Glucidele sub formă de zaharuri simple pot fi administrate în hrana suinelor.

Deșeurile cu un conținut bogat în minerale pot fi utilizate ca îngrășămintele. Deșeurile organice cu un conținut care nu permite utilizarea în hrana animalelor pot fi utilizate tot ca îngrășămintele. De exemplu, tescovina și deșeurile de hamei nu se pot

utiliza în zootehnie datorită conținutului lor în compuși fenolici și reziduuri de pesticide [10, 11].

2.3.2. Incinerarea

Deoarece prin această metodă se recuperează foarte puțină valoare (energie, îngrășăminte), deseori este necesar să se plătească pentru incinerarea deșeurilor. Dacă conținutul de umiditate este relativ scăzut (sub 50% masice), incinerarea este viabilă din punct de vedere tehnic. La alegerea acestei metode trebuie avut în vedere că sulful din deșeuri este oxidat la SO_2 și azotul la NO_x , ceea ce poate conduce la probleme cu emisiile atmosferice.

2.3.3. Fermentarea anaerobă

În cazul deșeurilor cu peste 50% umiditate, fermentarea anaerobă cu producere de metan și CO_2 (biogaz) este mult mai potrivită. Dacă polizaharidele celulozice pot fi descompuse, viteza descompunerii este mică, ea definind limita fermentării cu producere de biogaz.

La ora actuală există metode îmbunătățite de fermentare, cu cogenerare de energie electrică și termică din biogaz. Energia produsă este considerată „energie verde”, ea generând credite de carbon, care, conform protocolului de la Kyoto privind reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră, pot fi comercializate.

Fermentarea anaerobă a apelor reziduale necesită controlul pH-ului și poate fi costisitoare. În plus, apele reziduale tratate astfel nu îndeplinesc întotdeauna criteriile de calitate impuse de agențiile de mediu. Metoda poate fi combinată cu fermentarea aerobă, descompunerea rapidă a materialului organic în procesul anaerob conducând la necesitatea unui proces aerob la o capacitate mai redusă și având o eficiență mai ridicată.

2.3.4. Compostarea

Compostarea ca metodă de valorificare a deșeurilor solide a fost dezvoltată până la stadiul în care descompunerea celulozei și a semicelulozelor se poate realiza fără probleme. Un conținut prea ridicat de apă în deșeuri nu este de dorit, dar poate fi tolerat cu condițiile utilizării unor metode de compostare corespunzătoare. Întrucât în multe rânduri piața composturilor a fost saturată, vânzarea compostului, chiar de cea mai bună calitate, este rareori o afacere profitabilă.

2.3.5. Aplicarea pe sol a deșeurilor netratate sau tratate parțial

Metoda poate fi una dintre cele mai ieftine dacă este disponibil teren ieftin cu bune proprietăți de drenaj, și reglementările locale permit acest lucru. De cele mai multe ori nu există terenuri ieftine disponibile, iar tehnologic pot apărea probleme referitoare

la generarea de mirosuri neplăcute, acumularea de săruri în sol, băltirea apei, dificultăți de întreținere. Succesul metodei depinde de stabilirea corectă a cantității de deșeuri aplicate la hectar. De un real ajutor este și tratarea preliminară a apelor reziduale. Solul poate realiza o foarte bună îndepărtare a nutrienților și a agenților patogeni din deșeuri.

2.3.6. Tratarea în iazuri și lagune

Iazurile de stabilizare sunt similare lagunelor aerate mecanic, excepție făcând faptul că în iazuri oxigenul este furnizat de către populațiile de alge. Aceste iazuri au un raport relativ mare suprafață/volum, astfel încât razele solare ajung până la alge stimulând fotosinteza oxigenului. Datorită suprafeței mari ocupate sunt oarecum nepractice.

În lagunele aerate, biomasa activă este la un nivel scăzut fiind necesară aerarea pentru a obține rezultate comparabile cu alte procese aerobe, cum ar fi procedeul cu nămol activat. În lagunele aerate amestecarea este puțin intensă, astfel încât are loc sedimentarea solidelor. Materia organică este îndepărtată printr-o combinație de separări fizice și degradări aerobe și anaerobe. Pentru îmbunătățirea calității efluentului final se pot utiliza mai multe lagune înseriate, caz în care prima lagună este cel mai intens aerată. A doua sau a treia lagună sunt mai mult pentru sedimentare și finisarea tratării.

În lagunele anaerobe degradarea materiei organice decurge în absența oxigenului dizolvat, ea transformându-se în acizi organici, dioxid de carbon și metan. Suplimentar aparțin cantități mici și gaze cu miros neplăcut, cum ar fi amoniacul și hidrogenul sulfurat. Conversia materiei organice poate ajunge la 80 – 90% la o viteză mai mică și cu un volum mai redus de nămol format decât în sistemele aerobe.

Parțial, tratarea deșeurilor în iazuri și lagune decurge prin procedee fizice (sedimentarea solidelor, de ex.). Probleme pot apărea cu mirosurile neplăcute și cu infiltrațiile în pânza freatică. De asemenea este necesară ținerea sub control a insectelor.

2.3.7. Tratarea prin procedeul cu nămol activat

Acest procedeu realizează tratarea biologică aerobă prin intermediul bacteriilor care se dezvoltă în suspensie. Microorganismele sunt separate de efluentul tratat prin sedimentare și sunt recirculate în compartimentul aerat. Acest lucru face ca timpul de retenție a solidelor să fie mai mare decât timpul de retenție hidraulic, îmbunătățindu-se astfel rezultatele procesului. Deși procedeul permite obținerea unui efluent de calitate foarte bună, în cele mai multe cazuri este prea costisitor pentru tratarea cantităților mari de ape reziduale generate de industria alimentară.

2.3.8. Tratarea prin sedimentare, decantare și flotație

Separarea solidelor prin decantare are loc în iazurile sau lagunele de colectare. Pentru îmbunătățirea sedimentării se utilizează uneori adaosuri de floclanți și

coagulanți. Flotarea cu aer dizolvat este extrem de utilă și eficientă pentru îndepărtarea grăsimilor, uleiurilor și unsoarelor, dar și pentru îndepărtarea altor poluanți. O unitate de flotație poate îndepărta până la 90% din materia grasă și 50% din CBO₅. Pentru atingerea acestor valori ridicate de epurare, în majoritatea cazurilor este necesară reglarea pH-ului prin adaosuri chimice. Procedul este util și pentru atingerea valorilor dorite ale CBO₅ și ale TSS înainte de evacuarea finală.

2.3.9. Tratarea prin procese de membrană

Procesele de membrană cum ar fi osmoza inversă, diafiltrarea și electrodializa sunt utilizate în special pentru tratarea zerului provenit de la fabricarea brânzeturilor. Prin procese de membrană pot fi recuperate anumite componente valorificabile ale zerului, cum ar fi concentratul proteic, de ex.

2.3.10. Tratarea prin procedee chimice

Procedeele chimice de tratare sunt utilizate, în majoritatea cazurilor, în combinație cu alte procedee. Utilizate singular au dezavantajul unui cost ridicat. Compuși ai fierului și ai calciului se utilizează ca adaosuri în anumite etape de tratare. Adaosul de polielectroliți îmbunătățește considerabil eficiența unor procese, cum ar fi flotarea cu aer dizolvat.

2.3.11. Tratarea în bioreactoare

Două tipuri de bioreactoare sunt folosite în mod frecvent, biofiltrele cu peliculă de lichid și contactoarele biologice cu discuri rotative. În biofiltrele cu peliculă de lichid, un suport fiz, de regulă din material plastic, menține microorganismele în interiorul curentului de apă reziduală care se prelinge pe suport. Materia organică este reținută pe biofilmul de pe suport și ulterior oxidată. După bioreactor urmează o etapă de limpezire, fie în bazine de sedimentare, fie în unități de flotare cu aer dizolvat care au rolul de a reține solidele care trec de bioreactor.

Contactoarele biologice cu discuri rotative sunt o modificare a biofiltrelor peliculare. Biofilmul este depus pe o serie de discuri care se rotesc prin apa reziduală. Prin montarea unui număr mare de discuri pe un ax orizontal care se rotește într-o cuvă se obține o suprafață mare de contact între apa reziduală și biofilmul depus pe discuri. Aceste bioreactoare lucrează uzual în condiții aerobe, dar pot fi utilizate și pentru tratarea anaerobă.

2.3.12. Noi metode de valorificare a deșeurilor industriei alimentare

Noile metode de prelucrare a deșeurilor industriei alimentare se concentrează pe anumite componente ale acestora. Conținutului de fibre (solubile și insolubile) din alimente i se acordă o importanță din ce în ce mai mare în nutriția umană. Cerealele

epuizate și reziduurile de la prelucrarea morcovilor pot fi utilizate pentru obținerea fibrelor destinate consumului uman.

Fibrele solubile și insolubile din deșeurile de mere, tomate și morcovi, precum și din cojile de citrice pot fi extrase în diverse clase. În producția de alimente, aceste fibre servesc la legarea apei, datorită proprietăților lor adsorbitive și a capacității de a forma geluri.

Materialul fibros al cerealelor epuizate din industria berii poate fi utilizat ca material de umplutură sau ca material de structură suplimentar în plăcile fibrolemnoase. Același material poate fi utilizat în fabricarea cărămizilor. Deoarece în timpul arderii cărămizilor materialul organic este distrus, în cărămizi se formează pori care conferă acestora un caracter izolant superior [12 - 14].

Pectina, o fibră solubilă, poate fi extrasă din mere, citrice sau deșeuri de sfeclă. După extracție, o parte din materialul fibros mai rămâne încă în deșeu.

Grăsimile recuperate din deșeurile de la abatorizare servesc ca bază pentru numeroase produse din industria chimică și industria cosmeticelor.

Obținerea alcoolului din tescovină este metoda clasică de valorificare a acesteia. După descoperirea valorii nutritive a uleiului din sâmburii strugurilor, aceștia sunt separați din tescovină și supuși extracției prin presare în vederea obținerii uleiului. După fermentare în condiții speciale, tescovina poate fi utilizată și drept îngrășământ.

Prelucrarea laptelui conduce la obținerea unor cantități importante de zer, pentru a cărui valorificare sunt căutate diferite alternative. Este posibilă utilizarea zerului în alimentație (ca adaus în diferite băuturi nealcoolice), dar cantitatea utilizată este redusă în raport cu producția totală de zer din industria produselor lactate. Există posibilități tehnice pentru fermentarea zerului cu producere de alcool sau pentru extracția și valorificarea lactozei, dar acestea nu sunt întotdeauna și economic eficiente [15, 16].

3. Evaluarea ciclului de viață în industria alimentară

Evaluarea ciclului de viață (ECV sau LCA¹) reprezintă o unealtă de evaluare a impactului produs asupra mediului de către un produs, proces sau activitate, de-a lungul întregului ciclu de viață al acestuia/acesteia. Metoda LCA permite evidențierea etapelor din viața produsului/procesului care are contribuția majoră în impactul asupra mediului. Printre altele, LCA permite evaluarea posibilelor îmbunătățiri sau alternative, precum și compararea unor produse, procese sau servicii. Declarația de mediu a produsului poate fi bazată pe LCA, care este un instrument util și în dezvoltarea produsului în raport cu minimizarea impactului asupra mediului.

LCA își are originile la începutul anilor 1960, când a apărut interesul pentru calculul necesarului de energie, a fost utilizată în perioada crizelor energetice din anii '70. Interesul pentru LCA a scăzut ulterior dar, în anii '80 a revenit în prim plan, în strânsă legătură cu creșterea interesului pentru problemele de mediu, iar din 1990 s-a dezvoltat și se dezvoltă continuu într-un ritm foarte alert [17]. La ora actuală, LCA este recunoscută ca metodă standardizată ISO [18 – 21].

¹ LCA – Life Cycle Assessment

3.1. PROCESUL ȘI METODOLOGIA EVALUĂRII CICLULUI DE VIAȚĂ

Conceptul LCA denotă faptul că produsul este urmărit și evaluat pornind de la „leagăn” și până la „mormânt”. Așa cum reiese din fig. 3.1, modelul ciclului de viață începe cu achiziția materiilor prime și energiei necesare producerii obiectului analizat (leagănul). Modelul urmărește apoi etapele prelucrării, transportului, fabricării, utilizării și în final managementului deșeurilor, acesta fiind „mormântul”. Evaluarea este însoțită de identificarea cerințelor calitative și cantitative de materiale și energie precum și de identificarea și caracterizarea emisiilor și deșeurilor eliberate în mediul ambiant.

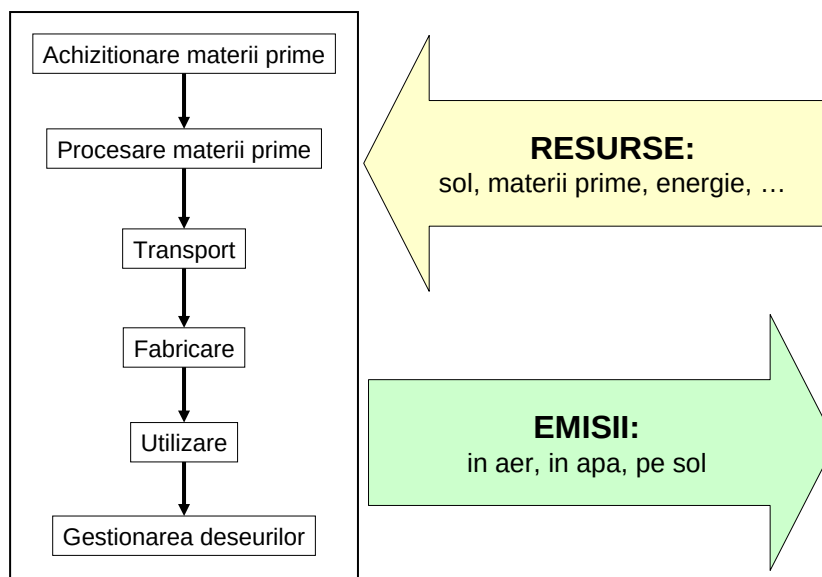


Figura 3.1. Modelul ciclului de viață [22]

Procedura standardizată LCA, constă din patru etape (fig. 3.2) și are un caracter iterativ: informațiile acumulate într-o etapă superioară pot afecta o etapă anterioară, caz în care stadiile anterioare afectate trebuie reevaluate.

În prima etapă este definit obiectivul și scopul studiului, precum și nivelul acestuia. Aici este importantă stabilirea granițelor de contur ale sistemului analizat și definirea unității funcționale (a unității de referință). A doua etapă constă în strângerea informațiilor referitoare la sistem și în cuantificarea intrărilor și ieșirilor semnificative. În etapa a treia, a evaluării impactului, datele culese în etapa anterioară sunt corelate cu impactul specific de mediu, putându-se astfel evalua semnificația unui potențial impact. În final, în etapa de interpretare, rezultatele etapelor doi și trei sunt combinate și interpretate în vederea atingerii obiectivelor definite în prima etapă.

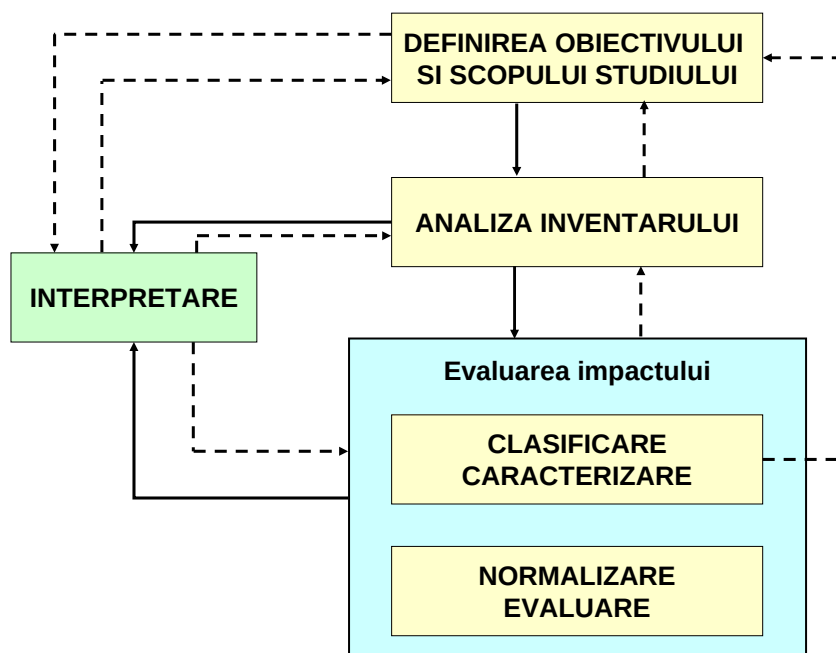


Figura 3.2. Procedura de lucru pentru LCA. Liniile continue indică ordinea parcurgerii etapelor procedurale, iar liniile întrerupte reprezintă iterațiile [18]

3.2. EVALUAREA CICLULUI DE VIAȚĂ AL PRODUSELOR ALIMENTARE

Primele studii referitoare la evaluarea ciclului de viață al produselor alimentare au fost realizate la începutul anilor 1990 [23]. Câteva dintre elementele unice ale LCA pentru produsele alimentare sunt descrise în continuare.

3.2.1. Unitatea funcțională

Toate datele sunt legate de unitatea funcțională a studiului. Întrucât este posibilă utilizarea doar a unei singure unități funcționale, este dificil de definit această unitate atunci când produsul analizat îndeplinește mai multe funcțiuni. O unitate funcțională comună în LCA pentru produse alimentare este masa unui anumit produs (de ex., 1 kg de brânză ieșit din unitatea de prelucrare a laptelui, 1 kg de pâine ieșit din brutărie, 1 kg de fructe ieșite din magazin). Pot fi însă utilizate și alte unități funcționale, specifice produselor alimentare: valoarea nutrițională (conținutul de nutrienți, conținutul de fibre, conținutul energetic), termenul de valabilitate, calitățile senzoriale [22, 24, 25]. Cum LCA este legată de o singură unitate funcțională, celelalte funcțiuni (nutritivă, senzorială, etc.) pot fi descrise în termeni calitativi în faza de interpretare a procedurii.

3.2.2. Granițele sistemului

Granițele dintre sistemul tehnic și mediul natural nu sunt suficient de clare dacă se ia în considerare și agricultura, producția decurgând în mediul natural. Astfel apare întrebarea: solul trebuie sau nu inclus în sistem? Granițele temporale sunt și ele discutabile. Este necesară includerea rotației culturilor în studiu? În cadrul produselor de origine animală, trebuie stabilit când începe ciclul de viață al animalului. Cum opțiunile nu sunt evidente, este important ca granițele sistemului să fie enunțate clar în raport.

3.2.3. Alocarea

Alocarea este o procedură complexă [19]. Unele stadii ale ciclului de viață al produselor alimentare poate implica procese multifuncționale, fie în faza agricolă, în cea de producție industrială, în cea de vânzare cu amănuntul sau în cea de consum casnic. De exemplu, vacile furnizează atât lapte cât și carne, iar o recoltă de grâu dă atât boabele de grâu cât și paie, astfel încât divizarea sistemului agricol în subsisteme devine dificilă. Multe produse se obțin simultan (prin prelucrarea laptelui rezultă concomitent brânzeturi, smântână, lapte praf și zer), iar în vânzări, pe lângă produsul urmărit se vând numeroase alte produse. Dacă produsul analizat este depozitat în casa consumatorului în frigider, el împarte impactul frigiderului asupra mediului cu alte produse aflate în acesta. Se pot utiliza diverse metode de alocare, dar criteriile bazate pe masă, volum sau valoare economică sunt cele mai des utilizate în raport cu produsele alimentare.

3.2.4. Impactul asupra mediului: utilizarea solului și biodiversitatea

Nu există un consens unanim asupra modului în care trebuie tratat solul în metodologia LCA [26]. LCA este o metodă bazată pe fluxuri de materiale, ceea ce face greu de legat metodologia de impactul asupra biodiversității. Multe studii LCA pentru produsele alimentare includ doar suprafața necesară cultivării materiei prime pentru produs, fără a o lega de biodiversitate. Utilizarea solului devine vitală pentru LCA, în special în cazurile în care este luată în considerare și agricultura. O metodă de evaluare a solurilor agricole a fost testată în [27], metodă prin care indicatori ca: structura și eroziunea solului, materia organică, pH-ul, conținutul de fosfor și potasiu, oferă o bună imagine a fertilității pe termen lung a solului și asupra biodiversității. Metoda este destul de complexă și se simte nevoia elaborării unei metode mai simplificate.

3.3. EXEMPLE DE UTILIZARE A METODEI EVALUĂRII CICLULUI DE VIAȚĂ PENTRU PRODUSELE ALIMENTARE

Metoda LCA permite aflarea unor răspunsuri la întrebări interesante referitoare la protecția mediului. De exemplu, este posibilă identificarea subsistemelor care au contribuția majoră în impactul asupra mediului, permițând compararea unor produse sau procese având aceeași funcție.

3.3.1. Produse convenționale sau produse organice ?

Atunci când se compară produsele convenționale cu cele organice, trebuie ținut cont de faptul că producția în cele două variante se desfășoară la scări diferite. Rezultatele obținute prin metoda LCA pot fi surprinzătoare. Câteva exemple.

S-au comparat sistemele de producție convențional și organic a două produse alimentare pentru bebeluși [28]. Avantajul major al sistemului organic de producție îl reprezintă absența pesticidelor, dezavantajele fiind legate de randamentul mai redus al recoltelor și de dificultatea evitării emisiilor de nutrienți din îngrășămintele organice utilizate în fertilizarea solului. Principalul dezavantaj al producției convenționale a fost utilizarea pesticidelor, deși randamentul mai ridicat al recoltei a condus la un impact mai redus asupra mediului, raportat la kg de produs, chiar dacă impactul pe hectar a fost același ca și în sistemul producției organice.

Un studiu comparativ privind producția organică și convențională a laptelui în ferme a arătat ca sistemul convențional, cu o valoare ridicată a intrărilor de furaje importate, are un impact asupra mediului net superior sistemului organic [29].

În fig. 3.3 este redat rezultatul unei analize LCA referitoare la 1 m² de producție de tomate, obținută convențional sau organic de către șapte producători (A – G). Se observă diferențe mari între impactul total al producției organice de tomate, diferențe datorate de utilizarea gazului natural în încălzirea serelor.

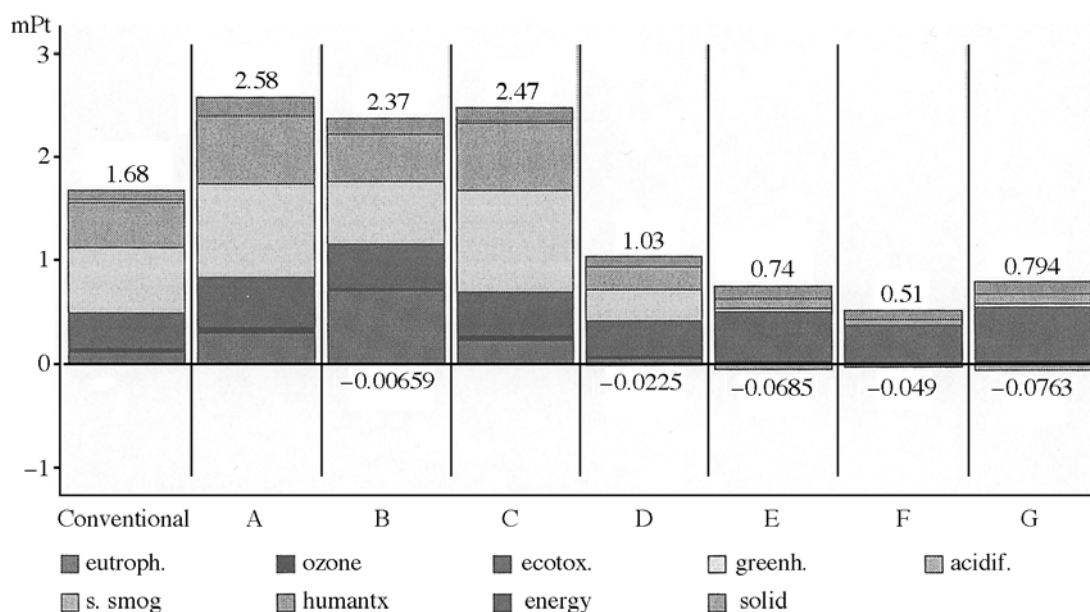


Figura 3.3. Analiza LCA pentru cultivarea convențională și organică a tomatelor [30]

Companiile A – D utilizează gaz natural pentru încălzirea serelor, în timp ce companiile E – G nu utilizează gaz natural pentru încălzire. Impactul total pentru 1 m² de teren cultivat organic fără încălzire cu gaz natural a serei este cu 90% mai redus în comparație cu impactul produs de terenul cultivat convențional. Trebuie menționat că

producția fără încălzire este posibilă doar într-o perioadă limitată a anului. În comparație cu producția convențională, producția organică cu încălzire cu gaz natural a serelor are un impact cu 15 – 70% mai redus (raportat la m² cultivat). Totuși, randamentul recoltei în sistem organic este mai scăzut decât în sistem convențional. Luând în considerare acest aspect, situația se schimbă. Tomatele cultivate organic în sere neîncălzite au un impact cu 40% mai redus pe kg decât tomatele cultivate în manieră convențională. Dacă atât tomatele cultivate organic cât și ele cultivate convențional sunt produse în sere încălzite, impactul total raportat la kg de tomate este aproape identic [30].

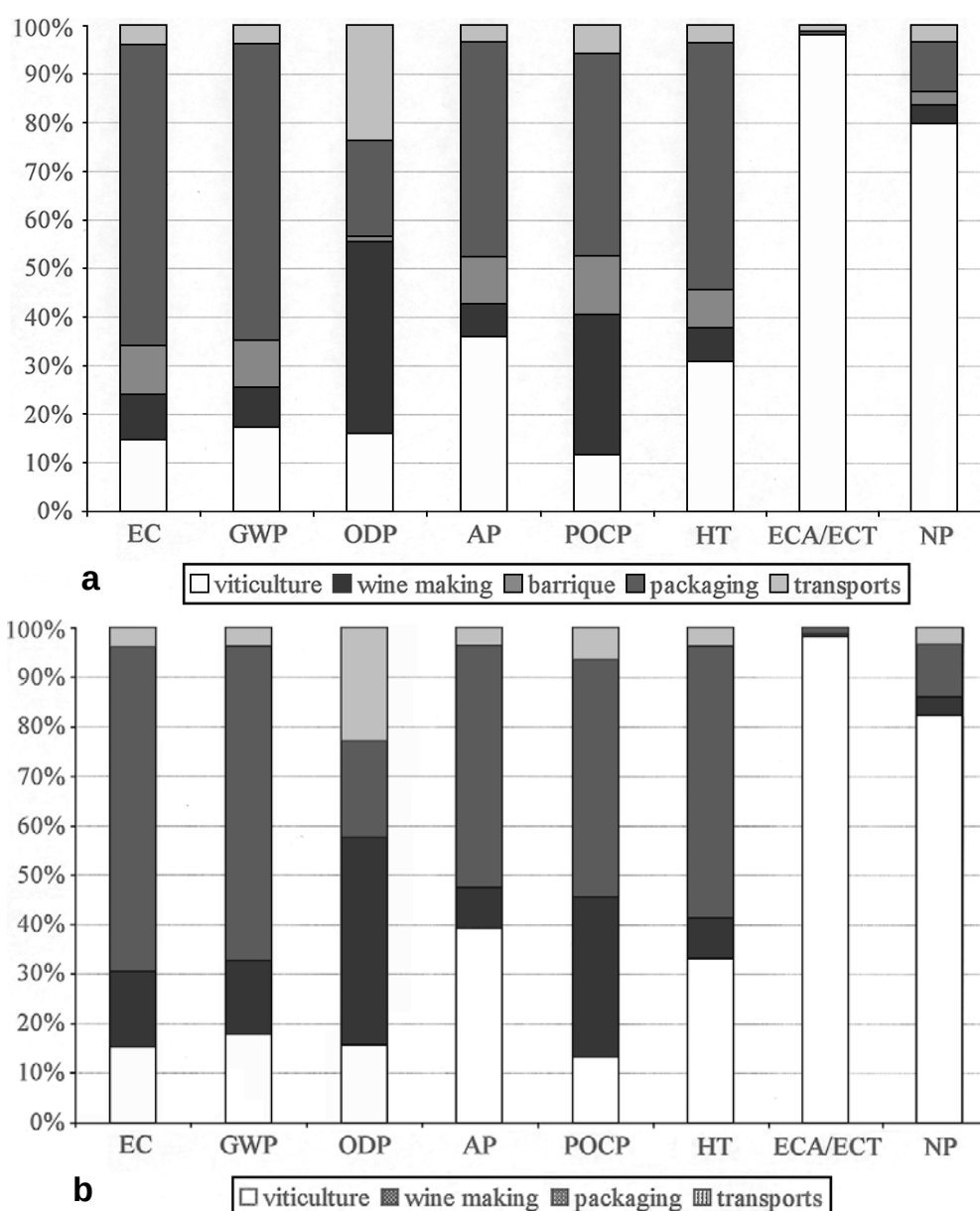


Figura 3.4. Evaluarea impactului pentru: a – vin roșu premium; b – vin roșu nou
 EC – consum energetic; GWP – potențialul încălzirii globale; ODP – potențialul reducerii ozonului; AP – potențial de acidifiere; POCP – potențialul formării de oxidanți fotochimici; HT – potențialul toxicității umane; ECA/ECT – potențialul ecotoxicității; NP – potențialul de nutrire.

În fig. 3.4 este redată evaluarea impactului produs de fabricarea a două categorii de vin italian, îmbuteliat la sticle de 0,75 L: (a) premium – cu un preț de vânzare de 25 €/sticlă și (b) vin nou – cu un preț de vânzare de 5 €/sticlă [31]. Etapele cele mai împovărătoare pentru mediu sunt activitățile agricole și fabricarea sticlelor pentru îmbuteliere. Activitățile agricole influențează hotărâtor potențialul ecotoxicologic (peste 97%), potențialul toxicității umane (circa 30%), potențialul nutritiv (circa 80%) și potențialul de acidifiere (puțin sub 40%). Producerea sticlelor influențează mai ales consumul energetic (peste 60%), potențialul încălzirii globale (circa 60%), potențialul toxicității umane (circa 50%), potențialul de acidifiere (circa 40%).

Agricultura organică și controlul integrat al dăunătorilor ar putea fi o soluție pentru îmbunătățirea performanțelor de mediu ale vinificației. Acesta nu este însă un adevăr absolut, agricultura organică nefiind apriori soluția cea mai bună [28]. În cazul vinului, diferență de randament între producția organică și cea convențională este în medie de 40%, agricultura organică necesitând consumuri mai ridicate de energie, materiale și teren utilizat pentru aceeași producție [32]. Alte probleme sunt legate de tipul pesticidelor și îngrășămintelor organice utilizate: bălegarul, datorită naturii sale, este asimilat foarte lent de către plante, producând emisii importante de compuși cu azot. Sulfur și sulfatul de cupru utilizate ca pesticide au un impact relevant nu atât în timpul utilizării, ci mai ales în timpul producerii lor.

3.3.2. Intreprinderi mici sau companii mari ?

Percepția publicului larg este că întreprinderile mici au impact mai redus asupra mediului decât cele mari. Următoarele două exemple arată că o astfel de concluzie nu trebuie îmbrățișată din start, fără o prealabilă analiză.

Într-un studiu s-au comparat diverse modalități de fabricare a pâinii: în gospodărie, într-o brutărie locală și în două unități industriale de panificație de mărimi diferite [25]. Fabricarea pâinii în gospodărie a evidențiat un necesar mai ridicat de apă și energie, în timp ce pentru alți parametri diferențele au fost nesemnificative.

În ceea ce privește industrializarea laptelui, un studiu pe trei întreprinderi norvegiene a arătat că întreprinderea cea mai mică are un impact de mediu mult mai ridicat decât celelalte două. Acest lucru se explică prin faptul că echipamentele de proces din întreprinderea mai mică sunt curățate mai des, consumul de energie și apă pe kg de lapte crescând astfel [33].

4. Tratarea deșeurilor din industria alimentara – standardele ISO 14001

Standardele fac parte dintr-o serie mai generală de standarde de mediu – ISO 14000. ISO 14001 este cel mai cunoscut standard al seriei, fiind publicat pentru prima dată în 1996, fiind singurul standard al seriei pe baza căruia este posibilă certificarea de către o autoritate externă. Standardul poate fi aplicat de către orice organizație care dorește să implementeze și să mențină un sistem de management al mediului, să-și asigure conformitatea cu politica de mediu declarată, să demonstreze conformitatea, să asigure încadrarea în legile și reglementările referitoare la mediu, să își certifice sistemul de management al mediului printr-o a treia parte independentă și să-și facă autodeterminarea conformității.

Tot în 1996 a fost emisă directiva 96/61/EC din 24/09/1996 privind prevenirea și controlul integrat al poluării, în scopul cartografierii performanțelor de mediu ale unei organizații.

4.1. SECTORUL ALIMENTAR CA ORGANIZAȚIE

În fig. 4.1. este prezentată structura tipică a unei organizații din sectorul producției alimentare, aflată în interacțiune cu mediul ambiant. O astfel de organizație poate fi întregul sector agro-alimentar, unitatea de ambalare a produselor, o unitate de producție sau o parte a unei astfel de unități de producție.

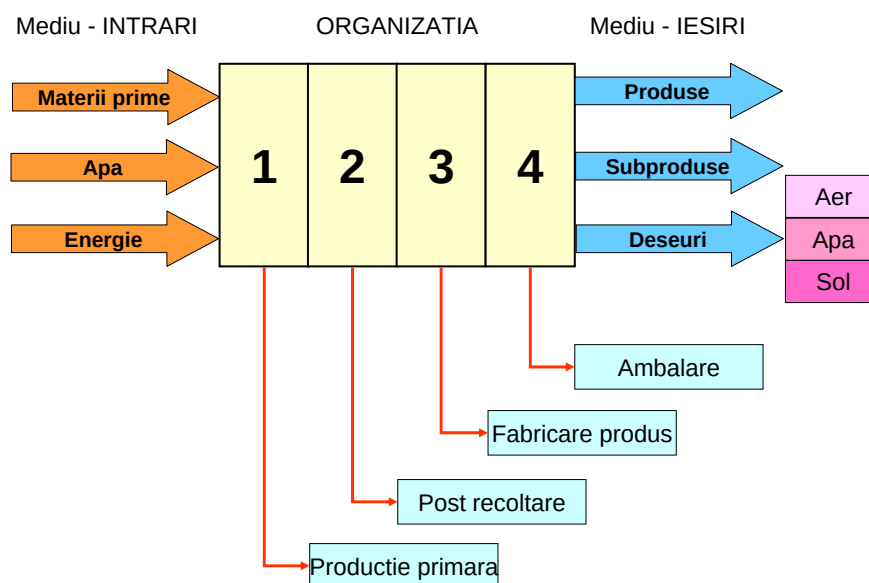


Figura 4.1. Structura unei organizații din sectorul agro-alimentar [34]

Întregul sector agro-alimentar poate fi considerat, în sensul standardului ISO 14001, o organizație cuprinzând producția primară, post recoltarea, fabricarea produsului și ambalarea acestuia [35]. Ca intrări în sistem sunt materiile prime, apa și energia. Apa este considerată separat, având în vedere importanța ei nu numai în procesul de fabricație ci și în curățire și igienizare. O atenție deosebită trebuie acordată evaluării ciclului de viață al intrărilor: sunt materiile prime contaminate cu pesticide? Calitatea apei este în conformitate cu cerințele diferitelor utilizări în cadrul organizației? Energia provine din surse convenționale sau din surse regenerabile? Sunt ieșirile din sistem reciclate astfel încât apa și energia să fie reutilizate ca intrări?

Toate aceste întrebări caută să rezolve creativ problemele de mediu. De exemplu, o soluție atractivă de minimizare a impactului este utilizarea parțială a deșeurilor (după recuperarea prealabilă a componentelor valoroase) ca biomasă energetică, în vederea acoperirii parțiale a necesarului energetic al organizației. Soluția este atractivă ținând cont de statisticile care arată că, în absența descoperirii de noi zăcăminte și la o rată de creștere a cererii de combustibil de maximum 10% anual, rezervele cunoscute de țiței, gaze naturale și hidrocarburi se vor epuiza în 26, 34 și respectiv 86 de ani.

Raportat la intrări, inginerul trebuie să facă față următoarelor cerințe:

- Cum să evite contaminarea materiilor prime cu pesticide sau cu alți poluanți?
- Cum să asigure apă „produsă ecologic” pentru organizație?
- Cum să asigure energie „produsă ecologic” pentru organizație?

Ca ieșiri din organizație sunt produsele, subprodusele (produsele secundare) și deșeurile. În cazul produselor și subproduselor trebuie luate măsuri speciale în vederea evitării contaminării din materiile prime sau din liniile de producție propriu-zise.

Echipamentele vor trebui proiectate și construite în construcție igienică, cu posibilități de curățire și sterilizare.

Deșeurile pot apărea ca emisii în aer sau în apă, ca faze lichide (apoase sau în alți solvenți) sau ca solide. O parte apreciabilă a deșeurilor solide o reprezintă ambalajele uzate rezultate după consumul alimentelor. Problematica ambalajelor este extraordinar de vastă și ar necesita un spațiu amplu pentru analizarea ei. Câteva modalități de reducere a impactului ambalajelor industriei alimentare asupra mediului ambiant ar fi:

- reducerea consumului de materii prime la fabricare ambalajelor prin:
 - îmbunătățirea tehnologiilor de fabricație și reducerea consumurilor specifice,
 - reducerea masei ambalajelor,
- creșterea gradului de reciclare a ambalajelor,
- utilizarea ambalajelor nereciclabile în producția de energie,
- obținerea de ambalaje din materiale biodegradabile.

4.2. BILANȚURI DE MATERIALE ȘI ENERGIE

Legătura dintre intrările în sistem și ieșirile din sistem este dată de bilanțurile de materiale și de energie. Întocmirea și rezolvarea acestor bilanțuri necesită cunoașterea datelor de intrare, a proceselor care au loc în timpul transformării materiilor prime în produse finite, precum și a proprietăților termodinamice și cinetice ale materialelor implicate în aceste procese [36]. Se pot întocmi bilanțuri totale globale (pentru întregul sistem și pentru toate materialele/formele de energie existente în sistem), bilanțuri totale specifice (pentru întregul sistem și pentru un singur material – o singură formă de energie din sistem), bilanțuri parțiale globale (pentru o porțiune din sistem și pentru toate materialele/formele de energie existente în acea porțiune din sistem), bilanțuri parțiale specifice (pentru o porțiune din sistem și pentru un singur material – o singură formă de energie din sistem). Este destul de uzuală întocmirea bilanțului global de materiale și de energie al organizației, precum și întocmirea bilanțurilor parțiale de materiale și/sau energie pentru fiecare proces tehnologic component al sistemului.

Pentru o proprietate oarecare Ψ care se conservă (masă, energie) se poate scrie următoarea ecuație de bilanț:

$$\sum \Psi_{Intrare} = \sum \Psi_{Iesire} - \int \frac{d\Psi}{dt} \quad (4.1)$$

În cazul în care nu există acumulare în sistem (regimul este staționar sau bilanțul este întocmit pentru o perioadă de timp suficient de lungă, ecuația (4.1) devine:

$$\sum \Psi_{Intrare} = \sum \Psi_{Iesire} \quad (4.2)$$

În bilanțurile parțiale de masă, uzual apar surse, caz în care intrările sunt egale cu ieșirile ± sursele:

$$\sum m_{Intrare} = \sum m_{Iesire} \pm m_{Surse} \quad (4.3)$$

4.3. INTERIORUL ORGANIZAȚIEI

O coordonată deosebit de importantă a scopului final al calității produselor alimentare este siguranța microbiologică a alimentelor (prevenirea dezvoltării microorganismelor) și eliminarea corpurilor străine care ar putea produce contaminarea produselor finite sau a produselor secundare. În orice organizație trebuie avută în vedere proiectarea igienică a proceselor și existența unor reguli care să permită evitarea riscurilor – HACCP¹.

Proiectarea igienică se referă la mașini, utilaje, rezervoare, conducte, pompe, armături, aparatură de măsură și control, construcții (acoperișuri, pereți, pardoseli, zone de depozitare, etc.) și la personal. Normativele de proiectare igienică sunt elaborate de către organizația europeană EHEDG², cu sprijinul Comisiei Europene.

În ceea ce privește HACCP, există șapte principii:

- (1) Analiza riscurilor: sunt identificate potențialele riscuri asociate unui aliment, precum și măsurile de a controla aceste riscuri. Riscurile pot fi de natură biologică (microbi), chimică (toxine) sau fizică (cioburi de sticlă, bucăți de metal).
- (2) Identificarea punctelor critice de control: sunt puncte pe întreg traseul de la preluarea materiei prime până la livrarea către consumator a produselor finite în care riscurile potențiale pot fi ținute sub control sau eliminate. Exemple ar putea fi gătitărea, răcirea, ambalarea, detectarea corpurilor metalice.
- (3) Stabilirea măsurilor preventive și ale limitelor critice pentru fiecare punct de control. Pentru un produs gătit ar putea fi temperatura minimă de preparare și timpul minim necesar pentru a asigura îndepărtarea oricăror microorganisme dăunătoare.
- (4) Stabilirea procedurilor de monitorizare a punctelor critice de control. Astfel de proceduri ar putea include cum se stabilește și de către cine se urmărește temperatura și timpul de gătitărea.
- (5) Stabilirea acțiunilor corective care trebuie luate când monitorizarea arată neîndeplinirea limitelor critice, de exemplu reprocessarea sau înlăturarea alimentelor care nu au ajuns la temperatura minimă de gătitărea.
- (6) Stabilirea procedurilor prin care se verifică funcționarea corespunzătoare a sistemului, de exemplu verificarea înregistrărilor timp-temperatură de preparare pentru a verifica funcționarea corectă a unității de preparare.
- (7) Stabilirea modalităților efective de a efectua înregistrările și de a realiza documentarea sistemului HACCP. Aceasta include înregistrarea riscurilor și a metodelor de control a acestora, monitorizarea cerințelor de siguranță și a acțiunilor care trebuiesc realizate pentru a corecta potențiale probleme.

¹ HACCP = Hazard Analysis of Critical Control Point = Analiza de risc a punctelor critice de control

² EHEDG = European Hygienic Engineering and Design Group = Grupul european de inginerie și proiectare igienică

Toate aceste principii trebuiesc documentate cu cunoștințe științifice solide, de ex. cu studii microbiologice publicate referitoare la factorii de timp și temperatură necesari pentru controlul unor agenți patogeni purtați de către alimente.

4.4. STRATEGII DE TRATARE A DEȘEURILOR

În general există trei tipuri de strategii de tratare a deșeurilor:

- tratarea „la capătul conductei”;
- reducerea la sursă;
- descărcarea de nivel zero.

În cazul primei strategii, organizația fie își descarcă reziduurile la o stație de tratare biologică apropiată, care va trata aceste deșeuri împreună cu apele reziduale menajere, fie își construiește propria stație de epurare primară, secundară și terțiară.

Pentru aplicarea în practică a celui de-al doilea tip de strategii este necesară cunoașterea amănunțită a procesului de producție și a operațiilor unitare implicate. Reducerea la sursă implică modificări ale procesului tehnologic care să reducă emisiile poluante direct la locul emiterii acestora. De exemplu, o unitate care produce chipsuri din cartofi utilizează ca fază a procesului tehnologic blanșarea în apă fierbinte. Această operație conduce la creșterea concentrației ionilor Ca^{2+} în apa reziduală de la blanșare. Uzual, această apă era preluată, contra unei taxe, de către stația municipală de epurare a apelor. Întrucât prezența ionilor Ca^{2+} provoacă probleme în etapa terțiară de tratare, la instalația de aerare, stația de epurare hotărăște creșterea taxei pentru deversare. Ce este de făcut? Urmând strategia tratării „la capătul conductei”, decizia ar fi aceea de îndepărtare a ionilor Ca^{2+} înainte ca apa reziduală să fie deversată în stația de epurare municipală. Altă soluție ar fi modificarea parametrilor blanșării. Utilizarea aburului în locul apei fierbinți sau utilizarea unei etape de filtrare membranară imediat după blanșare, evitându-se astfel tratarea unor volume mari de efluent, sunt metode de reducere la sursă a deșeurilor.

Descărcarea de nivel zero este ținta pe care și-o propun instalațiile industriei alimentare; dacă se presupune că nu există poluare a mediului prin intrări (apă și materii prime), toate deșeurile generate în procesele de producție pot fi în principiu recuperate și valorificate. Un exemplu de descărcare de nivel zero poate fi oferit de industria produselor lactate, cea mai avansată din sectorul alimentar în acest domeniu. Un deșeu cum este zerul poate fi reutilizat în proporție de 100% prin recuperarea tuturor substanțelor utile din compoziția acestuia. Apele de spălare cu conținut de lapte sunt tratate obținându-se lapte și apă pură care este reutilizată sau poate fi eliminată în mediu fără nici un pericol [34].

4.5. RECUPERAREA CA METODĂ DE TRATARE A DEȘEURILOR INDUSTRIE ALIMENTARE

Cuvântul magic care caracterizează particularitatea deșeurilor din industria alimentară este „recuperarea”. Deșeurile industriei alimentare trebuie privite mai

degrabă ca materii prime pentru obținerea de produse cu înaltă valoare adăugată, decât ca deșeuri în sensul definiției de dicționar.

De exemplu, prin hidroliza selectivă a lactozei recuperate din zer se pot obține monozaharide. Din concentratul proteic de zer se pot obține prin hidroliză peptică oligopeptide. Compuși fenolici valoroși, utilizabili ca materii prime pentru dezvoltarea produselor cosmetice și farmaceutice, pot fi recuperați din deșeurile rezultate la obținerea uleiului de măsline. Prin conversia enzimatică a deșeurilor bogate în celuloză se poate obține etanol. Pectina se poate recupera din efluenții de la fabricarea sucurilor de fructe. Lista exemplelor poate continua; nu există practic „deșeu” al industriei alimentare care să nu poată fi utilizat ca materie primă pentru obținerea unor produse cu valoare de piață. Și după epuizarea tuturor posibilităților de valorificare ca materii prime există alternativa utilizării acestor deșeuri drept combustibili, pentru asigurarea cel puțin parțială a necesarului energetic pentru susținerea producției.

5. Conceptul de producție mai curată și industria alimentară

În cadrul programului „Viitorul nostru comun” (Our Common Future), în anul 1987, a fost inițiat și propus conceptul de **dezvoltare durabilă**. Teoretic, acesta înseamnă împlinirea necesităților generației actuale, fără a compromite nevoile generațiilor viitoare. Adevărata provocare a acestui concept a fost însă modul în care se putea trece de la teorie la practică. Prin „**producția mai curată**” (PMC)¹ se asigură calea practică de a transforma indicațiile teoretice din cadrul conceptual al dezvoltării durabile în acțiuni practice. Programul PMC a fost lansat în 1989, urmare a directivei Programului pentru Mediu al Națiunilor Unite (UNEP) adoptate în cadrul celei de-a 16-a Sesiuni a Consiliului de Guvernare întrunit la Nairobi, Kenya. Din acel moment conceptul PMC a început să fie promovat în întreaga lume prin Divizia de Tehnologie, Industrie și Economie a UNEP. În 1992, cu ocazia Summitului Pământului, PMC a fost evidențiată drept o concepție și o strategie importantă pentru avansarea dezvoltării durabile. Agenda 21 face referiri semnificative la PMC [37].

PMC este adesea confundat sau echivalat cu tehnologia sigură pentru mediu². Tehnologia reprezintă doar un element al PMC, pe lângă factorii de natură umană ca: schimbarea atitudinii, metodelor, monitorizarea și managementul care să asigure că tehnologia este utilizată într-o manieră sigură pentru mediu.

¹ - Cleaner Production (CP) – așa cum figurează în documentul original

² - Environmentally Sound Technology (EST)

5.1. CE ESTE PRODUCȚIA MAI CURATĂ ?

De-a lungul anilor, națiunile industrializate au avut abordări progresive cu privire la degradarea mediului ambiant și la problemele de poluare:

- ignorarea problemei;
- diluarea sau dispersarea poluanților, astfel încât efectele poluării să devină sau să apară mai puțin nocive;
- controlul poluării printr-o tratare finală a poluanților – conceptul „end-of-pipe”;
- prevenirea poluării și a formării deșeurilor printr-o abordare de tipul „producție mai curată”.

Progresul treptat de la „a ignora” până la „a preveni” a culminat cu constatarea faptului că este posibilă realizarea prevenirii în condiții de economii financiare pentru industrie și de mediu îmbunătățit pentru societate. Acesta este, în esență, scopul PMC.

Conform definiției UNEP, „producția mai curată este aplicarea continuă a unei strategii de mediu preventivă integrată, proceselor, produselor și serviciilor, în vederea creșterii eficienței globale și a reducerii riscurilor asupra oamenilor și mediului. PMC poate fi aplicată proceselor utilizate în orice industrie, produselor însăși, precum și diverselor servicii oferite societății” [38].

Pentru **procesele de producție**, PMC rezultă din adoptarea uneia sau mai multora dintre următoarele măsuri: conservarea materiilor prime, apei și energiei, eliminarea materiilor prime toxice și periculoase, reducerea la sursă a cantității și toxicității tuturor emisiilor și deșeurilor în timpul procesului de producție.

Pentru **produse**, PMC are în vedere reducerea impactului acestora asupra mediului, sănătății și securității, de-a lungul întregului ciclu de viață al acestora, de la extracția materiilor prime, fabricare, utilizare, până la eliminarea finală a sa.

Pentru **servicii**, PMC impică încorporarea grijii față de mediu în proiectarea și livrarea serviciilor.

Conceptul PMC descrie o modalitate preventivă de abordare a managementului mediului. Termenul include, printre altele, concepte ca: eco-eficiență, minimizarea deșeurilor, prevenirea poluării, productivitate „verde”. Acesta se referă la o mentalitate de producere și ferire de bunuri și servicii cu un impact minim asupra mediului, în condițiile tehnologice și limitele economice actuale. PMC nu neagă creșterea, dar militează ca această creștere să fie sustenabilă de către mediu. Ea nu trebuie considerată doar ca o strategie de mediu, întrucât este legată și de considerentele economice. În acest context, deșeurile sunt considerate „bunuri” cu valoare economică negativă. Orice acțiune de reducere a consumurilor de materii prime și energie, de prevenire și reducerea producerii de deșeuri poate conduce la creșterea productivității și la obținerea de către întreprindere a unor beneficii financiare.

PMC reprezintă o strategie de tip „win-win”. Ea protejează mediul, consumatorul și producătorul, concomitent cu îmbunătățirea eficienței industriale, a profitabilității și a competitivității.

Diferența fundamentală între controlul poluării și PMC este una de sincronizare. Controlul poluării este o abordare post-factum a problemelor, printr-o acțiune de genul „constată – reacționează – remediază”, în timp ce PMC se bazează pe o filozofie anticipativ – preventivă. Dacă se evaluează atent și se compară cele două opțiuni, de cele mai multe ori PMC are costurile globale cele mai scăzute. Deși costurile investițiilor inițiale în PMC sau în tehnologiile de controlul poluării pot fi similare, în timp costul controlului poluării va crește. În plus, opțiunea pentru PMC va genera economii, reducând astfel costurile cu materiile prime, energia, tratarea deșeurilor și încadrarea în reglementările legale.

UNEP a inițiat în 1998 o Declarație Internațională Asupra Producției Mai Curate, un act voluntar public prin care guverne, autorități regionale, asociații, organizații, companii își afirmă voința de a pune în practică strategia PMC. Până în ianuarie 2005, declarația a fost semnată de către 89 de guverne naționale și locale, 220 de companii, 220 de organizații (asociații ale producătorilor, academii, ONG-uri, etc.). În „buna tradiție” referitoare la problemele mediului, guvernul Statelor Unite ale Americii nu a semnat această declarație, aceasta fiind probabil explicația pentru faptul că nici guvernul României nu apare pe lista semnatarilor. Țările europene care au adoptat această declarație sunt: Austria, Cehia, Croația, Danemarca, Elveția, Estonia, Finlanda, Islanda, Irlanda, Italia, Letonia, Lituania, Macedonia, Marea Britanie, Moldova, Norvegia, Olanda, Polonia, Portugalia, Rusia, Slovacia, Suedia, Ungaria [39].

5.2. CONCEPTE ÎNRUDITE CU PRODUCȚIA MAI CURATĂ

O serie de concepte, cum ar fi: eco-eficiența, prevenirea poluării, minimizarea deșeurilor, productivitatea verde, ecologie industrială / metabolism industrial, înrudite cu cel al PMC sunt prezentate în cele ce urmează.

5.2.1. Eco-eficiența

Termenul a fost introdus de către World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) în 1992 și definit drept „livrarea la prețuri competitive de bunuri și servicii care satisfac nevoile umane și îmbunătățesc calitatea vieții, concomitent cu reducerea progresivă a impactului ecologic și a utilizării intensive a resurselor, pe întreg ciclul de viață, la un nivel cel puțin egal cu limita de suportabilitate estimată a planetei”[40]. Conceptele de eco-eficiență și PMC sunt aproape sinonime. Diferența minoră dintre ele constă în aceea că eco-eficiență pornește de la o eficiență economică cu urmări benefice asupra mediului, în timp ce PMC pleacă de la măsuri eficiente de protecție a mediului care produc rezultate economice pozitive.

5.2.2. Prevenirea poluării

Termenii de PMC și prevenirea poluării (P2) sunt similari, diferența între aceștia fiind doar aria geografică de utilizare: în timp ce P2 tinde a fi utilizat în America de Nord, termenul PMC este utilizat în restul lumii. Atât PMC cât și P2 sunt concentrate pe

strategii de reducere continuă a poluării și a reducerii impactului asupra mediului prin reducerea poluării la sursă, adică prin eliminarea deșeurilor direct prin modul de concepție a procesului decât prin strategii de tratare finală (de tip „end-of-pipe”) a acestora. Centrul Canadian de Prevenire a Poluării (CCPA) definește conceptul drept „utilizarea proceselor, practicilor, materialelor, produselor sau energiilor care evită sau minimizează apariția poluanților sau deșeurilor și reduc riscul global asupra sănătății umane sau mediului” [41]. Agenția Americană de Protecția Mediului (USEPA) definește P2 ca „reducerea la sursă – prevenirea sau reducerea deșeurilor la sursa la care se formează – inclusiv practicile care conservă resursele naturale prin reducerea sau eliminarea poluanților, printr-o eficiență crescută în utilizarea materiilor prime, energiei, apei și solului [42]. Politica națională a SUA în domeniu este reglementată de legea din 1990, Pollution Prevention Act.

5.2.3. Minimizarea deșeurilor

Acest concept a fost introdus tot de către USEPA, în 1988. În conceptul minimizării deșeurilor (MD), prevenirea formării deșeurilor este definită drept „reducerea on-site, direct la sursă a deșeurilor prin modificarea materiilor prime, a tehnologiilor, a practicilor de bună fabricație, precum și a produselor însăși” [42]. Reciclarea off-site, prin reutilizare directă după recuperare este de asemenea considerată o tehnică de minimizare a deșeurilor, având însă o prioritate mai redusă decât prevenirea sau minimizarea deșeurilor on-site. Conceptul minimizării deșeurilor este utilizat în Directiva Prevenirii Poluării din 1992.

În mod curent termenii de „minimizarea deșeurilor” și „prevenirea poluării” sunt deseori folosiți unul în locul celuilalt. PP înseamnă în primul rând negenerarea de deșeuri, prin reducerea acestora la sursă. MD este un termen mai larg, care include pe lângă reducerea la sursă și reciclarea deșeurilor, precum și orice alte mijloace de reducere a cantității de deșeuri care trebuie tratate și/sau depozitate.

5.2.4. Productivitatea verde

Termenul de productivitate verde (PV) este un termen utilizat de către Organizația Productivității Asiatice (APO) cu scopul implementării unei producții sustenabile. Programul APO referitor la PV a fost demarat în anul 1994 [43]. Ca și PMC, PV este tot o strategie pentru îmbunătățirea productivității și a performanțelor de mediu în cadrul unei dezvoltări economico-sociale globale.

5.2.5. Ecologia industrială / Metabolismul industrial

Ecologia industrială și metabolismul industrial (EI/MI) sunt concepte pentru noi moduri de producție industrială, fiind strâns legate de conceptul PMC. EI/MI reprezintă studiul sistemelor industriale și al activităților economice, precum și legătura lor cu sistemele naturale fundamentale. Pe scurt, scopul lor este de a imita aspectele reciclării

materialelor unui ecosistem, managementul fluxurilor de materiale fiind crucial pentru această abordare.

Există șase elemente principale ale EI/MI:

1. Crearea ecosistemului industrial: maximizarea utilizării materialelor reciclate în producție, optimizarea utilizării materialelor și a energiei încorporate în acestea, minimizarea generării deșeurilor, reevaluarea „deșeurilor” ca materii prime pentru alte procese.
2. Echilibrarea intrărilor și ieșirilor industriale cu capacitatea naturală a ecosistemului: înțelegerea capacității sistemelor naturale mari de a asimila compuși toxici și alte deșeuri industriale în situații tipice precum și în situații catastrofice.
3. Dematerializarea ieșirilor industriale: reducerea intensității de utilizare a materialelor și energiei în producția industrială.
4. Îmbunătățirea căilor metabolice ale proceselor industriale și materialelor utilizate: reducerea sau simplificarea proceselor industriale, în vederea emulării proceselor naturale cu eficiență ridicată.
5. Folosirea tiparelor sistemice în utilizarea energiei: promovează dezvoltarea unui sistem furnizor de energie care funcționează ca parte a unui ecosistem industrial, și este liber de impactul negativ asupra mediului, asociat cu tiparele actuale de utilizare a energiei.
6. Alinierea politicilor într-o perspectivă pe termen lung a evoluției sistemului industrial: colaborarea națiunilor în vederea integrării politicilor economice și de mediu.

5.3. PRODUCȚIA MAI CURATĂ - ÎNTRE SCHIMBAREA TEHNOLOGIEI ȘI SCHIMBAREA ATITUDINII

Este important de precizat că PMC nu este numai o problemă de schimbare de tehnologie, ci și o problemă de schimbare de atitudine și de mentalitate. În majoritatea cazurilor, cele mai semnificative beneficii ale PMC se obțin fără adoptarea de noi soluții tehnologice. O schimbare a atitudinii din partea conducerii organizației, a managerilor, a angajaților, este fundamentală pentru a profita la maximum de conceptul PMC.

Utilizarea „know-how” înseamnă îmbunătățirea eficienței, adoptarea unor tehnici mai bune de management, îmbunătățirea practicilor de întreținere, cizelarea politicilor și procedurilor organizației. De regulă, aplicarea „know-how” conduce la optimizarea proceselor existente.

Îmbunătățirile tehnologice se pot realiza pe mai multe căi: prin schimbarea procesului de fabricație sau a tehnologiei; prin schimbarea naturii intrărilor în proces (materii prime, surse de energie, apă recirculată, etc.); prin modificarea produsului final sau dezvoltarea de produse alternative; prin reutilizarea on-site a deșeurilor și a subproduselor. Opțiunile pentru implementarea PMC sunt redată în tabelul 5.1.

Tabelul 5.1. Opțiuni pentru implementarea PMC [44]

Întreținerea	Îmbunătățirile practicilor de lucru și întreținerea corespunzătoare poate conduce la beneficii semnificative. Această opțiune implică de regulă costuri scăzute.
Optimizarea proceselor	Consumul de resurse poate fi redus prin optimizarea proceselor existente. Această opțiune implică de regulă costuri medii.
Înlocuirea materiei prime	Problemele de mediu pot fi evitate prin înlocuirea materialelor periculoase cu materiale mai puțin dăunătoare mediului ambiant. Această opțiune poate necesita modificări ale echipamentelor de proces.
Introducerea de noi tehnologii	Adoptând noi tehnologii se poate reduce consumul de resurse și se poate minimiza generarea de deșeuri prin îmbunătățirea eficienței de operare. Această opțiune necesită deseori cheltuieli de capital ridicate, care însă sunt recuperate într-o perioadă relativ scurtă de timp.
Reproiectarea produsului	Modificarea produsului poate aduce beneficii de-a lungul întregului ciclu de viață al acestuia: reducerea utilizării de materii prime periculoase, reducerea depozitării deșeurilor, reducerea consumurilor energetice, procese de producție mai eficiente. Reproiectarea produsului este o strategie pe termen lung și poate necesita noi echipamente de producție și eforturi suplimentare de marketing, dar recuperarea investiției poate fi în final foarte eficientă.

De cele mai multe ori se afirmă că tehnicile PMC nu există încă sau, dacă ele există, sunt deja protejate prin brevete și pot fi obținute doar achiziționând licențe cu costuri exorbitante. Ambele afirmații sunt false, iar cei care le emit confundă noțiunea de „producție mai curată” cu aceea de „tehnologie curată”.

În primul rând, PMC depinde doar parțial de tehnologiile noi sau alternative. PMC se poate obține și prin tehnici manageriale îmbunătățite, practici de lucru diferite, sau prin multe alte abordări de tip „soft”. PMC se referă la tehnologie tot atât cât și la atitudine, abordare și management.

În al doilea rând, abordările specifice PMC există și sunt disponibile într-o gamă largă, existând și metodologiile de aplicare. Deși este adevărat că încă nu există tehnologii PMC pentru toate procesele și produsele industriale, se estimează că 70% din toate deșeurile și emisiile din procesele industriale pot fi prevenite direct la sursă utilizând procedee viabile tehnic și profitabile economic [45].

Aplicarea PMC poate fi benefică în special țărilor în curs de dezvoltare și celor aflate în tranziție economică. Aplicarea strategiei PMC conferă industriilor din aceste țări posibilitatea de a efectua un salt și de a depăși industriile mult mai evoluat din zonele dezvoltate, dar împovărate de costuri suplimentare pentru controlul poluării.

5.4. PRODUCȚIA MAI CURATĂ ȘI CALITATEA ȘI SIGURANȚA PRODUSELOR ALIMENTARE

Siguranța și calitatea produselor sunt aspecte fundamentale ale industriei alimentare. Dacă siguranța alimentară dintotdeauna o prioritate a industriei, ea a căpătat o și mai mare atenție în ultimii 10 – 15 ani datorită creșterii scării producției, introducerii pe scară largă a automatizării și datorită cerințelor consumatorilor, devenite din ce în ce mai pretențioase. Un accent puternic a fost pus și pe calitate, dată fiind cerința companiilor de a fi din ce în ce mai eficiente într-o ramură industrială din ce în ce mai competitivă.

În legătură cu siguranța alimentară, HACCP a devenit o unealtă utilizată pe larg în întreaga lume pentru administrarea și supravegherea calității produselor alimentare. Așa cum s-a arătat într-un capitol anterior, HACCP se bazează mai mult pe anticiparea și prevenirea a riscurilor decât pe inspecția produsului finit.

În mod similar, sisteme de calitate cum ar fi acela de management total al calității (TQM) se bazează pe o abordare holistică a proceselor de producție, având drept scop îmbunătățirea calității produselor concomitent cu reducerea costurilor.

PMC ar trebui să opereze în parteneriat cu sistemele de asigurare a calității (TQM) și a siguranței produselor (HACCP), fără a le compromite. La fel de bine, calitatea, siguranța și producția mai curată pot lucra sinergetic, identificând sectoarele de îmbunătățit din toate cele trei domenii.

5.5. EVALUAREA PRODUCȚIEI MAI CURATE

Evaluarea producției mai curate (EPMC sau CPA)¹ este o metodologie de identificarea a zonelor cu utilizare inefficientă a resurselor și cu un management slab al deșeurilor, concentrându-se asupra aspectelor de mediu și asupra impactului asupra proceselor industriale. Mai multe organizații au editat manuale referitoare la EPMC, la diverse nivele de detaliere a procedurilor (Tab. 5.2), dar toate, în esență, prezintă aceeași strategie. Conceptul de bază este centrarea pe o trecere în revistă a organizației și a proceselor sale de producție în vederea identificării zonelor în care se pot reduce consumurile, deșeurile și generarea de materiale periculoase.

De cele mai multe ori, EPMC este divizată în cinci etape (Fig. 5.1). De menționat că aceeași metodologie poate fi aplicată și în vederea reducerii riscurilor sau a consumurilor energetice.

5.5.1. Planificarea și organizarea

Planificarea și organizarea încep în momentul în care una sau mai multe persoane din organizație devin interesate de PMC. O declarație de PMC poate fi inițiată după decizia conducerii de a acționa în acest sens.

¹ CPA – Cleaner Production Assessment, în engleză în original.

Tabelul 5.2. Metodologii pentru evaluarea producției mai curate [46]

Organizația	Document	Metodologie
UNEP, 1996	Guidance Materials for the UNIDO/UNEP National Cleaner Production Centers	1. Planificare și organizare 2. Pre-evaluare 3. Evaluare 4. Studiu de fezabilitate 5. Implementare și continuare
UNEP, 1991	Audit and Reduction Manual for Industrial Emissions and Wastes. Technical Report Series No. 7	1. Pre-evaluare 2. Bilanț de materiale 3. Sinteză
Ministerul Afacerilor Economice din Olanda, 1991	PREPARE Manual for the Prevention of Waste and Emissions	1. Planificare și organizare 2. Evaluare 3. Fezabilitate 4. Implementare
USEPA, 1992	Facility Pollution Prevention Guide	1. Dezvoltarea programului de prevenire a poluării 2. Evaluarea preliminară

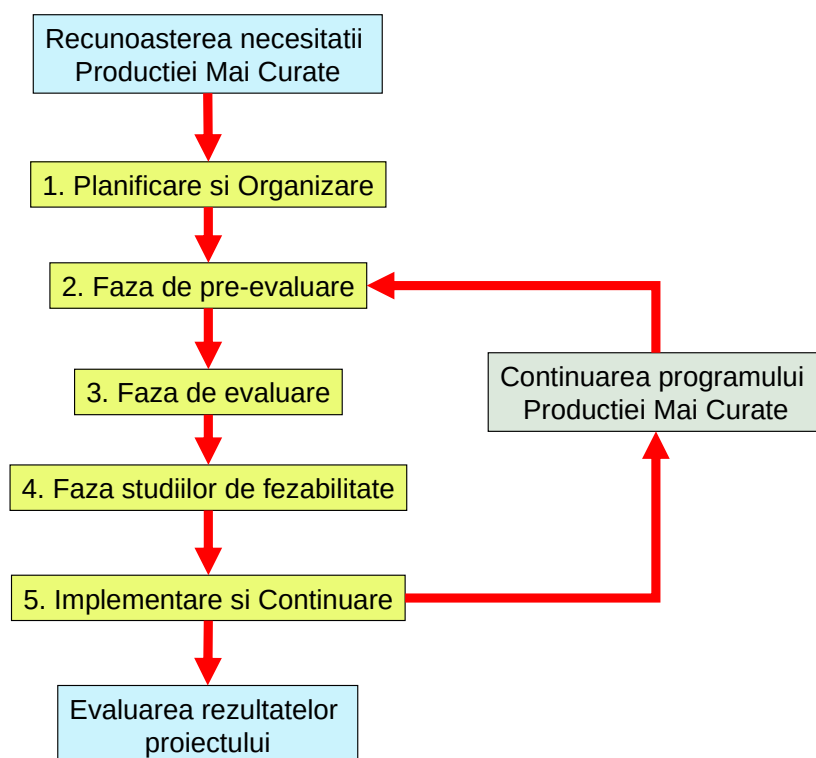


Figura 5.1. Etapele evaluării PMC [38]

Experiența unui număr din ce în ce mai mare de organizații arată că pentru demararea cu succes a unui program PMC sunt importante următoarele elemente:

- **Dorința conducerii organizației** de a pregăti scena pentru activitățile necesare PMC. Voința implementării PMC poate fi reflectată în declarația privind politica de mediu, dar tot atât de importantă este comportarea *de facto* a conducerii.
- **Implicarea angajaților.** Conducerea trebuie să pregătească terenul, dar găsirea sau nu a măsurilor posibil de implementat pentru PMC depinde în mare măsură de colaborarea angajaților, în special a celor implicați în exploatarea și în întreținerea instalațiilor. Aceștia înțeleg cel mai bine cum și de ce sunt generate deșeurile și de cele mai multe ori sunt capabili să vină cu soluții de minimizare.
- **Conștientizarea costurilor** este importantă în sensul că o informare corectă asupra costurilor poate convinge atât conducerea, cât și angajații că producând mai curat pot câștiga mai mulți bani. Din nefericire, în multe organizații, în special de talie mică și mijlocie, nu se prea știe câți bani se irosesc. De regulă se ia în considerare doar factura care trebuie achitată celor care preiau sau depozitează deșeurile. În realitate, costurile cu deșeurile sunt semnificativ mai mari.

Pentru identificarea, evaluarea și implementarea oportunităților PMC este necesară o abordare organizată. Evaluarea PMC se face având în vedere necesitatea evitării sau cel puțin a reducerii generării de deșeuri și emisii. Mai mult, se așteaptă ca aceste opțiuni să modifice în schimb sistemul informațional și de management, în așa fel încât să faciliteze și alte activități în sprijinul PMC. Organizarea implică următoarele acțiuni:

- **Formarea unei echipe de proiect**, care să inițieze, să coordoneze și să supravegheze acțiunile de evaluare. Pentru a fi eficientă, echipa trebuie să aibă suficiente cunoștințe referitoare la procesul analizat, să aibă suficientă creativitate pentru a propune și evalua modificările posibile ale practicilor curente de producție, precum și suficientă autoritate pentru a implementa și menține modificările propuse.
- **Identificarea barierelor și a soluțiilor:** pentru dezvoltarea unor soluții viabile, echipa de proiect va trebui să identifice posibilele bariere care ar putea împiedica implementarea PMC în organizație.
- **Stabilirea de obiective îndrăznețe.** Obiective motivante, stabilite la nivelul întregului proces de producție, vor pregăti terenul pentru evaluare și vor mobiliza echipa de proiect. Tendința organizațiilor de a subestima potențialul PMC se reflectă de cele mai multe ori în obiectivele modeste pe care și le propune.

Planificarea PMC este o metodă sistematică și cuprinzătoare pentru identificarea opțiunilor de evitare sau reducere a generării de deșeuri. Procesul de planificare însuși are rezultate și beneficii proprii:

- planificarea îngrijită poate permite selectarea și implementarea celor mai ieftine și mai eficiente opțiuni PMC;

- planificarea sistematică asigură faptul că obiectivele și activitățile PMC sunt consistente și în concordanță cu cele identificate în procesul mai larg de planificare al organizației;
- planificarea efectivă a PMC facilitează procesul de analiză a planurilor de afaceri și de luare a deciziilor cum ar fi cele referitoare la buget și la achiziții;
- un plan PMC documentat poate fi condiția obținerii unor finanțări sau a unor condiții de finanțare avantajoase.

5.5.2. Pre-evaluarea

Obiectivul pre-evaluării este acela de a obține o imagine generală a producției organizației și a aspectelor referitoare la mediu. Procesele de producție sunt cel mai bine reprezentate prin scheme de flux tehnologic pe care sunt evidențiate intrările, ieșirile și zonele cu probleme de mediu.

5.5.2.1. Descrierea companiei și schema de flux tehnologic

O descriere a proceselor trebuie să răspundă următoarelor întrebări:

- Ce produce compania?
- Care este istoricul companiei?
- Cum este organizată compania?
- Care sunt procesele principale?
- Care sunt cele mai importante intrări și ieșiri?

Elaborarea schemei de flux tehnologic este una din etapele cheie ale evaluării PMC și reprezintă baza întocmirii bilanțurilor materiale și energetice necesare în etapa de evaluare. Schema de flux trebuie să acorde o atenție specială activităților care, de regulă, sunt neglijate în schemele de flux tehnologic tradiționale: curățirea, depozitarea și manipularea materialelor, operațiile auxiliare (răcirea, producerea aburului și a aerului comprimat), întreținerea și repararea utilajelor, materialele mai greu de identificat în fluxurile de ieșire (catalizatori, lubrifianți, etc.), subprodusele eliberate în mediu sub formă de emisii ușor dispersabile. Schema de flux tehnologic este concepută în vederea de a oferi o imagine generală; ea trebuie însoțită de fișe individuale de intrări/ieșiri pentru fiecare operație unitară sau departament.

5.5.2.2. Inspectarea companiei

Multe din informațiile necesare pentru completarea fișelor individuale de intrări/ieșiri ale operațiilor sau proceselor pot fi obținute printr-o inspectare a companiei, respectiv o vizită prin toate zonele de producție, întreținere, etc. (așa-numita „walk-through inspection”). Dacă este posibil, vizita trebuie să fie realizată în ordinea fluxului tehnologic, concentrându-se asupra ariilor în care sunt generate produsele, deșeurile și emisiile. Este important ca în timpul vizitei să fie purtate discuții cu operatorii, aceștia oferind deseori informații sau idei utile referitoare la identificarea surselor de deșeurii și

la posibilitățile de implementare a PMC. În tabelul 5.3 sunt prezentate câteva exemple de întrebări tipice utilizate în timpul inspectării companiei.

Tabelul 5.3. Întrebări tipice utilizate în timpul inspectării companiei

Există semne de întreținere necorespunzătoare (arii de lucru murdare sau obstrucționate)?
Există scurgeri sau împrăstieri notabile? Există semne ale unor împrăstieri mai vechi: decolorarea și corodarea pereților, suprafețelor de lucru, tavanelor și podelelor, conductelor?
Robinetele de apă picură sau sunt lăsate să curgă?
Există urme de fum, murdărie sau gaze care indică pierderi de materiale?
Există mirosuri ciudate care produc iritarea ochilor, nasului sau gâtului?
Nivelul de zgomot este ridicat?
Există containere deschise, stive de butoaie sau alte semne care denotă proceduri de depozitare necorespunzătoare?
Sunt etichetate toate containerele cu date privind conținutul și gradul de risc al acestora?
Au fost observate deșeuri sau emisii generate de către echipamentele de proces (scurgeri de apă, abur, vapori)?
Angajații au ceva de spus referitor la sursele de deșeuri și emisii din companie?
Echipamentul de urgență (stingătoare, etc.) este disponibil și amplasat la loc vizibil pentru a asigura un răspuns rapid la un incendiu, o scurgere sau alt incident?

În timpul inspectării, problemele întâlnite trebuie adunate într-o listă, iar dacă există soluții evidente pentru unele dintre ele, trebuie și acestea notate. O atenție specială trebuie acordată acelor soluții care nu necesită cheltuieli sau necesită cheltuieli reduse. Acestea trebuie implementate imediat, fără a mai aștepta un studiu de fezabilitate detaliat.

5.5.2.3. Stabilirea unui obiectiv

Ultimul pas al studiului de pre-evaluare îl reprezintă stabilirea unui obiectiv pe care să se concentreze activitățile următoare. Într-o lume ideală, ar trebui evaluate toate procesele și operațiile unitare. Constrângerile datorate timpului și resurselor financiare fac însă necesară selectarea în vederea evaluării doar a celor mai importante procese și operații. Este un fenomen obișnuit ca evaluarea PMC să se concentreze asupra acelor procese care:

- generează cantități mari de deșeuri și emisii;
- utilizează sau produc materiale și chimicale periculoase;
- implică pierderi financiare ridicate;
- au numeroase beneficii evidente pentru PMC;
- sunt considerate a fi o problemă de către toți cei implicați.

Toate informațiile adunate de-a lungul fazei de pre-evaluare trebuie bine organizate în vederea unei accesării și aducerii la zi cu ușurință.

5.5.3. Evaluarea propriu-zisă

În timpul acestei etape sunt analizate bilanțurile de materiale și sunt propuse măsurile care ar trebui luate pentru reducerea sau eliminarea pierderilor de materiale.

În această fază, echipa de proiect utilizează toate mijloacele posibile pentru identificarea opțiunilor PMC. Ideile pentru aceste opțiuni pot proveni din consultarea literaturii, cunoștințele personale, discuțiile cu furnizorii, exemple din alte organizații, baze de date specializate, sau din activități de cercetare – dezvoltare. Brainstormingul este o unealtă indispensabilă pentru asigurarea unui mediu intelectual creativ în care să poată fi avute în vedere toate variantele posibile. Brainstormingul s-a dovedit cel mai eficient în momentul în care manageri, ingineri, operatori, alți angajați, precum și consultanți externi lucrează împreună, fără constrângeri ierarhice.

Se poate menționa că în timpul evaluării PMC să fi fost deja identificate o serie de posibilități de îmbunătățire imediată. Procesul de evaluare poate fi divizat, din punct de vedere conceptual, în trei părți esențiale: identificarea sursei, diagnosticarea cauzei, generarea opțiunilor.

- Pentru **identificarea sursei** este necesară inventarierea fluxurilor de materiale care intră și ies din organizație și a costurilor asociate acestora. Inventarierea va conduce la o schemă de flux a procesului care permite identificarea tuturor surselor de deșeuri și a celor generatoare de emisii.
- **Diagnosticarea cauzei** constă în investigarea factorilor care influențează volumul și compoziția deșeurilor sau emisiilor generate. Se întocmește o listă a tuturor cauzelor posibile de generare a deșeurilor căreia i se alocă toți factorii posibili care influențează volumul și/sau compoziția fluxurilor de deșeuri și emisii. Pentru evaluarea și ierarhizarea în funcție de importanța relativă a tuturor cauzelor posibil generatoare de deșeuri este necesară întocmirea unui bilanț de masă și de energie.
- **Generarea de opțiuni** este următorul pas logic pentru crearea unei viziuni asupra modului în care se pot elimina sau controla fiecare din cauzele care produc deșeuri sau emisii.

După ce s-au identificat opțiunile PMC, ele trebuiesc evaluate, utilizându-se pentru evaluare aceeași procedură utilizată pentru evaluarea unor alte investiții sau inovații de natură tehnică. Generarea de opțiuni constă în câteva elemente redată în fig. 5.2. Procesul de generare de opțiuni ia în considerare, pe rând, fiecare dintre aceste elemente.

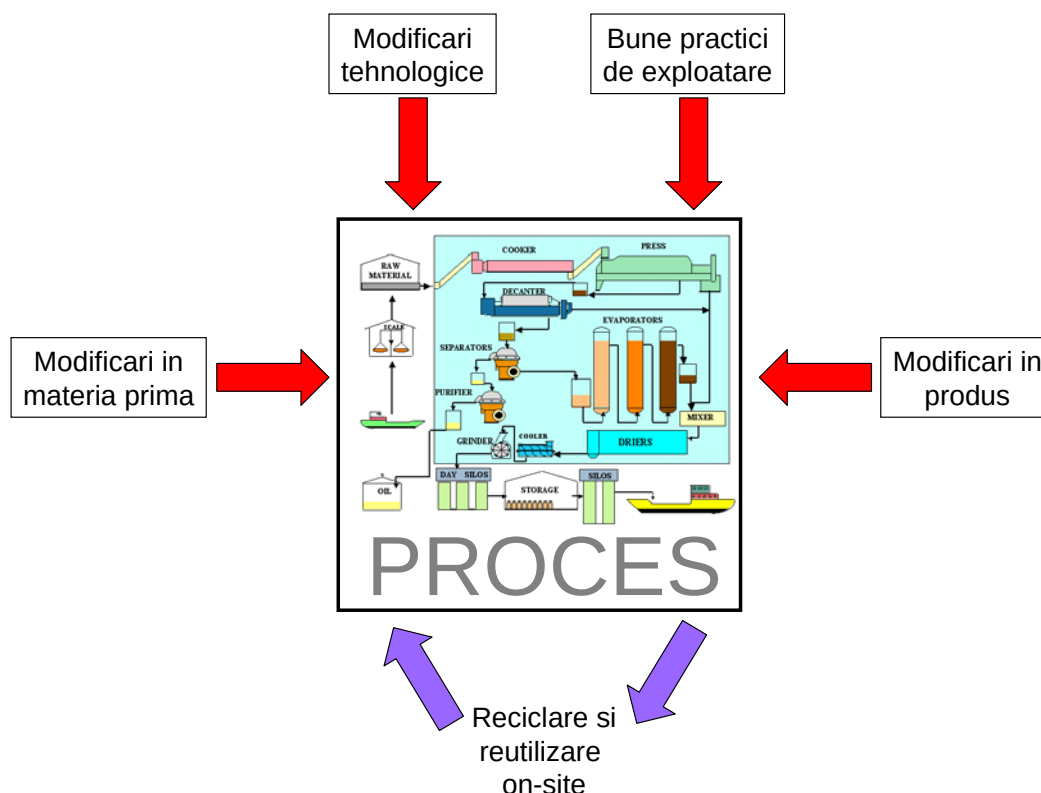


Figura 5.2. Opțiuni pentru implementarea PMC în procesul de producție

5.5.3.1. Modificarea materiilor prime

Modificarea materiilor prime conduce la PMC prin reducerea sau eliminarea materialelor periculoase care intră în procesul de producție. De asemenea, prin modificarea materialelor intrate poate fi evitată generarea deșeurilor periculoase în cadrul procesului de producție. Modificarea implică fie purificarea materiilor prime, fie substituirea acestora cu altele.

5.5.3.2. Modificarea tehnologiei

Modificările de tehnologie sunt orientate către modificări ale proceselor și utilajelor în vederea reducerii deșeurilor și emisiilor. Aceste modificări variază de la schimbări minore care pot fi implementate în câteva zile, cu costuri minime, până la înlocuirea proceselor de producție, implicând cheltuieli importante de capital. Ele pot include următoarele:

- modificări în procesul tehnologic;
- modificări ale utilajelor, amplasamentului lor, ale rețelilor de conducte;
- introducerea automatizării;
- modificarea parametrilor procesului (debit, presiuni, temperaturi, timpi de staționare).

5.5.3.3. Practici îmbunătățite de exploatare/întreținere

Acestea implică măsuri procedurale, administrative sau instituționale pe care o organizație le poate aplica pentru minimizarea deșeurilor sau emisiilor. Multe dintre aceste măsuri sunt utilizate pe larg în industrie ca mijloace pentru creșterea eficienței și ca practici de bun management. Aceste practici pot fi implementate adesea cu costuri minime, în toate zonele: producție, întreținere, depozitarea materiilor prime și a produselor finite. Ca practici îmbunătățite de exploatare/întreținere se pot menționa:

- Practicile de management și de personal: instruirea angajaților, acordarea de prime sau de alte stimulente având darul de a cointeresa angajații în reducerea deșeurilor și emisiilor;
- Practici de inventariere și manipulare a materialelor: programe de reducere a pierderilor de materii prime prin manipulare defectuoasă, datorită expirării termenului de garanție al materialelor degradabile în timp, precum și programe de depozitare corespunzătoare;
- Prevenirea pierderilor minimizează deșeurile și emisiile prin evitarea scurgerilor din utilaje și a împrăstierii de lichide;
- Separarea deșeurilor: această practică reduce volumul deșeurilor periculoase prin prevenirea amestecării lor cu alte deșeuri nepericuloase;
- Practici de calculare a costurilor: programe prin care costurile aferente tratării și depozitării deșeurilor sunt alocate direct sectoarelor care le generează, în loc să fie incluse în cheltuielile generale ale companiei;
- Planificarea producției: prin analiza acestor factori, sectoarele care generează deșeuri și emisii devin mai conștiente de efectul tratării și depozitării acestora, și sunt constrânse financiar să și le minimizeze. Printr-o programare judicioasă a sarcinilor de producție se poate reduce frecvența necesității curățirii utilajelor și echipamentelor, reducându-se astfel emisiile și deșeurile generate în procesele de curățire.

5.5.3.4. Modificarea produselor

Modificarea produselor este efectuată cu intenția de a reduce emisiile și deșeurile rezultate în urma utilizării produsului. Modificarea produselor include:

- modificarea standardelor de calitate;
- modificarea compoziției produsului;
- modificarea durabilității produsului;
- înlocuirea produsului.

Modificarea produsului poate conduce la modificări ale designului și compoziției acestuia. Noul produs, reproiectat, poate avea astfel un impact mai redus asupra mediului, prin intermediul modificărilor apărute în ciclul de viață al acestuia.

5.5.3.5. Reutilizarea on-site și reciclarea

Reciclarea sau reutilizarea implică reintroducerea deșeurilor fie în procesul original, ca înlocuitor pentru una din materiile prime, fie într-un alt proces, ca materie primă. Generarea unei opțiuni de prevenire corespunzătoare este un proces creativ; informațiile colectate sunt folositoare în acest proces creativ. Cele mai importante aspecte considerate în acest proces sunt:

- găsirea faptelor (căutarea tuturor informațiilor relevante pentru problemă);
- identificarea problemei (lărgirea treptată a formulării problemei, prin întrebări de tipul „cum?” și „de ce?”);
- generarea ideilor de rezolvare a problemei (brainstorming tradițional);
- definirea criteriilor care vor fi utilizate pentru selectarea soluțiilor/ideilor;
- sortarea soluțiilor/ideilor;
- alegerea tuturor acelor soluții/idei care pot fi implementate imediat.

5.5.4. Studiile de fezabilitate

Studiile de fezabilitate trebuie să dovedească dacă fiecare dintre opțiuni (a căror fezabilitate nu este evidentă) sunt tehnic și economic fezabile și dacă contribuie la îmbunătățirea mediului. Studiile de fezabilitate pot fi grupate în cinci categorii.

5.5.4.1. Evaluarea preliminară

Opțiunile sunt sortate în ordinea identificării necesităților de evaluare suplimentară. Opțiunile manageriale nu necesită întotdeauna o evaluare tehnică, pe când pentru opțiunile bazate pe utilaje aceasta este obligatorie. În mod similar, opțiunile simple nu necesită o evaluare de mediu, în timp ce opțiunile complexe o cer. În final, opțiunile ieftine nu necesită o evaluare economică detaliată, pe când pentru cele costisitoare poate fi o necesitate.

5.5.4.2. Evaluarea tehnică

Evaluarea tehnică cuprinde două aspecte aflate în strânsă legătură. Mai întâi trebuie văzut dacă opțiunea poate fi pusă în practică. Aceasta necesită o verificare a disponibilității și fiabilității echipamentelor, efectul asupra calității produsului și asupra productivității, a necesarului de utilități și a cerințelor de întreținere, precum și a necesarului de abilități pentru exploatare și supraveghere. Apoi, modificarea specificațiilor tehnice trebuie transpusă într-un bilanț teoretic, care să reflecte intrările și ieșirile de materiale și energie după implementarea opțiunii respective de PMC.

Opțiunile care nu necesită cheltuieli de capital (măsurile „gospodărești”, de ex.) pot fi cel mai adesea implementate rapid. Dacă sunt necesare unele investiții pentru opțiunea respectivă, este recomandabil să se ceară părerea unui grup ad-hoc de experți care să facă o evaluare tehnică bazată pe criteriile de evaluare selecționate. Schimbările

de materie primă, echipamente sau tehnologii sunt costisitoare și pot produce modificări ale liniei de fabricație și/sau ale calității produsului. Evaluarea tehnică a unei astfel de opțiuni necesită o investigație mai complexă.

5.5.4.3. Evaluarea economică

O evaluare economică minimă necesită cel puțin colectarea de date privind costurile de investiții și de operare, beneficiile, alegerea între criteriile de evaluare (perioada de amortizare a investiției, valoarea netă actuală, rata venitului intern) și calculul de fezabilitate. Colectarea datelor economice se bazează pe rezultatele evaluării tehnice. În vederea integrării corespunzătoare a avantajelor economice pe termen lung ale PMC, se recomandă insistent aplicarea în analiza economică a principiilor evaluării costurilor totale (în special când se analizează opțiuni având costuri ridicate).

5.5.4.4. Evaluarea de mediu

Obiectivul acesteia este de a determina impactul pozitiv sau negativ al opțiunii asupra mediului. O evaluare de mediu trebuie să aibă în vedere întregul ciclu de viață al produsului sau serviciului. În esență sunt două tipuri de LCA: cantitativă și calitativă. Metoda cantitativă implică elaborarea unui set de criterii față de care poate fi măsurat impactul produsului asupra mediului, urmată de măsurarea efectivă a acestuia. Criteriile utilizate pot fi de genul: costul depozitării sau curățirii deșeurilor generate în toate etapele ciclului de viață, cantitatea sau costul energiei utilizate în toate etapele ciclului de viață, etc. Aprecierea calitativă a LCA este mult mai utilă acestei etape de evaluare. Ea implică construirea unei matrici a aspectelor de mediu în funcție de etapele ciclului de viață.

5.5.4.5. Selectarea opțiunilor fezabile

În primul rând se elimină opțiunile tehnic nefezabile și cele al căror beneficiu de mediu este nesemnificativ. Toate opțiunile rămase pot fi, în principiu, implementate. Oricum, o selecție va fi necesară în cazul opțiunilor concurente sau atunci când fondurile avute la dispoziție sunt limitate.

5.5.5. Implementarea și continuarea programului

În această ultimă etapă sunt implementate măsurile fezabile identificate anterior, asigurându-se continuarea aplicării PMC. Dezvoltarea unui astfel de program necesită monitorizarea și evaluarea rezultatelor obținute prin implementarea primului grup de măsuri preventive adoptate. Rezultatele așteptate să apară în această fază sunt:

- implementarea unor măsuri fezabile de PMC;
- monitorizarea și evaluarea progresului realizat prin implementarea măsurilor fezabile;

- inițierea unor noi acțiuni privind PMC.

Pentru obținerea acestor rezultate, trebuie implementate următoarele teme:

- **Pregătirea planului PMC:** măsurile se organizează în funcție cu data previzionată a implementării. Suplimentar, trebuie identificate persoana sau departamentul care au responsabilitatea primară a implementării măsurilor.
- **Implementarea măsurilor fezabile de PMC:** Efortul necesar implementării poate fi extrem de variat. Atenția trebuie focalizată pe acele măsuri complexe care implică costuri substanțiale. Implementarea lor poate necesita o pregătire detaliată.
- **Monitorizarea progresului PMC:** Trebuie utilizați indicatori simplii pentru monitorizarea progresului înregistrat, iar conducerea organizației, precum și alte părți interesate, trebuie informate frecvent asupra acestora. Alegerea modalității de măsurare este esențială. Ea poate fi bazată pe măsurarea modificării cantităților de deșeuri/emisii, pe măsurarea modificării consumului de resurse (inclusiv energetice) sau pe măsurarea modificării profitabilității. Evaluarea datelor monitorizate trebuie să includă și modificările în cuantumul producției obținute și/sau a modificărilor suferite de produs.
- **Susținerea PMC:** Aplicarea continuă a conceptului PMC poate necesita schimbări structurale în organizație și în managementul acesteia. Ariile cheie sunt: integrarea în dezvoltarea tehnică a organizației, o contabilizare adecvată a generării deșeurilor și implicarea angajaților. Integrarea în dezvoltarea tehnică poate include planificarea lucrărilor preventive de întreținere, integrarea criteriilor de mediu (cum ar fi consumul de energie și de resurse) în procesul de selecție a noilor echipamente, sau integrarea PMC în planurile de cercetare-dezvoltare pe termen lung. Implicarea angajaților se poate obține prin metode educaționale, prin crearea oportunităților de comunicare bidirecțională între personal și conducere, prin programe de recompensare.

5.6. BARIERE ÎN CALEA PRODUCȚIEI MAI CURATE DIN PERSPECTIVA INDUSTRIALĂ

În ciuda aspectelor economice atractive și a reducerii semnificative a impactului asupra mediului, aplicarea generală a PMC rămâne încă limitată. O serie de studii au cercetat care sunt cauzele fenomenului – la nivel de organizație, cele mai frecvente cauze fiind retate în tab. 5.4.

Tabelul 5.4. Constrângeri în aplicarea PMC

Tipuri	Motive frecvent invocate
Financiare	❖ Costuri ridicate ale capitalului extern pentru investiții în industrie ❖ Lipsa mecanismelor de finanțare adecvate investițiilor în PMC ❖ Percepția că investițiile în PMC prezintă un grad ridicat de risc, datorită naturii inovative a acesteia ❖ Evaluarea neadecvată a PMC de către cei care acordă creditele
Economice	❖ Investițiile PMC nu sunt suficient de eficiente (în comparație cu alte oportunități investiționale), dat fiind prețul actual al resurselor ❖ Imaturitatea practicilor companiilor în calculul costurilor interne și al alocării costurilor ❖ Imaturitatea practicilor companiilor în elaborarea bugetelor și a procedurilor de alocare a capitalului
Referitoare la politici	❖ Insuficienta focalizare pe PMC în strategiile de mediu, tehnologice, comerciale și de dezvoltare industrială ❖ Imaturitatea structurii politicilor de mediu (inclusiv lipsa unor reglementări legislative în domeniu)
Organizaționale	❖ Lipsa de leadership pentru probleme de mediu ❖ Perceperea PMC drept un risc managerial ❖ Imaturitatea funcțiilor de management al mediului în operațiile curente ale organizațiilor ❖ Imaturitatea (generală) a structurii organizatorice a companiei și a sistemului informațional al managementului ❖ Experiența limitată în implicarea angajaților și în lucrul pe proiecte
Tehnice	❖ Absența unei baze operaționale solide (cu practici bine stabilite de producție, scheme de întreținere, etc) ❖ Complexitatea PMC (nevoia de evaluare holistică pentru evaluarea oportunităților adecvate ale PMC) ❖ Accesibilitate limitată la echipamente necesare în sprijinul PMC (de ex. instrumentație de precizie de bună calitate pentru instalațiile mici) ❖ Accesibilitate limitată la informații tehnice de încredere, potrivite nevoilor companiei și a capacităților sale de asimilare
Conceptuale	❖ Indiferența: percepția referitoare la propriul rol în îmbunătățirea condițiilor de mediu ❖ Interpretarea îngustă sau incorectă a conceptului PMC ❖ Rezistența (generală) la schimbare și la nou

6. Reciclarea deșeurilor din industria alimentară prin bioconversie

Reciclarea deșeurilor a devenit o metodă curentă pentru prevenirea declinului factorilor de mediu și pentru satisfacerea cererilor din ce în ce mai mari de materii prime. Beneficiile care pot rezulta prin reciclarea cu succes a deșeurilor industriei alimentare sunt enorme. O tehnologie de reciclare nouă își va recupera investiția într-un timp care este dependent de natura deșeurilor prelucrați; costul depozitării deșeurilor – care reprezintă un factor impulsivant asupra dezvoltării de noi tehnologii de reciclare, depinde și el de tipul deșeurilor, de locație și de legislația locală, astfel încât este practic imposibil de a dezvolta și implementa o tehnologie de reciclare unică, chiar și numai pentru un singur tip de deșeu provenit din industria alimentară.

Bioconversia, sau bioreciclarea, poate fi definită ca fiind reutilizarea deșeurilor organice în vederea obținerii de noi produse, prin intermediul utilizării proceselor microbiene. Componentii organici ai deșeurilor sunt folosiți drept substrat pentru dezvoltarea microorganismelor [47]. O astfel de tehnologie face legătura între cantitatea tot mai mare de deșuri generată în lume cu cerința mondială tot mai ridicată de recuperare a resurselor de materii prime și energie.

Pentru deșeurile industriei alimentare, bioconversia poate fi aplicabilă fie în producerea de energie, fie în transformarea deșeurilor în materii prime pentru obținerea de produse cu valoare de piață.

6.1. PRODUCEREA DE BIOENERGIE

Reducerea resurselor de combustibili fosili a declanșat vaste programe de cercetare în domeniul combustibililor obținuți din resurse rapid regenerabile, cum ar fi biomasa. Producția biochimică de combustibili din subproduse organice a căpătat o atenție deosebită în ultimii ani, iar progresele recente în biotehnologie și bioinginerie au condus la descoperirea de noi căi de producere a combustibililor (metan, hidrogen, etanol) prin fermentare, din materii prime regenerabile [48].

6.1.1. Biogazul (biometanul)

Pentru obținerea biogazului se poate utiliza o gamă largă de substraturi atât de proveniență agricolă, cât și industrială. În principiu, orice deșeu lichid sau solid provenit din industria alimentară sau din deșeurile municipale poate fi utilizat ca substrat în procesul de digestie anaerobă din care rezultă biogazul. Câteva dintre aceste substraturi sunt prezentate în tab. 6.1.

Tabelul 6.1. Substraturi utilizabile pentru digestia anaerobă [49]

Substratul	SU* [%]	SOU** [%SOU]	Raport C/N	Randament în biogaz [m ³ CH ₄ /kg SOU]
Dejecții de păsări	15	77	7	0,2 – 0,4
Dejecții de porcine	5 – 7	77 – 85	5 – 10	0,2 – 0,3
Glicerină brută (biodiesel)	> 98	90 – 93	-	0,69 – 0,72
Cartofi putreziți	25	79	25	0,5 – 0,6
Trifoi	20	80	12	0,4 – 0,5
Șrot de mere	25	86	30	0,3 – 0,4
Grăunțe epuizate	20 – 22	87 – 90	10	0,6 0,7
Pâine (resturi)	90	96 – 98	42	0,7 – 0,75
Melasă	80	95	14 – 27	0,3
Zer	95	-	27	0,5 – 0,6
Șrot de semințe de rapiță	92	97	9 – 12	0,58 – 0,62
Resturi verzi	60 – 75	30 – 70	40 – 80	0,2 – 0,6
Nămoluri flotante (grăsimi)	5 – 24	83 – 98	-	0,6 – 0,8
Conținut intestinal	12 – 15	80 – 84	17 – 21	0,2 – 0,3
Conținut stomacal de rumegătoare (presat)	20 – 45	90	11 – 20	0,6 – 0,7
Măcinătură animală	8 – 25	90	-	0,5 – 0,8
Grăsime (de la separatoare)	35 – 70	96	-	0,7 (1,0)
Iarbă	21 – 23	76 – 80	22 – 24	0,45 – 0,5

* - substanță uscată; ** - substanță organică uscată

Producția biogazului are loc prin digestie anaerobă în bioreactoare din care oxigenul este complet exclus, iar toți ceilalți parametri care guvernează procesul de fermentare sunt atent controlați. Digestia anaerobă a deșeurilor organice poate fi considerată ca un proces care decurge în mai multe etape (fig. 6.1):

- **hidroliza:** compușii organici din deșeuri (glucide, lipide, proteine) sunt scindați de către enzime extracelulare la compuși simpli solubili în apă: monozaharide, aminoacizi, acizi grași;
- **acidificarea:** produșii intermediari de hidroliză sunt scindați în continuare în produși finali solubili în apă (acizi carboxilici saturați cu catenă scurtă, alcooli) și dioxid de carbon;
- **acetogeneza:** produșii metabolismului microbial sunt transformați în acizi organici saturați volatili (în principal acetati) și dioxid de carbon;
- **metanogeneza:** bacterii metanogene specializate în asimilarea CO_2 , H_2 sau a acetatilor, printr-un metabolism strict anaerob, generează metanul.

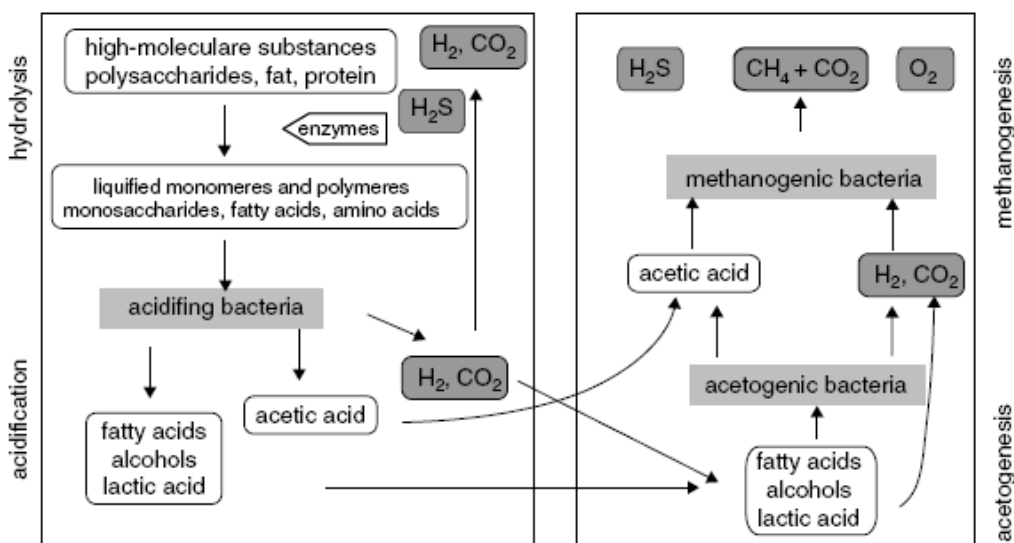


Figura 6.1. Etapele degradării anaerobe a deșeurilor organice [51]

Aceste procese sunt realizate de către numeroase specii diferite de microorganisme care pot fi clasificate în două grupe principale: bacterii acidogene, respectiv metanogene [50 - 52].

Ca rezultat al procesului de digestie anaerobă se obține biogazul. Acesta este un amestec de metan (50 – 85% vol), dioxid de carbon (15 – 50% vol) și urme de alte gaze: vapori de apă, hidrogen sulfurat, hidrogen. Compoziția substratului este un factor major care influențează atât randamentul în metan cât și producția specifică (tab. 6.2). Deși gazele prezente în urme nu influențează semnificativ proprietățile fizice ale biogazului, ele influențează alegerea tehnologiei de purificare și de utilizare a biogazului. Înainte de utilizare, din biogaz trebuie îndepărtați măcar vaporii de apă și H_2S .

Tabelul 6.2. Randamentul specific în biogaz al principalelor componente ale substratului [53]

	Randament în gaz [L/kg SOU]	CH_4 [% vol]	CO_2 [% vol]	Putere calorică [kWh/kg SOU]
Glucide	790	50	50	4,0
Lipide	1250	68	32	4,9
Proteine	700	71	29	8,0

Prezența în compuşii organici biodegradabili a unor cantități mari de lipide și proteine duce la obținerea unui procent mai ridicat în metan. Randamentul în metan depinde în cele din urmă de biodegradabilitatea substratului. Anumiți compuși naturali cum ar fi lignina, sunt refractari la digestia anaerobă chiar și în cazul unor timpi de staționare îndelungați, aceasta datorită lipsei enzimelor care să inițieze reacțiile de hidroliză. Utilizarea de cosubstraturi conduce la o îmbunătățire calitativă și cantitativă a producției de biogaz comparativ cu digestia monosubstraturilor formate exclusiv din dejecții sau nămol de la tratarea apelor reziduale municipale. Tabelul 6.3 prezintă câteva cosubstraturi utilizabile în digestia anaerobă.

Tabelul 6.3. Evaluarea reziduurilor organice și subproduselor în vederea utilizării lor în digestia anaerobă [54]

Material	Comportare			Observații
	excelentă	bună	slabă	
Materiale de origine vegetală provenite din agricultură				
Paie și alte reziduuri fibroase			x	necesită tocare sau măcinare
Material verde, recolte, siloz		x		necesită tocare; pot conține nisip, pietriș; pot spuma
Scurgeri de la însilozare	x			pot rezulta încărcări mari de CCO
Resturi de la recoltare		x		necesită tocare; pot conține nisip, pietriș;
Deșeuri din industria alimentară				
Hrană expirată		x		necesită dezambalare costisitoare
Aluat, resturi din panificație		x		necesită lichefiere (diluare)
Zer	x			nu necesită pretratare
Reziduuri de la conserve și hrană congelată		x		necesită dezambalare costisitoare
Reziduuri de la fabricarea sucurilor de fructe		x		se recomandă tocare

Obținerea biogazului din deșeuri organice este bine pusă la punct sub aspect tehnic, implementarea sa depinzând mult de cadrul politic și legislativ. În Germania, de exemplu, la nivelul anului 2005, existau circa 2400 instalații de producere a biogazului având o capacitate totală de 450 MW_{el} și funcționând cu deșeuri organice și ape reziduale [53].

În general, biogazul este utilizat pentru producere de energie electrică și energie termică în instalațiile de cogenerare, sau ca înlocuitor al gazului natural în generatoarele de abur. În ultimul deceniu, Suedia a devenit lider mondial în utilizarea biogazului drept combustibil regenerabil pentru transporturi. Suedia are un parc de circa 4500 de vehicule funcționând cu gaz, aici fiind inclusă și majoritatea autobuzelor din rețelele de transport local. Circa 45% din combustibilul acestor vehicule este biogazul, restul fiind gaz natural (fig. 6.2). Până în 2020 se prevede funcționarea cu biogaz a circa 200 000 de vehicule și existența a 150 de stații de alimentare cu biogaz (față de 24 existente în prezent). Estimările indică faptul că aproximativ 20% din nevoile de combustibil pentru transport ale Suediei vor fi acoperite din producția locală de biogaz [56].

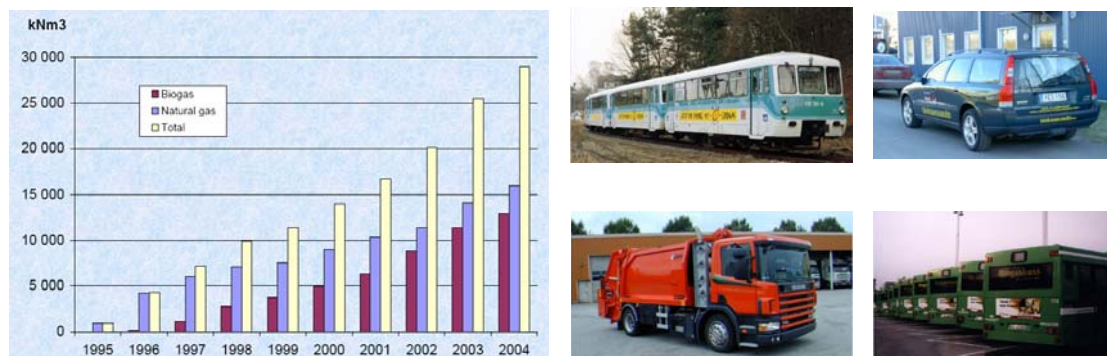


Figura 6.2. Consumul de metan pentru propulsia vehiculelor în Suedia [55]

O altă aplicație interesantă o constituie echiparea vaselor mici de pescuit (15 m lungime și motor de 75 kW) cu instalații de producere a biogazului alimentate cu deșeurile provenite de la prelucrarea primară a peștelui (eviscerare, etc.) [57]. O tonă de deșuri de la prelucrarea peștelui produce peste 500 m³ de biogaz, echivalentul a circa 310 L de motorină, suficient pentru alimentarea continuă a unui motor de vas pescăresc timp de 24 de ore. Stocarea biogazului poate fi problematică, dar la un consum de 20 m³/h, două rezervoare expandabile din plastic armat a câte 10 m³ fiecare sunt suficiente (fig. 6.3).

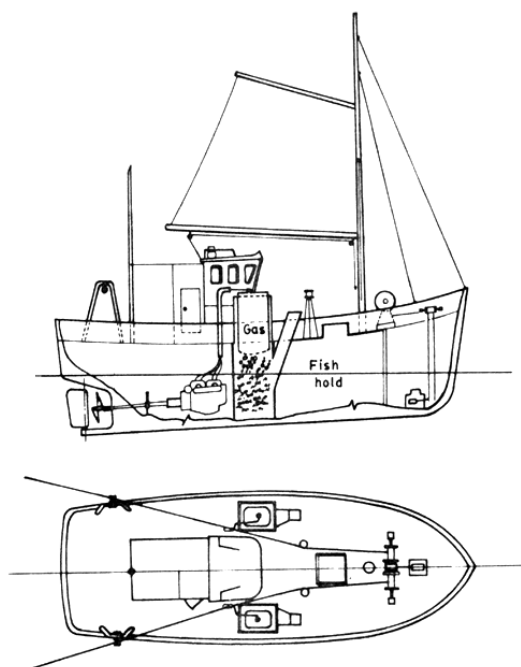


Figura 6.3. Navă mică de pescuit propulsată de motor cu biogaz [56]

Fiind o sursă energetică regenerabilă, biogazul ajută la reducerea consumului de combustibili fosili și a emisiilor de CO₂. În ceea ce privește comerțul cu emisii de CO₂, biogazul are un factor de emisie de 0 t CO₂/TJ, comparativ cu combustibilii lichizi (78 t CO₂/TJ) și cu gazul natural (56 t CO₂/TJ) [58]. Puterea calorică a biogazului depinde de conținutul în metan, variind între 4 – 7,5 kWh/Nm³. Valoarea medie de 6,0 kWh/Nm³ corespunde unui biogaz cu 65% vol CH₄ și este echivalentă cu cea a 0,62 L combustibil lichid.

În general, toate cele patru etape ale digestiei aerobe (hidroliza, acidificarea, acetogeneza și metanogeneza) decurg într-un singur bioreactor, procesul fiind numit digestie într-o singură treaptă. Pentru îmbunătățirea stabilității și a vitezei degradării, este mai rațional ca primele două faze să decurgă separat, ajungându-se la așa-numitul

proces de digestie în două trepte. Bioreactorul de metanogeneză este alimentat cu hidrolizatul provenit din bioreactorul de hidroliză, amplasat în amonte. Avantajul principal al unei astfel de scheme tehnologice este un mai bun control atât al hidrolizei, cât și al metanogenezei. În fig. 6.4. este prezentată schema unei instalații de digestie în două trepte, utilizată pentru epurarea apelor reziduale dintr-o fabrică de bere [53].

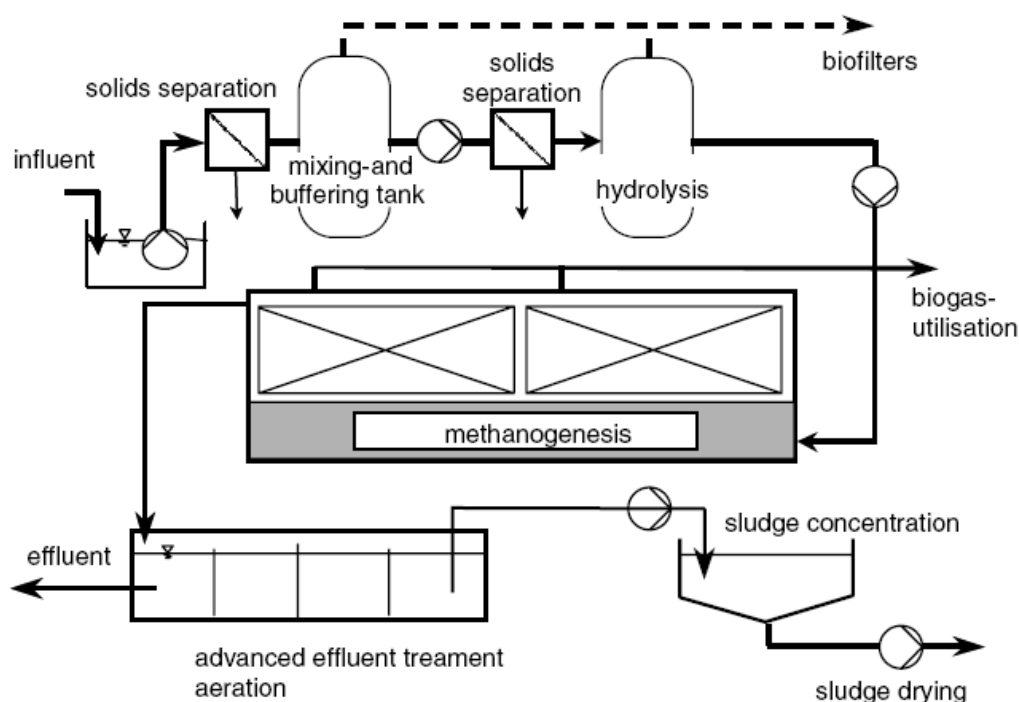


Figura 6.4. Instalație de digestie anaerobă în două trepte [53]

Nămolul rezultat în urma digestiei poate fi utilizat ca îngrășământ organic. La digestia anaerobă a deșeurilor organice, considerente tehnico-economice permit descompunerea doar a 50% din celuloza inițială și nu permit descompunerea ligninei. De exemplu, nămolul obținut după digestia anaerobă a cerealelor epuizate de la fabricarea berii conține 40 – 50% lignină, 40 – 45% celuloză și 2 – 2,5% N total [59]. Celuloza și lignina formează compuși de plecare pentru sinteza substanțelor humice. Aceste substanțe macromoleculare au capacitatea de a stoca apa, nutrienții și metalele grele într-o manieră reversibilă, jucând un rol important în mobilitatea acestora între sol, apa din sol și plante.

Borhotul rezultat ca deșeu la obținerea alcoolului prin distilare este o materie primă care se pretează la obținerea biogazului. Tabelul 6.4 prezintă compoziția diverselor tipuri de borhot și randamentul lor în biogaz, comparativ cu dejecțiile animale. De menționat că randamentul maxim în metan indicat în tabel este cel realizat în instalații de digestie anaerobă în două trepte. Schema de principiu a unei instalații de producere a biogazului pe bază de borhot este redată în fig. 6.5.

Tabelul 6.4. Randamente tipice în biogaz pentru diferite tipuri de borhot [60]

Substrat	SU/SOU [%]	Lipide [g/kg ST]	Proteine [g/kg ST]	Glucide [g/kg SU]	Fibre [g/kg SU]	Producție specifică de biogaz [m ³ /kg SOU]	Biogaz produs pe m ³ de substrat [m ³ /m ³]	Conținut în metan [% vol]
Borhot de cartofi	7,0/85	17	285	451	80	0,60	36	75
Borhot de grâu	7,0/88	67	362	416	97	0,65	38	68
Borhot de secară	7,0/88	54	431	406	56	0,68	40	60
Borhot de porumb	7,0/94	82	297	466	104	0,70	45	70
Porumb furajer ¹	7,0/95,5	41	98	743	73	0,62	41	63
Iarbă furajeră ¹	7,0/91,4	53	219	558	85	0,58	38	66
Dejecții lichide de porcine ²	7,0/86	70	180	450	160	0,50	30	68
Dejecții lichide de bovine ²	7,0/80	30	150	410	210	0,48	27	64

SU – substanță uscată; SOU – substanță organică uscată; ST – substanță totală;

¹ – după separarea fibrelor crude nedegradabile; ² – dejecții lichide neseperate.

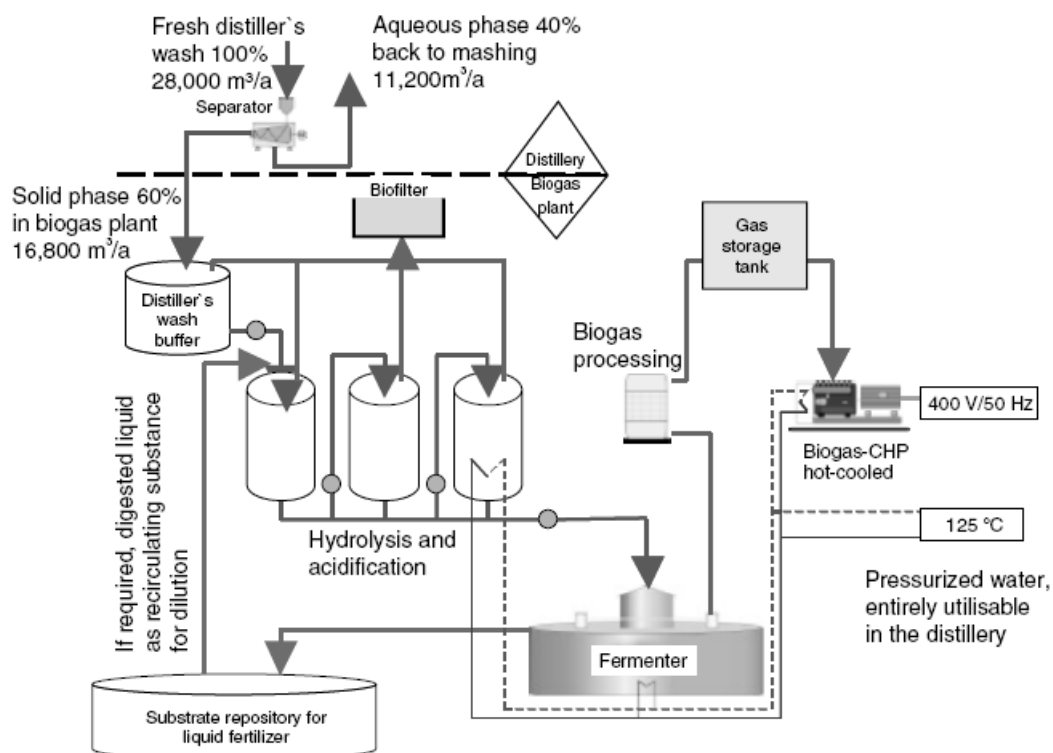


Figura 6.5. Schema de principiu a unei instalații de biogaz dintr-o distilerie având o capacitate de 28 000 hL [61]

Biogazul obținut poate fi utilizat în calitate de combustibil: prin ardere directă în focarul generatorului de abur, într-o instalație de cogenerare, în pile de combustie cu generare de electricitate. Se apreciază că o distilerie își poate acoperi până la 90% din necesarul de energie (termică și electrică) prin biogazul generat de către propriile deșeuri, în condițiile funcționării continue (24 h/zi, 6 – 7 zile/săpt., 350 zile/an), la un consum constant de energie și la o compoziție relativ constantă a substratului, fără variații mari ale încărcării [60]. Schema integrării biogazului în circuitul energetic al distileriei este redată în fig. 6.6.

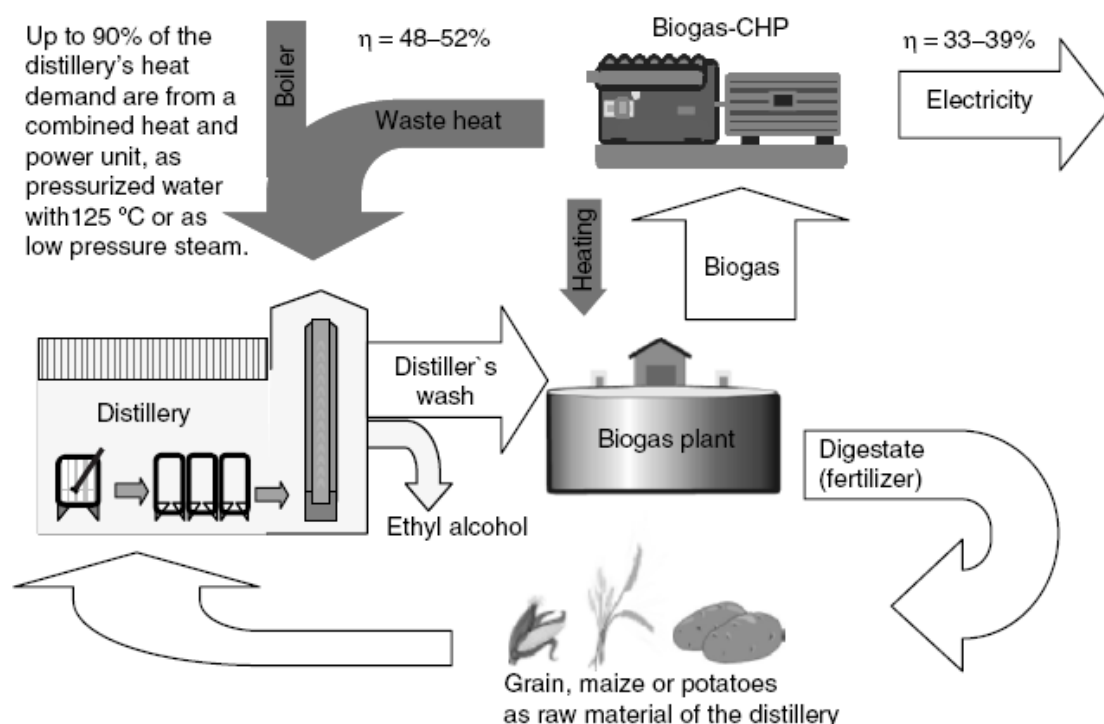


Figura 6.6. Integrarea producției de biogaz în distilerie [61]

Astfel de instalații au funcționat și funcționează cu succes în întreaga lume. Caracteristicile unor instalații din Germania sunt redate în tabelul 6.5. În tabelul 6.6 sunt prezentate caracteristicile unor instalații de biogaz din Suedia care folosesc drept substrat dejecții animale în amestec cu deșeuri din industria alimentară.

Tabelul 6.5. Instalații de producere a biogazului din borhot în Germania [60]

Twistringen-Heiligenloh	Mellinghausen	Altheim
20 de ani de exploatare (1982 – 2002)	10 ani de exploatare (1984 – 1994)	8 ani de exploatare (1999 – prezent)
Bioreactoare de 1300 și 1700 m ³	Bioreactor de 2200 m ³	Bioreactor de 1200 m ³
Substrat: borhot de cartofi	Substrat: borhot de cartofi	Substrat: borhot iarna, pulpă vara
Peste 10.10 ⁶ m ³ biogaz produs	Funcționare: 9 luni/an	Căldura utilizată în distilerie și în instalațiile de uscare

Tabelul 6.5. Instalații de producere a biogazului din Suedia [56]

Parametri de operare	Laholm	Boras	Linkoping
Masa de deșeuri prelucrate [t/zi]	14	82	148
Conținut total de solide [%]	10	30	10 – 14
Compoziția deșeurilor	33% dejecții porcine 27% dejecții bovine 40% deșeuri de abator și coji de cartofi	deșeuri de restaurant grăsimi de la separator deșeuri de abator deșeuri alimentare	75% deșeuri de abator 15% deșeuri alimentare și farmaceutice 10% dejecții
Producție de biogaz [m ³ /h]	500	400	1350
Calitate biogaz [% vol CH ₄]	75	na	70 – 74
Prelucrare materie primă	măcinare deșeuri de abator la 15 mm	măcinare deșeuri de abator	măcinare deșeuri de abator la 15 mm
Bioreactoare continue cu agitare	2	1	2
Temperatura de operare [°C]	35 (mezofil)	55 (termofil)	38 (mezofil)
Timp de staționare [zile]	21	16 – 17	30
Pasteurizare	1 h la 70 °C	1 h la 70 °C	1 h la 70 °C
Căldura de proces	10% din biogaz	10 – 15% din biogaz	-

Așa cum reiese și din tab. 6.5, instalațiile de producere a biogazului folosesc tot mai mult ca materie primă deșeurile de abator. Până nu demult, aceste deșeuri erau prelucrate și transformate în hrană pentru animale, având o piață relativ mare și stabilă. Odată cu problemele apărute, în special datorită encefalopatiei bovine spongiforme (BSE)¹, legislația s-a schimbat drastic [62]. La ora actuală, hrănirea animalelor de fermă cu proteine de origine animală (făină de oase, făină de carne) este interzisă. Excepție face hrănirea animalelor nedestinate consumului uman (animale de casă, animale crescute pentru blană). Derogări specifice permit utilizarea anumitor proteine animale prelucrate (hidrolizat proteic, făină de pește) în hrana nerumegătoarelor. În plus, este interzisă hrănirea animalelor cu făină de carne și oase provenite de la aceeași specie.

Deșeurile de abator fac parte din categoria „subproduselor animale” nedestinate consumului uman. În conformitate cu legislația europeană [63], aceste subproduse sunt de trei categorii:

- **Subproduse animale de categoria 1**, care reprezintă un risc crescut pentru sănătatea publică, animale sau mediu. Aici sunt incluse animalele suspecte de infectare cu virusul BSE, subproduse cu concentrații ridicate de contaminanți ai mediului, materiale solide (> 6 mm) provenite din apele uzate ale instalațiilor care prelucrează produse din categoria 1 (abatoare, ateliere de tranșare, etc.), precum și resturile de catering din mijloacele internaționale de transport (cursele aeriene internaționale, de exemplu). Aceste materiale nu sunt permise în instalațiile de obținere a biogazului.
- **Subproduse animale de categoria 2**. Această categorie include acele subproduse neincluse în categoriile 1 și 3: dejecții, conținutul tractului digestiv, lapte impropriu consumului uman, animale moarte, materiale solide (> 6 mm) provenite din apele uzate ale abatoarelor. Cu excepția dejecțiilor, conținutului tractului digestiv și a laptelui, care nu necesită pretratare, toate celelalte produse din categorie pot fi utilizate la producerea biogazului după o sterilizare

¹ BSE – Bovine Spongiform Encephalopathy, cunoscută popular ca “boala vacii nebune”

prealabilă cu abur (cel puțin 20 min fără întrerupere la o temperatură internă de peste 133 °C și o presiune a aburului mai mare de 0,3 MPa).

- **Subproduse animale de categoria 3.** Aici intră toate subprodusele animale provenite de la animale corespunzătoare abatorizării, dar nedestinate consumului uman, precum și subprodusele animale din instalațiile industriei alimentare sau deșeurile din catering. Materialele din această categorie trebuie pasteurizate înaintea utilizării în instalațiile de biogaz (prin menținere minimum 60 min la o temperatură de 70 °C). Particulele supuse pasteurizării nu trebuie să depășească dimensiunea de 12 mm.

Tabelul 6.6 prezintă, pentru ilustrare, substraturile utilizabile pentru producerea biogazului în abatoarele de porcine, respectiv de bovine.

Tabelul 6.6. *Exemple de substraturi utilizate în instalații de biogaz amplasate în abatoare de porcine și de bovine [64]*

Substrat	Categorie	Tratament necesar
Abatoare de porcine		
Dejecții de porcine	2	Nu este necesară pretratarea
Conținutul tractului digestiv	2	Nu este necesară pretratarea
Tractul digestiv (potrivit consumului uman)	3	Pasteurizare
Oase, subproduse de tăiere	3	Pasteurizare
Sânge	3	Pasteurizare
Părți de animal ¹ (nepotrivite consumului uman)	3	Pasteurizare
Suspensii grosiere, nămol flotat (> 6 mm)	2	Sterilizare
Conținutul separatoarelor de grăsimi ² (< 6 mm)	-	
Ape de spălare (fracțiuni lichide pure)	-	
Abatoare de bovine		
Dejecții de bovine	2	Nu este necesară pretratarea
Conținut rumenal (conținut stomacal)	2	Nu este necesară pretratarea
Rumen	3	Pasteurizare
Subproduse de tăiere, oase	3	Pasteurizare
Părți de animal ¹	3	Pasteurizare
Sânge	3 sau 1	Pasteurizare sau incinerare
Oase: coloana vertebrală și craniul	1	Sterilizare, incinerare
Suspensii grosiere (> 6 mm)	1	Sterilizare, incinerare
Conținutul separatoarelor de grăsimi ² (< 6 mm)	-	
Ape de spălare (fracțiuni lichide pure)	-	

¹ – de la animale potrivite consumului uman (ante mortem), identificate drept nepotrivite consumului uman după inspecția postmortem;

² – Fără reducerea mărimii particulelor și îndepărtate din fluxul de ape reziduale după instalația de pretratare a apelor reziduale.

6.1.2. Bioetanolul

Etanolul se poate obține prin sinteză chimică sau prin biosinteză (fermentare). Etanolul pur este un lichid incolor, limpede, volatil, toxic și inflamabil, cu gust arzător. Fierbe la 78,4 °C și se solidifică la -112,3 °C. Are densitatea de 785,1 kg/m³ (la 20 °C) și este solubil în apă și în majoritatea lichidelor organice.

De peste un secol, cercetătorii caută noi căi de obținere a etanolului din biomasă: lemn, cereale, iarbă, deșeuri. În general, etanolul obținut prin fermentație, mai este

denumit și „bioetanol”. Eforturile pentru dezvoltarea tehnologiei bioetanolului au devenit semnificative odată cu prima criză petrolieră declanșată la sfârșitul anilor 1970 [65]. La nivelul anului 2000, producția de bioetanol era de aproximativ $20 \cdot 10^9$ L/an, producătorii cei mai importanți fiind cele două Americi (fig. 6.7) [66]. Până în 2004 producția s-a dublat, ajungând la $40,7 \cdot 10^9$ L/an, cu Brazilia și SUA drept producători principali (Fig. 6.8). Pe lângă producătorii importanți redați în fig. 6.8, statisticile mai indică încă alte 20 de țări producătoare de bioetanol [67, 68].

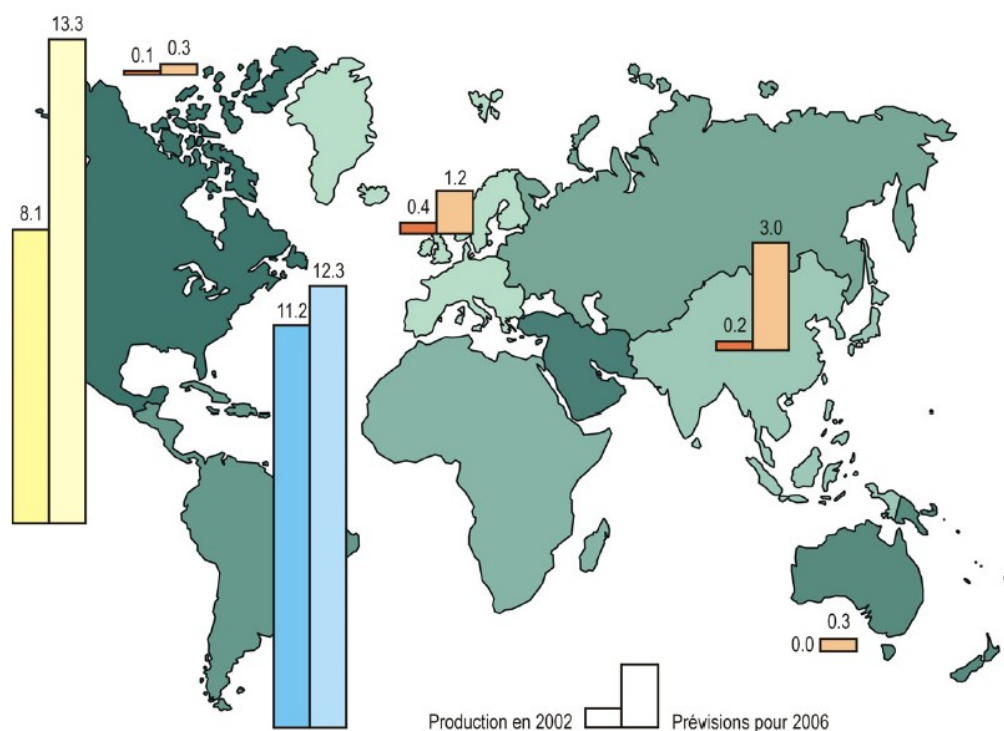


Figura 6.7. Producția mondială de bioetanol în 2002 (10^9 L/an) [66]

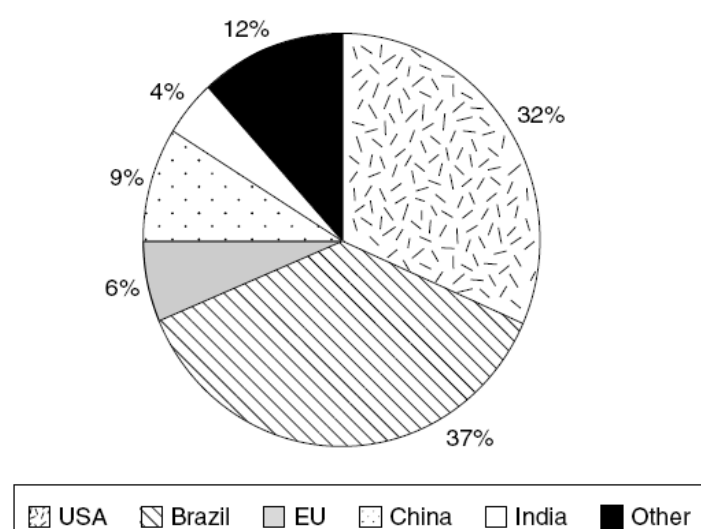


Figura 6.8. Repartizarea producției mondiale de bioetanol în 2004 [67, 68]

Producția de bioetanol prin fermentarea zaharurilor este deja o cale clasică de valorificare a trestiei de zahăr, porumbului și cerealelor, aplicată pe scară largă, mai ales în Brazilia, Statele Unite ale Americii și Franța. Programele americane și europene au în vedere în special valorificarea surplusurilor de recoltă. Producția de etanol din porumb și cereale este încă necompetitivă raportat la prețurile actuale ale benzinei și motorinei [69].

Hidroliza biomasei ligno-celulozice poate deschide căi noi pentru producerea eficientă și ieftină a bioetanolului. Utilizarea materialelor ligno-celulozice implică un proces suplimentar, cel de hidroliză al biomasei la zaharuri fermentescibile, proces realizabil fie prin hidroliză acidă, fie pe cale enzimatică. La ora actuală nu este încă pus la punct un proces de hidroliză ieftin și eficient, hidroliza acidă fiind costisitoare și puțin eficientă, în timp ce hidroliza enzimatică nu și-a dovedit încă viabilitatea la scară industrială. În ideea că aceste probleme vor fi rezolvate și că producția de bioetanol va fi asociată cu obținerea de electricitate prin incinerarea fracțiunii lemnoase neconvertite (lignina în special), se apreciază că produsul obținut poate fi competitiv cu benzina: prețul de producție al bioetanolului ar fi undeva la 0,12 €/L, la un preț estimat al biomasei de 2 €/GJ [70]. Pentru sectorul agricol și cel agroalimentar, această tehnologie devine atractivă prin posibilitatea valorificării surplusului de recoltă și a deșeurilor rezultate la prelucrarea primară a produselor agricole.

Caracteristicile proceselor din industria alimentară fac puțin probabilă utilizarea deșeurilor provenite din acest sector în obținerea pe scară largă a etanolului. Factorii care dezavantajează valorificarea acestor deșeuri la bioetanol sunt [71]:

- dispersia ridicată a punctelor de generare;
- caracterul sezonier al producției (media anuală de operare în prelucrarea legumelor și fructelor este de 65%, iar 75% din totalul prelucrării se realizează în puțin peste 4 luni);
- variabilitate ridicată atât a compoziției, cât și a caracteristicilor deșeurilor (solide sau lichide);
- necesitatea predominantă a unor surse suplimentare de azot și de nutrienți, generatoare de costuri suplimentare;
- concentrația în general redusă în zaharuri (~4%), insuficientă pentru recuperarea economică a bioetanolului;
- concurența puternică cu piața stabilă a subproduselor care asigură un profit mai ridicat în valorificarea deșeurilor.

Dintre deșeurile industriei alimentare, zerul pare a fi materia primă acceptabilă pentru producerea pe scară largă a bioetanolului. Se apreciază că producția totală de zer rezultată prin prelucrarea laptelui atinge 82 milioane de tone anual. Indiferent de proveniență, principalul component al zerului este lactoza, care depășește 70% din conținutul de SU a zerului. Compoziția principalelor tipuri de zer este redată în tab. 6.7.

Producerea bioetanolului din zer se poate realiza prin fermentație cu sau fără o pretratare enzimatică. Întrucât multe microorganisme nu sunt capabile să transforme direct lactoza în etanol, este necesar un tratament prealabil cu β -galactoxidază [72, 73]. Fermentarea se poate realiza fie cu *Aspergillus niger* la pH = 3,5 – 4,5, fie cu *Streptococcus lactis* la pH = 6 – 7 [74]. Problema fermentării cu pretratare enzimatică,

este aceea că microorganismele vor metaboliza mai întâi glucoza, ușor de metabolizat, în locul galactozei, mai dificil de metabolizat. În consecință, randamentul fermentării va scădea.

Tabelul 6.7. Compoziția diferitelor tipuri de zer (% masice) [75 – 77]

	Zer dulce	Zer acid	Zer cazeinic
Substanță uscată	6,0 – 7,0	5,0 – 6,0	6,1
Lactoză	4,5 – 5,0	3,8 – 4,6	4,7
Proteine	0,8 – 1,0	0,3 – 1,0	0,5
Lipide	0,05	< 0,01	< 0,01
Cenușă	0,5 – 0,7	0,7 – 0,8	0,9
Acid lactic	urme	< 0,8	
Acid citric	0,1	0,1	
pH	4,5 – 6,7	3,9 – 4,6	4,4

Obținerea bioetanolului din zer este posibilă și prin fermentarea lactozei cu ajutorul drojdiilor; cele mai bune randamente în etanol le au *Kluyveromyces marxianus* (*Kluyveromyces fragilis*, *Kluyveromyces lactis*) – cu un randament în etanol de cca 0,5 g/g lactoză și *Candida pseudotropicalis* (*Candida kefir*) [78, 79]. Cu ajutorul drojdiei *Saccharomyces cerevisiae* se poate obține un randament în alcool de 6,5%, folosind drept substrat permeatul (cu 30 – 35% solide totale) unui zer acid în care lactoza a fost în prealabil hidrolizată enzimatic [80]. Inhibarea multiplicării *Kluyveromyces marxianus* apare la concentrații alcoolice de 45 – 95 g/L, în funcție și de timpul de expunere [81]. Utilizând tehnica AND recombinant s-a încercat transferarea genelor care codifică sistemul permeației β -galactoxidazei și a lactozei de la drojdia *Kluyveromyces lactis* la *Saccharomyces cerevisiae* [82].

În prezent, fermentarea industrială a zerului la etanol se realizează atât prin procedeul discontinuu, cât și prin procedeul continuu cu reciclare. Substratul cel mai utilizat pentru cultura drojdiilor este permeatul provenit de la ultrafiltrarea zerului.

Procedeul **Dansk Gaerings Industries** este realizat în flux continuu, fiind bazat pe culturi de *Streptococcus fragilis*. Din 42 L permeat cu 4,4% lactoză se obține 1 L etanol, eficiența fermentării fiind de circa 80% [74].

Procedeul **Milbrew** are drept scop obținerea concomitentă din zer de proteine monocelulare și de etanol. Procedeul este continuu, fiind bazat pe culturi de *Kluyveromyces fragilis* NURL Y1109 [83, 84].

Procedeul **Carbery** este caracterizat prin fermentare discontinuă și distilare continuă. Zerul provenit de la fabricarea brânzei Cheddar este introdus într-o instalație de ultrafiltrare cu o capacitate de $600 \cdot 10^3$ L/zi zer. Concentratul proteic rezultat este uscat prin atomizare. Fluxul de lactoză (permeatul) rezultat prin ultrafiltrarea zerului este trecut în unul din cele 8 tancuri de fermentare de 200 m³ fiecare, în care se adaugă drojdie la începutul umplerii cu zer. Condițiile din fermentator sunt astfel stabilite încât să permită o conversie rapidă și eficientă a lactozei la etanol. Procesul de fermentare durează 24 h, cu un randament de transformare a lactozei în alcool de 86%. Drojdia este recuperată și reutilizată de câteva ori până când este înlocuită. Recuperarea drojdiei se face prin decantare și limpezire mecanică, la fel ca în procesul de obținere a berii. La

sfârșitul fermentării, concentrația în alcool este de 3,5% - 4,2% vol. Etanolul produs este de calitate alimentară, iar după distilare (la 96,5% vol etanol) este utilizat în fabricarea băuturilor spirtoase. Producția de etanol 96,5% este de $14 \cdot 10^3$ L/zi [71, 73, 74, 76, 84 – 87].

La nivelul anului 1987, costurile de producție erau estimate la 0,61 €/L (tab. 6.8), când prețul de piață al alcoolului era de circa 0,57 €/L [74]. Alte analize economice arată că producerea alcoolului din zer este competitivă cu producerea prin sinteză din etilenă [88]. Un studiu efectuat la nivelul anului 1980 arată că producția de alcool alimentar aduce în Marea Britanie un profit de 107 £/1000 kg zer [89]. La ora actuală, costurile totale de producție pentru bioetanol variază între 0,15 – 1,07 €/L. Prețul de piață al etanolului industrial este de circa 0,50 €/L [90], fapt care face ca fezabilitatea economică a obținerii etanolului din zer să fie analizată pentru fiecare caz în parte, ținând cont de factorii locali care pot deveni hotărâtori.

Tabelul 6.8. Costuri estimate ale producerii etanolului (96,5% vol) din zer [74]

Cheltuieli	€/L
Cheltuieli de investiții	0,21
Cheltuieli de personal	0,11
Cheltuieli auxiliare	0,08
Cheltuieli cu energia	0,21
Cheltuieli totale	0,61



Figura 6.9. Autoturisme cu combustibil alternativ
Saab (foto sus) și Ford Focus (foto jos) [90]

Concernul irlandez Maxol produce carburantul E85 (cu 85% vol etanol) folosind ca materie primă bioetanolul din zer produs de grupul Carbery la Ballineen. Etanolul de 96,5% vol este concentrat la 99,9% vol prin deshidratare pe site moleculare, din care se

obține apoi E85 cu cifra octanică 104, având un preț de desfacere cu 0,15 – 0,20 €/L mai scăzut decât benzina fără plumb cu cifra octanică 95. Acest combustibil poate fi folosit de către autoturismele Ford Focus FFV și Saab 9-5 BioPower disponibile pe piața irlandeză (fig. 6.9) [90].

6.1.3. Biodieselul

Biodieselul este un lichid de culoare galben deschis până la galben închis, practic nemiscibil cu apa, cu punct de fierbere ridicat și presiune de vapori coborâtă, având densitatea de aproximativ $0,88 \text{ kg/m}^3$, format dintr-un amestec de esteri ai acizilor grași monocarboxilici cu metanolul. Esterul metilic al biodieselului are un punct de aprindere de circa 150°C , fiind mai degrabă un produs neinflamabil. Este un combustibil lichid compatibil cu motorina obținută din țiței. Se obține prin înlocuirea prin transesterificare a glicerinei din diverse grăsimi cu metanol sau etanol (fig. 6.10).

Standardul european referitor la biodiesel este EN 14214. Standardul german DIN E 51606 indică trei varietăți de biodiesel, în funcție de materia primă de proveniență:

- **RME** (rapeseed methyl ester – ester metilic al uleiului de rapiță);
- **PME** (purely [vegetable] methyl ester – ester metilic al uleiurilor vegetale pure);
- **FME** (fat methyl ester – ester metilic al grăsimilor din produse vegetale și animale).

Simbolizarea acestui carburant se face prin litera B urmată de un număr care reprezintă procentul de biodiesel din amestec. Biodieselul pur este notat B100. B20 este un combustibil care conține 20% biodiesel și 80% motorină. Acest combustibil poate fi folosit în motoarele cu ardere prin compresie obișnuite. Pentru a utiliza B100, motoarele diesel necesită anumite modificări.

Producția mondială de biodiesel nu a atins încă nivelul producției de etanol, însă în țările Uniunii Europene, în special, sistemul de taxe stimulează cererea de biodiesel. În 2004 Uniunea Europeană producea $2,2 \cdot 10^9$ L de biodiesel [91], din care $1,15 \cdot 10^9$ L erau produși în Germania, cel mai mare producător mondial. La distanță se situează Franța cu $387 \cdot 10^6$ L și Italia cu $356 \cdot 10^6$ L. Producția din SUA a fost relativ stagnantă timp de câțiva ani. Măsurile stimulative luate de guvern au făcut ca producția să crească de la $1,89 \cdot 10^6$ L în 1999, la peste $250 \cdot 10^6$ L în 2005 [69]. În lume, numeroase țări au programe de dezvoltare a producției de biodiesel, astfel încât sunt așteptate creșteri semnificative ale producției în următorii ani [92]. Evoluția producției de biodiesel până în 2005, precum și creșterea cererii de biodiesel pe piața americană până în 2010 sunt prezentate în fig. 6.11 [93].



Figura 6.10. Biodiesel

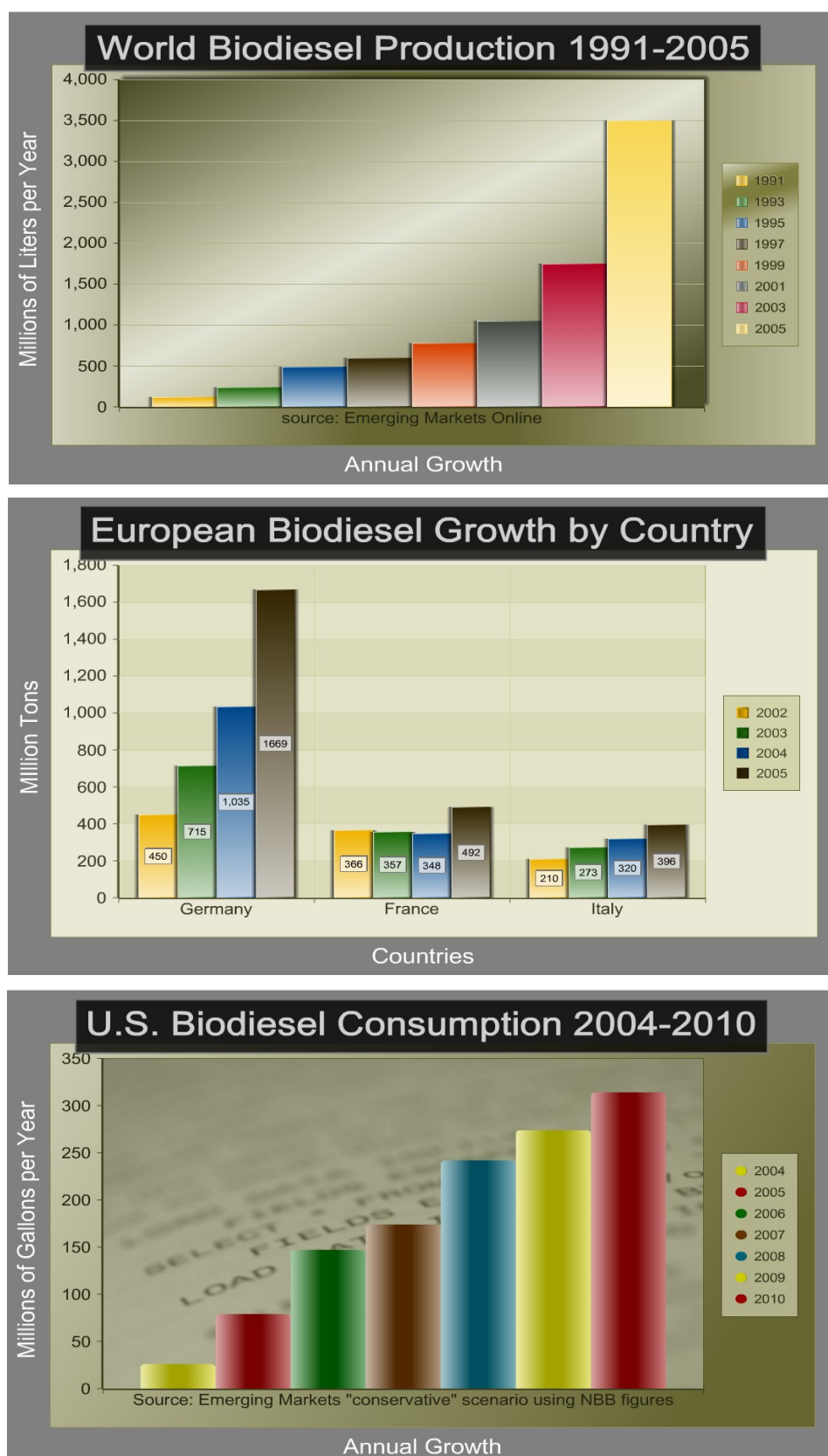
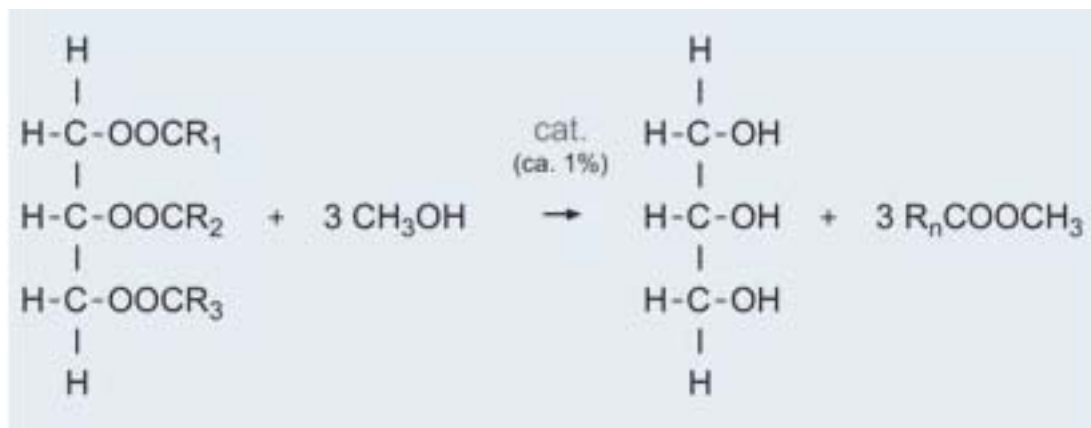


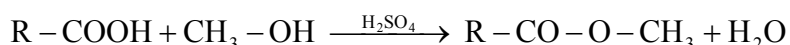
Figura 6.11. Producția de biodiesel [93]

Producerea biodieselului se bazează pe reacția de transesterificare a trigliceridelor cu alcoolii inferiori monohidroxic (metanol, etanol, izopropanol, butanol). Alcoolul cel mai utilizat este metanolul, datorită prețului scăzut și reactivității ridicate. În cazul utilizării alcoolilor cu 2 – 4 atomi de carbon se îmbunătățește comportarea biodieselului la temperaturi scăzute, însă pe seama scăderii eficienței procesului de transesterificare. Ca sursă de trigliceride (grăsimi) se pot utiliza uleiuri vegetale și grăsimi animale, noi sau reciclate. În urma reacției de transesterificare se obține biodieselul și ca produs secundar glicerina:



Acizii grași liberi din materia primă fie se transformă în săpunuri (dacă pentru transesterificare se folosesc alcoxizi de sodiu sau potasiu), fie se esterifică transformându-se în biodiesel, dacă se lucrează în cataliză acidă. În urma transesterificării, produsul obținut capătă proprietăți de combustie similare cu cele ale motorinei.

Materiile prime cu sub 4% acizi grași liberi (uleiurile vegetale și o serie de grăsimi animale) pot fi transesterificate direct. Dacă materia primă conține peste 4% acizi grași liberi (grăsimile animale necomestibile, grăsimile reciclate), este necesară o esterificare prealabilă în mediu acid. Procesul se realizează cu metanol în prezența acidului sulfuric concentrat drept catalizator, cu formare de biodiesel:



O schemă simplificată a procesului de obținere a biodieselului este redată în fig. 6.12. În procesul de **esterificare acidă**, materia primă cu peste 4% acizi grași liberi este filtrată în vederea îndepărtării apei și impurităților, după care este tratată cu acid sulfuric dizolvat în metanol, la cald și sub agitare. La terminarea reacției se îndepărtează apa formată, iar materialul este trimis la transesterificare.

Materia primă conținând sub 4% acizi grași liberi este filtrată și prelucrată pentru îndepărtarea apei și contaminanților, după care este introdusă în procesul de **transesterificare**, împreună cu produsul rezultat în etapa de esterificare acidă. Catalizatorul (hidroxid de potasiu) este dizolvat în metanol, acesta amestecându-se apoi cu uleiul pretrat. Procesul de curge la cald (55 °C), fără a se depăși însă temperatura de fierbere a metanolului. Durata reacției variază între 1 și 8 h, în funcție de condițiile de realizare a procesului. Necesarul de catalizator crește dacă uleiul a fost supus anterior

esterificării acide. La sfârșitul procesului, produsele de reacție, biodieselul și glicerina se separă în două straturi datorită densităților diferite.

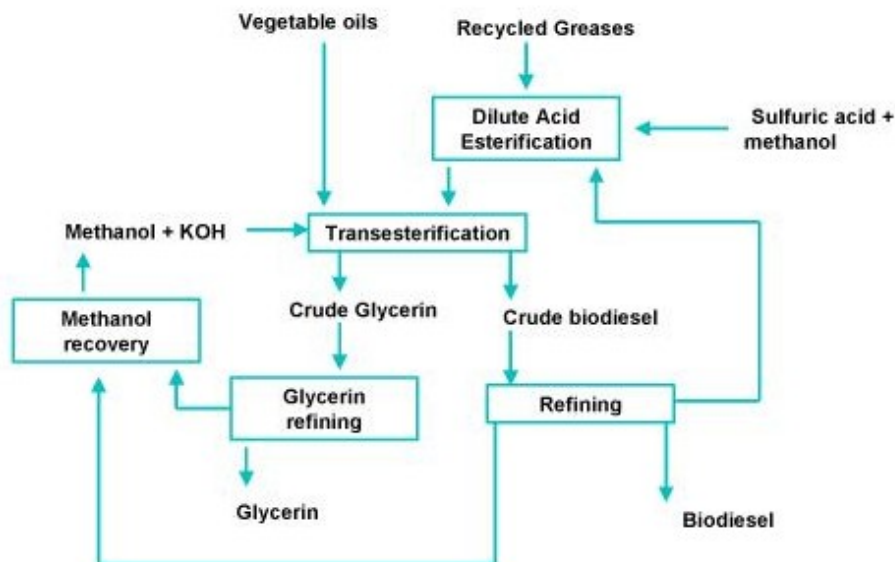


Figura 6.12. Schema procesului tehnologic de obținere a biodieselului

După separarea de glicerină, biodieselul brut trece printr-un proces de purificare pentru îndepărtarea excesului de alcool, a catalizatorului rezidual și a săpunurilor formate. **Rafinarea biodieselului** se face prin una sau mai multe spălări cu apă curată. După spălare este uscat și trimis la depozitare. Uneori biodieselul este supus unei distilări suplimentare, obținându-se un carburant incolor, inodor și fără sulf.

Produsul secundar al transesterificării, glicerina, conține catalizator nereacționat și săpun. **Rafinarea glicerinei** constă în neutralizarea cu un acid a săpunului și îndepărtarea metanolului și a apei, obținându-se glicerină brută de 50 – 80% puritate. Impuritățile rămase în glicerină sunt grăsimile și uleiurile nereacționate. În instalațiile mari, glicerina poate fi supusă unei purificări avansate, în vederea obținerii unui produs de peste 99% puritate, utilizabil în industria farmaceutică și cosmetică.

Recuperarea metanolului se poate realiza înainte de separarea biodieselului de glicerină sau după separare. Recuperarea se realizează prin evaporare flash sau distilare. Metanolul recuperat la purificarea biodieselului și a glicerinei este recirculat în procesul de transesterificare.

Pentru obținerea biodieselului se poate utiliza o gamă largă de materii prime, printre acestea numărându-se uleiurile vegetale virgine, uleiurile vegetale uzate, grăsimile animale, nămolurile de la tratarea apelor reziduale, precum și reziduurile petroliere prelucrate prin depolimerizare termică.

Dintre **uleiurile virgine**, cele mai utilizate în producția de biodiesel sunt uleiurile de rapiță și de soia, acesta din urmă contând pentru circa 90% din producția mondială de biodiesel [94]. Alte recolte candidate la producerea de ulei pentru biodiesel sunt muștarul, inul, floarea soarelui, canola, palmierul, cânepa și chiar algele [95].

Uleiurile vegetale uzate provin în general din trei surse: prăjirea industrială în instalațiile de prelucrare a cartofilor, fabricile de snack-uri și restaurantele de tip „fast-food”. La nivelul anului 2000 erau estimate în SUA circa $11 \cdot 10^9$ L de astfel de uleiuri. În ipoteza colectării totale și transformării în biodiesel s-ar fi acoperit 1% din consumul petrolier al SUA. Conform datelor USEPA, restaurantele din Statele Unite produc anual circa 300 milioane galoane (aproximativ $1 \cdot 10^9$ L) de uleiuri vegetale uzate. Deși este rentabilă producerea biodieselului din uleiuri vegetale uzate, mai profitabilă este utilizarea lor la fabricarea săpunurilor, de ex. Din acest motiv, uleiurile uzate, dacă nu sunt aruncate la groapa de gunoi, sunt utilizate în alte scopuri.

Grăsimile animale avute în vedere pentru obținerea biodieselului sunt seul de bovine și ovine, untura de porc, grăsimea de pui și subprodusele rezultate la extracția acizilor grași Omega-3 din uleiul de pește. În general, toate produsele grase necomestibile obținute prin renderizare¹ sunt utilizabile în acest scop [97]. Tabelul 6.9 redă compoziția materiilor prime prelucrate prin renderizare la materiale necomestibile.

Tabelul 6.9. Compoziția materiilor prime utilizate în obținerea produselor renderizate necomestibile [98]

Sursa	Compoziție [% masice]		
	Seu/grăsime	Material proteic	Umiditate
Carcase și oase			
Vaci	10 – 20	20 – 30	50 - 70
Viței	10 – 15	15 – 20	65 - 75
Oi	25 – 30	20 – 25	45 - 55
Porci	25 – 30	10 – 15	55 – 65
Animale moarte (întregi)			
Vaci	12	25	63
Viței	10	22	68
Oi	22	25	53
Porci	30	28	42
Grăsime și oase de măcelărie	31	32	37
Sânge	-	16 – 18	82 – 84
Grăsime de restaurant	65	10	25
Carcase de pasăre	10	25	65
Pene și fulgi	-	33	67

În fig. 6.13 este prezentată o instalație tipică de prelucrare a deșeurilor de origine animală. Carcasele, animalele moarte și alte materii prime sunt trecute printr-un concasor care sfărâmă materialul până la o pastă de consistență uniformă. Această pastă este alimentată într-un cazan de topire unde este încălzită la 121 – 135 °C, fapt care favorizează eliminarea apei și separarea parțială a grăsimii de faza solidă. Grăsime și solidele sunt trecute într-o tavă de scurgere unde se colectează grăsimea. Părțile solide sunt trecute într-o presă cu șurub care recuperează și ultimele resturi de grăsime. Materialul solid este măcinat apoi până la o pulbere fină, comercializată ca făină de carne sau făină de oase. Grăsimea este filtrată sau centrifugată pentru îndepărtarea

¹ Renderizarea este procesul prin care subprodusele rezultate prin prelucrarea materiilor prime de origine animală, inclusive cadavre, grăsimi, oase, piei, pene și sânge, sunt transformate în produse utile.

particulelor solide. Deoarece grăsimea mai poate conține apă, este reîncălzită prin injectare de abur, facilitându-se în acest fel separarea apei. Grăsimea se ridică la suprafață, în timp ce apa sedimentează la fund, între cele două straturi formându-se o interfață alcătuită dintr-o emulsie apă – ulei, cu un posibil conținut de proteine și minerale. Acest material este separat și reintrodus în cazanul de topire pentru reprocesare.

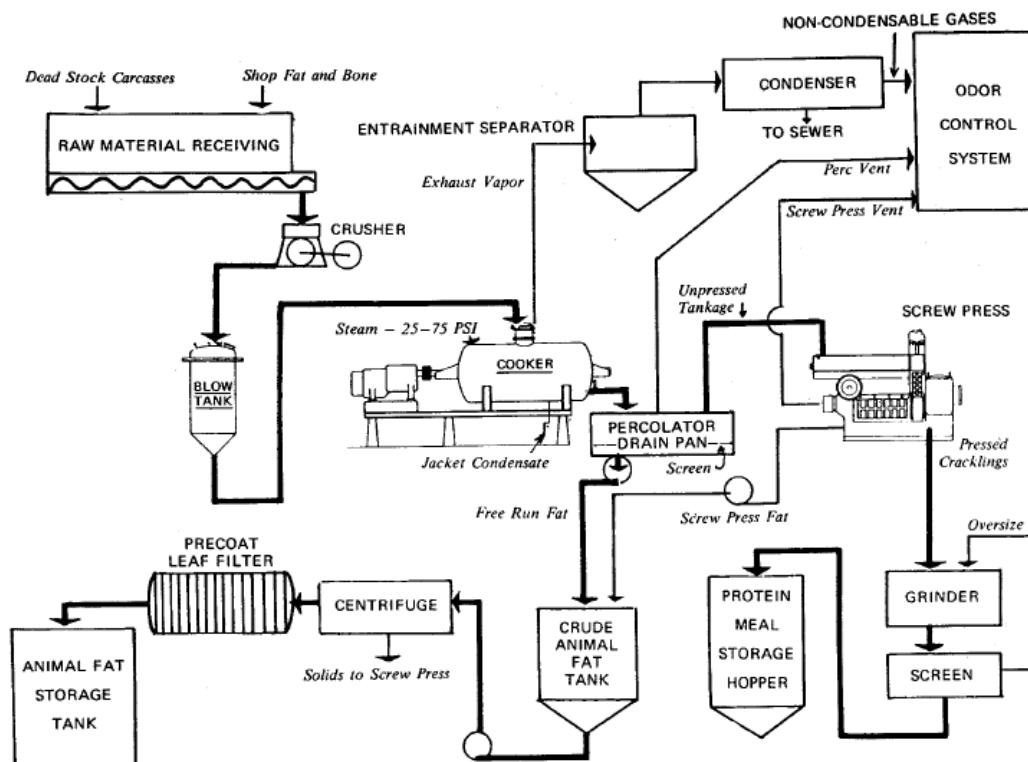


Figura 6.13. Instalație de recuperare a grăsimilor din resturi animale [98]

Tabelul 6.10. Materii prime, producție posibilă și prețuri pentru biodiesel în Canada [99]

Materia primă	Producție potențială de biodiesel în 2007 – 2010 [10 ⁶ L]	Cost materie primă [c/lb]	Cost previzionat biodiesel [c/L]
Seu	160	16,5	48
Unsoare galbenă	80	23,0	61
Canola	220	34,0	80
Soia	40	-	-

Grăsimile necomestibile cu sub 15% acizi grași liberi și sub 2% umiditate, insolubile și nesaponificabile se comercializează, de regulă, ca **unsoare galbenă**. Grăsimile cu conținut mai ridicat de acizi grași liberi se comercializează ca **unsoare brună**. În comparație cu uleiul de canola și cel de soia, seul și unsoarea galbenă sunt mai ieftine, iar biodieselul rezultat va avea corespunzător un preț mai scăzut (tab. 6.10). O serie de cercetări efectuate în Irlanda au arătat că producerea de biodiesel din seu este mult mai economică decât cea pe bază de uleiuri virgine, iar în acest proces se pot

valorifica și părțile provenite de la animalele suspecte de EBS, nemaifiind necesară incinerarea ori depozitarea lor în condiții speciale și cu costuri ridicate [100].

Nămolurile municipale reprezintă o altă materie primă pentru obținerea biodieselului. O companie din Noua Zeelandă a dezvoltat cu succes un procedeu prin care nămolurile de la tratarea apelor reziduale municipale este utilizat ca substrat pentru cultivarea algelor, din care ulterior se obține biodiesel [101]. Microalgele pot produce o cantitate de ulei la hectar de 250 de ori mai mare decât soia [102]. Studii recente pe specii de alge cu un conținut de ulei de până la 50% au arătat că numai 28 000 km², echivalentul a 0,3% din suprafața SUA, sunt suficienți pentru producerea de suficient biodiesel pentru satisfacerea tuturor nevoilor curente de combustibil pentru transport ale țării [103]. Mai mult decât atât, zonele deșertice (care primesc cantități importante de radiație solară) fertilizate cu deșeuri de fermă pot fi utilizate pentru cultivarea algelor.

Depolimerizarea termică este un nou procedeu important de reducere a materialelor organice complexe la țiței brut ușor. Prin acest procedeu, care mimează procesele geologice naturale prin care s-au format combustibilii fosili, catenele polimerice din cauciucuri, lemn, plastic, deșeuri, se transformă în hidrocarburi similare celor existente în țiței.

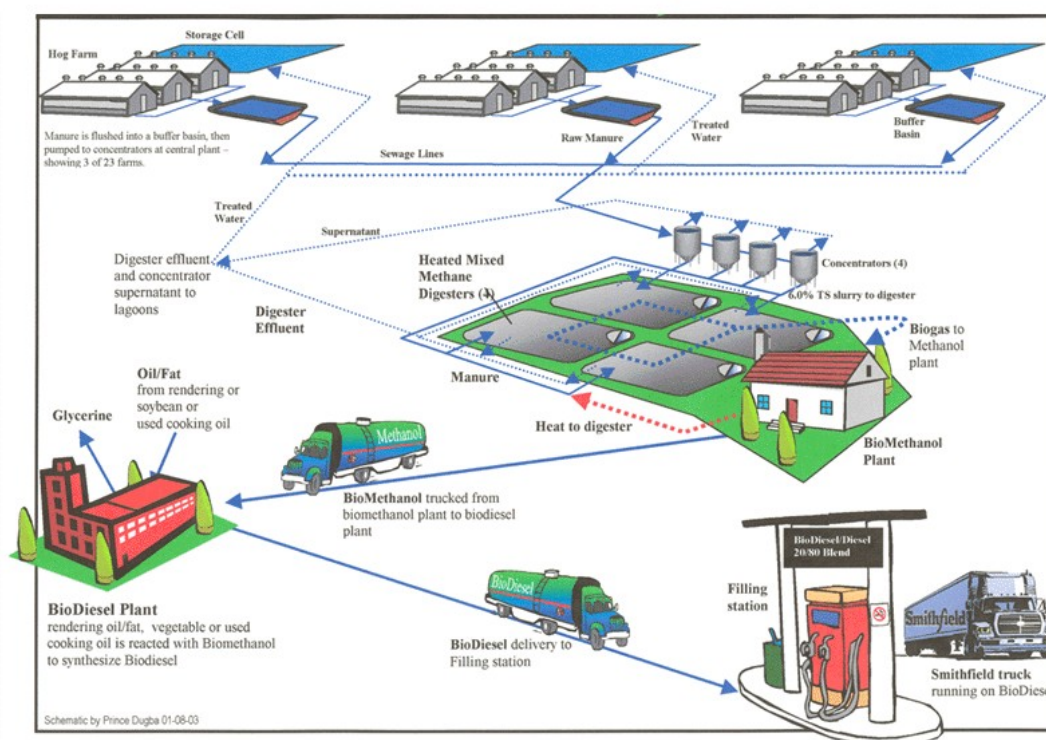


Figura 6.14. Sistem integrat de producere a biodieselului din deșeurile unei unități integrate de creștere și abatorizare a porcinelor [104]

O abordare globală a integrării producției de biodiesel este redată în fig. 6.14. Dejecțiile de la fermele de creștere a porcinelor sunt colectate, concentrate și trecute în patru bioreactoare în care are loc digestia anaerobă cu formare de biogaz. Efluentul din bioreactoare și supernatantul din concentratoare este trimis la o serie de iazuri

colectoare. Bigazul este transformat în metanol, iar căldura reziduală de proces este utilizată pentru menținerea temperaturii optime de fermentare în bioreactoare. Biometanolul, împreună cu grăsimile rezultate în procesul de abatorizare a porcinelor se utilizează ca materii prime în fabrica de biodiesel, din care mai rezultă ca produs secundar, glicerina. Biodieselul adus la B20 este folosit drept carburant în flota de camioane a companiei care se ocupă de creșterea porcinelor [104].

În procesul de fabricare a biodieselului reacția principală, cea de transesterificare a trigliceridelor decurge relativ lent, astfel încât s-a căutat perfecționarea procedurii și reducerea duratei procesului. În condiții normale, procesul de transesterificare decurge lent. La 20 °C reacția durează 4 – 8 h. Durata reacției scade cu creșterea temperaturii, la 40 °C fiind de 2 – 4 h, iar la 60 °C de 1 – 2 h [105]. La presiune atmosferică nu se poate depăși temperatura de 65 °C, temperatura de fierbere a metanolului.

Realizarea continuă a procesului în reactoare echipate cu amestecătoare cu forfecare ridicată, de tip rotor/stator montate în linie reduc considerabil timpul de reacție (fig. 6.15). La trecerea masei de reacție prin amestecător, dimensiunile picăturilor se reduc la valori submicronice, mărindu-se astfel considerabil suprafața de contact între reactanți.

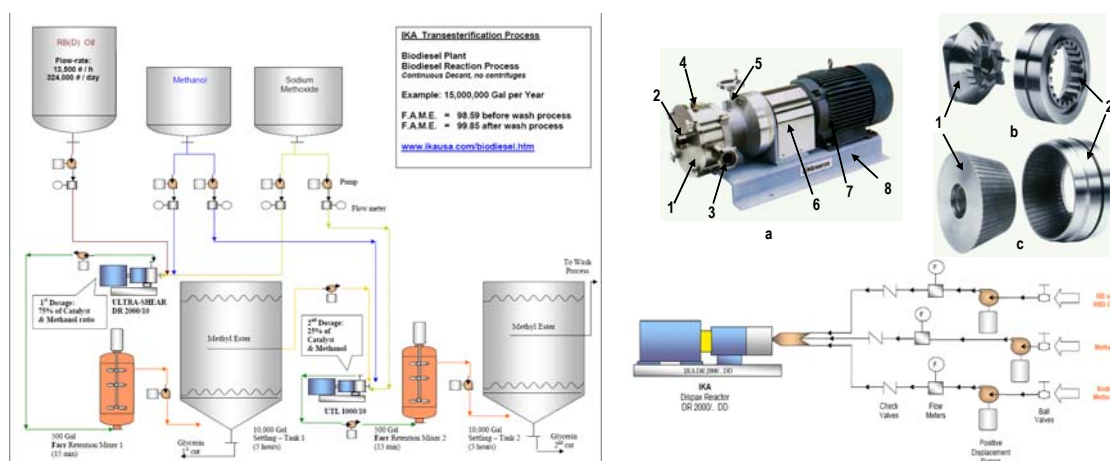


Figura 6.15. Instalație de transesterificare a grăsimilor echipată cu amestecătoare cu forfecare ridicată montate in-line [36, 106]

Reducerea considerabilă a timpului de reacție se poate realiza folosind ultrasunetele: prin ultrasonare reacția este finalizată în 15 min (față de 1 – 5 h în absența ultrasunetelor) [107, 108]. Ultrasonarea permite de asemenea și reducerea timpului de separare a amestecului biodiesel – glicerină, precum și reducerea necesarului de catalizator cu 50 – 60%. Necesarul de putere al generatorului de ultrasunete este proporțional cu debitul prelucrat, costul ultrasonării variind între 0,002 și 0,015 \$/L în aplicațiile comerciale [107]. În fig. 6.16 sunt redată două scheme tehnologice care ilustrează utilizarea generatoarelor de ultrasunete în procesul de transesterificare. De asemenea, se poate observa că eficiența globală a ultrasunetelor poate ajunge până la 90%. Sunt disponibile pe piață reactoare ultrasonice cu capacități de prelucrare de câteva sute de m³ pe zi și generatoare de ultrasunete cu puteri între 1 și 16 kW [109, 110].

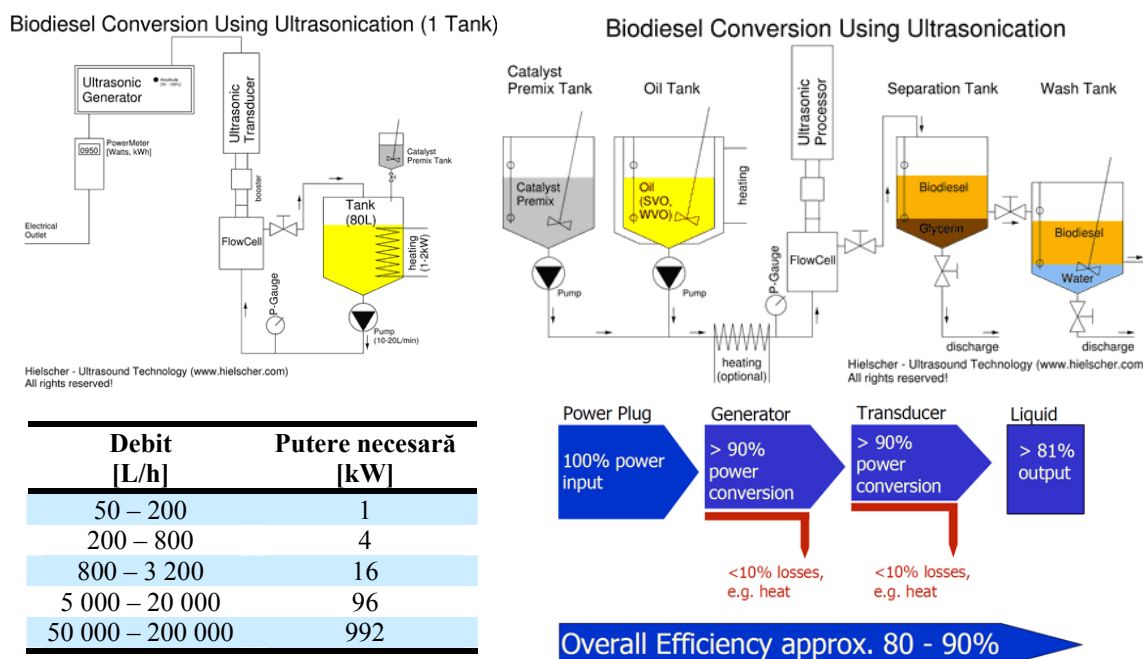


Figura 6.16. Utilizarea ultrasunetelor în procesul de obținere a biodieselului [107]

La Oregon State University a fost dezvoltat un microreactor cu canale pentru realizarea rapidă a procesului de transesterificare. De mărimea unei cărți de credit și prevăzut cu microcanale având diametrul mai mic decât al firului de păr (fig. 6. 17), microreactorul realizează o amestecare foarte intimă a reactanților, conversia fiind aproape instantanee [111]. Microreactorul dezvoltat la OSU elimină amestecarea reactanților, staționarea pentru desăvârșirea reacției și, posibil, necesitatea utilizării unui catalizator în soluție.

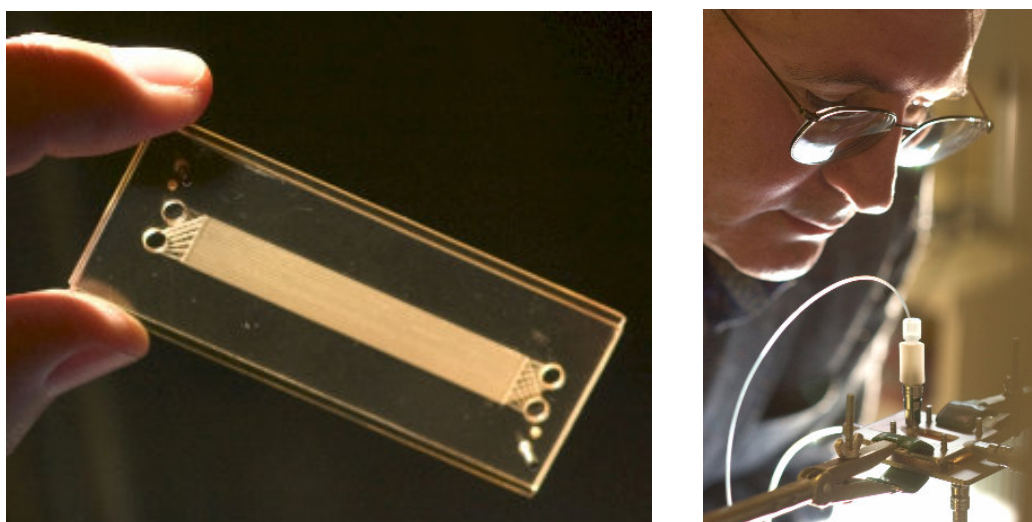


Figura 6.17. Microreactor cu canale pentru producerea biodieselului [111]

Deși cantitatea de biodiesel produsă de un singur microreactor este minuscule, un pachet de microreactoare legate în paralel într-un pachet de mărimea unei valize mici poate produce câteva sute de mii de galoane anual, suficient pentru a acoperi necesarul

energetic al câtorva ferme. Utilizarea microreactorului poate mări procesului de 10 până la 100 de ori, iar microcanalele ar putea fi acoperite cu un strat subțire de catalizator metalic netoxic, care ar putea duce la eliminarea necesității utilizării de catalizator dizolvat în metanol.

6.1.4. Biohidrogenul

Există cel puțin trei căi principale de obținere a biohidrogenului:

- fermentarea anaerobă a deșeurilor organice cu obținere directă de hidrogen;
- fermentarea anaerobă a deșeurilor organice cu obținere de metan, urmată de conversia catalitică a acestuia cu vapori de apă cu formare de hidrogen și dioxid de carbon;
- fotosinteza.

Hidrogenul are un conținut energetic masic de 2,4 ori mai mare decât metanul, iar utilizarea sa împreună cu oxigenul în pilele de combustie conduce la obținerea de apă ca produs al reacției [112]. Procesul de obținere a biohidrogenului este redat schematic în fig. 6.18.

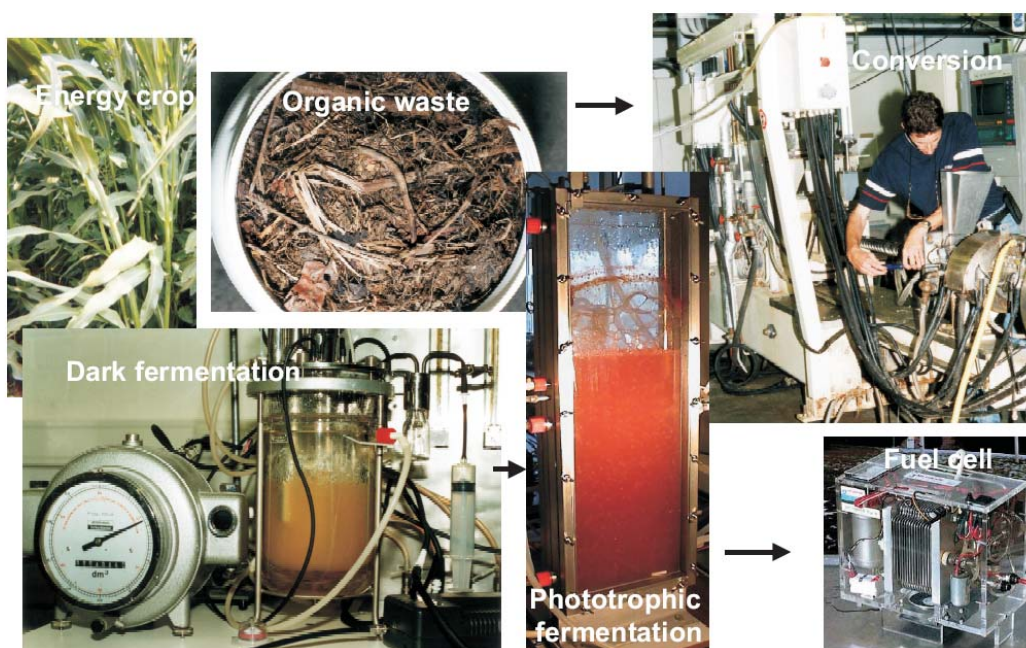


Figura 6.18. Obținerea hidrogenului din biomasă [113]

Obținerea biologică a hidrogenului utilizând deșeurile organice ca substrat a căpătat o importanță din ce în ce mai mare, datorită posibilității de a se produce energie în mod ecologic, concomitent cu valorificarea și stabilizarea deșeurilor. Tehnologia se poate realiza utilizând o gamă largă de bacterii care acționează printr-un mecanism studiat și bine cunoscut de metabolizare anaerobă prin intermediul hidrogenazelor. Fermentația glucozei și zaharozei în mediu ușor acid în absența oxigenului produce concentrații ridicate de hidrogen gazos [114].

O comparație a costurilor și a emisiilor de CO₂ în diverse tehnologii de fabricare a hidrogenului este net favorabilă biohidrogenului (tab. 6.11).

Tabelul 6.11. Costuri comparative la producerea hidrogenului în instalații la scară mică (100 – 1000 m³ H₂/h) [115]

Tehnologia	Cost [€/m ³ H ₂]	Emisii de CO ₂ [kg/m ³ H ₂]
Reformarea cu abur a gazului natural	0,32	0,8
Electroliza apei cu electricitate convențională	0,23	1,8
Electroliza cu electricitate „săracă” în CO ₂	0,27 – 0,36	0
Producție biologică din biomasă (estimare)	0,21	0
Reformarea cu abur a biometanului	0,32	0
Electroliza apei cu energie eoliană	0,25	0
Electroliza apei cu celule fotovoltaice	2,95	0

Încă de la sfârșitul secolului al XIX-lea, cercetările fundamentale au confirmat capacitatea algelor și bacteriilor de a produce hidrogen. Producția microbiologică de hidrogen se poate realiza utilizând diverse specii de bacterii: anaerobe, facultativ anaerobe, metilotrofe și fotosintetice [116]. Bacterii anaerobe termofile cum ar fi speciile *Thermotogales* și *Caldicellulosiruptori* sunt capabile să transforme glucoza și zaharoza în hidrogen, cu randamente aproape stoichiometrice [117, 118]. Reacția globală de conversie a glucozei conduce la hidrogen și acid acetic și CO₂ ca subproduse:



Majoritatea membrilor familiei *Thermotogales* tolerează cantități moderate de oxigen, fără efecte aparente asupra producției de hidrogen [119].

Microorganismele termofile sunt capabile să utilizeze o gamă largă de deșeuri organice, cum ar fi reziduurile din industria alimentară, care au un conținut variabil de glucide. Multe dintre acestea au fost testate în procesul de obținere a hidrogenului: suc de trestie de zahăr, pulpa pe porumb, reziduurile de la fabricarea brânzei tofu, zerul și zara, paie de orez, reziduurile de la prepararea cheagului [120 – 122].

Punerea la punct a unei tehnologii industriale de obținere a hidrogenului prin fermentarea deșeurilor organice mai necesită rezolvarea câtorva probleme. O primă problemă ar fi aceea că în producția industrială, spre deosebire de studiile de laborator în care se lucrează cu culturi bacteriene pure, se lucrează cu culturi mixte de bacterii. Într-o astfel de cultură, bacteriile metanogene consumă rapid hidrogenul generat, transformându-l în metan (biogaz). O altă problemă o reprezintă faptul că în procesul de fermentare se obțin cantități importante de acid acetic pentru care trebuie găsite soluții de valorificare.

În timpul producerii biogazului, hidrogenul format este consumat de către bacteriile metanogene. Dacă procesele de fermentare din producția biogazului sunt decuplate, producția de hidrogen se poate separa de cea de metan. Un astfel de proces, dezvoltat la Institutul de Cercetări Agrotehnologice Wageningen, Olanda, este redat schematic în fig. 6.18 [123]. Deșeurile organice casnice sunt pretratate prin extrudare, iar pasta formată este hidrolizată enzimatic. Hidrolizatul este folosit ca substrat într-un

proces de fermentare anaerobă cu *Thermotoga elfii* la 65 °C. În această etapă, zaharurile sunt convertite în hidrogen și acid acetic. Efluentul cu conținut de acid acetic este trecut în al doilea bioreactor în care este fermentat cu nămol anaerob la 30 °C, cu formare de metan.

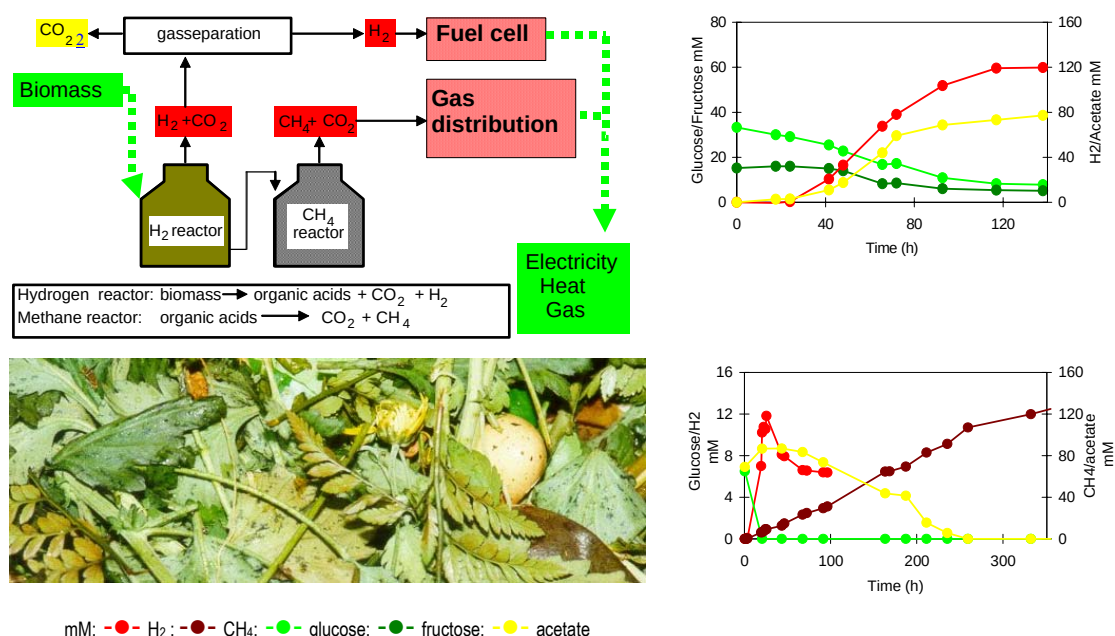


Figura 6.18. Obținerea de H₂ și CH₄ prin fermentarea în două trepte a deșeurilor organice [123]

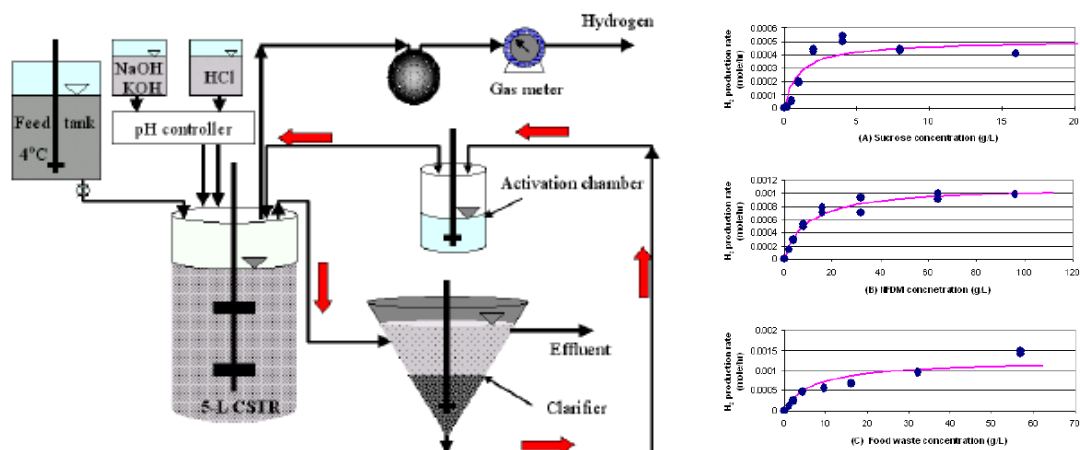


Figura 6.19. Instalație experimentală pentru producerea hidrogenului [125]
a – schema instalației; b – producția de hidrogen [mol/h] în funcție de concentrația inițială a substratului; A – zaharoză; B – lapte degresat uscat; C – deșeuri alimentare

Un procedeu care transformă deșeurile organice în gaze bogate în hidrogen a fost dezvoltat în cadrul Iowa State University [124]. Procesul utilizează culturi mixte de bacterii disponibile: compost, nămol de la digestia anaerobă, sol, îmbogățite în bacterii generatoare de hidrogen, cum ar fi *Clostridia*. Îmbogățirea se face în bioreactor prin

tratare termică, controlul pH-ului și al timpului de retenție hidraulică al sistemului. Sistemul experimental utilizat este redat în fig. 6.19. Drept sursă de bacterii s-a folosit nămol provenit de la digestia anaerobă tratat termic 15 min la 100 °C. S-au determinat parametrii optimi (pH, temperatură, timp de încălzire, CCO, timpul de retenție hidraulică) în vederea maximizării producției de hidrogen pe diverse substraturi, inclusiv deșeuri provenite din industria alimentară.

Degradarea completă a deșeurilor organice până la H_2 și CO_2 este limitată din punct de vedere termodinamic, oprindu-se atunci când dintr-un mol de glucoză se obțin 4 moli de H_2 și 2 moli de acetat. Producția biologică de hidrogen devine mai atractivă termodinamic, chiar la temperatură obișnuită, dacă s-ar realiza în condiții alcaline. În natură există specii care realizează acest proces încă insuficient investigat. Unele artropode (gândacii de bucătărie, termitel, etc.) au un sistem digestiv format din două compartimente (fig. 6.20), în primul dintre ele având loc hidroliza hranei și fermentarea ei cu formarea de cantități considerabile de hidrogen, care se consumă practic complet în al doilea compartiment în care se desăvârșește digestia și are loc metanogeneza. În primul compartiment condițiile sunt alcaline, pH-ul variind între 8 și 11. Teste efectuate la Universitatea Catolică din Nijmegen, Olanda, cu bacterii izolate dintr-o specie de gândac (*Periplaneta americana*) au condus la rezultate promițătoare, pe o largă gamă de substraturi utilizate [126]. Fermentarea glucozei este însoțită de formarea de acetat. Randamentul în hidrogen nu a fost cel scontat, datorită formării etanolului, pe seama reducerii acetatului (fig. 6.21). Se apreciază că folosind bacterii care lucrează la pH mai ridicat (extractul din sistemul digestiv al *P. americana* are pH = 7,5) randamentul în hidrogen ar putea crește. Alte avantaje ale fermentației alcaline ar fi:

- lipsa necesității purificării produselor gazoase, principalii contaminanți – CO_2 și H_2S – rămânând captivi în mediul de cultură sub formă de (bi)carbonați, respectiv sulfuri;
- minimizarea riscului de infecție și contaminare, bacteriile metanogene fiind inactivate în mediu alcalin;
- existența din belșug în natură a unor specii de artropode, cu obiceiuri de hrănire variate, care pot furniza sisteme microbiene specifice pentru conversia alcalină a diverselor tipuri de deșeuri organice.

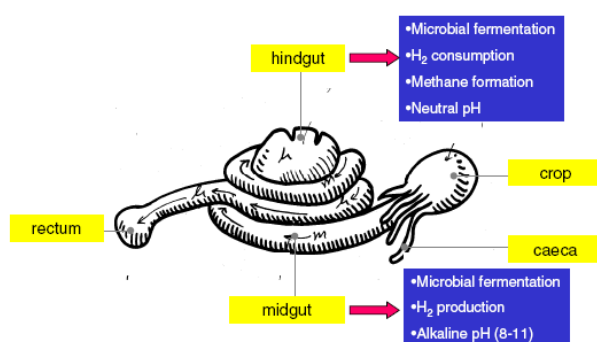


Figura 6.20. Reprezentarea schematică a tractului intestinal al gândacului *Blaberus fuscus*

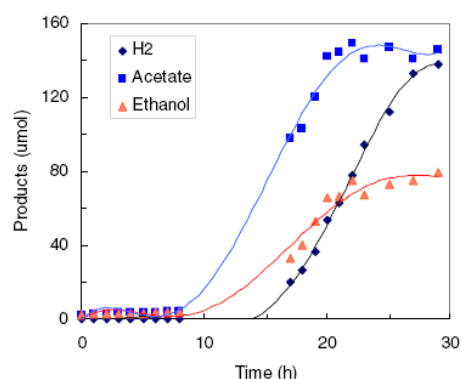


Figura 6.21. Fermentarea alcalină a glucozei cu extract de *Periplaneta americana*

Valorificarea acidului acetic co-produs la obținerea hidrogenului se poate realiza prin fotofermentare. Bacteriile fototrofe pot asimila acizii organici cu formare de hidrogen, conform ecuației [115]:

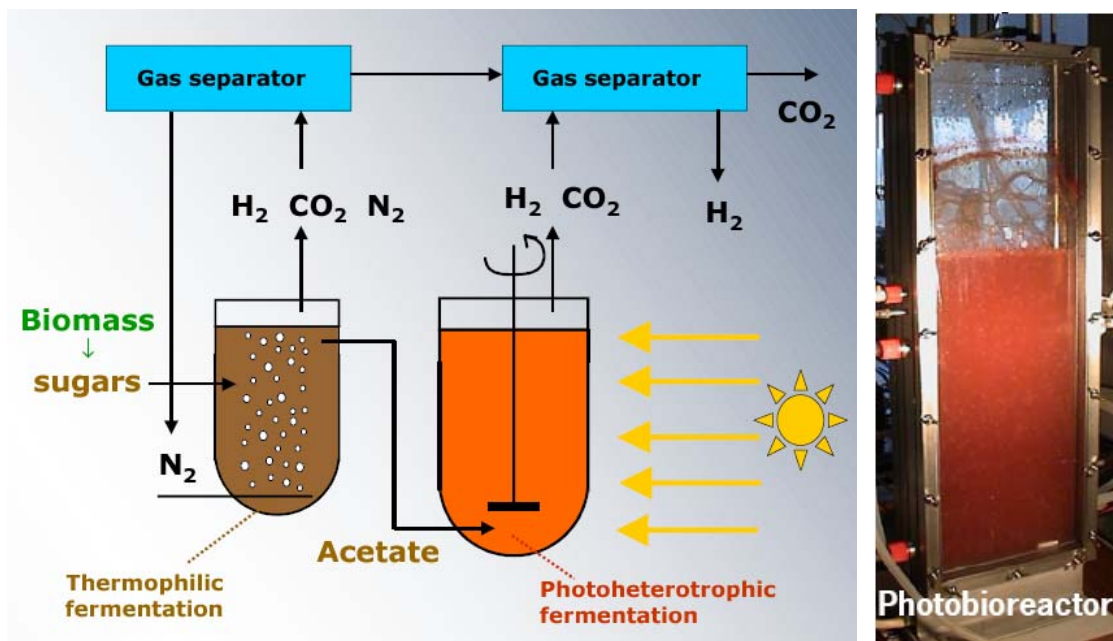
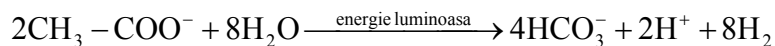


Figura 6.22. Schema de principiu a cuplării procesului de fermentare termofilă cu procesul de fermentare fotoheterotrofă [128]

Cuplarea fermentării termofile cu fotofermentarea poate conduce la un proces avantajos în care pierderile de material sunt minime [127]. Schema de principiu a unui astfel de cuplaj este redată schematic în fig. 6.22 [128].

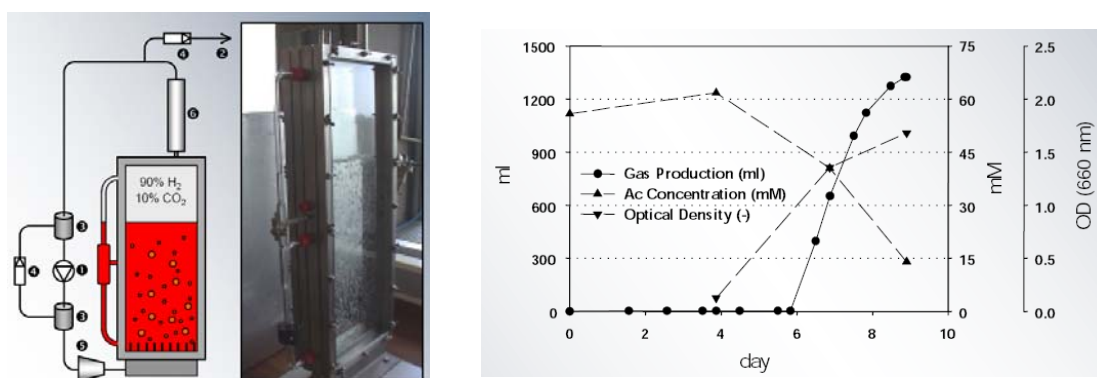


Figura 6.23. Obținerea hidrogenului prin fermentare fotoheterotrofă [128, 129]

a – Fotobioreactor continuu; b – Evoluția în timp a parametrilor în sistem;

1 – pompă recirculare gaz; 2 – colector gaz; 3 – vase de presiune; 4 – valvă de suprapresiune; controler de debit; 6 – condensator de vapori de apă.

S-a studiat fermentarea fotoheterotrofă a efluentului acetic provenit de la fermentarea termofilă cu bacterii purpurii nesulfuroase, într-un fotobioreactor continuu

experimental (Fig 6.23 a), obținându-se o fază gazoasă cu circa 95% vol H₂, restul fiind CO₂ (Fig. 6.23 b) [128, 129].

Pe lângă cercetările efectuate pe substraturi sintetice, există cercetări privind aplicarea fermentării termofile urmate de fotofermentarea efluentului acetic și la alte deșeuri ale industriei alimentare, cum ar fi sorgul dulce [130, 131] și pulpa de măsline [132 - 133].

6.2. BIOCONVERSIA DEȘEURILOR DIN INDUSTRIA ALIMENTARĂ LA ACIZI ORGANICI

Acizii organici cu catenă scurtă (acetic, propionic, butiric) sunt printre produsele de bază ale industriei chimice de sinteză. Ei sunt utilizați în diverse aplicații, iar fabricarea lor implică utilizarea de materii prime petroliere neregenerabile precum și generarea de poluare [134]. Datorită acestor motive ar fi ideal ca producerea acestor compuși să se realizeze pe cale biochimică, utilizând materii prime regenerabile.

Acidul acetic este un produs important, utilizat pe scară largă. La nivelul anului 1995 se produceau numai în SUA circa 2,12·10⁹ kg, cu un preț de piață de 0,84 \$/kg [134]. Acidul acetic poate fi utilizat la producerea unui agent ecologic și necoroziv anticongelant, utilizabil la dezghețarea pistelor aeroporturilor, podurilor și șoselelor strategice [135]. Anticongelantul pe bază de acetat obținut pe cale chimică este costisitor, având un preț de piață de peste 1,0 \$/kg. Datorită acestui fapt, există numeroase studii referitoare la producerea unui acid acetic mai ieftin, din resurse regenerabile [136].

Acidul propionic și sărurile sale de calciu, sodiu și potasiu sunt utilizați pe scară largă drept conservanți pentru alimente și furaje. Datorită creșterii cerințelor consumatorilor pentru aditivi naturali în produsele alimentare, interesul economic pentru obținerea acidului propionic prin fermentare este mare [137]. Prețul acidului propionic obținut prin fermentare poate ajunge la 4,4 \$/kg, comparativ cu 1,0 \$/kg – prețul acidului propionic obținut prin ruta petrochimică.

Acidul butiric poate fi generat prin fermentație microbiană, iar acest produs stă la baza unor medicamente utilizate pentru tratamentul cancerului colorectal și a hemoglobinopatiilor [138]. Este de dorit ca în astfel de aplicații să fie utilizat acid butiric obținut din produse naturale. În mod curent, acidul butiric este produs în special prin procedee petrochimice, având un preț de piață de 1,21 \$/kg [134].

Posibilitatea utilizării deșeurilor provenite de la procesarea produselor alimentare ca substrat ieftin pentru multiplicarea diverselor microorganisme a fost studiată intens. Există cantități imense de deșeuri celulozice, de ordinul miliardelor de tone, care rezultă ca subproduse ale industriei alimentare. În consecință, utilizarea microorganismelor pentru îndepărtarea și ameliorarea acestor deșeuri potențial poluante reprezintă o adevărată provocare ecologică, care ar putea fi rezolvată printr-un studiu concentrat asupra unor metode eficiente de biodegradare. În acest sens, ar putea fi luată în considerare, ca o metodă biotehnologică îmbunătățită, biodegradarea deșeurilor celulozice prin activitatea enzimatică continuă a unor bacterii sau fungii imobilizate pe

suport [139]. În plus, la ora actuală există noi metode de imobilizare a microorganismelor utilizând hidrogeluri polimerice cum ar fi cele bazate pe poliacrilamidă, collagen-poliacrilamidă, elastin-poliacrilamidă, sau poli-hidroxil-metacrilat de etil. Spre deosebire de alte procese de biodegradare, biodegradarea cu microorganisme imobilizate pe suport de hidrogeluri polimerice păstrează viabilitatea și eficiența activității metabolice a celulelor de bacterii și fungii pe o perioadă îndelungată [140].

Bibliografie

1. Eurostat: WAQ1 = Generation of waste by economic sector and households, Statistical Office of the European Communities, disponibil la: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/>, consultat Februarie 2007.
2. European Commission: Council Directive 75/442/EEC of July 15, 1975, on waste Regulation (EC) No. 1882/2003 of the European Parliament and of the Council (last amended September 29, 2003).
3. CIAA: Data and trends of the EU food and drink industry 2004, Confederation of the food and drink industries of the EU, Brussels, 2004.
4. Russ, W., Meyer-Pittroff, R.: Utilizing waste products from the food production and processing industries, *Crit. Rev. Food Sci.*, 2004, **44**(1), 57–62.
5. Russ, W., Meyer-Pittroff, R.: The wastes of the food industry, in: *Reprints – The future of Waste Management in Europe*, Fuck, Koblenz, 2002, 341–344.
6. Russ, W., Schnappinger, M.: Waste Related to the Food Industry: A Challenge in Material Loops, in: Oreopoulou, V., Russ, W. (eds.), *Utilization of By-Products and Treatment of Waste in the Food Industry*, Springer, New York, 2007.
7. Hansen, C.L., Hwang, S.: Waste Treatment in: Mattsson, B., Sonesson, U. (eds.), *Environmentally-friendly food processing*, CRC Press, Boca Raton, 2003.
8. Hansen, C.L., Wrigley, R.J.: Dairy Processing Waste Management in Australia, *Proceedings of International Congress on Engineering and Food 7*, Boca Raton, FL, USA, CRC Press, 1997.
9. Gosta, B.: Dairy Processing Hand Book, Tetra Pak Processing System, Lund, Sweden, 1999, 331-354.
10. Kirchgessner, M., Tiererährung, BLV, Munich, 1997.
11. Westendorf, M., Food waste to animal feed, Iowa State Press, Iowa, 2000.

12. Russ, W., Behmel, U., Höhn, G., Meyer-Pittroff, R., Penschke, A.: 1998, Waste disposal – constructive options, in: *Controlling utility costs in the brewing industry*, proceedings, Birmingham, May 13, **1998**.
13. Knirsch, M., Penschke, A., Krebs, S., Russ, W., Mörtel, H., Mayer, W. A., Meyer-Pittroff, R.: Application of brewery wastes in the production of bricks, *Tile & Brick Int.*, **1998**, 14(2).
14. Mayer, W. A.: Verwertung von Trebern zur Herstellung von Isolier- und Dämmstoffen, dissertation, Technische Universität München, Freising, **1998**.
15. Sienkiewicz, T.: *Molke und Molkeverwertung*, Fachbuchverlag, Leipzig, **1986**.
16. Costin, G.M., Lungulescu, G.: *Valorificarea subproduselor din industria laptelui*, Ed. Tehnică, București, **1985**.
17. Berlin, J.: Life cycle assessment (LCA): an introduction in: Mattsson, B., Sonesson, U. (eds.), *Environmentally-friendly food processing*, CRC Press, Boca Raton, **2003**.
18. ISO 14040: *Environmental Management – Life Cycle assessment – Principle and Framework*, **1997**.
19. ISO 14041: *Environmental Management – Life Cycle assessment – Goal and Scope Definition and Inventory Analysis*, **1998**.
20. ISO 14042: *Environmental Management – Life Cycle assessment – Life Cycle Impact Assessment*, **2000**.
21. ISO 14043: *Environmental Management – Life Cycle assessment – Life Cycle Interpretation*, **2000**.
22. Baumann, H., Tillman, A.-M.: *The Hitchhiker's Guide to LCA*, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, **2002**.
23. Mattson, B., Olsson, P.: Environmental audits and life cycle assessment, in: Dillon, M., Griffith, C., (eds.) *Auditing in the Food Industry*, Woodhead Publishing, Cambridge, **2001**.
24. Dutilh, C.E., Kramer, K.J.: Energy consumption in the food chain, *Ambio*, **2000**, 29(2).
25. Andersson, K.: *Life Cycle Assessment (LCA) of Food Products and Production Systems*, PhD thesis, School of Environmental Sciences, Department of Food Sciences, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, **1998**.
26. Udo de Haes, H.A., Finnveden, G., Goedkoop, M., Hauschild, M., Hertwich, E.G., Hofstetter, P., Joliet, O., Klöpffer, W., Krewitt, W., Lindeijer, E., Muller-Wenk, R., Olsen, S.I., Pennington, D.W., Potting, J., Steen, B.: *Life-cycle Impact Assessment: Striving Towards Best Practice*, SETAL, Brussels, Belgium, **2002**.
27. Mattsson, B., Cederberg, C., Blix, I.: Agricultural land use in life cycle assessment (LCA): case studies of three vegetable oil crops, *Journal of Cleaner Production*, **2000**, 8, 283-292.
28. Mattsson, B.: *Environmental Life Cycle Assessment (LCA) of Agricultural Food Production*, PhD thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Agricultural Engineering, Alnarp, Sweden, **1999**.
29. Cederberg, C., Mattsson, B.: Life cycle assessment of milk production: a comparison of conventional and organic farming, *Journal of Cleaner Production*, **2000**, 8, 49-60.

30. Kramer, K.J., Ploeger, C., Van Woerden, S.C.: *Organic greenhouse vegetables production. Economic and environmental aspects 1998 – 1999*, Research Station for Floriculture and Glasshouse Vegetables, Naaldwijk, The Netherlands, **2000**.
31. Notarnicola, B., Tassielli, G., Nicoletti, G.M.: Life cycle assessment (LCA) of wine production in: Mattsson, B., Sonesson, U. (eds.), *Environmentally-friendly food processing*, CRC Press, Boca Raton, **2003**.
32. Nicoletti, G.M., Notarnicola, B., Tassielli, G.: Comparison of conventional and organic wine, *Proceedings of the International Conference LCA in Foods*, Göteborg 26 – 27 April, **2001**.
33. Høgaas Eide, M.: Life Cycle Assessment (LCA) of industrial milk production, *Int. J. LCA*, **2000**, 3, 15-20.
34. Gekas, V., Nikolopoulou, M.: Introduction to Food Waste Treatment: The 14001 Standards, in: Oreopoulou, V., Russ, W. (eds.), *Utilization of By-Products and Treatment of Waste in the Food Industry*, Springer, New York, **2007**.
35. Gekas, V., Balta, K., *Food and Environment*, Tziolas Publications, Thessaloniki, Greece, **2005**.
36. Gavrilă, L.: *Operații unitare în industria alimentară și biotehnologii, Vol. 1 – Bilanțuri de materiale și energie, Transportul fluidelor, Amestecarea*, Universitatea din Bacău, **2001**.
37. UNEP-DTIE: *Global Status 2002: Cleaner Production*, disponibil la: http://www.uneptie.org/pc/cp/library/catalogue/regional_reports.htm, consultat Martie, **2007**.
38. http://www.uneptie.org/pc/cp/understanding_cp/home.htm, consultat Martie, **2007**.
39. <http://www.uneptie.org/pc/cp/declaration/pdfs/updated%20siglist-Jan05.pdf>, consultat Martie, **2007**.
40. <http://www.wbcsd.ch>, consultat Martie, **2007**.
41. <http://www.c2p2online.com/>, consultat Martie, **2007**.
42. <http://www.epa.gov/epahome/publications.htm>, consultat Martie, **2007**.
43. <http://www.apo-tokyo.org>, consultat Martie, **2007**.
44. UNEP: *Government Strategies and Policies for Cleaner Production*, **1994**.
45. Baas, L.W., van der Belt, M., Huisingh, D., Neumann, F.: Cleaner Production: What some governments are doing and what all governments can do to promote sustainability, *European Water Pollution Control*, **1992**, 2(1).
46. COWI Consulting Engineers and Planners AS: *Cleaner Production Assessment in Dairy Processing*, **2001**, disponibil la: <http://www.agrifood-forum.net/publications/guide/index.htm>, consultat Martie, **2007**.
47. Martin, A.M.: *Bioconversion of Waste Materials to Industrial Products*, Blackie Academic and Professional, London, New York, **1998**.
48. Huang, Y.L., Zhang, L., Cheung, C.M., Yang, S.T.: Production of carboxylic acids from hydrolyzed corn meal by immobilized cell fermentation in a fibrous-bed bioreactor, *Bioresource Technology*, **2002**, 82(2), 51-59.
49. Kuhn, E.: *Kofermentation*, Arbeitspapier 219, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt, **1995**.
50. Stronach, S.M., Rudd, T., Lester, J.N.: *Anaerobic Digestion Processes in Industrial Wastewater Treatment*, Springer-Verlag, New York, **1986**.

51. Ferry, G.J.: *Methanogenesis*, Chapman & Hall, New York, **1993**.
52. Pesta, G., Meyer-Pittroff, R.: Anaerobe Reinigung von Abwässern, *Getränkeindustrie*, **2004**, 2(58), 31-33.
53. Pesta, G.: Anaerobic Digestion of Organic Residues and Wastes in: Oreopoulou, V., Russ, W. (eds.), *Utilization of By-Products and Treatment of Waste in the Food Industry*, Springer, New York, **2007**.
54. Braun, R., Wellinger, A.: *Potential of Co-digestion*, IEA Bioenergy TASK 37, Nova Energie GmbH, Aadorf, **2002**.
55. Jönsson, O.: *Biogas as Vehicle Fuel*, Swedish Gas Center, **2005**, disponibil la <http://www.sgc.se/rapporter/resources/steyr.pdf> , consultat Martie **2007**.
56. Rutledge, B.: *Swedish Biogas Industry Education Tour 2004: Observations and Findings*, WestStart-CALSTART Inc., **2004**, disponibil la http://www.calstart.org/info/-publications/Swedish_Biogas%20Tour_2004/Swedish_Biogas_Tour2004.pdf , consultat Martie **2007**.
57. Thomson, D.B.: *Intermediate Technology and Alternative Energy Systems for Small Scale Fisheries*, Symposium on the Development and Management of Small Scale Fisheries, 19th Session IPFC, Kyoto, Japan, May **1980**.
58. European Commission: Commission Decision of January 29, 2004, establishing guidelines for the monitoring and reporting of greenhouse gas emissions pursuant to Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council, C(2004)130 final, **2004**.
59. Behmel, U.: *Mehrstufige Methanisierung von Brauereireststoffen*, dissertation, Technische Universität München, Freising, **1993**.
60. Gleixner, A.: Fermentation of Distiller's Wash in a Biogas Plant in: Oreopoulou, V., Russ, W. (eds.), *Utilization of By-Products and Treatment of Waste in the Food Industry*, Springer, New York, **2007**.
61. Gleixner, A.: *Brennerei und Biogas, Bioethanol- und Energieerzeugung in mittelständischen landwirtschaftlichen Brennereien*, technical report, **2004**.
62. European Commission: Regulation No 999/2001 of the European Parliament and of the Council of May 22, 2001 laying down rules for the prevention, control and eradication of certain transmissible spongiform encephalopathies (Official Journal L 147, 31/05/**2001** P.0001–0040).
63. European Commission: Regulation No 1774/2002 of the European Parliament and of the Council of October 3, 2002 laying down health rules concerning animal by-products not intended for human consumption (Official Journal L 273, 10/10/**2002** P.0001–0095).
64. Kirchmayr, R., Resch, C. Mayer, M., Prectl, S., Faulstich, M., Braun, R., Wimmer, J.: Anaerobic Degradation of Animal By-Products in: Oreopoulou, V., Russ, W. (eds.), *Utilization of By-Products and Treatment of Waste in the Food Industry*, Springer, New York, **2007**.
65. Sheehan, I., Himmel, M.: *Biotechnol. Progr.*, **1999**, 15(5), 817-827.
66. <http://lasen.epfl.ch/webdav/site/lasen/shared/import/migration/PosterBioethanol3.pdf>
67. F.O. Licht: *F.O. Licht's World Ethanol and Biofuels Report*, **2004**, Vol 3, No 7, December 3, disponibil la: <http://www.agra-net.com>

68. Energy Information Administration: EIA-819 *Monthly Oxygenate Report: Petroleum Supply Monthly*, February, **2005**, US Department of Energy, Energy Information Administration, Office of Oil and Gas, disponibil la: http://www.eia.doe.gov/oil_gas/petroleum/data_publications/monthly_oxygenate_telephone_report/motr.html, accesat 2005.
69. Faaij, A.: Assessment of the Energy Production Industry: Modern Options for Producing Secondary Energy Carriers from Biomass in: Dewulf, J., Van Langenhove, H. (eds.), *Renewables-Based Technology: Sustainability Assessment*, John Wiley & Sons, Chichester, **2006**.
70. Lynd, L. R.: Overview and evaluation of fuel ethanol from lignocellulosic biomass: technology, economics, the environment and policy, *Annual Review, Energy Environment*, **1996**, 21, 403–465.
71. Kosaric, N., Vardar-Sukan, F.: Potential Source of Energy and Chemical Products in: Roehr, M. (ed.), *The Biotechnology of Ethanol: Classical and Future Applications*, Wiley-VCH, Weinheim, 2001.
72. O'Leary, V.S., Green, R., Sullivan, B.C., Holsinger, V.H.: *Biotechnol. Bioeng.*, **1977**, 19, 1019.
73. Pesta, G., Meyer-Pittroff, R., Russ, W.: Utilization of Whey in: Oreopoulou, V., Russ, W. (eds.), *Utilization of By-Products and Treatment of Waste in the Food Industry*, Springer, New York, **2007**.
74. Fischbach, G.: *Molke als Rohstoff*, dissertation, Christian-Albrechts-Universität, Kiel, **1987**.
75. Demmler, G.: *Milcheiweiß und Molkeprodukte*, Handbuch der Lebensmittelchemie III., pt. 1, Tierische Lebensmittel, Springer, Berlin, **1968**.
76. Kessler, H.G.: *Lebensmittel- und Bioverfahrenstechnik*, Kessler, Munich, **1996**.
77. Drews, S.M.: *Sonderheft Ber. Landwirtsch.*, **1975**, 192, 599.
78. Bothast, R.J. et al.: Ethanol production by 107 Strains of Yeasts on 5, 10 and 20% Lactose, *Biotechnol. Lett.*, **1986**, 8(8), 593–596.
79. Sanderson, G.W., Reed, G.: Fermented products from whey and whey permeate, *New Dairy Products Via New Technology*, IDF-Seminar Atlanta, October **1985**, pp. 141–157.
80. Reese, E.T.: *Biotechnol. Bioeng. Symp.*, **1975**, 5, 77.
81. Vienne, P., von Stockar, U.: Ethanol from whey permeate: strain selection, temperature, and medium optimization, *Biotechnol. Bioeng. Symp.*, **1983**, 13, 421–435.
82. González Siso, M.I.: Cheese whey as a resource: whey utilization, *Bioresource-Technol.* **1996**, 57(1), 1–11.
83. Everson, T.C.: Whey-derived Gasohol - a Reality?, *Proceedings of Whey Products Conference*, Minneapolis/Minnesota (October 9-10, 1978), **1978**, pp. 62–80.
84. Delaney, R.A.M.: Recent developments in the utilization of whey, *Cult. Dairy Prod. J.*, **1981**, 16, 11–22.
85. Hansen, R.: *Nordauropesh Mejeri-Tiolsskrift*, **1980**, Nr. 1-2, 10.
86. Moebus, O., Teuber, M.: Verfahren zur Vergärung von Molke und Ultrafiltrationspermeaten, *Kieler Milchw. Forsch.*, **1986**, 38(2), 119–130.

87. Carbery Group, Ballineen, <http://www.carbery.com/products/ethanol/process.html> accesat Octombrie, 2005.
88. Bernstein, S., Tzeng, C.H., Sisson, D.: *Biotech. Bioeng. Symp.*, **1977**, 7, 1.
89. Coton, S. G.: Whey technology - the utilization of permeates from the ultrafiltration of whey and skim milk, *J. Soc. Dairy. Technol.*, **1980**, 33(3), 89–94.
90. www.maxol.ie/news/pressreleases/e85_launch.html din 27.09.2005, accesat Martie, 2007.
91. European Biodiesel Board: *Statistics: The EU Biodiesel Industry*, **2005**, disponibil la: <http://www.ebb-eu.org/stats.php> , accesat 2005.
92. Foreign Agriculture Service: *More Oil Seed Production Going toward Biodiesel*, Production Estimates and Crop Assessment Division, Foreign Agricultural Service, US Department of Agriculture, July **2004**, disponibil la: <http://www.fas.usda.gov/pecad2/highlights/2004/07/WorldBiodiesel/index.htm> , accesat 2004.
93. Emerging Markets Online: *Biodiesel 2020: Global Market Survey, Case Studies and Forecasts*, October **2006**, disponibil la: www.emerging-markets.com/biodiesel/press.htm , accesat martie 2007.
94. Leonard, C.: Chicken fat key biodiesel ingredient, *Delaware News Journal*, 02 Ian., **2007**.
95. National Renewable Energy Laboratory: *A Look Back at the U.S. Department of Energy's Aquatic Species Program - Biodiesel from Algae*, July **1998**, disponibil la: http://www1.eere.energy.gov/biomass/pdfs/biodiesel_from_algae.pdf , consultat Martie 2007.
96. EPA: *OSWER Innovations Pilot: Reducing Production Costs and Nitrogen Oxide (NOx) Emissions from Biodiesel*, June **2004**, disponibil la: http://www.epa.gov/oswer/docs/iwg/fs_biodieseland_nox_final.pdf , consultat Martie 2007.
97. McGlashan, S.: Industrial and Energy Uses of Animal By-Products, Past and Future in: Meeker, D.L. (ed.), *Essential rendering: all about the animal by-products industry*, National Renderers Association, **2006**.
98. National Renewable Energy Laboratory: *Biodiesel Production Technology*, **2004**, disponibil la: <http://www.osti.gov/bridge> , consultat Martie 2007.
99. Chorney, B.: Canadian Canola Growers Association, presented at *Agri-Energy Opportunities in Manitoba*, 18 April, **2006**.
100. Rice, B., Fröhlich, A., Leonard, R.: *Cost reduction in bio-diesel production*, Teagasc, Dublin, **1999**.
101. Kiong, E.: NZ firm makes bio-diesel from sewage in world first, *The New Zealand Herald*, 12 May **2006**, disponibil la: http://www.nzherald.co.nz/section/1/story.cfm?c_id=1&objectid=10381404 , consultat Martie 2007.
102. Riesing, T.: *Algae for Liquid Fuel Production*, Oakhaven Permaculture Center, **2006**, disponibil la: http://oakhavencpc.org/cultivating_algae.htm, consultat Martie 2007.
103. Briggs, M.: *Widescale Biodiesel Production from Algae*, UNH Biodiesel Group (University of New Hampshire), **2004**, disponibil la: http://www.unh.edu/p2/biodiesel/article_alge.html , consultat Martie, 2007.

104. Anonymus, *Waste News*, 3 March **2003**, disponibil la:
<http://www.wastenews.com/headlines.html> consultat Martie 2007.
105. Van Gerpen, J.: Biodiesel Production Technologies, The Virginia Biodiesel Conference, Arlington, VA, 16 November, **2004**, disponibil la
<http://www.cisat.jmu.edu/biodiesel/presentations/> , consultat Martie 2007.
106. http://www.ikausa.com/pdfs/Transesterification_process.pdf , consultat Martie **2007**.
107. http://www.hielscher.com/ultrasonics/biodiesel_transesterification_01.htm , consultat Martie **2007**.
108. Alok Kumar Singh, Sandun D. Fernando: Base Catalyzed Fast-Transesterification of Soybean Oil Using Ultrasonication, Paper number 066220, **2006 ASAE Annual Meeting**, disponibil la: <http://asae.frymulti.com/> , consultat Martie 2007.
109. Ma, F., Hanna, M.A.: Biodiesel production: a review, *Bioresource Technology*, **1999**, 70(1), 1-15.
110. Van Gerpen, J.: Biodiesel processing and production, *Fuel Processing Technology*, **2005**, 86(10), 1097-1107.
111. http://pesn.com/2006/04/21/9600262_Biodiesel_Microreactor_OSU/ , 21 Aprilie **2006**, consultat Martie 2007.
112. Yang, S.T.: Effect of pH on hydrogen production from glucose by a mixed culture, *Bioresource Technol.*, **2002**, 82(1), 87-93.
113. <http://www.biohydrogen.nl/Biohydrogen> , consultat Martie 2007.
114. Haast, J.D., Britz, T.J., Novellow, J.C.: Effect of different neutralizing treatments on the efficiency of an anaerobic digester fed with deproteinated cheese whey, *J. Dairy Res.*, **1986**, 53(3), 467-476.
115. Claassen, P.A.M., van Groenestijn, J.W., Janssen, A.J.H., van Niel, E.W.J., Wijffels, R.H.: Feasibility of Biological Hydrogen Production from Biomass for utilization in fuel cells, in: Palz, W., Spitzer, J., Maniatis, K., Kwant, K., Helm, P., Grassi, A. (eds.), *Proceedings of the 1st World Conference and Exhibition on Biomass for Energy and Industry*, ETA-Florance, Italy; WIP-Munich, Germany, **2000**, pp. 529–532.
116. Nandi, R., Sengupta, S.: *Crit. Rev. Microbiol.*, **1998**, 24(1), 61-84.
117. Schröder, C., Selig, M., Schönheit, P.: *Arch. Microbiol.*, **1994**, 161, 460-470.
118. van Niel, E.W.J., Budde, M.A.W., de Haas, G.G., van der Wal, F.J., Claassen, P.A.M., Stams, A.J.M.: *Int. J. Hydrogen Energy*, **2002**, 27, 1391-1398.
119. van Ooteghem, S.A., Beer, S.K., Yue, P.C.: *Appl. Biochem. Biotechnol.*, **2002**, 98, 177–189.
120. Noike, T., Mizuno, O.: *Water Sci. Tech.*, **2000**, 42, 155–162.
121. Noike, T., Takabatake, H., Mizuno, O., Ohba, M.: *Int. J. Hydrogen Energy*, **2002**, 27, 1367–1371.
122. Mizuno, O., Dinsdale, R., Hawkes, F. R., Hawkes, D. L., Noike, T.: *Bioresour. Technol.*, **2000**, 73, 59–65.
123. Claassen, P.A.M., van der Wal, F.J., van Noorden, G.E., Elbersen, H.W., van Wichen, J.M.: *Bio-Hydrogen and Methane from Domestic Organic Waste in Wageningen*, Agrotechnological Research Institute, Wageningen, disponibil la:
<http://www.ato.wageningen-ur.nl> , consultat Martie 2007.

124. Van Ginkel, S., Sung, S., Lay, J.J.: Biohydrogen production as a function of pH and substrate concentration, *Environ. Sci. Technol.*, **2001**, 35(24), 4726-4730.
125. Sung, S., Bazyliniski, D.A., Raskin, L., Danz, R.: Biohydrogen Production from Renewable Organic Wastes in: *Hydrogen, Fuel Cells, and Infrastructure Technologies – FY 2003 Progress Report*, DOE.
126. Keltjens, J.T., Geerts, W.J.: *Fermentative hydrogen production under alkaline conditions*, disponibil la: http://www.biohydrogen.nl/publicfiles/16_20602_2_Fermentatieve%20H2%20KUN.pdf, consultat Martie 2007.
127. Hallenbeck, P.C., Benemann, J.R.: *Int. J. Hydrogen Energy*, **2002**, 27, 1185-1193.
128. Janssen, M.G.J., Hoekema, S., Tramper, J., Wijffels, R.H.: *Photobiological hydrogen production from acetic acid with purple bacteria*, disponibil la: http://www.biohydrogen.nl/publicfiles/16_1012_4_fotoh2%20met%20purper%20wur.pdf, consultat Martie 2007.
129. Janssen, M.G.J., Hoekema, S., Tramper, J., Wijffels, R.H.: *Photobiological hydrogen production from acetic acid with purple bacteria*, disponibil la: http://www.biohydrogen.nl/publicfiles/16_20602_4_fotoh2%20productie%20Wur.pdf, consultat Martie 2007.
130. Antonopoulou, G., Gavala, H.N., Skiadas, I.V., Angelopoulos, K., Lyberatos, G.: Biofuels generation from sweet sorghum: Fermentative hydrogen production and anaerobic digestion of the remaining biomass, *Bioresour. Technol.*, **2007**, Jan 24;
131. Claassen, P.A.M., de Vrije, T., Budde, M.A.W., Koukios, E.G., Glynos, A., Réczey, K.: *Biological hydrogen production from Sweet sorghum by thermophilic bacteria*, disponibil la: http://www.biohydrogen.nl/publicfiles/22589_1_Rome%20Biomass%20Conferen ce%20May%202004.pdf, consultat Martie 2007.
132. Gavala, H.N., Skiadas, I.V., Ahring, B.K., Lyberatos, G.: Potential for biohydrogen and methane production from olive pulp, *Water Science and Technology*, **2005**, 52(1-2), 209-215.
133. Gavala, H.N., Skiadas, I.V., Ahring, B.K., Lyberatos, G.: Thermophilic anaerobic fermentation of olive pulp for hydrogen and methane production: modelling of the anaerobic digestion process, *Water Science and Technology*, **2006**, 53(8), 271-279.
134. Huang, Y.L., Wu, Z., Zhang, L., Cheung, C.M., Yang, S.T.: Production of carboxylic acids from hydrolyzed corn meal by immobilized cell fermentation in a fibrous-bed bioreactor, *Bioresource Technol.*, **2002**, 82(2), 51-59.
135. Fritzsche, C.J.: *Water Environmental Technology*, **1992**, 44-51.
136. Parekh, S.R., Cheryan, M.: Production of acetate by mutant strains of *Clostridium thermoaceticum*, *Applied Microbiology and Biotechnology*, **1991**, 36(2), 384-387.
137. Crespo, J.P.S.G., Moura, M.J., Carrondo, J.J.T.: Some engineering parameters for propionic acid fermentation coupled with ultrafiltration, *Appl Biochem Biotech*, **1990**, 24(3), 613-625.
138. Pouillart, P.R.: Role of butyric acid and its derivatives in the treatment of colorectal cancer and haemoglobinopathies, *Life Sciences*, **1998**, 63(20), 1739-1760.

139. Ropars, M., Marchal, R., Pourquoi, J., Vandecasteele, J.P.: Large scale enzymatic hydrolysis of agricultural lignocellulosic biomass, *Bioresource. Technol.*, **1992**, **42**(2), 197-203.
140. Petre, M., Zarnea, G., Adrian, P., Gheorghiu, E.: Biodegradation and bioconversion of cellulose wastes using bacterial and fungal cells immobilized in radiopolymerized hydrogels, *Resource, Conversion and Recycling*, **1999**, **27**(2), 309-332.