

Široki asortiman biotehničkih proizvoda i aktivnosti predstavlja realnost na savremenom svjetskom tržištu, iako se s razlogom smatra da se tek nalazimo pred punim procvatom ere biotehnologije. Tempo porasta robe proizvedene biotehničkim postupcima »pretiče« sva dosadašnja predviđanja eksperata, tako da je realno očekivati da će svjetsko tržište biotehničkih roba i usluga dosegnuti vrijednost od 150 milijardi dolara već na početku XXI vijeka.

LIUBOMIR BERBEROVIĆ
HANS WOLFGANG LEUCHTE

BIOTEHNOLOGIJA U SVJETSKIM PRIVREDNIM KRETANJIMA

I

Eksplozivni napredak prirodnih nauka, prije svega biologije i biokemije, doveo je tokom posljednjih decenija do saznanja da biokatalitički procesi, onakvi kakvi se odvijaju u živim sistemima, predstavljaju najracionalniji i potencijalno najekonomičniji način proizvodnje i prerade mnogih materijala, ključ za rješavanje niza problema pred kojima stoji globalni društveno-ekonomski razvoj u svom aktuelnom trenutku. Ovo saznanje podrazumijeva dva bitna zaključka: 1) biomasa je prvoklasan izvor široke palete različitih materijala, u kom svojstvu do sada nije bila dovoljno proučena niti iskorišćena; (2) živi organizmi i njihovi sastavni dijelovi potencijalni su agens proizvodnje i prerade raznih materijala, prvenstveno organskih, budući da posjeduju odgovarajuće procesne postupke najpovoljnijih tehničkih, energetskih i drugih parametara. Drugim riječima, organizmi se mogu shvatiti kao minijaturne, visoko efikasne hemijske tvornice, u kojima se tehnološki procesi odvijaju na najvišem stupnju preciznosti i savršenosti, na minimalnom prostoru, uz minimalnu potrošnju energije, sa minimalnim količinama gubitaka i otpada itd. Analogni metodi u industriji i drugim granama privrede obuhvaćeni su zajedničkim na-

živom biotehnologija, koji se potpuno odomacio na svim meridijanima. Egzaktna definicija pojma biotehnologija za- daje, međutim, određene poteškoće, tako da se u literaturi susreću nejednaka i pomalo kontradiktorna rješenja. Mož- da je biotehnologijom najopravdanije smatrati »integrisanu primjenu biohemije, mikrobiologije i inženjerskih nauka u cilju ostvarivanja industrijske primjene mikroorganizama, kultivisanih ćelija i njihovih dijelova« (definicija Evropske federacije za biotehnologiju, navedena prema sekundarnom izvoru¹⁾). U svakom slučaju, biotehnologija predstavlja oblik primjene naučnog i tehničkog znanja radi obrade različitih materijala biološkim agensima, s krajnjim ciljem da se do- biju nova dobra ili pruže neke usluge.

Biotehnologija, u principu, nije pronalazak najnovijeg doba, ona postoji od davnih vremena, mada je njeno ime novo. O biotehnologiji u savremenom smislu riječi počinje se govoriti u vezi sa uspjesima biološke nauke na polju ma- nipuliranja nasljednom supstancijom živih bića. Najmoderni- ji oblici biotehnologije baziraju na proizvodnoj aplikaciji organizama kakvi ne postoje u prirodi. To su živa bića vještačkim putem prekrojena da što bolje odgovaraju zahtjevi- ma industrijskog procesa kome služe. Izrada takvih organi- zama počiva na dostignućima genetike, nauke o organskom nasljeđivanju, odnosno njene grane koja se bavi fenome- nom nasljednosti na nivou molekulskih zbijanja — molekularne genetike.

Nezavisno od naučnih principa na kojima se zasnivaju pojedini biotehnološki postupci, biotehnologija danas pruža svjetskom tržištu roba i usluga neobično široku ponudu, od biološki aktivnih supstancija sa širokim područjem prim- jene, do inertnih građevnih masa i postupaka značajnih u zaštiti čovjekove životne sredine. Aplikacijske mogućnosti bi- otehnoloških procesa izuzetno su velike i već je vrlo duga lista najraznovrsnijih proizvoda i aktivnosti biotehnologije, koji se mogu smatrati već afirmisanim u svjetskoj privredi i svjetskoj trgovini. Biotehnološkim postupcima se dobijaju brojne organske i neorganske hemikalije, lijekovi i dija- gnostička sredstva, energetske tvari i produkti za ljudsku is- hranu. Biotehnologije su zauzele mjesto u eksploataciji me- tala i nafte, kao i u zaštiti čovjekove životne sredine (ta- bela I).

¹⁾ M. Cantley, K. Surgeant — FAST Occasional Papers, No. 40, June 1982 (revised July 1983); p. 6.

TABELA 1. Pregled nekih biotehnoloških proizvoda i aktivnosti, po granama industrije (prema Bull et al. 1982²⁾; dopunjeno i prošireno).

INDUSTRIJSKA OBLAST		BIOTEHNOLOŠKI PRODUKT (AKTIVNOST)
HEMIKALIJE	ORGANSKE	etanol, butanol, aceton, kiseline (limunska, mliječna itd.), enzimi, mirisne supstance, polimeri (pretežno polisaharidi)
	NEORGANSKE	obogaćivanje metala, bioakumulacija i ekstrakcija (naročito bakar i uranijum)
FARMACEUTIKA	DIJAGNOSTIKA	enzimi, (monoklonska) antitijela, DNK uzorci (probe)
	TERAPEUTIKA	antibiotici, imunoregulatori agensi, enzimski inhibitori, steroidi, vakcine
ENERGETIKA		etanol (etilni alkohol, gasohol), metan (biogas), biomasa
LJUDSKA ISHRANA		mliječni i mesni proizvodi, pića (alkoholna, čaj, kava), kvasac, aditivi (antioksidanti, boje, mirisi, stabilizatori), gljive, aminokiseline, vitamini, prerada skroba, glukozni i fruktozni sirupi, funkcionalno modifikovanje proteina, pektini, uklanjanje toksina
POLJOPRIVREDA		stočna hrana, veterinarske vakcine, đubriva, mikrobijalni pesticidi, azotofiksirajući bakterijski inokulati (<i>Rhizobium</i> i dr.), metodi kultiviranja biljnih ćelija i tkiva (vegetativno razmnožavanje, produkcija embriona, genetičko oplemenjavanje)
ZASTITA SREDINE		prečišćavanje vode, obrada otpadnih voda, obrada otpadaka, reciklaža naftnih preradevina, analitička sredstva
BIOELEKTRONIKA		Biosenzori, bioakumulatori, biočipovi (?), bioprovodnici (?)

²⁾ A. T. Bull, G. Holt, M. D. Lilly: *Biotechnology — International Trends and Perspectives*, OECD, Paris, 1982; p 70.

Imajući u vidu solidno argumentovano uvjerenje da razvoj biotehnologije treba smatrati suštinskom komponentom aktuelne naučno-tehnološke revolucije, faktorom koji će u narednim decenijama presudno uticati na načine proizvodnje, pa konsekventno i na način ljudskog života, sasvim je razumljivo što je veliko interesovanje javnosti okrenuto pitanjima sadašnjeg položaja i budućeg razvoja biotehnologije u klupku svjetskih ekonomskih kretanja. Biotehnologija sve više postaje predmetom interesovanja ekonomije i politike, sve češće se postavlja pitanje o društvenom i privrednom značaju pojedinih njenih aktivnosti i produkata, o perspektivama daljeg razvoja biotehnologije kao nauke i o perspektivama i pravcima primjene biotehnoloških metoda u razne svrhe i razne djelatnosti. Uvid u ekonomska kretanja, naime, obezbjeđuje (relativno gledajući) najpovoljniji stepen objektivnosti za polazište procjena koje imaju za cilj da predvide razvoj određene grane nauke ili tehnologije u bližoj ili daljoj budućnosti. Jer može se ustvrditi da brzina pretvaranja fundamentalnih naučnih otkrića, koja se u današnje vrijeme množe neviđenom brzinom, u praktične produkte i djelatnosti tek u manjoj mjeri zavisi od prirode samog otkrića. Problem stvaranja tehničkih rješenja što omogućavaju da se laboratorijske metode i procedure prevedu u dimenzije industrijskih proizvodnih procesa igra veoma krupnu ulogu, ali su za prenošenje naučnih novosti u praksu još daleko važniji zatečeni ekonomski odnosi i njihova projekcija s obzirom na moguće uvođenje noviteta u praksu. U načelu, naravno vrijedi opštevažeća istina da se danas naučna otkrića pretvaraju u proizvodne metode i robe za tržište brže nego ikada ranije u istoriji čovječanstva; to važi i za razvoj biotehnologije i njenih proizvoda.

Ekonomičnost biotehnoloških proizvoda

Proučavanje savremene svjetske ekonomije sa stanovišta primjene i plasmana biotehnoloških proizvodnih metoda i postupaka ne predstavlja sasvim jednostavnu zadaću, iz prostog razloga što statistički podaci i drugi izvori informacije vrlo često ne pružaju dovoljno obavještenja o tome kako i koliko su obuhvaćena i praćena pojedina područja biotehnologije. Izvjesne garniture podataka, na primjer, prikazuju — a da to ne naznačavaju — promet i prihode moderne biotehnološke produkcije zajedno sa klasičnim industrijama alkohola i životnih namirnica, pa čak i sa standardnom poljoprivredom, što neminovno vodi pogrešnim procjenama, računima i zaključcima.

S druge strane, prognoza jačanja uloge biotehnologije u svjetskoj privredi sama po sebi pripada jednom posebnom tržištu, čiji je obim sve teže sa sigurnošću utvrditi. Smatra se da je ovoga trenutka u svijetu u toku izrada oko tri stotine tržišnih studija posvećenih «bioprognostiци», tj. marketingu biotehnologije i njenih proizvoda; cijena svake od tih studija po pravilu je viša od 70 000 zapadnonjemačkih maraka ili — preko 55 miliona novih dinara.

Zbog svega toga, analiza svjetske ekonomske situacije iz aspekta mjesta, značaja i perspektive biotehnoloških industrija realno ne može pretendovati na apsolutnu sigurnost, potpunost i tačnost. Tim prije što je prilično teško ostvariti i samu namjeru da se prikažu uzajamni uticaji između ekonomskih faktora (kao što su, recimo, cijene sirovina i energije) i procesno-tehničkih parametara biotehnologije. Prikaz ovog odnosa utoliko je složeniji ukoliko se žele dobiti pouzdani zaključci o ukupnom efektu pomenutih interakcija na konačnu rentabilnost konkretnih proizvodnih postupaka.

Bez ikakvog oklijevanja moguće je tvrditi da su se biotehnološki proizvodni metodi solidno afirmisali kako u proizvodnji tradicionalnih roba za ljudsku potrošnju (namirnice, desertni produkti, pića itd.), tako i u proizvodnji hemikalija i farmaceutskih sredstava. Ovo drugo područje može se karakterizirati kao dinamičniji privredni sektor, osobito efikasan u lansiranju novih proizvoda.

Prognoziranje ekonomske budućnosti biotehnologije mora se staviti u kontekst nekih širih pojava u savremenoj svjetskoj privredi. Očigledna je, naime, tendencija razvijenih da svoje proizvodne kapacitete orijentišu na proizvodnju roba sa što manjom zapreminom, roba što manjeg fizičkog obima. Moderna biotehnologija pruža u tom pogledu ogromne mogućnosti, budući da osigurava produkciju roba koje u veoma malim količinama obezbjeđuju izuzetno visoke cijene i profite. Naravno, različite biotehnološke aktivnosti nisu u tom smislu među sobom ni slične niti ravnopravne. Proizvodi biotehnologije snažno su diferencirani prema karakterističnom odnosu njihovog volumena i njihove vrijednosti (tabela 2). Postupci koji zahtijevaju velike količine sirovina i rezultiraju voluminoznim produktom relativno niske prodajne cijene su, na primjer, biotehnologije za prečišćavanje voda i preradu otpadaka. Biotehnološki proizvodi velike zapremine a male tržišne vrijednosti su prije svega energetske materije (biogas, gasholalkohol), čija je proizvodnja rentabilna samo u zemljama koje raspolažu ogromnim zalihama organske sirovine (slučaj Brazila, gdje se alkohol masovno troši u svojstvu pogonskog goriva za motore sa

umtrašijim sagorjevanjem). Moderne biotehnologije za sada nisu visoko ekonomične u produkciji ovakvih produkata.

Među biotehnoleske proizvode srednje vrijednosti po jedinici zapremine spadaju neke organske hemikalije i tvari za ljudsku i stočnu ishranu, te polisaharidni polimeri. Mikrobiološka ekstrakcija i koncentracija metala, kao i biotehnologija vađenja nafte takođe se ubrajaju u ovu kategoriju privrednih aktivnosti.

TABELA 2. Tipologija biotehnoleskih proizvoda (aktivnosti) po volumenu i vrijednosti (prema — Bull et al. 1982³⁾, modifikovano).

ZAPREMINA	VRIJEDNOST	PROIZVOD (AKTIVNOST)
VELIKA	NISKA	biomasa, biogas (metan), alkohol, stočna hrana, prečišćavanje vode, prerada otpadaka
VELIKA	SREDNJA	aminokiseline, organske kiseline, aceton, butanol, polimeri (uglavnom polisaharidi), proizvodi za ishranu ljudi, kvasac, bioakumulacija, mikrobiološka ekstrakcija
MALA	VISOKA	antibiotici, vakcine, hormoni, enzimi, vitamini, ostali lijekovi

U središtu pažnje svih dosadašnjih pokušaja pokretanja visoko rentabilnih biotehnoleskih aktivnosti nalaze se supstance koje na tržištu postižu izrazito visoku cijenu po jedinici mase ili zapremine proizvoda, a to su na prvom mjestu sredstva za primjenu u zdravstvu, odnosno u humanoj i veterinarskoj medicini. Tu pripadaju različite terapijska i dijagnostička sredstva, antibiotici, vakcine, vitamini, hormoni, enzimi, antitijela itd. Interesovanje lutajućeg međunarodnog kapitala izrazito je usmjereno upravo na ove biološki visokovrijedne i ekonomski visoko rentabilne supstance, među kojima će mnoge predstavljati ne samo kapitalnu novost na tržištu, nego i revolucionarne inovacije instrumentarijuma medicine za borbu protiv do sada nepobijeđenih problema ljudskog zdravlja.

Nema sumnje da će biotehnologije namijenjene industriji masovnih roba velike zapremine, a relativno niske specifične vrijednosti, lakše nalaziti put do zemalja u razvoju, dok će biotehnologija dragocjenih roba malog fizičkog obima najvjerovatnije još dugo rezervisati najrazvijeniji dije-

³⁾ Isto, p 71.

ležovi svijeta za sebe. Već u aktuelnom momentu na svjetskoj pijaci je moguće kupiti najmodernije biotehnologije namijenjene produkciji biomase, biogasa i alkohola iz poljoprivrednih kulturnih biljaka ili iz raznih organskih otpadaka. Biotehnoški procesi produkcije farmaceutskih sredstava, naročito ako se radi o novostima, uglavnom se niti ne nude na prodaju.

Zanimljivo je da ima više poteškoća u predviđanju ekonomske sudbine masovnih hemijskih produkata, čija je cijena po jedinici mase srazmjerno niska, dok se može sa sigurnošću pretpostavljati da će tendencije neprekidnog inoviranja hemofarmaceutske proizvodnje biti trajne. Visoka rentabilnost ovog pravca industrijske proizvodnje i dalje će rasti, osobito kada je riječ o pojavi sasvim novih produkata značajnih za medicinu. Svjetska pijaca masovnih hemikalija («bulk chemicals») daleko je osjetljivija na poremećaje u drugim sektorima privrede i ispoljava veću labilnost u kretanjima cijena.

Sasvim je izvjesno da će novi procesi i proizvodi sve više bazirati na razvoju metoda «genske tehnologije», molekulske biologije i molekulske genetike. Savršeno je jasno da će vrhunske biotehnologije počivati na primjeni vještački izmijenjenih živih sistema (mikroorganizama ili ćelijskih kultura), pošto prirodni živi sistemi svakako nisu idealno adaptirani potrebama konkretnih tehnoloških postupaka. Napredna biotehnologija — to je biotehnologija na osnovama genetičkog inženjerstva; ona će nesumnjivo igrati krupnu ulogu u narednoj industrijskoj revoluciji.^{4,5)}

Na planu tehničkog usavršavanja biotehničkih metoda proizvodnje, osobito značajan napredak je ostvaren u procesima produkcije tzv. «jednoćelijskih proteina» («SCP»), tj. bjelančevina koje se proizvode industrijskom eksploatacijom kontrolisanih kultura jednoćelijskih organizama. Progres je učinjen kako u pojedinim elementima procesa, tako i u usavršavanju cjelokupne procedure, uključivši pri tome naročito poboljšavanje osobina mikrobioloških agenasa.

Strategijska inovativna razmišljanja okrenuta su naročito pitanjima razvoja kontinuiranih procesnih sistema u biotehnologiji, putem kojih bi se na trajnoj osnovi još uspješnije realizovao opšti cilj svake produktivne tehnologije: pretvaranje sirovina ili polupreradevina, uz pomoć znanja i energije, u proizvode za tržište.

⁴⁾ Bukhari, U. Pettersen — High Level Meeting of the Establishment of the International Centre for Genetic Engineering and Biotechnology, Paper ID.WG. 382/2, Add. 3, Belgrade, 1982.

⁵⁾ S. A. Narang — Nat. Res. Council of Canada, Report No. 1953.

II

Faktori ekonomičnosti biotehnoških postupaka

Radi utvrđivanja rentabilnosti određenog biotehnoškog postupka neophodno je uzeti u obzir nekoliko osnovnih parametara: (1) koeficijent iskorišćavanja biomase (sirovine) u odnosu na količinu produkta; (2) kinetički parametri procesa; (3) stabilnost biološke komponente tehnološkog procesa, njena otpornost odnosno ugroženost. Što se tiče samog procesa proizvodnje, najvažniji su činioci: (1) stepen prerade i udio ulaznih materijala (sirovine); (2) produktivnost; (3) koncentracija proizvoda.

Istraživanje i razvoj samoga procesa znatno doprinose umanjivanju tehnoloških neizvjesnosti i proizvodnih rizika, ali se ovi ne mogu u potpunosti isključiti. Rizici izrazito rastu kada nisu registrovani niti stavljeni pod kontrolu oni faktori koji se odnose na »scale up« biotehnoških postupaka, tj. faktori koji proizlaze iz neophodnosti pretvaranja laboratorijskih metoda u industrijske procese višestruko većih razmjera.

U interakciji ekonomskih faktora i tehnoloških parametara, interakciji koja opredjeljuje rentabilnost, tehnika igra podređenu ulogu. Cijene sirovina i energije imaju presudan uticaj. I najsavršenija tehnologija postaje nerentabilna u trenutku kada se drastično poveća učešće cijene sirovina u troškovima proizvodnje. Ova opservacija podjednako vrijedi za petrohemijske kao i za biotehnoške industrije. Zato nagle promjene na tržištu sirovina veoma često i snažno djeluju kao poticaj za pojavu novih i ubrzavanje već postojećih istraživačko-razvojnih tendencija. Kao ilustracija ovoj tvrdnji može poslužiti jedan mali pregled kriznih udara u svjetskoj ekonomici tokom nedavne prošlosti, udara koji su podstakli brze odgovore iz istraživačko-razvojnog sfere biotehnologije (tabela 3). 1973. godine u Sjedinjenim Američkim Državama, daleko najjačem svjetskom proizvođaču soje, dogodila se izuzetno slaba žetva, što je uslovlilo pojačanu tražnju strukturalnih bjelancevina na tržištu; biotehnologija je takoreći smjesta odgovorila povećanjem i usavršavanjem procedure u proizvodnji tzv. »jednoćelijskih proteina«, tj. proteina na bazi kulture mikroorganizama. Godinu dana kasnije došlo je do iznenadnog šesterostrukog skoka cijena običnog šećera, a tome je odmah slijedila pojačana i proširena industrijska proizvodnja izomera glukoze metodama enzimskog inženjerstva. Između 1970. i 1982. godine cijena sirove nafte je porasla oko osam puta, iz čega je proistekla intenzivna potraga naučno-tehnoloških istraživačkih centara za alterna-

itivnim izvorima energije i osnovnih sirovina za hemijsku industriju; u tom razdoblju su unapređena, na primjer, biotehnološka rješenja za produkciju gasohola i biogasa, kao i mnogi drugi biotehnološki postupci, koji su postali ekonomični zahvaljujući poskupljenju nafte i (konsekventno) njenih derivata.

TABELA 3. Pregled nekih nedavnih globalnih poremećaja u pojedinim sektorima svjetskog tržišta i njihov uticaj na sferu naučno-tehnološkog razvoja (prema Dunhill 1982).⁴⁾

DATUM I KARAKTER »POTRESA«		»ODGOVOR«
1973	Izuzetno slaba žetva soje u SAD, pojačana potražnja bjelancevina	Povećavanje i usavršavanje proizvodnje »jednočelijskih proteina«
1974	Sestostruki skok cijena običnog šećera, negativne medicinske ocjene vrijednosti običnog šećera	Pojačana i proširena industrija enzimске izomerizacije glukoze
1970-1982	Osmostruko povećanje cijena sirove nafte	Potruga za alternativnim izvorima energije (biotehnološka rješenja: gasohol, biogas)
1982	Konflikt između potreba za hranom i proizvodnja alkohola iz pšenice za energetske potrošnju (naročito u zemljama »trećeg svijeta«)	Potruga za alternativnim i jeftinijim sirovinama za preradu u alkohol (bioetanol), prije svega na pravcu razgradnje celuloze u glukozu i dalje u bioetanol

U zemljama tzv. »trećeg svijeta« ekonomičnost biotehnoloških procesa u industriji alternativnih izvora energije, kao što je alkohol (gasohol), stoji u izvjesnoj korelaciji sa lokalnim situacijama u pogledu prehrane stanovništva. Alkohol se biotehnološki može dobijati iz skroba, odnosno iz žitarica, ali i iz drugih polisaharidskih sirovina, kao što su lignin i celuloza. Postupci biorazgradnje lignina i celuloze i njihova prerada u alkohol (eventualno i u druge preradevine) znatno su komplikovaniji i, naravno, skuplji. Stoga rentabilnost proizvodnje alkohola za energetske potrošnje u znatnoj mjeri zavisi od potražnje za skrobom kao prehrambenom robom. Sve su to razlozi usljed kojih pojedine zemlje razvijaju specifične ekonomske politike u odnosu na razne tehnologije, opredjeljujući tako i ekonomiku pojedinih biotehnoloških procedura i procesa.

⁴⁾ P. Dunhill — Biochem. Soc. Symp. No. 48, 1982.

Snažan protekcionizam, veoma prisutan u oblasti prometa energijom i agrarnim proizvodima, predstavlja ozbiljan izvor ekonomskog rizika u vezi sa razvojem i primjenom biotehnologije. Time su naročito pogodeni biotehnoški postupci namijenjeni dobijanju materijala za široku upotrebu, kao što su, na primjer, bjelačevine. Tehnološki su ispravna i podjednako pogodna dva načina pribavljanja proteina: klasični — iz sojinog zrna i moderni — mikrobiološkom prerasadom metilnog alkohola u tzv. «jednoćelijski protein» «single cell protein» (SCP). Protekcionističke mjere mogu znatno uticati i na cijenu soje i na cijenu metanola, od čega će onda zavistiti relativna rentabilnost pomenutih alternativnih puteva dobijanja proteina. Općenito govoreći, stepen ekonomskog rizika, kao značajan faktor u odlučivanju o uvođenju novih tehnologija, vjerovatno će se smanjivati, ali će ostati među najvažnijim razlozima relativno spore tehničke realizacije biotehnoškog razvoja.

Ekonomski uslovi igraju veću ulogu od tehničkih kao činilac od negativnog uticaja na spremnost za ulaganje u biotehnologiju, kako na području novih, tako i na području klasičnih produkata. Pri tehnologijama koje znače projektovanje novih procesa rizik je utoliko veći ukoliko se radi o konkurisanju već uvedenim proizvodnim procesima. Ekonomska evaluacija biotehnoških postupaka mora voditi računa o svim tim odnosima, a zatim i o pristupačnosti sirovina za biotehnošku preradu.

Politika cijena nafte imala je u proteklom periodu izuzetan i specifičan upliv na tokove razvoja biotehnologije. Skok cijena nafte predstavljao je bitan impuls u smislu pronalaska i afirmacije jeftinih tehnoloških procedura, neovisnih o petrolejskim sirovinama. Nema nikakve sumnje da će dalji razvoj i ubuduće ići istim pravcem, s obzirom na objektivno ograničene zalihe nafte pristupačne eksploataciji. Najznačajniji segmenti daljnjeg razvoja mogli bi biti: (1) osvajanje postupaka za proizvodnju alkohola u zemljama koje raspolažu velikim prostornim i (naročito) šumskim resursima; (2) osvajanje proizvodnje biogasa iz otpadaka, uključujući i preradu smeća u sirovine za nadomještanje nafte, prije svega u energetskom smislu; (3) projekti vezani za unapređenje metoda eksploatacije petrolejskih nalazišta (sekundarna i tercijarna eksploatacija).

Iz kretanja u politici cijena sirove nafte moguće je izvesti određene zaključke sa trajnijim važenjem. Očigledno je da se zateknute tehnologije mogu efikasno potisnuti novim tehnologijama jedino pod uslovom da novi proizvodni metodi osiguravaju veći prihod na dugoročnoj osnovi, podrazumijevajući, naravno, u račun u rentabiliteta sve pripadajuće pro-

izvodne troškove. Stoga je ispravnije smatrati modernu biotehnologiju korisnom dopunom postojećih tehnologija, a ne njihovom velikom konkurentkinjom.

U svjetlu činjenice da ćemo se u dogledno vrijeme naći u epohi koja bi se mogla nazvati »post-naftnom« (misleći na ulogu koju je nafta do sada imala kao baza energetske i hemijske industrije, u najširem smislu riječi), treba računati da će razvoj biotehnologije u proizvodno-ekonomskom pogledu biti naročito intenzivan u zemljama sa malim strovinjskim potencijalom i razvijenim inovacijskim naučno-tehnološkim kapacitetima, u zemljama koje svoju privrednu budućnost grade na raspolaganju znanjem, u zemljama čija je osnovna izvozna roba »know how«.

III

Proizvodi biotehnologije na svjetskom tržištu

Široki asortiman biotehnoloških proizvoda i aktivnosti predstavlja realnost na savremenom svjetskom tržištu, iako se s razlogom smatra da se tek nalazimo pred punim procvatom ere biotehnologije. Na osnovu vrlo temeljitih proračuna, može se tvrditi da biotehnologija već zauzima značajan prostor u privredi svijeta; ukupna vrijednost proizvodnje bazirana na biotehnologiji procjenjuje se na 14,22 milijardi dolara u 1983. godini (podrazumijevajući kurseve američke valute kakvi su bili u toj godini). Od te sume blizu devet milijardi dolara otpada na proizvode farmaceutske industrije, u čemu lavovski dio čine antibiotici (6,7 milijardi, ili gotovo polovinu ukupnih potencijala svjetskog tržišta biotehnoloških proizvoda). Proizvodi za ljudsku ishranu i energetska potrošnja pojavljuju se kao grupacije sa približno jednakom veličinom prodane vrijednosti (nešto preko dvije milijarde dolara po grupaciji), a onda dolaze hemikalije i produkti za primjenu u poljoprivredi, čija je zajednička tržišna vrijednost 1983. godine iznosila oko jedne milijarde dolara; sve ove informacije (kao i niz sličnih) sadržane su u tabeli 4. Navedeni podaci ne obuhvataju prodanu vrijednost biotehnoloških usluga u zaštiti čovjekove prirodne sredine, kao ni proizvodne sektore napitaka i osnovnih životnih namirnica, a iz područja farmaceutske proizvodnje izostavljena su dijagnostička sredstva. Osim toga, u iznosima koji se odnose na neke hemikalije i prehrambene artikle striktno su uračunati samo oni produkti koji proizlaze iz primjene tehnologije sa mikrobiološkim agensima. I na kraju, podaci ne iskazuju uvijek stanje u socijalističkim zem-

ljama. Zbog svega toga, citirane procjene mogu znatno odstupati od nekih drugih koje se odnose na nominalno iste privredne aktivnosti i proizvode, ali obuhvataju i neke oblasti proizvodnje ispuštene iz prezentirane studije, čiji su autori dvojica zapadno-njemačkih stručnjaka za pitanja svjetske trgovine.

TABELA 4. Biotehnologija u privredi svijeta 1983. godine: vrijednost proizvodnje u milionima dolara (prema — Harnisch & Wöhner 1985)¹⁾.

HEMIKALIJE	ENZIMI	209	588
	ORGANSKE ²⁾ KISELINE	379	
FARMACEUTIKA	POLUSINTETSKI STEROIDI	1392	8753
	VAKCINE	661	
	ANTIBIOTICI	6700	
ENERGETIKA			2130
LJUDSKA ISHRANA	POLUSAHARIDI	14	2301
	SIRISTE	70	
	STARTKULTURE	165	
	MIRISI	104	
	L-GLUTAMINSKA KISELINA	383	
	VITAMINI ³⁾	522	
	FRUKTOZNI SIRUP	1043	
POLJOPRIVREDA	SREDSTVA ZA ZAŠTITU BILJA	16	447
	VITAMINI ⁴⁾	59	
	BIOPROTEINI ⁵⁾	16	
	AMINOKISELINE	170	
	ANTIBIOTICI ZA UZGOJ	186	

¹⁾ H. Harnisch, G. Wöhner — Germ. Chem. Eng., 8, 1985.

²⁾ Iskazana je samo vrijednost mikrobiološke produkcije: izuzete su aminokiseline.

³⁾ Samo mikrobiološka produkcija.

⁴⁾ Iskazana je samo vrijednost vitamina dobijenih fermentacijskim tehnologijama.

⁵⁾ Nije iskazana vrijednost proizvodnje u socijalističkim zemljama.

Ukoliko se uključe proizvodi i aktivnosti koji samo djelimično pripadaju oblasti biotehnologije (tzv. »polubiotehnologije«), cjelokupno svjetsko tržište produkata nastalih primjenom biotehnoških procesnih metoda danas doseže vrijednost između 40 i 50 milijardi dolara. Ova globalna procjena svakako se može uzeti kao realistična, uz jedinu rezervu da je eventualno preniska. U svakom slučaju, citirani brojevi odgovaraju prognozama toka razvoja biotehnologije iz ranijih godina, pa u izvjesnoj mjeri i premašuju predviđene iznose. Drugačije rečeno — učešće biotehnologije u globalnim ekonomskim kretanjima raste dosta brže nego što su to prognozirali eksperti još prije sasvim kratkog vremena. I pored svih poteškoća, napredak biotehnologije, dakle, »pretiče« dosadašnja predviđanja i robe proizvedene biotehnoškim postupcima ubrzano osvajaju prostore svjetskog tržišta.

Procjenjuje se da ne bi bilo pretjerano očekivati da ukupna vrijednost prodaje biotehnoških roba na svjetskoj pijaci raste po prosječnoj godišnjoj stopi od oko osam postotaka, što bi vodilo udvostručenju te vrijednosti u relativno kratkom vremenskom razdoblju od približno desetak godina. Sa takvim tempom porasta, svjetsko tržište biotehnoških roba i usluga doseglo bi vrijednost 150 milijardi dolara već na početku XXI vijeka. Pri tome se sektoru proizvoda biotehnologije na osnovama genetičko-inženjerski transformisanih organskih sistema prognozira još znatno brži rast. Prema vjerodostojnim statistikama, vrijednost prodaje ovih produkata u 1985. godini nije premašila milijardu dolara, dok bi prema umjereno optimističnim predviđanjima 2000. godine trebalo da iznosi 40 milijardi dolara (sve po cijenama iz 1986. godine).¹⁷⁾ To znači da je realno očekivati trostruko brži rast plasmana biotehnoških proizvoda na bazi genetičkog inženjerstva u poređenju sa pomenutom srednjom godišnjom stopom ukupnog svjetskog tržišta biotehnologije (8% prema 23%). Da ovakva smjela predviđanja imaju puno opravdanje govori, između ostalog, činjenica uspješne komercijalizacije prvih genetičko-inženjerskim postupcima proizvedenih proteina namijenjenih upotrebi u oblasti humane medicine (interferon, čovječji hormon rasta i dr.).

Budući razvoj biotehnologije — svjetska slika

Kako je već ranije istaknuto, neprestano je u porastu broj studija i prognoza koje se odnose na budući razvoj biotehnologije i njeno buduće mjesto u svjetskoj privredi.

¹⁷⁾ H. Harnisch: Entwicklungslinien der Biotechnologie, 1986.

Različiti podaci i nalazi često su među sobom nepodudarni, što izaziva neodlučnost: razlike u nekim brojčanim procjenama često iznose i na desetine procenata. Uzrok tim pojavama nije u netočnosti ispitivanja, nego prije svega u nejednakoj obuhvatnosti faktografske baze od koje ispitivanja polaze, budući da se razgraničavanje proizvodnih područja i razvrstavanje produkata ne vrši uvijek na isti način. Ukoliko se, na primjer, produkti tradicionalne fermentacije (kao što su vino, pivo, sirće, sir, jogurt itd.) ne uključe u posmatranje ekonomskih efekata biotehnologije u oblasti prehrambenih proizvoda, tada se, dakako, dobijaju znatno niže procjene značaja i obima biotehnološkog udjela u potencijalima tržišta. Općenito govoreći, teško je prognozirati značaj razvoja poznatih ili novih proizvoda (na primjer — oblasti proizvodnje bjelančevina!) ili razvoja novih tehnologija. Zato će ovdje prikaz uvijek biti sveden na predstavljanje tendencije razvoja i to redovno na bazi podataka i predviđanja za određene godine.

Jedna poznata analitička studija novijeg datuma¹⁵⁾ pokušava objektivizirati mišljenja brojnih eksperata (anketom obuhvaćeno njih 75 iz svih krajeva svijeta i sa praktično svih područja biotehnologije) o tome kakav će biti stepen primjene biotehnoloških postupaka u pojedinim granama privrede na kraju treće decenije narednog stoljeća, tj. oko 2030. godine. Prognoza ima kvalitativni karakter i za pojedine dijelove svijeta pruža (tabela 5) veoma zanimljivu sliku. Nivo udjela i značaja biotehnologije u pojedinim granama privrede i u pojedinim svjetskim regionima vrlo je neujednačen. Autori studije prognoziraju da će ukupna razvijenost biotehnološke proizvodnje krajem treće decenije narednog stoljeća u zemljama današnjeg »trećeg svijeta« biti niska, dok će u snažnim industrijskim nacijama Zapada i u Japanu dosegnuti umjerenu do visoku razinu. Općenito uzevši, najbrži napredak se predviđa biotehnologijama iz oblasti zdravstva, koje će u razvijenim zemljama savremenog kapitalističkog svijeta ostvariti visok nivo značaja u ukupnoj produkciji ovog važnog područja društveno-ekonomskog života. Biotehnologije će se osjetno afirmirati i u oblastima poljoprivrede, industrije namirnica, hemijske industrije, u djelatnostima zaštite čovjekove životne sredine. Naročito neujednačen razvoj će, prema ovim prognozama, doživjeti bioelektronika, čiji će ekonomski značaj 2030. godine u Japanu da se približi visokom stupnju, dok će u nerazvijenim zemljama ostati na niskom nivou. U drugim privrednim granama biotehnologija bi prema očekivanjima trebalo da ima

¹⁵⁾ C. Brasche, M. Hardy — Biotech. — Bioeng. Symp. No. 13 (1985); J. Wiley & Sons Inc., 1986.

umjeren rast: ova procjena se odnosi prije svega na energetiku i šumarstvo. Najsporiji rast važnosti i udjela biotehnoških postupaka predviđa se za tehnike čija je primjena vesna za rudarstvo.

TABELA 5. Nivo udjela i značaja biotehnologije u pojedinim granama privrede i po pojedinim svjetskim regionima, prognoza za 2030. godinu (prema: Brasche & Hardy 1986).

	SAD	JAPAN	ZEMLJE EEZ	SSSR	KINA	ZEMLJE TREĆEG SVIJETA
Zdravstvo	4,4	4,4	4,3	3,3	3,1	3,0
Poljoprivreda	3,8	3,5	3,6	3,2	3,2	3,2
Namirnice	3,4	3,7	3,4	2,7	2,9	2,7
Hemikalije	3,5	3,7	3,4	2,8	2,5	2,1
Zaštita sredine	3,4	3,5	3,5	2,2	2,1	1,7
Bioelektronika	3,4	3,6	3,2	2,5	1,8	1,5
Energetika	2,8	3,1	3,0	2,3	2,4	2,2
Šumarstvo	3,1	2,2	2,7	2,5	2,4	2,6
Rudarstvo	2,7	2,0	2,3	2,4	2,2	2,1
PROSJEK	3,4	3,3	3,3	2,7	2,5	2,3

NAPOMENA

Numeričke vrijednosti date kvalitativnim prognozama eksperata:

- 5 — vrlo visok značaj (udio)
- 4 — visok
- 3 — umjeren
- 2 — nizak
- 1 — vrlo nizak

Što se tiče predvidivog datuma nastupa osjetnijih uticaja biotehnologije u pojedinim dijelovima privrede, ista studija zaključuje da će se napredak biotehnoških postupaka odraziti najprije na zdravstvene djelatnosti, a potom i u poljoprivredi. Znatno kasnije će dještvo biotehnologije dosegnuti veći značaj u šumarstvu i energetici, tek u prvoj deceniji narednog vijeka. Ozbiljniji efekti na području bioelektronike i rudarstva očekuju se u najrazvijenijim zemljama tek krajem prve decenije XXI vijeka, a zemlje današnjeg »trećeg svijeta« imaće u tom pogledu zakašnjenje od deset do dvadeset godina (tabela 6).

TABELA 6. Vrijeme kada će biotehnologija steći osjetniji uticaj u privredi pojedinih dijelova svijeta («VOZNI RED BIOTEHNOLOGIJE») prema Brasche & Hardy 1986).

	SDA	JAPAN	ZEMLJE BEZ	SSSR	KINA	ZEMLJE TREĆA SVIJETA
Zabavstvo	1990	1990	1990	1997	2001	2003
Poljoprivreda	1995	1996	1995	2001	2004	2006
Namirnice	1996	1996	1996	2003	2006	2008
Hemikalije	1998	1997	1999	2005	2010	2015
Zaštita sredine	2000	2000	2000	2010	2013	2018
Energetika	2006	2006	2008	2010	2013	2015
Šumarstvo	2005	2008	2006	2010	2014	2016
Rudarstvo	2006	2011	2009	2012	2015	2018
Bioelektronika	2008	2006	2010	2014	2020	2026

Zbog nedostatka neophodnih fundamentalno-naučnih istraživanja, biotehnoške metode za zaštitu prirodne okoline i za unapređenje mikroelektronike još za dugo neće dobiti pravo građanstva u privrednoj praksi zemalja u razvoju. Prvi rezultati na tom planu mogu se tu očekivati sa zakasnjem od dvadesetak godina u odnosu na Japan i Sjedinjene Američke Države. Odgovarajuće procjene za Kinu i Sovjetski savez samo su malo povoljnije. Pri svemu tome, međutim, treba imati na umu da Sovjetski Savez, Kina i zemlje «trećeg svijeta» veoma ozbiljno shvataju imperativ uključivanja u trku na biotehnoškom terenu i po svojim službenim opredjeljenjima ne namjeravaju je olako napustiti, odnosno predati.

Predviđanje vjerovatnog datuma nastupa osjetnijih uticaja biotehnoške proizvodnje na pojedine oblasti privrede od značaja je prvenstveno stoga što pomaže kontrolisanju brzine «biotehnoškog voza» u svjetskim razmjerama.

U jednoj studiji OECD iz 1982. godine dato je trajanje u godinama vremena koje će proteći dok dođe do proizvodne primjene izvjesnih tehnologija na bazi genetičkog inženjersva («gentehnoški metodi») na području farmakoloških terapijskih sredstava. Ni za jedan proizvod ne prognozira se masovna produkcija prije 1987. godine. U međuvremenu, biotehnoška proizvodnja, zasnovana na genetičko-inženjerskom razvoju, pojedinih farmakološki interesantnih supstancija ne samo da se u svom razvoju strogo «pridrža-

va» prognoziranoj «vreda vožnje», nego ga je čak i preticala; vakcina protiv hepatitisa — B, humulin (humani insulin) i monoklonska antitijela ulaze u komercijalnu produkciju već tokom 1984. i 1985. godine. Na samom pragu istog statusa nalaze se faktori rasta (EGF — faktor rasta pokozice, hormoni rasta), a u fazi kliničkih ispitivanja ušli su (pored mnogih drugih biotehnoloških putem proizvedenih supstanci) interferoni, prourokinaza, timozin-alfa-1, interleukin — 2, tkivni aktivator plazminogena itd.

Biotehnologija i zdravstvo

Navedene činjenice rječito govore o izuzetno povoljnoj perspektivi aplikacije biotehnoloških produkata u raznim sektorima medicine. Iz tabela 5 i 6 jasno se vidi da će progres i značaj biotehnologije najupadljivije rasti upravo u oblasti farmacije. O tome govori i zanimljiv podatak da od oko tri stotine američkih firmi koje se bave biotehnologijom bliži polovine otpada na firme čija je pažnja koncentrisana na proizvodnju lijekova. Prema predviđanjima stručnjaka za američku farmaceutsku industriju i njen ekonomski položaj, ulaganja u razvoj novih biotehnoloških proizvoda porasće između 1984. i 1989. godine za više od tri puta (tabela 7), uz prosječni godišnji rast od blizu 30%. Prognoze o uvećavanju svjetskog tržišta za biotehnološko-farmaceutske proizvode tvrde da će njegova vrijednost skočiti sa iznosa od jedne milijarde dolara u 1985. godini, na 65 milijardi u 2000. godini, uz prosječni godišnji porast od 32%.

Terapeutska sredstva predstavljaju samo jedan dio u segmentu biotehnoloških produkata moderne farmacije. Veoma značajna uloga na tržištu predviđa se i za dijagnostička sredstva, koja su, zapravo, već osvojila istaknuto mjesto u ekonomici i aktivnosti zdravstva razvijenih zemalja. Prema statističkim podacima za 1983. godinu, biotehnologija je već tada proizvela dijagnostičkih sredstava u vrijednosti od preko 30 miliona dolara samo u Sjedinjenim Američkim Državama. Dijagnostika na bazi biotehnoloških produkata ne samo da uspješno zamjenjuje klasične dijagnostičke metode po preciznosti i brzini, nego uvodi i principijelno nove mogućnosti na ovo osjetljivo polje medicine. Tehnika uzoraka dezoksiribo-nukleinske kiseline («tehnika DNK proba») omogućava da se bolesti otkriju i prije pojave prvih simptoma, pa čak i prije rođenja osobe koja će oboljeti kada dosegne određenu starost. Tu se radi o ranoj detekciji nasljednih oboljenja, koja su obično veoma teška, ali srećom nemaju visoku frekvenciju u stanovništvu. Napredak nauke,

medutim, dovodi na horizonte nedaleke budućnosti i perspektivu ranog otkrivanja takvih bolesti kao što je rak, dakle bolesti koja predstavlja najaktuelniji medicinski problem savremenog čovječanstva i jedan od najčešćih uzroka smrti.

TABELA 7. Uporedni pregled podataka o ulaganjima u razvoj uvedenih i osvajanje novih biotehnoških produkata u farmaceutskoj industriji SAD (stanje 1984. i prognoza za 1989. godinu).¹⁴⁾

GODINA	ULAGANJA U RAZVOJ (u milionima dolara)			
	STARI PROIZVODI		NOVI PROIZVODI	
1984	7225	100	55	100
1989	7460	103	186	338

nosti u savremenim ljudskim populacijama. Sve u svemu, evidentni su razlozi za nedavno izrečenu tvrdnju jednog američkog ekonomskog stručnjaka, koji je izjavio da bi biotehnologija mogla izmijeniti medicinu isto onako kako je elektronika izmijenila informatičku industriju.¹⁵⁾

Prošle godine američka vlada je izdala dozvolu za prodaju nekoliko različitih proteina namijenjenih medicinskoj primjeni, koji se proizvode biotehnoškim metodama, uz »saradnju« mikroorganizama modifikovanih genetičko-inženjerskim putem. Komercijalizacija ovih produkata genetičke manipulacije (među kojima su interferon, hormon rasta i humulin) daje nove impulse za širu aplikaciju biotehnologije u industrijama lijekova i dijagnostičkih sredstava. Posljednje procjene govore da će ukupna prodaja sredstava za dijagnostiku i terapiju raznih oboljenja, proizvedenih u genetičko-inženjerskim zasnovanim biotehnoškim procesima, već 1995. godine dostići vrijednost od deset milijardi dolara¹⁶⁾.

Biotehnologija i poljoprivreda

Saglasno očekivanjima eksperata, izgledi za brzu i uspješnu aplikaciju biotehnologije najbolji su, poslije zdravstva,

¹⁴⁾ Prema — Chemical Marketing Reporter, July 1985; iznosi su računati po dolarskim cijenama iz 1984. godine.

¹⁵⁾ S. Weisbrod — Marketletter, February 1988

¹⁶⁾ R. Lewis — High Technology, 7, June 1987

u poljoprivredi, naročito što se tiče proizvodnje hrane. Preduslov za ispunjenje najoptimističnijih prognoza u tom smislu podrazumijeva, međutim, da se u međuvremenu izvjesna promišljanja, pa i norme u društvu postepeno promijene. Radi se u izmjenama potrošačkih navika i sistemskog položaja agrarnog kompleksa. Veliko je pitanje kako će potrošači u budućnosti primati pojavu novih biotehnoloških produkata, osobito — novih prehrambenih proizvoda, poznato je, naime, da je zasada ukus potrošača izrazito naklonjen tzv. prirodnim produktima. Podjednako je kritičan i odnos proizvođača prema aplikaciji biotehnoloških metoda i materijala u proizvodnji hrane. Potencijalni aplikant biotehnologije u oblasti poljoprivrede primarno je zaokupljen pitanjima prehrambenih viškova u vlastitoj zemlji, obiljem prirodne hrane na tržištu i problemom očuvanja kvaliteta robe koju namjerava ponuditi izbirljivom i veoma delikatnom kupcu. Cjelokupna ova problematika, međutim, tiče se razvijenih i bogatih društvenih zajednica na sasvim drugačiji način u poređenju sa nerazvijenim i siromašnim društvima savremenog svijeta, gdje je stvaranje dovoljnih količina hrane za cjelokupno stanovništvo još uvijek krupan i neriješen zadatak. U njihovoj situaciji primjena biotehnoloških postupaka u poljoprivredi dobija sasvim različite aspekte i nema nikakve sumnje da agrobiotehnologija predstavlja veliku šansu da se svjetska populacija brže i efikasnije oslobađa aveti gladovanja. Pri tome je posve jasno da postojanje tehnoloških i tehničkih mogućnosti samo po sebi nije dovoljno da se pristupi rješavanju problema na najpravedniji i najracionalniji način. Ekonomski odnosi u svijetu često diktiraju apsurdne stavove i ponašanja, a prepreke optimalnoj mobilizaciji raspoloživih tehnoloških i proizvodnih potencijala ponekad niču čak i iz političkih relacija.

U isti mah, unutrašnji državni propisi o pravilima uvođenja biotehnoloških procesa, osobito onih koji baziraju na aplikaciji genetičkoinženjerski manipulisanih jednoćelijskih organizama, ćelija i biljaka, nameću poduzimaču velike teškoće i terete. Računajući na mogućnost nepoželjnih posljedica po širu okolinu u slučajevima nepredviđenih poremećaja, mnoge zemlje donose veoma rigorozne odredbe o neophodnim mjerama sigurnosti, odakle proizlaze očigledne ekonomske posljedice i rizici za one koji žele razviti biotehnološku proizvodnju. Sve u svemu, biotehnologija, dakle, u svojoj daljnjoj primjeni mora računati ne samo na tehničke, nego i na društveno-ekonomsko-političke probleme. Ovaj aspekt uvođenja biotehnoloških metoda naročito je noćljiv kad se radi o poljoprivredi i industriji prehrambenih proizvoda.

Utjecaj biotehnologije na poljoprivredu može se svesti na dva osnovna aspekta, s obzirom na činjenicu da je poljoprivreda s jedne strane neposredni izvor životnih namirnica, a s druge — liferant sirovina za procesne industrije (hemija, biotehnologija itd.). Izgledi poljoprivrede kao proizvođača sirovina za hemijsku industriju uveliko će zavisiti od toga koliko će zamjenske materije pravljene na biotehnološki način da budu ekonomski konkurentne. Tu, inače, igraju važnu ulogu i veoma osjetljivi odnosi koji proizlaze iz mogućnosti međusobne zamjenjivosti pojedinih roba, kao što je, na primjer, maloprije pomenuti odnos između sojinih i jednoćelijskih bješčevina. Proteini se mogu dobiti iz soje, klasično gajene poljoprivredne kulture, ili putem mikrobiološke prerade metilnog alkohola u »jednoćelijske proteine«. Teškoće u proizvodnji soje (loša žetva 1973. u Americi) dale su moćne nove impulse za proizvodnju jednoćelijskih proteina. Međutim, tržišne cijene soje ili metanola mogu se mijenjati ili održavati interventnim mjerama ekonomske politike (protekcijonizam i sl.), tako da rentabilnost novijih tehnologija može daleko više zavisiti od tržišnih uslova i mjera nadzora nad tržištem, nego od tokova tehničkog napretka. Profitna nesigurnost tog porijekla sprečava potencijalne investitore da ulažu u unapređivanje biotehnoloških procesa onoliko kapitala koliko bi inače objektivno mogli, pa čak i morali ulagati — sa stanovišta potreba bržeg razvoja novih tehnologija. Rizik ulagača je još veći ukoliko novi procesi direktno konkurišu već postojećim, dobro uvedenim industrijskim postupcima.

I konačno, ne smije se prenebregnuti mogućnost da pojačana orijentacija poljoprivrede na proizvodnju industrijskih sirovina, na račun proizvodnje prehrambenih roba, prouzrokuje nestašicu i poskupljenje hrane na svjetskom tržištu, što bi kao problem najviše pogodilo zemlje u razvoju, pošto većina njih ozbiljno kuburi sa ishranom vlastitog stanovništva.

Genetičari, selekcionari i molekularni biolozi u budućnosti će morati još više da saraduju kako bi stvorili biljke poželjnih osobina u agronomskom smislu pojma. Takve projekte predviđa, pored ostalih planova, i program Eureka. Biohemija biljaka mora još mnogo napredovati, naročito ukoliko se želi brže usavršavati proizvodnja sekundarnih prečevina od biljnih materijala. Ako se pronalaženje novih, široko upotrebljenih materijala vegetativnog porijekla nastavi dosadašnjim tempom, dvostruka uloga poljoprivrede, kao proizvođača hrane i kao proizvođača industrijskih sirovina, sve će više jačati i dobivati na značaju, a naročito u oblasti sirovina.

Ove tendencije su relativno nove i donose poljoprivredi šansu da se oslobodi stalnog subvencioniranja i pretvori u objektivno rentabilnu privrednu granu. Tako bi se postepeno mogla ukloniti i apsurdna situacija u mnogim razvijenijim zemljama savremenog svijeta, gdje se subvencijama podgrijava neekonomična i prekomjerna poljoprivredna proizvodnja.

U oblasti stočarstva biotehnologija će imati osobito značajan uticaj na proizvodnju stočne hrane, ali i na poboljšanje zdravstvenog stanja stočnog fonda. Iako postoje izvjesni aplikacioni problemi, može se očekivati da će biotehničke metode bitno doprinijeti unapređenju veterinarske farmacije, posebno kada se radi o postrojanju otpornosti životinja na bolesti, koje inače mogu jako umanjiti proizvodnju.