

STEVAN POPOV

Tehnološki fakultet,
Univerzitet u Novom Sadu,
Novi Sad, Srbija

STRUČNI RAD

66.0:577.1+663/664

BIOTEHNOLOGIJA – IZAZOV ZA PREHRAMBENU INDUSTRIJU*

Prema najširoj definiciji, biotehnologija je korišćenje žive materije (biljaka, životinja i mikroorganizama) u industriji, zaštiti okoline, medicini i poljoprivredi. Hiljadama godina, biotehnologija ima ključnu ulogu u "proizvodnji hrane". Poslednjih pedesetak godina, odigrao se dinamičan razvoj saznanja u prirodnim naukama, posebno u oblasti genetike i manipulacije genima. Biotehnologija, kojoj se predviđa veoma aktivna uloga u vremenu koje dolazi, ne samo u naučnom razvoju, nego i u tehnološkom razvoju, prioritetna je oblast razvoja kako u SAD, tako i u Evropskoj uniji (EU). Smatra se da rezultati koji se postižu na polju biotehnologije, prevazilaze naučni domen i ulaze u oblast ekonomije, zakonodavstva, kvaliteta života, pa i politike. U skladu sa definicijom biotehnologije kao "integracije prirodnih nauka i inženjeringa u primeni organizama, ćelija, delova ćelija i molekularnih analoga u proizvodnji" (Generalna skupština Evropske federacije za biotehnologiju, 1989), Evropska komisija je 1999. definisala taksonomiju biotehnologije, odnosno biotehnološke oblasti i podoblasti. Istraživačke i razvojne aktivnosti na ovom polju usmerene su ka osam osnovnih oblasti i podoblasti u okviru njih. Oblasti biotehnologije (EC, 1999) su: 1) Biotehnologija biljaka (poljoprivrednih kultura, drveća, žbunja itd.); 2) Biotehnologija životinja; 3) Biotehnologija zaštite okoline; 4) Biotehnologija u industriji (hrana, stočna hrana, papir, tekstil, farmaceutska i hemijska proizvodnja); 5) Biotehnologija u industriji (proizvodnja ćelijama i istraživanja ćelija proizvođača prehrambenih i ostalih proizvoda); 6) Razvoj humane i veterinarske dijagnostike (terapeutski sistemi); 7) Razvoj osnovne biotehnologije; 8) Netehničke oblasti biotehnologije. Prema proračunima u svetu postoji oko 4000 biotehnoloških kompanija. Svetsko tržište proizvoda dobijenih biotehnologijom raste godišnje za oko 30% i u 2000-toj godini je iznosilo oko 140 milijardi američkih dolara. Time je biotehnologija postala jedna od intenzivnijih industrija u svetu. Američka biotehnološka industrija je trošila još 1998. godine oko 10 miliona dolara na istraživanja i razvoj. Evropska unija je razvoj biotehnologije uključila u svoje naučne programe i projekte još početkom 80-tih godina prošlog veka.

Biotehnologija u najširem smislu, su procesi primene biologije u dobijanju nekog proizvoda. Evropska federacija biotehnologa je 1992. godine definisala biotehnologiju kao primenu biohemije, mikrobiologije i inženjerskih znanja u cilju korišćenja mikroorganizama, kultura biljnih i životinjskih ćelija i tkiva ili njihovih delova u industrijskoj proizvodnji. Na osnovu ove definicije vidi se da ona ima izrazitu multidisciplinarnost, što je šematski prikazano na slici 1 [1].

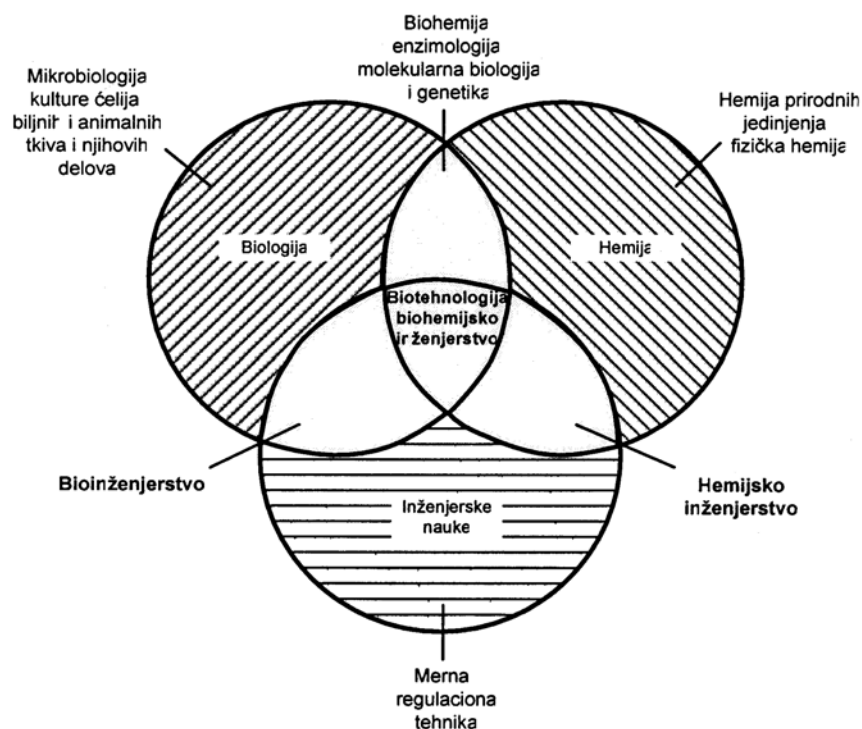
Uloga mikroorganizama u bioprocima može da bude korisna i štetna, a usko gledano kada je u pitanju industrijska proizvodnja misli se na korisnu ulogu. U novije vreme ova industrija je u stalnom razvoju a koreni su joj radovi Pastera o alkoholnoj i mlečno-kiselinskoj fermentaciji [2]. Danas se u svetu poklanja izuzetna pažnja bioindustrijskoj proizvodnji. Pored klasičnih fermentacija (alkohol, mlečna kiselina itd.) koje se zasnivaju na transformaciji organskih jedinjenja u proizvode male molske mase, istovreme-

no poklanja se i izuzetna pažnja procesima biosinteze gde se dobijaju jedinjenja složene molekulske građe sa značajnim biološkim aktivnostima.

Danas je poznato, da u prirodi postoji više od sto hiljada vrsta mikroorganizama, koji su podeljeni u bakterije, aktinomicete, kvasce i gljive-plesni. U biotehnološkoj proizvodnji primenu je našlo samo nekoliko stotina [3]. Od bakterija najširu primenu su našle bakterije mlečno-kiselinskog vrenja iz roda *Lactobacillus* i *Lactococcus* i bakterije sirćetnog vrenja (*Gluconobacter* i *Acetobacter*). Aktinomicete (*Streptomyces* i *Actinomyces*) našle su veoma široku primenu za dobijanje bioindustrijskom proizvodnjom čitavog niza antibiotika. Gljive ili plesni su našle veoma široku primenu za dobijanje čitavog niza enzima (proteaze, amilaze, pektinaze) i organskih kiselina (limunske, glukonske, itakonske) pri čemu su od posebnog značaja vrste iz roda *Penicillium* i *Aspergillus*. Od kvasaca najširu primenu u bioindustrijskoj proizvodnji ima *Saccharomyces cerevisiae*. Sojevi iz ove vrste su našli najširu primenu u pekarstvu, vinarstvu, pivarstvu i u novije vreme u proizvodnji bioetanola [4]. Pored toga, mikroorganizmi su našli veoma široku primenu u proizvodnji raznih primarnih i sekundarnih metabolita npr. antibiotici, aminokiseline, alkaloidi, antioksidansi, polisaharidi, herbicidi, insekticidi, steroli, lipidi, hormoni itd. [5].

*Rad saopšten na VII simpozijumu "Savremene tehnologije i privredni razvoj", Leskovac, 19. i 20. oktobar 2007. godine

Adresa autora: S. Popov, Tehnološki fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Bulevar Cara Lazara 1, 21000 Novi Sad, Srbija
E-mail: pop@uns.ns.ac.yu
Rad primljen: Jul 17, 2007
Rad prihvaćen: Jul 18, 2007



Slika 1. Šematski prikaz multidisciplinarnosti biotehnologije i bioperocnog inženjerstva
Figure 1. Schematic presentation of biotechnology and bioprocessing multidisciplines

BIOTEHNOLOGIJA I HRANA

Biotehnologija je ušla u najbitnije oblasti materijalne proizvodnje koje su od egzistencijalnog značaja za čoveka, kao što se može videti iz tabele 1.

Tabela 1. Značajni proizvodi dobijeni mikrobnom biosintezom i oblasti njihove primene
Table 1. Some important products prepared by biosynthesis and their field of application

Proizvod	Oblast primene
<i>Fermentisana hrana:</i> Jogurt, kefir, sir, biološki konzervisane namirnice	Prehrambena industrija
<i>Mikrobna biomasa:</i> Pekarski kvasac, krmni kvasac, jednoćelijski proteini (SCP)	Prehrambena industrija, proizvodnja stočne hrane
<i>Etanol:</i> Alkoholna pića, intermedijar u hemijskoj sintezi, rastvarač, energent (gasihol)	Industrija alkoholnih pića, hemijska industrija, naftna industrija
<i>Rastvarači:</i> Aceton, butanol	Hemijska industrija
<i>Organske kiseline:</i> Limunska, mlečna, sirćetna, glukonska	Prehrambena i hemijska industrija
<i>Antibiotici:</i> Penicilin, streptomycin, tetraciklin	Farmaceutska industrija
<i>Polisaharidi:</i> Ugljenohidratni polimeri, pululan, ksantan	Prehrambena i farmaceutska industrija
<i>Aminokiseline:</i> Glutaminska kiselina, lizin	Prehrambena i farmaceutska industrija
<i>Enzimi:</i> Amilaze, proteaze, lipaze	Prehrambena industrija i biotehnologija
<i>Fiziološki aktivne supstance:</i> Vitaminski, hormoni, vakcine, alkaloidi, insekticidi	Farmaceutska industrija
<i>Izluživanje ruda</i>	Metalurgija
<i>Obrada otpadnih voda i čvrstog otpada</i>	Zaštita životne sredine

To je pre svega proizvodnja hrane, lekova, hemikalija i energenata a specijalizovane biotehnologije su našle primenu u oblasti medicine, agrara, elektronike, metalurgije, zaštite životne sredine, remedijacije zagađenog zemljišta itd.

Klasična proizvodnja hrane na bazi poljoprivrede i stočarstva doživela je "zelenu revoluciju" u savršenim tehnologijama, selekcijom rodnijeg i na klimatske uslove otpornijeg bilja, selekcijom i naprednijim načinom uzgoja stoke, upotrebom mineralnih đubriva i zaštitnih sredstava (insekticida i herbicida) i uvođenjem genetski modifikovanih i transgenih vrsta itd. Ovakav pristup je dao velike rezultate ali nije rešio osnovni problem savremenog čovečanstva – kako obezbediti dovoljne količine biološki vredne hrane za stanovništvo koje se stalno uvećava.

U cilju dobijanja što kvalitetnijih proizvoda u odnosu na senzorna svojstva, u industrijskoj preradi se poljoprivredni proizvodi podvrgavaju brojnim procesima i operacijama. Ovo ima za posledicu razlaganje biološki vrednih, a nedovoljno stabilnih supstanci. Direktna posledica je da proizvedena hrana nema biološku vrednost a posebno se oseća manjak biološki aktivnih supstanci koji štite zdravlje čoveka. Ovo je dovelo do potrebe da se u hranu moraju dodavati biološki aktivne komponente (vitamini, antioksidansi, aminokiseline, mikroelementi itd.). Za proizvodnju ovih prirodnih dodataka hrani, glavnu ulogu zauzima biotehnologija, sa proizvodnjom vitamina i aminokiselina, proteina i antioksidanasa.

Jedan od bitnih problema u ishrani svetskog stanovništva je manjak biološki vrednih proteina. Biljni proteini ne poseduju veliki broj esencijalnih aminokiselina (cistein, cistin, lizin itd.) i taj manjak se mora nadoknaditi korišćenjem proteina životinjskog porekla. Proizvodnja mesa domaćih životinja ima visoku cenu, te stanovništvo u nerazvijenim zemljama nije u finansijskoj mogućnosti da obezbedi potrebne količine. Na osnovu biotehnoloških zahvata moguće je da se reši ovaj problem, proizvodnjom mikrobioloških proteina (SCP) koji u svojoj biomasi sadrže više od 50% vrednih proteina. Mogućnosti biotehnološke proizvodnje SCP može se sagledati iz sledeće analize [7]:

- Pri tovu goveda, od 500 kg biomase, moguć je prinos od 500 g mesa/dan, gde ima oko 100 g proteina;
- Pri gajenju soje, iz 500 kg biomase dobija se prinos 37 kg proteina/dan;
- Pri gajenju mikroorganizama (kvasaca, nekih plesni i bakterija), iz 500 kg biomase dobija se prinos 45 t proteina/dan.

Razlog za ovako visok prinos proteina pri gajenju mikroorganizama je velika efikasnost u konverziji hrane i kratko vreme umnožavanja [8].

Mikrobiološka biomasa koja je dobijena biotehnološkim postupcima u proseku sadrži oko 50% proteina pune biološke vrednosti i može da se koristi u ishrani ljudi i stoke. Veoma je važno naglasiti da se u ovoj proizvodnji, kao sirovina, koristi ugljenohidratna biomasa biljaka sa visokim sadržajem ugljenih hidrata, i to pre svega škrob, inulin i celuloza, ali i otpadni proizvodi poljoprivrede i prehrambene industrije.

BIOTEHNOLOŠKA TRANSFORMACIJA TRADICIONALNIH ŽIVOTNIH NAMIRNICA

Biotehnološke transformacije životnih namirnica čovek koristi još od svoje praistorije, mada tek poslednjih stotinjak godina, počevši od radova L. Pastera, počinje da upoznaje njihovu suštinu. Tako na primer, još pre 8000 godina su poznati postupci transformacije grožđa u vino ili ječma i drugog zrnevlja u neku vrstu piva. Dalji primeri veoma starih biotehnoloških proizvoda su dobijanje sira, jogurta, kiselog mleka i kisele pavlake od mleka, kao i brojni postupci dobijanja fermentisane hrane i pića na dalekom istoku [7].

Ovi postupci egzistiraju i danas ali su se razvili u snažne industrijske grane veoma značajne za nacionalne ekonomije. Po stavovima nekih nedovoljno poznatih stručnjaka, ove "tradicionalne biotehnologije" u potpunosti su razvijene pa nema potrebe za njihovim usavršavanjem. Ovaj pristup je potpuno pogrešan što se može videti iz tabele 2, gde je dat prikaz biotehnologije i svremene proizvodnje piva.

Danas se preparati, najčešće enzimi kao proizvodi metabolizma ili izdvojeni iz biomase različitih

Tabela 2. Biotehnologija i savremena tehnologija piva
Table 2. Biotechnology and modern beer manufacturing

Genetika i genetski inženjering	Dobijanje ječma bez anticijanogena, koji obezbeđuje proizvodnju piva sa većom trajnošću Dobijanje kvasca sa ugrađenim genom za sintezu beta glukanaze iz ječma, koji omogućava rešavanje problema filtracije piva
Klijanje ječma	Fitohormon gibberelinska kiselina biotehnološki proizvod iz mikroorganizama omogućava skraćivanje klijanja i smanjenje gubitaka
Proizvodnja sladovine	Enzimi (amilaze, proteaze i beta-glukanaze) iz mikroorganizama omogućuju primene praktično neograničenih količina nesladovanih sirovina
Vrenje	Selekcija kvasaca koji daju povećan ili smanjen stepen prevrelosti omogućava proširenje asortimana piva
Odležavanje piva	Mikrobiološki dobijeni enzimi obezbeđuju bolje naknadno vrenje i veću fizičko-hemijsku stabilnost piva

mikroorganizama masovno koriste za poboljšanje ukusa, svarljivosti i hranidbene vrednosti brojnih životinjskih namirnica. Dodatkom starter-kultura u proizvodnji sira, primena starter-kultura u fermentisanim kobasicama, proizvodnji kiselog kupusa i povrća, proizvodnja sirćeta, samo su neki od primera na ovom području.

MIKROORGANIZMI KAO HRANA

Danas se u naučnoj i popularnoj literaturi proteini mikrobiološkog porekla (SCP) navode kao jedna od najperspektivnijih mogućnosti za rešavanje nedostatka proteina za ishranu ljudi i životinja. Tokom I i II Svetskog rata u Nemačkoj je naglo razvijena proizvodnja pivskog kvasca (*S. cerevisiae*) i stočnog kvasca (*C. utilis*) i njihovog dodatka kao aditiva u kobasice, supe i sl.

U našoj zemlji istraživanja mogućnosti proizvodnje SCP kao stočne i ljudske hrane jedan su od osnovnih pravaca na području razvoja biotehnologije. U laboratorijama Tehnološkog fakulteta u Novom Sadu, osvojeni su i razvijeni različiti postupci proizvodnje SCP sa proizvodnim mikroorganizmima *Candida utilis*, *Chetomium celluloticum* i *Polyporus squamosus*. Na kraju treba spomenuti i istraživanja vezana za kontinualni uzgoj biomase pekarskog kvasca (*Saccharomyces cerevisiae*) kao potencijalnog izvora proteina i drugih proizvoda za ljudsku ishranu. Višak biomase kvasca roda *Saccharomyces* pri proizvodnji alkohola ili piva kod nas se koristi kao stočna ili u prečišćenom obliku ljudska hrana. Ekonomičnost dobijanja SCP proizvoda kao ljudske ili stočne hrane lako se sagledava iz činjenice da se npr., od 100 kg kukuruza za oko 100 dana dobije oko 30 kg mesa. Ako bi se 100 kg kukuruza upotrebilo za proizvodnju SCP, tada bi se dobilo 100 kg SCP sa oko 5% proteina u vremenu koje se meri minutama ili satima a pri tome proteini kukuruza ostaju kao "gratis" stočna hrana.

BIOTEHNOLOGIJA I POBOLJŠANJE NUTRITIVNE VREDNOSTI HRANE

Mnogi biotehnoški proizvodi, koji kada se ugrade u životne namirnice, poboljšavaju njihovu vrednost sa senzornog, nutritivnog ili sa zdravstvenog aspekta. Ovi aditivi su npr. vitamini, aminokiseline i zaslađivači. Tako na primer, vitamini B grupe se nalaze u biomasi kvasaca i to pre svega pivskog. Nedostatak esencijalnih aminokiselina (lizin, metionin) i sl. u zrnima različitih žitarica se nadomešćuje dodatkom različitih preparata koji su dobijeni biotehnoškim putem.

Zaslađivači na primer fruktoza, proizvode se biotehnoškim putem iz glukoze koja je dobijena enzimskom hidrolizom kukuruznog skroba. Za ovu transformaciju se koristi enzim glukoza-izomeraza, koja se primenjuje kao imobilisani enzim.

BIOTEHNOLOGIJA I POVEĆANJE PROIZVODNJE HRANE

Intenzivno ratarstvo i stočarstvo zahteva upotrebu velikih količina mineralnih đubriva – biološki stimulisanih i zaštitnih agenasa koje se nazivaju "agrohemikalije". Ovi preparati dugom upotrebom zagađuju zemljište i hranu. Postoji još jedna činjenica a to je da štetočine i korovi postaju otporni na korišćenje hemikalija, pa se moraju proizvoditi novi koji su po delovanju efikasniji ali i toksičniji za čoveka.

Agrohemikalije takođe deluju i na biljke koje se štite genetskim manipulacijama te se formiraju vrste koje su otporne na određene agrohemikalije. U današnje vreme se sve masovnije koriste u redovnoj proizvodnji i transgene vrste biljaka (GMO) i životinja (klonovi i sl.) sa većom otpornošću na uslove okoline i delovanje agrohemikalija. Za sada ne postoje validni dokazi da takve biljke i životinje konzumirane od strane čoveka neće u perspektivi pokazati štetna dejstva npr. mutacije. U svetu postoji veliki otpor njihovom korišćenju i to naročito u EU, pa i kod nas. Uvođenjem zakonskih propisa i pravilnim obeležavanjem to se pokušava sprečiti i kontrolisati.

U rešavanju ovih problema biotehnologija daje veoma značajan doprinos u proizvodnji "bioinsekticida" i "biopesticida". Pored toga, u proizvodnji "bioloških đubriva" (organska đubriva), koja su najbolja zamena za mineralna, razvijeni su postupci kompostiranja i metanizacije (metansko vrenje) organskog otpada.

BIOTEHNOLOGIJA I BIOTEHNIKA U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI

Na osnovu svega što je izneto u ovom radu, biotehnologija predstavlja veoma značajnu kariku u lancu proizvodnje hrane, te se može reći da je ona integralni deo prehrambene industrije ili je prehrambena industrija sastavni deo biotehnologije [9]. Prema tome, jasno je da na nacionalnom, regionalnom i globalnom planu razvoja prehrambene industrije, nije moguće mimoći uloga biotehnologije. Ovo je dovelo do brojnih naučno-istraživačkih projekata u okviru regionalnih zajednica, EU i šire. Tako na primer, Republičko ministarstvo za nauku i zaštitu životne sredine već treću godinu finansira projekat proizvodnje bioetanola iz različitih sirovina. Učesnici na ovom projektu su stručnjaci sa Tehnološko-metalurškog fakulteta iz Beograda, Tehnološkog fakulteta iz Novog Sada i Leskovca i Poljoprivrednog fakulteta u Beogradu.

Krajnji cilj ovih istraživanja je razrada tehnologije za proizvodnju apsolutnog bioetanola koji bi služio kao gorivo za motore sa unutrašnjim sagorevanjem.

UMESTO ZAKLJUČKA

Biotehnologija je od davnina prisutna u proizvodnji hrane. Savremena biotehnoška proizvodnja je veoma često značajna komponenta prehrambene industrije u velikom broju zemalja sveta.

Istraživanja na području genske tehnologije, bioinženjerstva i primene rezultata biotehnologije mogu doprineti rešavanju problema nestašice visokovredne hrane (proteini) i energije (bioetanol, metan i sl.).

Za ovu realizaciju potrebno je mnogo više koordiniranog, multidisciplinarnog i timskog rada, što treba da omogući saradnja unutar države, regije i sveta.

LITERATURA

- [1] S. Popov, Osnovi biohemijskog inženjerstva, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 2000.
- [2] M. Stojanović, M. Nikšić, I. Janković, III Jugoslovenski simpozijum prehrambene tehnologije, Zbornih radova, sveska V, Beograd, 1998, str. 45–51.
- [3] Lj. Vrbaški, Mikrobiologija, Prometej, Novi Sad, 1992.
- [4] H. Turakainen, S. Aho, M. Karhala, Appl. Environ. Microbiol. **59** (8) (1993) 2622–2630.
- [5] F. Cassio, C.L. van Uden, Appl. Microbiol. **53** (3) (1987) 509–513.
- [6] J. Baras, V. Veljković, S. Popov, D. Povrenović, M. Lazić, Zlatković, Osnovi bioprocesnog inženjerstva, Tehnološki fakultet, Leskovac, 2007.
- [7] Grupa autora, Biotehnologija danas i sutra, Pokrajinski komitet za nauku i informatiku, Novi Sad, 1988.
- [8] S. Šiler–Marinković, Mikrobna biomasa, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd, 2006.
- [9] Grupa autora, Biotehnoška istraživanja, Pokrajinski sekretarijat za nauku i tehnološki razvoj, Novi Sad, 2005.

SUMMARY

BIOTECHNOLOGY – CHALLENGE FOR THE FOOD INDUSTRY

(Professional paper)

Stevan Popov

Faculty of Technology, University of Novi Sad, Tzar Lazar Boulevard, 21000 Novi Sad, Serbia

According to the broadest definition, biotechnology is the use of living matter (plants, animals and microorganisms) in industry, environment protection, medicine and agriculture. Biotechnology takes a key position in the field of food processing during thousands of years. Last about fifty years brought dynamical development of knowledges in the natural sciences, especially in domain of genetics and manipulation of genes.

Biotechnology, for which active role in the on-coming times could be foreseen, not only with respect of R&D, but also in general technological development represents scope of priority in the USA and in European Union (EU) as well. It is accepted that the results achieved in biotechnology oversize scientific domain and find their entrance into economics, legislation, quality of life, and even of politics.

Corresponding with the definition of biotechnology as "the integration of natural sciences and engineering in the application of microorganisms, cells, their components and molecular analogues in production (General assembly of the European federation for Biotechnology, 1989), European Commission (1999) adopted the biotechnological taxonomy, i.e. fields and sub-fields of biotechnology. R&D activities in this domain are oriented to eight fields and branched through them.

Fields of biotechnology (EC, 1999) are: 1) Plant biotechnology (agricultural cultivars, trees, bushes etc.); 2) Animal biotechnology; 3) Biotechnology in environment protection; 4) Industrial biotechnology (food, feed, paper, textile, pharmaceutical and chemical productions); 5) Industrial biotechnology (production of cells and research of cells – producers of food and of other commodities); 6) Development of humane and veterinarian diagnostics (therapeutical systems); 7) Development of the basic biotechnology, and 8) Nontechnical domains of biotechnology.

In concordance with some judgments, in the World exist about 4000 biotechnological companies. World market of biotechnological products is increasing at the rate of some 30 percents per year, and in the year of 2000 amounted to about 140 billions of US\$. Owing to this, biotechnology became one of the most intensive industries in the world. American biotechnological industry spent even in the year of 1998 about US\$ 10 millions for R&D activities. European Union included the development of biotechnology into its R&D programs and projects somewhere during eighties of the last century.

Key words: Biotechnology • Microbiology • Food industry •

Ključne reči: Biotehnologija • Mikrobiologija • Prehrambena industrija •