

# BIORAFINĂRIILE – UZINELE VIITORULUI

Şef lucrări, dr.ing. Teodor VINTILĂ  
USAMVB – Timișoara



Absolvent al primei promoții de ingineri biotehnologi (1997) a Facultății de Zootehnie și Biotehnologii, profilul biotehnologii agricole, USAMVB, Timișoara. Master în specializarea biologie moleculară în agricultură, promoția 1998. Doctor în științe, din 2003. Din 1997 activitate didactică la disciplinele de microbiologie generală, microbiologie industrială, bioinginerie și bioreactoare, procese și utilaje în biotehnologii, imunogenetică și imunomodulare, genetica microorganismelor (master). În prezent este titularul disciplinelor de microbiologie specială și tehnologia produselor de biosinteză din cadrul Facultății de Zootehnie și Biotehnologii, Timișoara. Este coautor la șase publicații de specialitate în edituri de prestigiu și la peste 50 de lucrări științifice. A participat la stagii de pregătire și burse în străinătate: modul de învățământ interuniversitar francofon în domeniul *Adaptation digestive et métabolique chez ruminants*; stagiu de pregătire în domeniul agriculturii montane, Germania, prin Bayerische Bauerverband; stagii scurte de perfecționare în microbiologie și biologie moleculară, în cadrul Institutului de Biotehnologii Godollo – Ungaria și în inginerie genetică, în cadrul Institutului de Cercetări Biologice Szeged – Ungaria, în managementul fermelor de vaci de lapte și industria aditivilor furajeri microbieni, prin intermediul Communicating for Agriculture Exchange Program și Ridgewater College – Hutchinson, Minnesota, USA; bursă de studii finanțată prin Norman E. Borlaug International Agricultural Science and Technology Fellows Program, la Universitatea din Kentucky, în domeniul biotehnologiilor industriale, bioconversia biomasei celulozice la etanol ca biocombustibil; absolvirea unui curs și lucrări practice organizat de Dublin University (Irlanda). The Children's Medical & Research Foundation și Universitatea de Științe Agricole Timișoara în: tehnici de biologie moleculară: identificarea receptorilor ARNm în celule eucariote, prin izolarea ARN, transcripție și amplificare PCR; tehnici de culturi tisulare: cultivarea celulelor epiteliale umane; reguli de siguranță în laborator.

## REZUMAT

Distilerile tradiționale sunt optimizate pentru producerea eficientă a unui singur produs, etanolul. O importanță mai mare trebuie acordată subproduselor obținute în urma procesului de fabricație. Termenul de *biorafinărie* a fost folosit pentru a descrie capacitățile de producție care folosesc sisteme biologice (fermentații microbiene și conversii enzimatic) pentru a cataliza în mod eficient transformările chimice de bază care au loc în acel sistem de producție. În termeni largi, biorafinăriile pot fi considerate ca fiind capacități de producție foarte adaptabile, care nu se limitează doar la obținerea unui singur produs și care pot procesa o varietate de materii prime, pot folosi diferite procese pentru a obține o varietate largă de produse, cu obținerea unei cantități minime de deșeururi.

## ABSTRACT

Traditional alcohol distilleries are optimized for the efficient production of a single product, ethanol. The term "biorefinery" has been used to describe chemical production facilities that use biological systems (microbial fermentations and enzymatic conversions) to efficiently catalyze key chemical transformations. In broader terms, biorefineries can be seen as very versatile facilities that are not bound to the production of an individual product, but can instead use a variety of substrates and many different processes to produce a wide range of products with minimum amounts of waste.

## 1. INTRODUCERE

Sistemele tradiționale de producere a etanolului sunt proiectate pentru a produce în mod eficient alcool, din glucidele conținute de cereale, sau subproduse, din industria zahărului. În forma lor naturală, aceste glucide se găsesc sub formă de polizaharide, care necesită o hidroliză înainte de a putea fi fermentate de către microorganisme. Datorită faptului că aceste polizaharide sunt derivate în general din produse vegetale complexe, sunt necesare procese complexe capabile să elibereze toate zaharurile, niciun proces simplu sau tratament enzimatic nefiind capabil să hidrolizeze toate polizaharidele din biomasa vegetală. Ca urmare, conversia materiei vegetale la glucide fermentescibile este în general incompletă, o mare parte din materia introdusă în procesul de producție a etanolului rămânând nefermentată. Una dintre provocările industriei moderne a alcoolului este găsirea unor sisteme de conversie a acestor materiale nefermentate în coproduse utile sau cu valoare adăugată, care pot îmbunătăți profitabilitatea procesului de fermentație.

## 2. CONCEPTUL DE BIORAFINĂRIE

Distilerile tradiționale sunt optimizate pentru producerea eficientă a unui singur produs, etanolul. O foarte mică importanță se acordă subproduselor obținute în urma procesului de fabricație, chiar dacă acestea pot constitui peste o treime din materia primă. Datorită importanței crescânde acordate economicității procesului și necesității controlului riguros al managementului deșeurilor rezultate dintr-un proces de fabricație și a impactului asupra mediului, a devenit critică reactualizarea proceselor de bază aplicate în industria etanolului. Termenul de *biorafinărie* a fost folosit pentru a descrie capacitățile de producție care folosesc sisteme biologice (fermentații microbiene și conversii enzimatic) pentru a cataliza în mod eficient transformările chimice de bază care au loc în acel sistem de producție (Abbas și Cheryan, 2002). În termeni largi, biorafinăriile pot fi

considerate ca fiind capacități de producție foarte adaptabile, care nu se limitează doar la obținerea unui singur produs și care pot procesa o varietate de materii prime, pot folosi diferite procese pentru a obține o varietate largă de produse, cu obținerea unei cantități

minime de deșeuri (fig. 1). În locul abordării proceselor tradiționale care obțin unul sau două produse (etanol și borhot), dintr-un singur substrat, este important să valorificăm sistemele care obțin diferite produse din mai multe substraturi (fig. 2).



Fig. 1. O biorafinărie.

Valoarea economică a unei biorafinării rezidă din adaptabilitatea ei, în funcție de cerințele pieței. Există și alte motive care fac atractiv conceptul de biorafinărie, în special problemele de protecție a mediului. Astfel, biotehnologia poate fi aplicată pentru a proiecta

biorafinării cu emisii 0 de gaze cu efect de seră, eficiente din punct de vedere al consumului de energie și apă și, totuși, destul de flexibile pentru a furniza în mod profitabil produse utile din substraturi ieftine și accesibile.

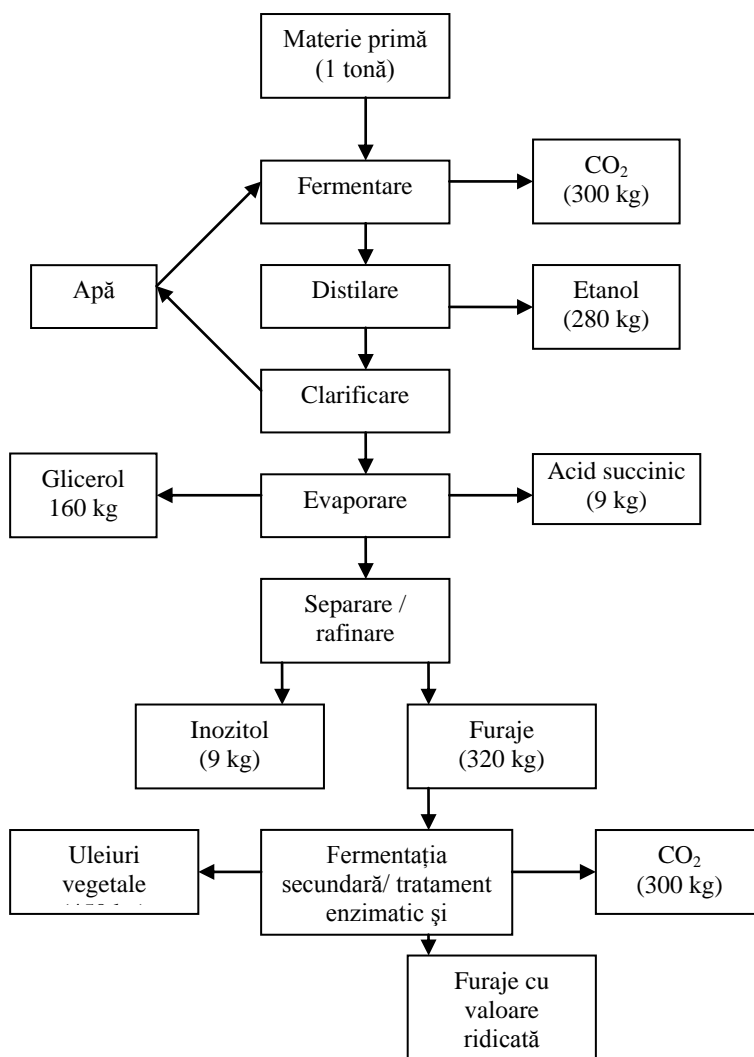


Fig. 2. Bioproces cu producerea unei game largi de produse cu pierderi minime.

### 3. MATERII PRIME PENTRU BIORAFINĂRII

Majoritatea fabricilor de etanol folosesc ca materie primă amidon sau zaharoză din cereale sau trestie de zahăr ca substrat de bază pentru producerea etanolului. Glucidele fermentescibile sunt obținute din polizaharidele conținute de aceste materiale, prin diferite tratamente termice și enzimatic. Însă, în ultimul timp, se pune accent pe folosirea biomasei lignocelulozice (BLC) ca materie primă în industria etanolului (Lynd și colab., 1991). BLC reprezintă sursa cea mai abundentă de polizaharide de pe glob, însă este mai dificil de degradat decât amidonul, pentru a obține glucide fermentescibile. BLC reprezintă o sursă regenerabilă și sustenabilă de energie sau percursori pentru industria chimică sau alimentară. Cercetările din ultimii ani au dus la dezvoltarea unor sisteme enzimatic care descompun lignoceluloza la glucide simple, la aplicarea unor tratamente termochimice care pretratează

BLC, făcând substratul mult mai accesibil enzimelor, și la obținerea prin inginerie genetică de noi tulpini de microorganisme capabile să fermenteze și pentozele derivate din hemiceluloză. Alte materii prime care pot fi procesate în biorafinării sunt: subproduse din industria amidonului și glucozei, lactoza din zer, plante ierboase energetice, sau chiar deșeuri orășenești sau din industria alimentară.

### 4. SUBPRODUSE TRADIȚIONALE DIN INDUSTRIA ALCOOLULUI

Subprodusele derivate în mod tradițional din industria alcoolului au o valoare intrinsecă de produse alimentare sau furajere sau de materii prime pentru alte industrii (tabelul 1). Valoarea acestor materiale este de multe ori determinată de prețul produselor competitive din industria petrolieră.

Tabelul 1. Câteva subproduse tradiționale derivate din diferite materii prime din industria etanolului

Materia primă	Produse	Utilizări
Grâu	Gluten (proteine) Tărâțe (fibre) Germeți Borhot de distilerie	Aliment, materie primă, medicamente Alimente pe bază de cereale Industria de panificație Furaj, ingredient alimentar
Porumb	Zeină (proteină) Pericarp Germeți de porumb Gluten de porumb Ulei de porumb Borhot de distilerie Extract de porumb	Pelicule, filme și fibre rezistente la apă Fibre, furaje pentru animale Suplimente proteice și minerale pentru panificație Suplimente proteice Sursă de gume, lecitine, emulsifianți și antioxidanți, aliment Furaj Mediu nutritiv pentru industria fermentativă
Ovăz	Proteine Amidon din ovăz Pleavă de ovăz	Ameliorator proteic pentru alimente Produse cosmetice Producerea de filtre adezive și abrazive
Orz	Proteine Fibre de orz Maț Borhot de distilerie Tocoferoli	Proteine alimentare și furajere Alimente și furaje Aplicații industriale (distilerii) Furaj Antioxidanți pentru produse alimentare

Cele mai importante subproduse ale industriei de alcool sunt reprezentate de cerealele distilate uscate, sau borhot uscat (*distillers dried grains, DDG*), și cerealele distilate uscate cu substanțe solubile (*distillers dried grains with solubles, DDGS*). Aceste produse conțin reziduurile rezultate după procesele de măcinare și triere a materiei prime, fermentație și distilare a alcoolului. Astfel, aceste subproduse sunt supuse tratamentelor enzimatic, mecanice și termice din cursul procesului de producție, ceea ce le conferă o digestibilitate ridicată, conținut ridicat în fibre și proteine valoroase pentru hrana animalelor.

### 5. ÎMBUNĂȚĂȚIREA VALORII SUBPRODUSELOR TRADIȚIONALE ÎNTR-O BIORAFINĂRIE

Cerealele distilate (borhotul) sunt considerate subprodusul standard al procesului de obținere a alcoolului, însă calitatea lor poate să varieze mult. O oportunitate în dezvoltarea conceptului de biorafinărie poate fi folosirea inovativă a acestor subproduse. Utilizarea DDGS ca sursă proteică pentru hrana animalelor conduce spre abordarea unor strategii care să mărească conținutul în proteină al acestora, să îmbunătățească digestibilitatea proteinelor și să

îmbunătățească compoziția în aminoacizi esențiali a acestora. Există câteva metode de îmbunătățire a valorii nutritive a DDGS.

O metodă constă în suplimentarea cu aminoacizi, vitamine și minerale pentru completarea valorii nutritive a acestor subproduse. Valoarea economică a unor astfel de strategii poate fi reflectată prin îmbunătățirea performanțelor animalelor (tabelul 2). Studii recente, în care s-a aplicat strategia suplimentării cu aditivi, au arătat o recuperare a investiției de 3:1 în urma îmbunătățirii producției vacilor de lapte.

O altă strategie de îmbunătățire a valorii subproduselor de uz furajer este tratarea enzimatică a DDGS. Digestibilitatea proteinelor și a fibrelor conținute de acestea este scăzută. Estimări recente arată că disponibilitatea aminoacizilor limitativi din DDGS incluse în dieta suinelor este în jur de 65% (Dale și Batal, 2002). Tratamentele enzimatice ale acestor furaje pot mări disponibilitatea aminoacizilor de la 65 la 90%, iar valoarea economică a DDGS poate crește cu 20–30%.

*Tabelul 2. Efectul ameliorării calității DDGS administrate suinelor<sup>a</sup>*

<b>Strategia</b>	<b>Scopul urmărit</b>	<b>Scăderea costului furajului raportat la șrotul de soia</b>	<b>Valoarea adăugată per tonă DDGS</b>
Suplimentarea cu nutrienți sau adjuvanți (minerale, vitamine, aminoacizi sau enzime)	Valoare nutritivă îmbunătățită sau mai bine echilibrată	Depinde de prețul aditivilor sau a adjuvanților	Au fost raportate recuperări ale investiției de 1:3 prin îmbunătățirea performanțelor de creștere
Tratamente enzimatice (predigestie hidrolitică)	Digestibilitate îmbunătățită sau îmbunătățirea disponibilității nutrienților	2,00 \$	Aprox. 20 \$
Fermentație secundară (însilozare cu inoculare microbiană)	Îmbunătățirea conținutului în nutrienți, diversificarea conținutului în nutrienți, îmbunătățirea digestibilității și absorbției nutrienților	6,00 \$	Aprox. 60 \$

<sup>a</sup> Adaptat după K.A. Dawson, 2003.

Cel mai eficient mod de a îmbunătăți valoarea cerealelor distilate se pare a fi expunerea lor unui sistem mai complex de transformare, aplicând un proces de fermentație secundară. Astfel de procese folosesc tulpini selecționate de fungi și bacterii cu ajutorul cărora sunt dirijate procese fermentative scurte, în care echipamentul enzimatic al microorganismelor continuă procesul de digerare a biomasei vegetale. Aceste procese duc la creșterea conținutului proteic, conținutului în lizină și a digestibilității proteinelor; pot duce la scăderea conținutului în celuloză și la mărirea valorii energetice a furajelor. Astfel de fermentații dirijate, care măresc conținutul proteic de la circa 30% până în jur de 45%, îmbunătățesc disponibilitatea aminoacizilor de la 65 la 90%, măresc conținutul în lizină (de la 1,35 la 2,7%), pot duce la îmbunătățirea cu 60% a valorii economice a DDGS folosite ca furaj.

## **6. ALTE PRODUSE REZULTATE ÎN URMA PROCESELOR DE BIOTRANSFORMARE**

Există un număr mare de produse comerciale obținute prin biotransformare în urma activității metabolice a microorganismelor vii (tabelul 3).

*Tabelul 3. Câteva produse care pot fi obținute în biorafinării, prin biocataliză microbiană*

Etanol	Polimeri
Metanol	Emulsifianți și surfactanți
Acid citric	Vitamine (riboflavina)
Glicerol	Acizi grași și uleiuri
Xilitol și alți îndulcitori	Enzime
Astaxantan	Produse farmaceutice
Acid lactic	Proteine specifice

Multe dintre aceste produse sunt obținute în cadrul unor sisteme fermentative bine definite, care convertesc materii prime cu valoare scăzută în produse comerciale cu valoare ridicată, sau precursori folosiți în alte procese industriale. Aplicarea inovativă a proceselor fermentative și tratamentelor enzimatice într-un proces de producție integrat poate constitui principalul mod de dezvoltare a unor biorafinării flexibile, versatile și profitabile.

## **7. CONCLUZII**

Viitorul multor fabrici de producere a alcoolului va depinde de abilitatea lor de a se adapta rapid la schimbările în ceea ce privește prețul materiei prime și de a obține produse cu valoare adăugată. Dezvoltarea unor

sisteme flexibile de biorafinărie, care să permită folosirea unor materii prime variate și care să prezinte abilitatea de a produce mai multe produse adiacente cu valoare adăugată, trebuie să fie ideea centrală în determinarea valorii unui sistem industrial de producere a alcoolului. Biotehnologia oferă instrumentele necesare dezvoltării acestor sisteme biologice ingineresti integrate aplicate în biorafinării.

## BIBLIOGRAFIE

1. **Abbas, C.A., M.Cheryan.** 2002. Emerging biorefinery opportunities. *Appl. Biochem. Biotech* 98–100:1147.
2. **Bon, E.P.S., S Picataggio.** 2002. Enzyme and microbial biocatalysts. *Appl. Biochem. Biotech.* 98–100:163.
3. **Dawson, K.A.** 2003. Biorefineries: the versatile fermentation plants of the future. In: *The Alcohol Textbook*, 4<sup>th</sup> Edition (K.A. Jacques, T.P. Lzons, D.R. Kelsall, eds). Nottingham University Press, Nottingham, UK, pp. 388–397.
4. **Cho, K.M., Y.J. Yoo.** 1999. Novel SSF process for ethanol production from microcrystalline cellulose using the d-integrated recombinant yeast, *Saccharomyces cerevisiae* L2612dGC. *J. Microb. Biotech* 9 (3): 340–345.
5. **Dale, N., A Batal.** 2002. Ingredient analysis table: 2002 Edition. *Feedstuff* 74: 16–22.
6. **Gong, C.S., from biomass: The potential use of thermophilic N.J. Cao, J.Du, G.T. Tsao.** 1999. Ethanol production from renewable resources. *Adv. Biochem. Engin./Biotech.* 65: 207–241.
7. **Kaylen, M., D.L. Van Dyne, Y.S. Choi, M. Blase.** 2000. Economic feasibility of producing ethanol from lignocellulosic feedstocks. *Bioresource Tech.* 72: 19–32.
8. **Lynd, L.R., J.H. Cushman, R.J. Nichols, C.E. Wyman.** 1991. Fuel ethanol from cellulosic biomass. *Sci.* 251: 1318–1323.
9. **Olsson, L., J. Nielsen.** 2000. The role of metabolic engineering in the improvement of *Saccharomyces cerevisiae*: utilization of industrial media. *Enzyme Microb. Tech.* 26: 785–792.
10. **Scopes, R.K.** 1997. Ethanol organisms in fermentation. *Australasian Biotech.* 7: 296–299.
10. **Torre, P.** 1999. Co-products from ethanol fermentation: Alternatives for the future. In: *The Alcohol Textbook*, 3<sup>rd</sup> Edition \*K.A. Jacques, T.P. Lzons, D.R. Kelsall, eds). Nottingham University Press, Nottingham, UK, pp. 335–346.