

Biotehnologija u Hrvatskoj – povijesna baština i suvremeni trendovi

Prof. dr. sc. **Jagoda Šušković**, redoviti član HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Prehrambeno-biotehnološki fakultet, jsusko@pbf.hr

Prof. dr. sc. **Blaženka Kos**,
Sveučilište u Zagrebu Prehrambeno-biotehnološki fakultet, bkos@pbf.hr

Prof. dr. sc. **Božidar Šantek**, redoviti član HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Prehrambeno-biotehnološki fakultet, bsantek@pbf.hr

Prof. emer. dr. sc. **Zlatko Kniewald**, član emeritus HATZ-a

Prof. dr. sc. **Vladimir Mrša**, redoviti član HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Prehrambeno-biotehnološki fakultet, vmrsa@pbf.hr

Prof. dr. sc. **Mirjana Hruškar**, član suradnik HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Prehrambeno-biotehnološki fakultet, mhruskar@pbf.hr

Prof. dr. sc. **Jadranka Frece**, član suradnik HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Prehrambeno-biotehnološki fakultet, jfrece@pbf.hr

Prof. dr. sc. **Višnja Gaurina Srček**,
Sveučilište u Zagrebu Prehrambeno-biotehnološki fakultet, vgaurinasrcek@pbf.hr

Prof. dr. sc. **Anita Slavica**,
Sveučilište u Zagrebu Prehrambeno-biotehnološki fakultet, aslavica@pbf.hr

Prof. dr. sc. **Jasna Novak**,
Sveučilište u Zagrebu Prehrambeno-biotehnološki fakultet, jbeganov@pbf.hr

Doc. Dr. sc. **Andreja Leboš Pavunc**,
Sveučilište u Zagrebu Prehrambeno-biotehnološki fakultet, alebos@pbf.hr

***Sažetak:** Razvoj biotehnologije u Hrvatskoj započeo je 1956. godine, osnivanjem jednog od prvih studija biotehnologije u Europi na Sveučilištu u Zagrebu, na tadašnjem Tehnološkom fakultetu, a danas je to Prehrambeno-biotehnološki fakultet (PBF) Sveučilišta u Zagrebu. Osnivanje studija ostvareno je u suradnji s tvrtkom PLIVA koja je tada pokrenula biotehnološku (mikrobnu) proizvodnju antibiotika oksitetraciklina, i do danas je jedna od najvećih farmaceutskih kompanija u Hrvatskoj i jedna od vodećih u regiji Jugoistočne Europe. Prof. emer. Vera Johanides je na temeljima industrijske mikrobiolo-*

gije osmislila, organizirala i pokrenula prvi studij biotehnologije na ovim prostorima. Potpisnica je na osnivačkoj povelji Europske federacije za biotehnologiju i jedna je od prvih počasnih članova Akademije tehničkih znanosti Hrvatske koja joj je postavila spomen obilježje u Domu HATZ-a 2011. godine i njenim imenom nazvala godišnju nagradu HATZ-a za mlade znanstvenike. Međunarodni znanstveni simpoziji posvećeni prof. emer. Veri Johanides, kontinuirano se organiziraju u suradnji HATZ-a i Hrvatskog društva za biotehnologiju. Uz visokoškolsku edukaciju u području biotehnologije, u Hrvatskoj se provode biotehnološka znanstvena istraživanja, kako u akademskoj zajednici, tako i na istraživačkim institutima i tvrtkama koje razvijaju vlastite biotehnološke proizvode te na uspostavljenim centrima izvrsnosti u području biotehnologije. Industrijska biotehnološka proizvodnja u Hrvatskoj bazirana je prvenstveno na proizvodnji lijekova, hrane i pića, uključujući akvakulturu i dodatke prehrani, gdje je važna primjena biotehnologije u upravljanju sigurnošću hrane, a raste i proizvodnja biogoriva, i to uglavnom bioplina, te primjena biotehnologije mora i biotehnologije u zaštiti okoliša.

Ključne riječi: *biotehnologija, prof. emer. Vera Johanides, Prehrambeno-biotehnološki fakultet (PBF) Sveučilišta u Zagrebu, Akademija tehničkih znanosti Hrvatske (HATZ), PLIVA d.d., biotehnološka proizvodnja lijekova, fermentirana hrana i pića, biogorivo, bioplin*

1. Uvod

Definicija biotehnologije, prema Europskoj federaciji za biotehnologiju, glasi: "Biotehnologija je integrirana primjena prirodnih i inženjerskih znanosti s ciljem korištenja živih organizama, stanica i njihovih dijelova za proizvode i usluge" (EFB, 1978).

Prema Konvenciji Sekretarijata UN-a o biološkoj raznolikosti (2013) definicija biotehnologije obuhvaća "svaku tehnološku primjenu koja koristi biološke sustave, žive organizme ili njihove derivatne za proizvodnju ili modifikaciju proizvoda ili procesa za specifičnu upotrebu." Najpopularnija klasifikacija tj. podjela biotehnologije, a ujedno i najjednostavnija, obuhvaća četiri velika područja:

1. Red Biotechnology (crvena biotehnologija) – zdravstvo i farmaceutska industrija
2. Green Biotechnology (zelena biotehnologija) – primarna i sekundarna proizvodnja hrane i pića
3. White Biotechnology (bijela biotehnologija) – proizvodnja kemikalija, materijala i goriva
4. Blue Biotechnology (plava biotehnologija) – biotehnologija obale i mora

Postoji i puno detaljnija podjela, kojom su obuhvaćene gotovo sve "dugine boje" (tablica 1).

Tablica 1. Podjela biotehnologije uz pridruživanje boje (engl. “the biotechnological rainbow”) svakom od navedenog područja (adaptirano prema DaSilva, 2004)

Boja biotehnologije	Područje biotehnologije
crvena biotehnologija	biotehnološka proizvodnja lijekova i drugih medicinskih pripravaka, dijagnostika, zdravstvena skrb
žuta biotehnologija*	prehrambena biotehnologija, nutricionizam
plava biotehnologija	akvakultura, biotehnologija obale i mora
zeleni biotehnologija	biotehnologija okoliša, biogoriva, biognojivo, bioremedijacija i geomikrobiologija i ostale primjene biotehnologije u poljoprivredi
smeđa biotehnologija	biotehnologija sušnih područja i pustinja
crna biotehnologija	bioterrorizam, biološki rat, biokriminal, biotehnologija i ratovanje
purpurna biotehnologija	patenti, publikacije, izumi i intelektualno vlasništvo u biotehnologiji
bijela biotehnologija	bioindustrija utemeljena na metodama genetičkog inženjerstva
zlatna biotehnologija	bioinformatika, nanobiotehnologija
siva biotehnologija	biokemijsko inženjerstvo i bioprocena tehnologija

Biotehnološki proizvodi pripadaju vrlo različitim gospodarskim i uslužnim djelatnostima, kao što je prikazano u tablici 2. Broj proizvoda i biotehnoloških postupaka što ih se primjenjuje stalno se povećava, što osobito vrijedi za farmaceutiku (medicina), proizvodnju hrane, poljoprivredu i energetiku (Marić, 2000.)

Tablica 2. Gospodarske grane i najznačajniji biotehnološki proizvodi (adaptirano prema Marić, 2000; Šušković i sur., 2015.)

Gospodarska djelatnost	Biotehnološki proizvodi
Industrijske kemikalije i enzimi	Etanol, aceton, butanol, organske kiseline, aminokiseline, biopolimeri, industrijski enzimi (amilaze, proteaze, pektinaze)
Proizvodnja hrane	Fermentirana hrana i pića, bakterijske i fungalne starter kulture za fermentirane namirnice, humani probiotici, mikrobnj proteini, pekarski, pivski i vinski kvasac, aditivi (emulgatori, antioksidansi, boje, mirisi, stabilizatori), aminokiseline, niskokalorična sladila
Farmaceutika i zdravstvo	Terapijski proteini, monoklonska protutijela, vaccine, antibiotici, signalne molekule, dijagnostički agensi, enzimski inhibitori, probiotici kao živi lijekovi
Energetika	Biogoriva: etanol (gasohol), metan (bioplin), vodik
Poljoprivreda i stočarstvo	Krmiva, silaža, kompost, biološka gnojiva, animalne vaccine, animalni probiotici, biološki insekticidi i pesticidi
Uslužne djelatnosti	Biološko pročišćavanje otpadnih voda, obrada čvrstih otpadaka, analitički agensi (enzimi, mikrobnj i enzimski osjetila), inženjerstvo tkiva i organa
Rudarstvo	Izdvajanje i koncentriranje nekih kovina s pomoću mikroorganizama, sekundarno pridobivanje nafte

Tablica 3. Povijesne prekretnice u razvoju biotehnologije i dobivanja biotehnoloških proizvoda (adaptirano prema Prentis, 1984, Lengeler i sur. 1999, Marić, 2000, Zgaga i Novak, 2000, Šušković i sur. 2018a i 2018b)

<p>Razdoblje prije Pasteura, do 1865. Upotreba kvasaca u proizvodnji vina i piva (6000 g. pr. n. e.) Upotreba kvasaca u pripremi kruha (4000 g. pr. n. e.) Mliječni proizvodi (sir, jogurt, kiselo mlijeko) Druga fermentirana hrana</p>
<p>Pasteurovo razdoblje 1865-1940. Etanol, butanol, aceton, glicerol Organske kiseline (octena, limunska, mliječna itd.) Aerobna obrada otpadnih voda 1890. "Christian Hansen" proizvodi prvu starter kulturu (specifični kvasac za proizvodnju piva) Intenzivan razvoj proizvodnje starter kultura koje se koriste za dobivanje fermentiranih namirnica</p>
<p>Antibiotičko razdoblje, 1940-1960. – ZLATNA ERA ANTIBIOTIKA ("Golden Era of antibiotics") Penicilin, streptomycin, klortetraciklin itd.; submerzno vođenje procesa Tehnologija kulture životinjskih stanica (virusne vakcine) Mikrobne transformacije steroida (kortizon, testosteron, estrogen)</p>
<p>Postantibiotičko razdoblje, 1960-1975. Aminokiseline Proteini jednostaničnih mikroorganizama (eng. SCP – Single Cell Protein) Enzimi (mikrobna proizvodnja enzima), tehnologija imobiliziranih enzima i mikrobnih stanica Anaerobna obrada otpadne vode (bioplin) Bakterijski polisaharidi (ksantan) Etanol kao gorivo (gasohol) Biološki insekticidi</p>
<p>Razdoblje novih biotehnologija, 1975- Genetičko inženjerstvo (1974.) Tehnologija hibridoma Monoklonski dijagnostički testovi (1980.) Humani inzulin (1982) Hormon rasta (1983.) Monoklonska protutijela u kulturi životinjskih stanica (1986.) Rekombinantni humani protein (eritropoetin) u kulturi životinjskih stanica (1989.) Transgenska rajčica – Flavr Savr (1994.) Klonirana ovca – Doly (1997)</p>
<p>Kriza u proizvodnji antiinfektivnih lijekova (antibiotika) 1969 – 1990. Razvoj probiotičkog (1990.), prebiotičkog (1995.) i sinbiotičkog koncepta (1995.) – Koncept funkcionalne hrane Razvoj novih antimikrobnih strategija: – peptidni antibiotici: neribosomski sintetizirani (gramicidini, polimiksini, bacitracini) i ribosomski sintetizirani (bakteriocini – lantibiotici) – cjepiva protiv različitih uzročnika infekcija – terapija bakteriofagima – bakterijska interferencija (od probiotika, prebiotika i sinbiotika do živih lijekova)</p>
<p>Postgenomičko razdoblje, 2001- Genomika Proteomika Transkriptomika Metabolomika Bioinformatika, itd.</p>

Povijesne prekretnice u dobivanju biotehnoloških proizvoda prikazane su u tablici 3., prema kojima je razvoj biotehnologije podijeljen u nekoliko povijesnih razdoblja, a svako je obilježeno značajnim znanstvenim otkrićima u području prirodnih i inženjerskih znanosti.

Biotehnologija obuhvaća široko područje unutar biotehničkih djelatnosti, stoga njezin daljnji razvoj ovisi o suradnji i uzajamnom napretku različitih znanstvenih disciplina te se smatra jednom od disciplina čiji će razvitak odlučiti o daljnjem razvoju ekonomije 21. stoljeća.

Proizvodnja lijekova, hrane i pića najuspješniji su sektori hrvatskog gospodarstva koji su u velikoj mjeri bazirani na biotehnološkim procesima, a čine značajan udio s gledišta prihoda, zapošljavanja i izvoza. Njihova će buduća kompetitivnost i značaj u velikoj mjeri ovisiti o dinamičnom razvoju biotehnologije. Obilate rezerve kvalitetne pitke vode i očuvani okoliš čine najvažnije bogatstvo prirodnih resursa Republike Hrvatske. Optimalno gospodarenje ovim resursima neće biti moguće bez razvijene biotehnologije. Korištenje obnovljivih izvora sirovina u dobivanju biokemikalija i biogoriva, te kao izvor energije, također se očekuje da bude sve više zastupljeno u Republici Hrvatskoj (Šušković i sur. 2015).

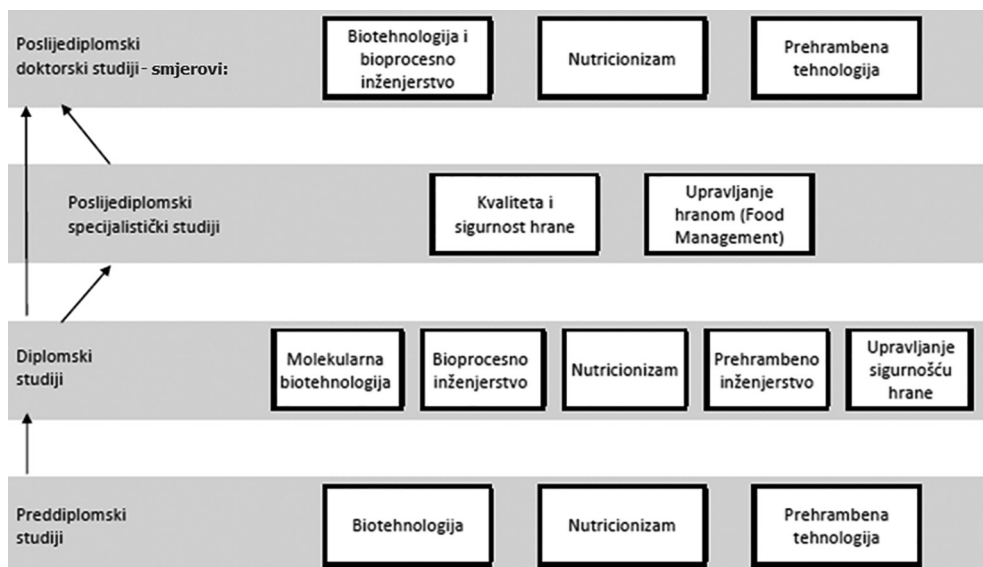
U tablici 4. su navedene biotehnološke tvrtke u Hrvatskoj registrirane u bazi podataka “Croatian Biotech Database” (2020).

Tablica 4. Biotehnološke tvrtke registrirane u bazi podataka “Croatian Biotech Database” (2020)

Područje biotehnologije	Broj tvrtki
Biotehnologija /istraživanje i razvoj lijekova i dijagnostike	9
Biotehnologija/Farmaceutika – generički lijekovi	6
Medicinski sustavi i uređaji	1
Biotehnologija/ostalo	1
Savjetovanja/usluge	2
Javne / neprofitne organizacije /medicinske ustanove	20
Dobavljači/inženjering	16

Razvoj visokoškolskog obrazovanja u biotehnologiji u Hrvatskoj

Edukaciju stručnjaka koji se uspješno koriste ogromnim potencijalom različitih taksonomskih grupa mikroorganizama, mikrobnih enzima te kultura biljnih i životinjskih stanica u biotehnološkim procesima za proizvodnju različitih biotehnoloških proizvoda, važnih za gospodarstvo, omogućuju preddiplomski, diplomski i doktorski



Sl. 1. Studijski programi Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (modificirano prema Samoanalizi PBF-a Sveučilišta u Zagrebu, 2012)

studij biotehnologije i bioprocenog inženjerstva na Prehrambeno-biotehnološkom fakultetu (PBF-u) Sveučilišta u Zagrebu (slika 1), koji je sa svojom dugogodišnjom tradicijom od 1956., jedan od najstarijih studija biotehnologije u Europi.

Studij biotehnologije na Sveučilištu u Zagrebu ustrojen je odlukom Sabora SRH od 1956. godine, kada je dotadašnji odsjek Tehničkog fakulteta izdvojen u zaseban fakultet, Kemijsko-prehrambeno-rudarski fakultet s tri odsjeka. Studij na Prehrambeno-tehnološkom odsjeku novog Fakulteta imao je tri smjera: Prehrambeno-tehnološki, Biotehnološki i Tehnološko-analitički. U prvoj akademskoj godini 1956./1957. na Prehrambeno-tehnološkom odsjeku bilo je upisano 432 studenta s područja cijele bivše države. Dinamični razvoj biotehnologije u posljednjih šest dekada bio je popraćen preustrojavanjem tadašnjeg Fakulteta, što je dovelo do osnivanja samostalnog Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta (PBF-a). Tako je 1960. godine Prehrambeno-tehnološki odsjek prerastao u Biotehnološki odjel Tehnološkog Fakulteta, koji je i dalje imao tri studijska smjera. Godine 1979. reorganizacijom Tehnološkog fakulteta, Biotehnološki odjel prerasta u današnji Prehrambeno-biotehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Današnji Zavod za biokemijsko inženjerstvo PBF-a Sveučilišta u Zagrebu je odgovoran za znanstvenu i nastavnu aktivnost u biotehnologiji, a vuče svoje podrijetlo od Zavoda za tehničku mikroskopiju i tehničku mikrobiologiju na tadašnjem Tehničkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Prvi predstojnik Zavoda bio je profesor Bogdan Varićak. Njegov pionirski rad prekinula je smrt 1951. godine. Nastavu je

nekoliko godina obavljao dr. Boris Vrtar, a od 1958. godine i nastavu i vođenje Zavoda preuzima tada docentica, dr. sc. Vera Johanides, koja je doktorat iz područja biosinteze antibiotika stekla na Slovenskoj akademiji znanosti u Ljubljani 1955. godine. Zavod je u početku imao samo četvero zaposlenih i zajedno sa Zavodom za opću kemijsku i prehrambenu tehnologiju činio je okosnicu Prehrambeno-tehnološkog odsjeka tadašnjeg Tehnološkog fakulteta. Reorganizacijom toga odsjeka u Biotehnološki odjel, 1961. godine osnovana je Katedra za biotehnologiju, koju su sačinjavali: Laboratorij za biologiju s tehničkom mikroskopijom, Laboratorij za opću mikrobiologiju, Laboratorij za industrijsku mikrobiologiju, Laboratorij za tehnologiju vrenja i Laboratorij za kemiju i tehnologiju antibiotika. Predstojnici Katedre za biotehnologiju su bili profesori Vera Johanides i Gavra Tamburašev. Uz njih su tada djelovali Marija Alačević, Anto Jurilj, Oton Pospišil, Ivan Bach, Antea Korčulanin, Zdravko Duvnjak, Srđan Divjak, Vladimir Marić, Zdenka Matijašević, Dubravka Salopek, Ivanka Pavušek, Srećko Matošić, Senadin Duraković i Zlatko Kniewald.

Temeljem reorganizacija koje su uslijedile, od 1980. godine unutar Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta djeluje Zavod za biokemijsko inženjerstvo koji danas ima 6 laboratorija: Laboratorij za biologiju i genetiku mikroorganizama, Laboratorij za biokemijsko inženjerstvo, industrijsku mikrobiologiju i tehnologiju piva i slada, Laboratorij za tehnologiju i primjenu stanica i biotransformacije, Laboratorij za opću mikrobiologiju i mikrobiologiju namirnica, Laboratorij za tehnologiju antibiotika, enzima, probiotika i starter kultura i Laboratorij za bioinformatiku.

Predstojnici Zavoda za biokemijsko inženjerstvo od 1980. godine su bili: prof. dr. sc. Vladimir Marić (1980.-1984.), prof. dr. sc. Oton Pospišil (1984.-1988.), prof. dr. sc. Srećko Matošić (1988.-1990.), prof. dr. sc. Marija Alačević (1990.-1995.), prof. dr. sc. Zlatko Kniewald (1995.-1999.), prof. dr. sc. Senadin Duraković (1999.-2003.), prof. dr. sc. Vladimir Marić (2003.-2007.), prof. dr. sc. Jasna Franekić (2007.-2011.), prof. dr. sc. Jagoda Šušković (2011.-2015.), izv. prof. dr. sc. Višnja Gaurina Srček (2015.-2019.) i prof. dr. sc. Ksenija Markov (2019. –).

Sa Zavoda za biokemijsko inženjerstvo PBF-a Sveučilišta u Zagrebu, u počasno zvanje profesor emeritus izabrani su: prof. dr. sc. Vera Johanides, prof. dr. sc. Marija Alačević, prof. dr. sc. Senadin Duraković, prof. dr. sc. Zlatko Kniewald i prof. dr. sc. Daslav Hranueli.

Stalni razvoj znanosti na područjima djelovanja PBF-a, te razvoj novih tehnologija baziranih na novim znanjima, posebice razvoj moderne molekularne biotehnologije i bioprocenog inženjerstva za proizvodnju biogoriva i biokemikalija, korištenjem obnovljivih izvora, doveo je do potrebe za daljnjim profiliranjem nastavnih programa sukladno smjernicama Bolonjske deklaracije. Od akademske godine 2005./2006. studij na PBF-u organiziran je po načelu 3+2, te se provodi preddiplomski studij Biotehnologija u trajanju od 3 godine, a od akademske godine 2008./2009. dva

dvogodišnja diplomatska studija iz biotehnologije: Bioproceno inženjerstvo i Molekularna biotehnologija. Dodatno, od 2009. godine, PBF Sveučilišta u Zagrebu je uključen u izvođenje međunarodnog studija iz područja Molekularne biotehnologije koji se izvodi u suradnji sa Sveučilištem u Orléansu, Francuska.

Godine 2019. provedena je evaluacija studijskih programa Biotehnologije i Bioprocesnog inženjerstva PBF-a Sveučilišta u Zagrebu, nakon koje su ti studijski programi uvršteni u FEANI INDEKS. Radi se o popisu europskih visokih učilišta i inženjerskih programa koji ispunjavaju obvezne obrazovne uvjete za inženjersku titulu na razini EU, a prema standardima koje je uspostavila Europska federacija nacionalnih inženjerskih udruga (FEANI – European Federation of National Engineering Association).

Uz diplomatske studije, PBF ima dugu tradiciju u provođenju poslijediplomskih studija te je prvi poslijediplomski studij iz “Kemije i tehnologije antibiotika” započeo akad. god. 1959/60., na inicijativu prof. dr.sc. Vere Johanides kao jedan od najstarijih u Europi, u suradnji s tvornicom PLIVA. Naime, tada je započela biotehnoška (mikrobna) proizvodnja antibiotika oksitetraciklina pa je za te potrebe organiziran poslijediplomski studij na tadašnjem Biotehnoškom odjelu Tehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, iz kojeg je kasnije izrastao PBF Sveučilišta u Zagrebu. Kasnije je doktorski studij iz biotehnologije nazvan “Biotehnologija – bioproceno inženjerstvo”, a implementacijom bolonjskog procesa “Biotehnologija i bioproceno inženjerstvo” Doktorski se studij na PBF-u Sveučilišta u Zagrebu, od akad. god. 2014./2015., izvodi kao objedinjeni studij pod nazivom “Biotehnologija i bioproceno inženjerstvo, prehrambena tehnologija i nutricionizam”.

Prehrambena-biotehnoški fakultet Sveučilišta u Zagrebu nudi sveobuhvatni program industrijske i molekularne biotehnologije u Hrvatskoj, dok su različiti aspekti primjene biotehnologije djelomično zastupljeni i na zagrebačkom i na drugim hrvatskim sveučilištima, na različitim fakultetima npr. Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije, Medicinskom fakultetu, Farmaceutsko-biokemijskom fakultetu i Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, Prehrambena-tehnološki fakultet i Medicinskom fakultetu Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjelu za biotehnologiju Sveučilišta u Rijeci, Medicinskom fakultetu Sveučilišta u Splitu, te na Sveučilištu u Dubrovniku i Sveučilištu u Zadru.

Aktivnosti u biotehnologiji kroz udruženja biotehnologa

Hrvatsko mikrobiološko društvo osnovano je 1957. godine na Prehrambena-biotehnoški fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Među najzaslužnijima za osnivanje Društva bila je prof. emer. Vera Johanides, prva i dugogodišnja predsjednica Sekcije za industrijsku mikrobiologiju te predsjednica Hrvatskog mikrobiološkog društva u dva

The undersigned Societies are agreed that a friendly collaboration in the field of biotechnology in Europe, and the interests of their members, can be well served by the establishment of a European Federation of Biotechnology.

The undersigned technical and scientific societies, through their appointed representatives, have therefore decided to found jointly a European Federation of Biotechnology. They are further agreed that the Federation is to be established on the basis of the statutes which have been accepted at the inaugural meeting of the Federation held on the same day.



Sl. 2. Dokument kojim je osnovana Europska federacija za biotehnologiju potpisan 25. rujna 1978. (Interlaken, Švicarska) na 1st European Congress of Biotechnology. Prof. emer. Vera Johanides bila je jedna od prvih potpisnica tog povijesnog dokumenta.

mandata (1966-1968. i 1978-1980.). Industrijska je mikrobiologija bila preteča suvremene biotehnologije. Prof. emer. Vera Johanides je, instinktom pravoga vizionara, to među prvima spoznala te je na temeljima Industrijske mikrobiologije – kolegija kojeg je tijekom mnogih godina vodila (od 1958.) i predavala na fakultetima koji su se razvijali iz Tehničkog fakulteta (Kemijsko-prehrambeno-rudarski fakultet, Biotehnoški odjel Tehnološkog fakulteta, te na kraju Prehrambeno-biotehnoški fakultet) osmislila, organizirala i pokrenula prvi studij biotehnologije na ovim prostorima – jedan od prvih u Europi. Prof. emer. Vera Johanides (kao predsjednica Hrvatskog mikrobiološkog društva i predstavnica Saveza društava mikrobiologa Jugoslavije) potpisnica je Deklaracije o osnivanju Europske federacije za biotehnologiju koja je usvojena na osnivačkoj skupštini u Interlakenu (Švicarska) 25. rujna 1978. godine (slika 2). Povijesna zasluga Industrijske mikrobiologije je “zlatna era antibiotika” (1940.-1960.), kada je započela biotehnoška proizvodnja penicilina, streptomicina i tetraciklina, a u Hrvatskoj je PLIVA započela s proizvodnjom oksitetraciklina (1959.). Zatim slijedi cijeli niz drugih antibiotika, koje već 60 godina baštini čovječanstvo, a rezultat su metabolizma industrijskih mikroorganizama.

Osnivanje **Hrvatskog društva za biotehnologiju** (HDB-a), na osnivačkoj skupštini 15. lipnja 1990. god., održanoj na PBF-u Sveučilišta u Zagrebu, podržalo je 30-tak eminentnih hrvatskih znanstvenika, okupljenih oko prof. emer. Vere Johanides,

prof. dr. sc. Marijana Bošnjaka (prvi predsjednik Društva), prof. emer. Zlatka Kniewalda, prof. dr. sc. Srđana Novaka te prof. dr. sc. Daslava Hranuelija, koji su kasnije izabrani i obnašali su dužnosti predsjednika HDB-a. Bili su tada prisutni, a kasnije su obnašali dužnosti članova Izvršnog odbora ili predsjednika: prof. dr. sc. Ivanka Pavušek, prof. dr. sc. Jagoda Šušković, dr. sc. Ljubinka Vitale, dr. sc. Dubravka Hršak, prof. dr. sc. Vladimir Marić, prof. dr. sc. Srećko Matošić i prof. dr. sc. Želimir Kurtanjek. Zadnjih desetak godina HDB aktivno djeluje zahvaljujući predsjednicama, prof. dr. sc. Vesni Zechner Krpan i prof. dr. sc. Aniti Slavica.

HDB aktivno surađuje s Europskom federacijom za biotehnologiju, pri čemu posebno treba istaknuti suradnju u organizaciji međunarodnog tečaja 'Bioprocess Engineering Course' za studente doktorske i postdoktorske razine iz europskih znanstvenih institucija i industrije, a koji se tradicionalno održava svake druge godine, od 1998. u Supetru na Braču. HDB je član Hrvatskog inženjerskog saveza, Hrvatskog prirodoslovnog društva kao i EBTNA (European Biotechnology Thematic Network Association) od 2013. godine (Monografija 60. obljetnice PBF-a Sveučilišta u Zagrebu, 2016).

Prof. emer. Vera Johanides je, kao poznata i priznata znanstvenica, inženjer/tehnolog i inovator, bila jedna od prvih počasnih članova **Akademije tehničkih znanosti Hrvatske** (HATZ-a), i to prvenstveno zbog iznimnih zasluga za razvoj biotehnologije, kroz svoj predani rad, kao sveučilišnog profesora iz biotehnologije, i kroz svoj prorektorski mandat na Sveučilištu u Zagrebu (1984.-1986.), koje je potom postalo mjesto školovanja biotehnologa i iz drugih, danas susjednih država na jugoistoku Europe. Uvela je sustav u kojem su znanost, struka i obrazovanje bili objedinjeni kroz inovacije i transfer znanja iz akademske zajednice u industriju. Zbog njenih je zasluga za razvoj biotehnologije u Hrvatskoj, godine 2001. uvedeno dodjeljivanje nagrade HATZ-a mladim znanstvenicima pod nazivom "Vera Johanides", a 2011. godine je postavljena bista prof. emer. Vere Johanides u parku "Doma HATZ" u Kačićевой 28., Zagreb, prikazana na slici 3. (Kniewald, 2011; Novak, 2011; Kniewald, 2013; Novak, 2013). Bista je postavljena zaslugom tadašnjeg tajnika Odjela bioprocenog inženjerstva i voditelja Biotehničkog centra HATZ-a prof. emer. Zlatka Kniewalda i do danas je jedina bista podignuta jednoj sveučilišnoj profesorici u Republici Hrvatskoj.

Zahvaljujući vizionarstvu prof. emer. Vere Johanides, u Hrvatskoj je stvorena kritična masa istraživača i stručnjaka na području biotehnologije, kako na Sveučilištu u Zagrebu, tako i u Istraživačkom institutu PLIVE d.d., te u drugim biotehnološkim tvrtkama: pivovarama, tvornicama kvasca i alkohola, tvornicama octa, Imunološkom zavodu itd. Kao rezultat stečenih znanja i ekspertiza, razvijali su se novi proizvodi i biotehnološki postupci koji su našli svoju primjenu u realnoj proizvodnji. Upravo zbog toga je druga polovica 20 st. smatrana **zlatnim dobom hrvatske biotehnologije i prehrambene tehnologije**. U prilogu ovog rada je popis patenata



Sl. 3. Bista prof. emer. Vere Johanides u parku “Doma HATZ” u Kačićevoj 28, Zagreb, postavljena 2011. godine (Zagrebački.info, 2012)

proizašlih iz razvojnih programa, elaborata, idejnih projekata (tehnoških rješenja) i izvedbenih (glavnih) projekata, konstrukcija i investicijskih programa, elaborata i studija u periodu 1956.-1986 (Spomenica, 1986). Rat i proces privatizacije ostavili su svoje negativne posljedice i u biotehnoškom sektoru industrijske proizvodnje koje su još uvijek prisutne (Novak, 2013).

Da su iz akademskih krugova uvijek dolazile inicijative promoviranja biotehnologije, kao i povezivanja znanosti i industrije, svjedoči i kontinuirano održavanje internacionalnih simpozija biotehnologije u suorganizaciji Akademije tehničkih znanosti Hrvatske i Hrvatskog društva za biotehnologiju, u periodu 1999-2007., kojih je inicijator i idejni začetnik bio prof. emer. Zlatko Kniewald, i podršku tadašnjih predsjednika HDB-a, prof. dr. sc. D. Hranuelija i prof. dr. sc. S. Novaka, te su u serijskoj publikaciji “Current Studies of Biotechnology”, urednik prof. emer. Zlatko Kniewald, publicirani i zbornici radova s tih skupova: vol I. “Biotechnology and Biomedicine” (1999), vol. II. “Biotechnology and Environment” (2001), vol. III.

“Biotechnology and Food” (2003) i vol. IV. “Biotechnology and Immunomodulatory Drugs” (2005) kojih je glavni urednik bio prof. emer. Zlatko Kniewald. Peti simpozij “Biotechnology, Energy, Chemicals and Renewable Raw Materials” održan je 2007. godine. Slijedila je organizacija međunarodnih simpozija, posvećenih prof. emer. Veri Johanides koji su održani 2011., 2013. i 2018. pod nazivima “Život i postignuća prof. emer. Vera Johanides”, “Vera Johanides – Biotechnology in Croatia by 2020”. i “Biotechnology in Croatia – Vera Johanides”, a predsjednici Organizacijskih odbora su bili prof. dr. sc. Jasna Kniewald, prof. emer. Zlatko Kniewald i prof. dr. sc. Blaženka Kos.

U okviru Akademije tehničkih znanosti Hrvatske (HATZ), u organizaciji navedenih skupova, ali i brojnih drugih stručnih aktivnosti u području biotehnologije, aktivno su bili uključeni Odjel bioprocesnog inženjerstva i Biotehnički centar, a najveće zasluge za realizaciju svih navedenih aktivnosti pripadaju prof. emer. Zlatku Kniewaldu, koji je bio predsjednik HATZ-a 2003.-2005. i 2005.–2009., Predsjedatelj odbora Znanstvenog fonda HATZ-a (2009.–2013.), tajnik Odjela bioprocesnog inženjerstva HATZ-a (2013.–2017.), voditelj Biotehničkog centra HATZ-a (2003.-2005., 2005.–2009. i 2009.–2013.), te Upravitelj **Biotehničke zaklade** Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta, od njenog osnutka 1996. do 2005. Od 2005. tu je dužnost preuzela prof. dr. sc. Višnja Gaurina Srček. Biotehnička zaklada PBF-a dodjeljuje stipendije, potpore i nagrade najboljim studentima i mladim istraživačima koji svojim rezultatima mogu pridonijeti razvoju gospodarstva RH. U razdoblju 1996.-2005. predsjednik Upravnog odbora Zaklade bio je Branimir Ćurić, dipl. ing. (PLIVA), u razdoblju 2006.-2009. dr. sc. Damir Beluhan (PLIVA), a članovi su bili prof. dr. sc. Slobodan Grba (PBF Sveučilišta u Zagrebu), Boris Lalić, dipl. ing. (Zagrebačka pivovara) i mr. sc. Đuro Zalar (Podravka). Od 2009. predsjednica Upravnog odbora Zaklade je Tamara Drk-Vojnović, dipl. ing. (Vindija). Treba posebno napomenuti da je Biotehnička zaklada PBF-a od svojeg osnutka do danas financirana isključivo donacijama iz gospodarstva, da nije smanjivala svoju aktivnost niti u doba svjetske krize i da je njezin moto od osnivanja 1996. godine “Zaposlimo naše mlade u Hrvatskoj da im prvo radno mjesto ne bude inozemstvo”.

Unutar **Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti** (HAZU) Znanstvenog vijeća za poljoprivredu i šumarstvo djeluje Sekcija za preradu poljoprivrednih proizvoda i biotehnologiju. Znanstveno vijeće je osnovano 1992. godine s ciljem okupljanja znanstvenika i ostalih stručnjaka radi rješavanja aktualnih znanstvenih i stručnih problema koja se odnose na znanstvena područja Sekcija, među kojima je i Sekcija za preradu poljoprivrednih proizvoda i biotehnologiju koje je prvi pročelnik bio prof. emer. Zlatko Kniewald (1992.-2000.), a nakon njega je tu dužnost preuzela prof. dr. sc. Vesna Lelas (2000.-2012.), a aktualna pročelnica je prof. dr. sc. Duška Ćurić (2012.-).

Na Prehrambeno-biotehnoškome fakultetu Sveučilišta u Zagrebu djeluje **Udruga studenata PROBION**, od 2015. godine, ali je nastala na temeljima Udruge studenata biotehnologije "Helix", osnovane 2006. godine, koja je studentima studija biotehnologije omogućavala stjecanje i izmjenu stručnih znanja i iskustava koja izlaze iz okvira obveznog nastavnog programa i popularizaciju biotehnologije u javnosti. Udruga PROBION proširila je svoje interese na sve studente PBF-a Sveučilišta u Zagrebu. PROBION organizira edukativna predavanja na aktualne stručne teme, a 2020. godine će se održati sada već Treći kongres studenata biotehnologije s međunarodnom suradnjom, u organizaciji PROBION-a s ciljem okupljanja predavača i studenata biotehnologije i srodnih područja, kako bi se upoznali s najnovijim istraživanjima, metodama, problemima i budućim ciljevima u razvoju biotehnologije.

Znanstveno-istraživačka aktivnost i izdavačka djelatnost u biotehnologiji

Prehrambeno-biotehnoški fakultet Sveučilišta u Zagrebu, izdaje već 58. godinu znanstveni časopis **Food Technology and Biotechnology** (ranijeg naziva Prehrambeno-tehnološka i biotehnološka revija), kojeg je dugogodišnji glavni urednik bio prof. emer. Pavao Mildner, a sadašnji je glavni urednik prof. dr. sc. Vladimir Mrša. Službeno je glasilo Hrvatskoga društva za biotehnologiju i Slovenskoga mikrobiološkog društva. Od 1999. indeksiran je u Current Contents/Agriculture, Biology and Environmental Sciences, te je referiran u brojnim međunarodnim sekundarnim publikacijama i bazama podataka, uključujući Science Citation Index Expanded unutar baze podataka WoS (Web of Science). Znanstveni radovi s područja biotehnologije objavljuju se i u "Hrvatskom časopisu za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam" kojeg izdaje Hrvatsko društvo za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam (HDPBN – osnovano 1999. godine), a aktualna glavna urednica je prof. dr. sc. Jadranka Frece, dekanica PBF-a Sveučilišta u Zagrebu.

Znanstveno-istraživački rad iz područja biotehnologije, odvija se ne samo na hrvatskim sveučilištima, nego i u znanstveno-istraživačkim institutima, među kojima se posebno ističu Institut Ruđer Bošković, Hrvatski veterinarski institut, Centar za istraživanje i prijenos znanja u biotehnologiji Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za javno zdravstvo "Dr. Andrija Štampar", Hrvatska agencija za hranu, Centar za kontrolu namirnica PBF-a, Centar za forenzična ispitivanja, istraživanja i vještačenja "Ivan Vučetić" MUP RH, Institut za medicinska istraživanja, Imunološki zavod, BIOCentar Borongaj itd.

BIOCentar, inkubacijski centar za bioznanosti, je javna neprofitabilna institucija čiji je osnivač Republika Hrvatska (RH), a predstavlja prvi biotehnološki inkubator u RH. Otvoren je 28.09.2015. godine, a služi kao infrastrukturna i inkubacijska podrška u znanstvenim istraživanjima i prijenosu tehnologije znanstvenim institutima, fakultetima, biotehnološkim start-up tvrtkama, farmaceutskoj, prehrambenoj i biotehnološkoj industriji. U BIOCentru je zaposleno 15 djelatnika, od kojih je 6 istraživača koji su stekli doktorat znanosti, 3 istraživača/suradnika doktoranda, te prateće i tehničko osoblje.

Znanstveni centri izvrsnosti (ZCI) u biotehničkom području (ZCI za Bioprospecting mora – BioProCro i ZCI za bioraznolikost i molekularno oplemenjivanje bilja), u interdisciplinarnom području biotehničkih i biomedicinskih znanosti (ZCI za personaliziranu brigu o zdravlju), te biomedicinskom području (ZCI za virusnu imunologiju i cjepiva) daju značajan doprinos međunarodno relevantnim znanstvenim istraživanjima u biotehnologiji, te kontinuiranom razvoju visokog obrazovanja i gospodarstva na nacionalnoj razini.

Znanstveno-istraživački, nacionalni i međunarodni, projekti u području biotehnologije su iznjedrili brojne znanstvene publikacije. Za razdoblje financiranja nacionalnih znanstveno-istraživačkih projekata od 2006. do 2011. uspostavljena je on-line baza podataka **Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa (MZOS)** nazvana z-projekti (<http://zprojekti.mzos.hr/>), prema kojoj su projekti svrstani po znanstvenim područjima i po projektnim razdobljima. Prema toj bazi podataka, u znanstvenom području Biotehničkih znanosti, financiran je 131 projekt u periodu 1996.-2002., 172 projekta od 2002. do 2006., te 277 projekata od 2007. do 2011. godine. Prema on-line bazi podataka ukupne znanstvene publicistike hrvatskih istraživača CROSBI (<https://bib.irb.hr/>), registriran je 61 znanstveno-istraživački projekt, financiran od strane MZOS, od 2007. do 2011. u znanstvenom polju Biotehnologija. Nacionalne znanstveno-istraživačke projekte od 2013. godine financira **Hrvatska zaklada za znanost**. Prema bazi podataka dostupnoj na mrežnim stranicama HRZZ-a (<http://www.hrzz.hr>), od 2013. godine je u znanstvenom polju Biotehnologija financirano ukupno 20 znanstveno-istraživačkih projekata.

Međunarodne suradnje i znanstvena istraživanja u biotehnologiji odvijaju se i kroz različite međunarodne projekte u okviru programa ERASMUS, TEMPUS, Strukturnih fondova za razvoj EU, IPA, Europskog fonda za regionalni razvoj i socijalni program EU, Okvirne programe Europske komisije (FP6, FP7, FP8 – "Horizon 2020"), a podaci o projektima dostupni su na mrežnim stranicama pod skraćenim nazivima kao npr.: CARBAZYMES, ProBioTech, "StAdvInn", MultiCaSt, PHOENIX i Bioaktivni vinski otpad (Dettenhofer i sur. 2019).

Hrvatska agencija za malo gospodarstvo, inovacije i investicije (HAMAG-BICRO) je zadužena za poticanje malog i srednjeg poduzetništva, kroz sve razvojne

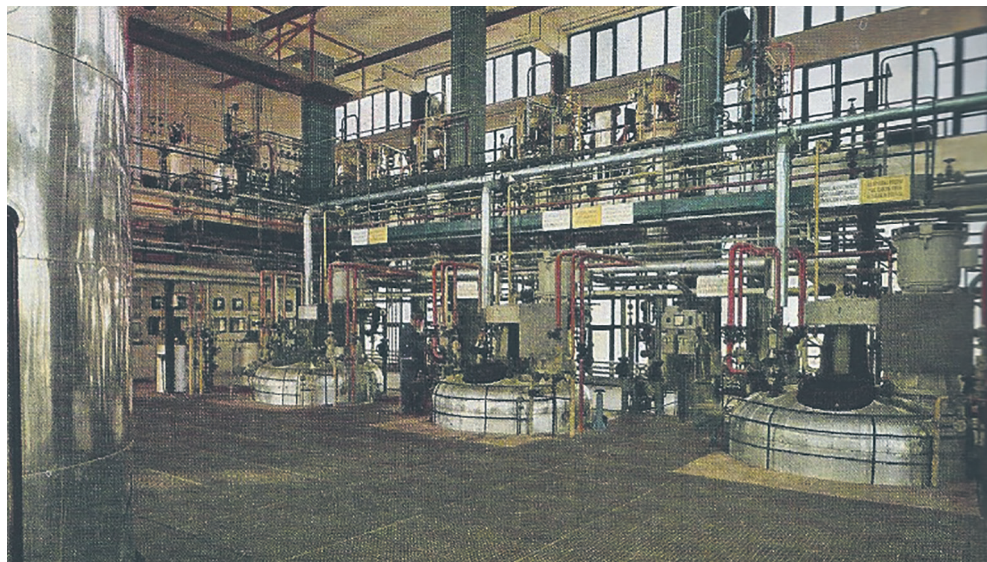
faze njihovog poslovanja – od istraživanja i razvoja ideje pa sve do komercijalizacije i plasmana na tržište, te svojim aktivnostima također podržava projekte u području biotehnologije (HAMAG-BICRO, 2020).

Stručna djelatnost u biotehnologiji kroz suradnju industrije i akademske zajednice, od samih je početaka razvoja biotehnologije u Hrvatskoj rezultirala prijavom brojnih patenata, proizašlih iz razvojnih programa, elaborata, idejnih projekata (tehnološka rješenja) i izvedbenih (glavnih) projekata, konstrukcija i investicijskih programa, elaborata i studija (popis navedenih dokumenata, u periodu 1956.-1986. je u prilogu).

Biotehnološka proizvodnja antibiotika u Hrvatskoj

PLIVA ima vodeću poziciju na hrvatskom tržištu u segmentu lijekova koji se izdaju na recept, a gdje pripadaju i antibiotici. Povijesni pregled razvoja biotehnološke proizvodnje antibiotika i drugih biotehnoloških proizvoda u PLIVI prikazan je u tablici 5. Početak biotehnoloških istraživanja u PLIVI obilježen je aktualnošću istraživanja antibiotika širokog spektra u svijetu, što su tada bila posve nova područja biotehnologije i industrijske mikrobiologije. Tako je 1957. pokrenuto istraživanje biotehnološke proizvodnje oksitetraciklina pod voditeljstvom dr. Gavre Tamburaševa s tadašnjeg Biotehnološkog odjela Tehnološkog fakulteta (današnjeg Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu), a 1958. je osnovan i Biotehnološki odjel u sklopu Istraživačkog instituta PLIVE. Kao rezultat te suradnje, uskoro je patentiran vlastiti tehnološki postupak za proizvodnju oksitetraciklina (OTC-a) koja je u PLIVI započela 1959. godine s vlastitim proizvodnim sojem *Streptomyces rimosus* R6 (slika 4). O značaju uvođenja ove biotehnološke proizvodnje govori i činjenica da je prof. emer. Selman Abraham Waksman, dobitnik Nobelove nagrade 1952. godine za fiziologiju ili medicinu za otkriće antibiotika streptomicina, tada posjetio pogon biotehnološke proizvodnje oksitetraciklina tvornice PLIVA (slika 5).

Potrebno je također naglasiti da je upravo nagli razvoj biotehnologije kroz sve rašireniju biotehnološku proizvodnju antibiotika, bio ključan za osnivanje jednog od prvih studija biotehnologije u Europi, odnosno na Sveučilištu u Zagrebu, što je potaknuo i uvođenje predmeta Kemija i tehnologija antibiotika, kao i predmeta Industrijska mikrobiologija, unutar kojeg je između ostalih radnih mikroorganizama, podučavano o mikroorganizmima producentima antibiotika. Predmet Industrijska proizvodnja antibiotika je uveo prof. Gavra Tamburašev 1957/58., na tadašnjem Biotehnološkom odjelu Tehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, a današnjem Prehrambeno-biotehnološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Od samog uvođenja predmeta, dio je studijskog programa bila i terenska nastava koja se



Sl. 4. Pogon proizvodnje oksitetracilina (OTC-a) u farmaceutskoj tvrtki PLIVA u bioreaktorima nazvanih "cigare" (Kolačny, 1968.)



Sl. 5. Fotografija snimljena 02. rujna 1959. godine, tijekom posjeta nobelovca dr. sc. Selmana Abrahamu Waksmana, prof. emer. (1952. godine Nobelova nagrada za otkriće streptomicina, prvog antibiotika koji je bio učinkovit protiv tuberkuloze), pogonu proizvodnje oksitetracilina (OTC-a) u farmaceutskoj tvrtki PLIVA, u društvu prof. dr. Gavre Tamburaševa i PLIVINIHZaposlenika (Kolačny, 1968.)

provodila organiziranjem stručnih posjeta tvornicama koje su u bivšoj Jugoslaviji proizvodile antibiotike, a bile su organizirane i studentske vježbe, ne samo na fakultetu, nego i u industrijskom pogonu proizvodnje antibiotika tvrtke PLIVA. Dr. sc. Marijan Bošnjak pridonio je napretku biotehnološke proizvodnje oksitetraciklina optimiranjem proizvodnog postrojenja i proizvodne tehnologije u PLIVI, a bio je suradnik i u nastavi na PBF-u Sveučilišta u Zagrebu. U to su vrijeme inženjeri iz industrije obavljali istraživanja za doktorat na današnjem Prehrambeno-biotehno- loškom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu i pri tom pomagali u nastavi, a inovacije i transfer znanja, koji uz edukaciju i znanstvena istraživanja čine treću društvenu funkciju suvremenih sveučilišta, su bili uobičajeni od samog osnutka studija bio- tehnologije na današnjem Prehrambeno-biotehno- loškom fakultetu Sveučilišta u Za- grebu. Predmet je tijekom godina mijenjao naziv, pa je tako akad. god. 1957./58. nosio naziv Industrijska proizvodnja antibiotika, od 1984./85. nosio naziv Tehnolo- gija antibiotika, a od 1996. godine izvođen u okviru predmeta Biotehno- loška proi- zvodnja lijekova i specifičnih kemikalija. Uvođenjem preddiplomskih i diplomskih studija po bolonjskom procesu, od akad. god. 2005./06., predmet ponovno dobiva naziv Tehnologija antibiotika. Nakon prof. dr. sc. Gavre Tamburaševa, nositeljstvo predmeta preuzeo je prof. dr. sc. Srećko Matošić, kojeg je naslijedila prof. dr. sc. Jagoda Šušković.

Rana istraživanja biosinteze oksitetraciklina provodili su, ne samo u tvrtkama Pfi- zer i Lederle, već su značajan doprinos dale Akademske skupine bivše Čehoslovač- ke i hrvatski istraživači Prehrambeno-biotehno- loškog fakulteta (PBF-a) Sveučilišta u Zagrebu (Petković i sur., 2017). Ruski znanstvenici iz All-Union Research Insti- tute for Antibiotics u Moskvi su također doprinijeli području genetike proizvodnje OTC-a u *S. rimosus*, njihov rad je uglavnom bio objavljivan u ruskim časopisima. Rane kružne kromosomske mape tri soja *S. rimosus* i mutiranog soja *S. rimosus*, blokiranih u proizvodnji OTC-a, neovisno su konstruirale dvije istraživačke skupi- ne, Friend and Hopwood u Velikoj Britaniji te istraživačka grupa prof. emer. Mari- je Alačević na PBF-u u suradnji s istraživačkom grupom iz PLIVE, Zagreb. Anali- zom mutiranih mikrobnih sojeva koji ne proizvode oksitetraciklin početno je predložena pozicija nekih lokusa odgovornih za biosintezu oksitetraciklina u do- njem dijelu mape. Zanimljivo, ove studije ističu dvije lokacije gena uključenih u biosintezu OTC-a na fizičkoj mapi kromosoma *S. rimosus* (Alačević, 1973; Pigac i Alačević, 1979). Početkom 1980-ih, Pfizerova grupa je objavila napredne genetič- ke i biokemijske studije temeljene na mutiranim sojevima *S. rimosus* smanjene sposobnosti biosinteze OTC-a. Zahvaljujući postignutim brojnim poboljšanjima, kako biotehno- loškog postupka proizvodnje, tako i vlastitog proizvodnog soja *S. rimosus*, PLIVA je stekla ugled proizvođača antibiotika vrhunske kakvoće, a razvo- jem vlastitog originalnog antibiotika azitromicina, taj je ugled i poziciju u svjetskoj farmaceutskoj industriji dodatno potvrdila (tablica 5).

Tablica 5. Povijesni razvoj PLIVE kao vodećeg proizvođača lijekova u Hrvatskoj i jednog od najpoznatijih farmaceutskih brendova u regiji Srednje i Istočne Europe (Bibliografija znanstvenih i stručnih radova, PLIVA, 1991; Povjesnica PLIVE, 1996; PLIVA-jučer, danas, sutra, 2013)

Godina	Aktivnost
1921.	osnovana tvornica Kaštel, KARLOVAC, preteča današnje PLIVE – proizvodnja farmaceutskih supstancija (uglavnom biljni ekstrakti)
1923.	proširenje proizvodnje (injekcije, parenteralne otopine, kapsule, tablete, sirupi)
1927.	preseljenje tvornice Kaštel u ZAGREB
1935.	Dr. sc. Vladimir Prelog, dobitnik Nobelove nagrade za kemiju 1975. godine, razrađuje ideju o osnivanju istraživačkog laboratorija u Kaštelu
1936.	Patentiran postupak za izradu azo-boja iz piperazina s baktericidnim i antiparazitskim djelovanjem
1937.	Patentiran i na tržište plasiran sulfanilamid Streptazol, što je bio početak razvoja i proizvodnje sulfonamida u Kaštelu, kao jednoj od prvih tvornica proizvođača sulfonamida u svijetu (kao rezultat razvoja sulfonamida ostvareno je ukupno 16 patenata)
1941.	Kaštel postaje dio državne tvornice PLIBAH koja mijenja ime u Državni zavod za proizvodnju lijekova i vakcina – PLIVA, Zagreb
1940.-tih	Proizvodnja inzulina, dobivenog ekstrakcijom iz pankreasa, koja je započela u Školi narodnog zdravlja 1938., nastavljena u PLIBAH-u, i u PLIVI, te je proizvodnja unaprijeđena na sve čišće i djelotvornije oblike inzulina
1952.	Osnovan Istraživački institut PLIVE
1953.	Biotehnoška proizvodnja C vitamina
1959.	Biotehnoška proizvodnja antibiotika oksitetraciklina submerznim aerobnim uzgojem vlastitog soja producenta <i>Streptomyces rimosus</i> R6, poznatog u međunarodnoj znanstvenoj literaturi kao “Zagreb strain”
1959.	Nagrada grada Zagreba dr. Zrinki Tamburašev, dr. Gavri Tamburaševu i suradnicima za zasluge u razvoju proizvodnje antibiotika oksitetraciklina
1959.	Biotehnoška proizvodnja vitamina B6
1960.-tih i 1970.-tih	Patentirani mikrobnj sojevi producenti penicilin-acilaze i razrađen biotehnoški postupak za enzimsku proizvodnju 6-aminopenicilanske kiseline (6-APA)
1960.-tih	Izoliran vlastiti soj producent vitamina B12 i patentiran biotehnoški postupak proizvodnje vitamina B12
1960.-tih	Razvoj biotehnoških postupaka biosinteze aminokiselina (glutaminska, lizin, histidin) i nukleotida (inozin)
1960.-tih i 1970.-tih	Kontinuirano oplemenjivanje soja producenta oksitetraciklina <i>Streptomyces rimosus</i> genetičkim metodama u suradnji istraživačke grupe prof. emer. Marije Alačević sa današnjeg Prehrambeno-biotehnoškog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i Istraživačkog instituta PLIVE (dr. sc. Jasenka Pigac, dr. sc. Daslav Hranueli, dr. sc. M. Strašek-Vešligaj)

Godina	Aktivnost
1960.-tih i 1970.-tih	Izrada elaborata i razvoj biotehnoških postupaka biosinteze amilolitičkih i proteolitičkih enzima. Istraživanja su obuhvatila i druge skupine enzima: β -glukanaze, celulolitičke enzime, glukoza izomerazu, glukoza oksidazu, invertazu
1967.	Udruživanje s Tvornicom za proizvodnju špirita i kvasca "Žumberak" u Savskom Marofu te je uslijedila modernizacija i unaprijeđenje proizvodnje etanola i kvasca (uvođenje vlastitog biotehnoškog postupka proizvodnje suhog aktivnog kvasca)
1970.	Nagrada grada Zagreba mr.sc. Dragutinu Vlašiću i Marijanu Vrani, za tehnološki postupak proizvodnje proteolitičkih enzima
1970.	Udruživanje s tvornicom Serum zavod Kalinovica u kojoj su se od 30-tih godina 20. st. proizvodili humani serumi, a zatim oni za veterinarsku uporabu, a kasnije je uvedena proizvodnja veterinarskih lijekova.
1970.-tih	Opsežna istraživanja i razvoj vlastite tehnologije proizvodnje vakcina razvijanjem vlastitih biotehnoških postupaka (proizvodnja bakterijskih vakcina aerobnim i anaerobnim submerznim uzgojem), proizvodnja animalnih virusa na primarnim i linijskim kulturama stanica
1970.-tih	Istraživanja peptidoglikan monomera kao imunomodulatora
1971.	Patentna prijava za polusintetski tetraciklinski antibiotik metaciklin
1978.	Patentna prijava za polusintetski tetraciklinski antibiotik doksiciklin
1981.	Patentna prijava za vlastiti, originalno razvijen antibiotik azitromicin (autori: Slobodan Đokić, Gabrijela Kobrehel, Gorjana Radobolja-Lazarevski i Zrinka Tamburašev)
1986.	potpisan licencni ugovor s tvrtkom PFIZER, kojom PFIZER dobiva ekskluzivno pravo na prodaju azitromicina u SAD i zapadnoj Evropi
1988.	Plasiranje antibiotika azitromicina na tržište pod zaštićenim imenom SUMAMED (tvrtka PFIZER uvodi azitromicin na tržište pod imenom ZITHROMAX 1991. godine)
1990.-tih	istraživanja i razvoj biotehnoške proizvodnje antibiotika mupirocina
1998.	otvoren novi pogon za proizvodnju azitromicina u Savskom Marofu
2002.	Otvoren novi istraživački institut
2000.-tih	razvoj proizvodnje dva biogenerička lijeka: eritropoetina (EPO, koji stimulira proizvodnju eritrocita) i filgrastima, (G-SCF – Granulocyte Colony Stimulating Factor – faktora stimulacije rasta granulocita)
2006.	PLIVA ulazi u sastav američke tvrtke Barr
2009.	PLIVA postaje članica izraelske Teva grupe, jedne od najvećih svjetskih farmaceutskih kompanija
2009.	PLIVA prodaje tvrtki Hospira pogon biotehnoške proizvodnje biogeneričkih lijekova filgrastima i eritropoetina
2011.	Pokrenut novi investicijski ciklus, jedan od najvećih u povijesti kompanije

Osim PLIVE kao najvećeg proizvođača lijekova, u Republici Hrvatskoj posluje ukupno oko 50 farmaceutskih tvrtki, među kojima su hrvatske farmaceutske tvrtke Belupo i Jadran galenski laboratorij prisutni sa svojim lijekovima na europskom i američkom tržištu, te tvrtka PharmaS, koja također proizvodi i stavlja u promet generičke lijekove, dok je tvrtka Genos registrirana za istraživanje i eksperimentalni razvoj u biotehnologiji. U Kliničkom bolničkom centru Sestre milosrdnice, na Klinici za traumatologiju uspostavljena je Banka tkiva za bankiranje koštanih presadaka živih darivatelja te uzgoj i bankiranje ljudske kože.

U Republici Hrvatskoj svoje proizvodne pogone i laboratorije imaju i inozemne farmaceutske tvrtke npr. GlaxoSmithKline, Hospira, Galapagos istraživački centar, Teva, Xellia, ACG Lukaps, Sandoz Hrvatska, Genera i Farmal. Na hrvatskom tržištu distribucije lijekova Medika je najstarija i vodeća hrvatska tvrtka, a među najvećima su i Phoenix Farmacija, Medical Intertrade i Oktal Pharma.

Biotehnoška proizvodnja ostalih lijekova i finih kemikalija

Biotehnoška proizvodnja cjepiva ima dugogodišnju tradiciju kroz djelatnost PLIVE i Imunološkog zavoda. Tako su u PLIVI još 1970-tih godina započela opsežna istraživanja i razvoj tehnologije proizvodnje vakcina razvijanjem vlastitih biotehnoških postupaka (proizvodnja bakterijskih vakcina aerobnim i anaerobnim submerznim uzgojem, proizvodnja animalnih virusa na primarnim i linijskim kulturama stanica). U Kalinovici (PLIVA) su se od 30-tih godina 20. st. proizvodili humani serumi, a zatim oni za veterinarsku uporabu, a kasnije je uvedena proizvodnja veterinarskih lijekova.

Prije više od pola stoljeća **Imunološki zavod** započeo je s proizvodnjom lijekova iz ljudske krvi ili ljudske plazme. Imunološki zavod proizvodi krvne derivate isključivo iz plazme prikupljene na području Republike Hrvatske. Cjepivo protiv morbila, priređeno sa sojem Edmonston-Zagreb, izradili su i usavršili stručnjaci Imunološkog zavoda, a koje je Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) ocijenila kao cjepivo protiv morbila Imunološkog zavoda koje postiže izuzetne imunološke učinke, što je doprinijelo svjetskom ugledu Imunološkog zavoda. Imunološki zavod je 2015. godine dao novoosnovanoj "Javnoj zdravstvenoj ustanovi Imunološki zavod" pravo korištenja poslovnih prostora i opreme koje je koristio za obavljanje djelatnosti, uključujući pravo ostave i čuvanja matičnih sojeva virusa (Javna zdravstvena ustanova Imunološki zavod, 2020).

Tvrtka **Genera** dioničko društvo za razvoj i proizvodnju farmaceutskih proizvoda, u vlasništvu Dechra Grupe, proizvodi veterinarsko-medicinske proizvode, među kojima je biotehnoška proizvodnja cjepiva. Tvrtka Genera je u lipnju 2017. godine

započela s provedbom projekta "Istraživanje i razvoj proizvoda u segmentu živih peradarskih cjepiva". Projekt se provodi u okviru Trajno otvorenog poziva na dostavu projektnih prijedloga za dodjelu bespovratnih sredstava za "Povećanje razvoja novih proizvoda i usluga koji proizlaze iz aktivnosti istraživanja i razvoja" koji je sufinanciran u okviru Operativnog programa Konkurentnost i kohezija sredstvima iz Europskog fonda za regionalni razvoj (Genera, 2019).

Biotehnološka proizvodnja vitamina u Hrvatskoj započela je s proizvodnjom vitamina C u tvrtki **PLIVA** 1953. godine, a već 1959. godine uvedena je biotehnološka proizvodnja vitamina B6. U PLIVI je 1960-tih godina Izoliran vlastiti soj producent vitamina B12 i patentiran biotehnološki postupak proizvodnje vitamina B12.

Biotehnološka proizvodnja enzima također je bila zastupljena u tvrtki PLIVA. Tijekom 1960-tih i 1970-tih godina izrađeni su elaborati i razvijeni biotehnološki postupci mikrobne proizvodnje amilolitičkih i proteolitičkih enzima za potrebe industrije. Istraživanja su obuhvatila i druge skupine enzima (β -glukanaze, celulolitičke enzime, glukoza izomerazu, glukoza oksidazu, invertazu). Nagrada grada Zagreba mr.sc. Dragutinu Vlašiću i Marijanu Vrani za tehnološki postupak proizvodnje proteolitičkih enzima dodijeljena im je 1970. godine. Istraživanja biotehnološke proizvodnje enzima su se provodila i na Prehrambeno-biotehnološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu na Zavodu za biokemijsko inženjerstvo (tablica 5). Tako su 1960-tih i 1970-tih godina patentirani mikrobnii sojevi producenti enzima penicilin-acilaze (V. Johanides i Pavušek I.: patentirani sojevi *Cordyceps militaris*, *Trichospron cutaneum*, *Rhodotorula mucilaginoso*, *Isaria farinosa*, *Candida zeylanoides*) i razrađen biotehnološki postupak za enzimsku proizvodnju 6-aminopenicilanske kiseline (6-APA).

Mr. sc. Dragutin Vlašić je, kao voditelj Biotehnološkog odjela u PLIVI, a potom kao pomoćnik direktora Istraživačkog instituta PLIVE, uspješno organizirao istraživački rad i sudjelovao u uvođenju predmeta Biokemijsko inženjerstvo na Prehrambeno-biotehnološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, na kojem je bio predavač, kao i na predmetu Tehnologija enzima na istom Fakultetu, kojeg je uveo prof. dr. sc. Zdravko Duvnjak 1976. godine. U suradnji s mr.sc. Dragutinom Vlašićem iz PLIVE, na fakultetu se radilo na razvoju tehnika imobilizacije enzima i biotehnološkoj proizvodnji amilolitičkih i proteolitičkih enzima površinskim i submerznim uzgojem mikroorganizama producenata. Predmet Tehnologija enzima preuzeo je, nakon prof. dr. sc. Zdravka Duvnjaka, prof. dr. sc. Srećko Matošić, zatim 1996. godine predmet mijenja naziv u Proizvodnja enzima i enzimsko inženjerstvo, a od akad. god. 2005/06. ponovno dobiva naziv Tehnologija enzima kojeg je nositeljica bila prof. dr. sc. Jagoda Šušković, a od 2015. godine prof. dr. sc. Blaženka Kos, a profesori u Laboratoriju su i prof. dr. sc. Jasna Novak i doc. dr. sc. Andreja Leboš Pavunc.

Biotehnoška proizvodnja dva biogenerička lijeka: eritropoetina (EPO, koji stimulira proizvodnju eritrocita) i filgrastima, (G-SCF – Granulocyte Colony Stimulating Factor – faktora stimulacije rasta granulocita), razvijena je 2000-tih godina u tvrtki PLIVA. Biotehnošku proizvodnju biogeneričkih lijekova filgrastima i eritropoetina 2009. godine preuzima Hospira Inc. kupnjom biotehnoškog poslovanja PLI-VE, kada je tvrtku Hospira preuzela farmaceutska kompanija Pfizer, a direktor je Domagoj Runac, mag. ing. biotehnologije.

Laboratorij koji je utemeljio genetičko inženjerstvo u Hrvatskoj osnovan je još 1979. godine, današnjeg naziva Laboratorij za biologiju i genetiku mikroorganizama, kojeg je pročelnica bila prof. emer. Marija Alačević, zatim prof. dr. sc. Jasne Franekić i prof. dr. sc. Zoran Zgaga, a aktualni pročelnik je prof. dr. sc. Ivan-Krešimir Svetec. U fokusu biotehnoških znanstvenih istraživanja tog laboratorija su mikrobna i molekularna genetika i evolucija kao i oplemenjivanje industrijskih mikroorganizama primjenom klasičnih genetičkih metoda i metoda rekombinantne DNA. Aktivni profesori laboratorija u području biotehnologije su: prof. dr. sc. Višnja Bačun Družina, prof. dr. sc. Ksenija Durgo, doc. dr. sc. Anamarija Štafa i doc. dr. sc. Bojan Žunar, a među vanjskim suradnicima laboratorija u području biotehnologije su dr. sc. Dušica Vujaklija i dr. sc. Krešimir Gjuračić.

Dr. sc. Dušica Vujaklija je voditeljica Laboratorija za spektrometriju masa i funkcionalnu proteomiku na institutu Ruđer Bošković, čija su istraživanja fokusirana na genetiku industrijski važnih mikroorganizama koji pripadaju bakterijskom rodu *Streptomyces*, dok šire područje istraživanja laboratorija obuhvaća biološki aktivne molekule, dizajn, sinteza i svojstva organometalnih kompleksa od biološkog i farmakološkog značaja te onih koji se mogu primijeniti u organskoj sintezi i katalizi te kao kromogeni i fluorescentni kemosenzori.

Biotehnoška istraživanja Laboratorija za biokemiju PBF-a Sveučilišta u Zagrebu obuhvaćaju proučavanje strukture i biosinteze stanične stijenke kvasca, fiziološke uloge glikoproteina stanične stijenke i mehanizama njihove lokalizacije, ekspresije rekombinantnih proteina u stanicama kvasca i njihove imobilizacije na površini stanica kvasca te regulacije ekspresije gena u kvascu i primjenu navedenih istraživanja u biotehnologiji. Profesori, nositelji nastavnog i znanstveno-istraživačkog rada u laboratoriju bili su prof. emer. Pavao Mildner, izv. prof. dr. sc. Branka Mihanović, prof. dr. sc. Blanka Ries, prof. dr. sc. Jasna Kniewald (do osnivanja Laboratorija za Toksikologiju) a nastavili su prof. emer. Slobodan Barbarić, prof. dr. sc. Vladimir Mrša, prof. dr. sc. Renata Teparić i doc. dr. sc. Igor Stuparević.

Znanstveno-istraživački rad Laboratorija za toksikologiju, osnovanog 1988. godine, obuhvatio je slijedeća područja: učinke ksenobiotika na metabolizam steroidnih hormona i na reprodukciju u sisavaca i primjenu tehnologije životinjskih i humanih stanica – primarnih kultura i staničnih linija u istraživanjima toksičnih učinaka kse-

nobiotika. Pročelnici Laboratorija za toksikologiju, i nositelji nastavnih i znanstvenih aktivnosti bili su prof. dr. sc. Jasna Kniewald, utemeljiteljica Laboratorija, i prof. dr. sc. Branimir Šimić, a aktualna pročelnica je izv. prof. dr. sc. Ivana Kmetič, uz koju je u Laboratoriju doc. dr. sc. Teura Murati.

U okviru Zavoda za biokemijsko inženjerstvo PBF-a Sveučilišta u Zagrebu djeluje i Laboratorij za tehnologiju i primjenu stanica i biotransformacije. Laboratorij je osnovan 1960. godine pod nazivom Laboratorij za kemiju i tehnologiju vitamina i hormona. Proširujući područje djelatnosti, 1996. godine Laboratorij je preimenovan u Laboratorij za tehnologiju i primjenu stanica i biotransformacije. Od 1987.-2007. godine pročelnik Laboratorija bio je prof. emer. Zlatko Kniewald koji je dobio godišnju nagradu za znanstveni rad "Ruđer Bošković", za značajnu znanstvenu djelatnost u oblasti prirodnih znanosti – područje kemije (1986.) i nagradu za životno djelo "Moć znanja" HATZ, 2016. godine. Od 2007.-2011. pročelnica Laboratorija je bila prof. dr. sc. Jasna Vorkapić-Furač, te od 2011.-2015. prof. dr. sc. Višnja Gaurina Srček. Znanstvena aktivnost unutar Laboratorija obuhvaćala je najprije sinteze intermedijera i derivata različitih vitamina, a zatim sintezu i metabolizam steroidnih i gonadnih hormona, biološku aktivnost glukozinolata i polifenola, biokatalizu i dobivanje čistih enantiomernih spojeva, djelovanje ksenobiotika, posebice pesticida iz okoliša na reproduktivne funkcije, te razvoj i primjenu tehnologije životinjskih stanica za proizvodnju cjepiva. Uz prof. emer. Zlatka Kniewalda i prof. dr. sc. Višnju Gaurina Srček, profesori u laboratoriju su prof. dr. sc. Ivana Radojčić Redovniković, izv. prof. dr. sc. Kristina Radošević, izv. prof. dr. sc. Igor Slivac i doc. dr. sc. Marina Cvjetko Bubalo.

Laboratorij za opću mikrobiologiju i mikrobiologiju namirnica je osnovan pod nazivom Laboratorij za mikrobiologiju 1956. godine. Pročelnici Laboratorija su bili prof. dr. sc. Ivan Bach, prof. dr. sc. Oton Pospišil, doc. dr. sc. Dubravka Salopek, prof. emer. Senadin Duraković i prof. dr. sc. Frane Delaš. Aktualna pročelnica laboratorija je prof. dr. sc. Ksenija Markov, uz koju je u laboratoriju i prof. dr. sc. Jadranka Frece, aktualna dekanica Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i dobitnica državne nagrade za znanost 2014. godine za primjenu rezultata znanstveno-istraživačkog rada. U sklopu Laboratorija nalazi se Zbirka mikroorganizama Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta pod oznakom ZMPBF, koja sadrži bakterije, kvasce i plijesni, patogene mikrobe, kao i starter kulture za proizvodnju fermentiranih prehrambenih proizvoda, mikroorganizme koji čine temelj nastavne i istraživačke aktivnosti ovog laboratorija, čija znanstvena ekspertiza također obuhvaća istraživanje mikotoksina i primijenjenu mikrobiologiju.

Najmlađi laboratorij Zavoda za biokemijsko inženjerstvo je Laboratorij za bioinformatiku, osnovan najprije kao Kabinet za bioinformatiku 2002. godine dolaskom prof. dr. sc. Daslava Hranuelia, koji je niz godina bio vanjski suradnik PBF-a kao djelatnik Istraživačkog instituta PLIVE, prvenstveno u području genetike bakterija

producers antibiotika, rodova *Streptomyces* i *Bacillus*. Stoga su glavne aktivnosti bile primjena 3DIS računalnog sustava za otkriće i dizajn lijekova *in silico*, a vremenom su proširene na primjenu bioinformatike u proteomici baziranoj na masenoj spektrometriji, nutrigenomici ali i dizajnom i provođenjem istraživanja u tzv. "wet lab-u". Primjena paradigmi kao što je "deep learning" i "big data" na biološke probleme te industrijska primjena bioinformatičkih alata u svim područjima djelovanja PBF-a Sveučilišta u Zagrebu. Profesori u laboratoriju su prof. emer. Daslav Hranulić, prof. dr. sc. Antonio Starčević, prof. dr. sc. Jurica Žučko i doc. dr. sc. Janko Diminić.

Na Odjelu za biotehnologiju Sveučilišta u Rijeci bave se temeljnim i primijenjenim istraživanjima iz područja molekularne medicine i medicinske kemije. Unutar Odjela djeluje 14 profesora i 10 docenata na čelu s pročelnicom Odjela prof. dr. sc. Mirandom Mladinić Pejatović.

Biotehnološka proizvodnja fermentirane hrane, probiotičkih proizvoda i probiotika kao živih lijekova u Hrvatskoj

Industrijska proizvodnja fermentirane hrane, bazirana na primjeni mikrobnih starter kultura, čini značajan dio proizvodnog sektora Republike Hrvatske, a obuhvaća različite fermentirane proizvode dobivene iz sirovina biljnog podrijetla (žitarice, škrobne sirovine, povrće, voće itd.) i životinjskog podrijetla (mlijeko, meso, riba). Najznačajniji udio svakako zauzima biotehnološka proizvodnja fermentiranih mliječnih proizvoda koja se u Hrvatskoj počela razvijati još 1950.-tih godina kada počinje izgradnja niza mljekara, kojima su kontinuirano proširivani industrijski kapaciteti. I u Europi tada započinje proizvodnja jogurta, a ubrzo se proširuje paleta fermentiranih mliječnih proizvoda na bazi jogurta i jogurtu sličnim proizvodima, uz stalno poboljšavanje njihove kvalitete. Paralelno raste potrošnja sireva, na tržištu se kontinuirano pojavljuju nove industrijski proizvedene vrste sira koji se lokalno proizvode na seoskim gospodarstvima kao autohtoni sirevi. (Lukač-Havranek, 1994). U novije vrijeme trend je otvaranja novih, uglavnom malih mljekara, na tržištu je sve više tradicionalnih fermentiranih mliječnih napitaka i sireva, deklariranih kao prirodni i bez aditiva, te funkcionalnih proizvoda s dodatkom probiotičkih mikrobnih kultura (Tratnik i Božanić, 2012).

Upravljanje sigurnošću hrane provodi se na Zavodu za poznavanje i kontrolu sirovina i prehrambenih proizvoda, u Laboratoriju za kontrolu kvalitete u prehrambenoj industriji na PBF-u Sveučilišta u Zagrebu, kojeg vodi prof. dr. sc. Nada Vahčić i prof. dr. sc. Mirjana Hruškar, koja obnaša i dužnost Prorektorice za prostorni razvoj i sustav kontrole kvalitete Sveučilišta u Zagrebu.

Među vodećim prehrambenim kompanijama u Hrvatskoj su: Dukat, Vindija, Podravka, Atlantic Grupa, Fortenova grupa (Agrokor), od kojih su prve dvije vodeće u mliječnoj industriji Hrvatske.

Visokoškolsko obrazovanje koje obuhvaća biotehnošku proizvodnju fermentiranih mliječnih proizvoda, odvija se kroz nastavne i znanstveno-istraživačke aktivnosti Laboratorija za tehnologiju mlijeka i mliječnih proizvoda PBF-a Sveučilišta u Zagrebu, a provode se još od akad. god. 1960./61. kada su ih započeli prof. dr. sc. Ante Petričić i prof. dr. sc. Davor Baković, nastavila dr. sc. Ljerka Kršev i prof. dr. sc. Ljubica Tratnik, a aktualna pročelnica je prof. dr. sc. Rajka Božanić. Zavod za mljekarstvo Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu je od svog osnutka 1922. godine prvenstveno orijentiran na proizvodnju mlijeka, a prati i trendove razvoja mljekarske industrije, te je 2001. godine pri fakultetu osnovan Referentni laboratorij za mlijeko i mliječne proizvode.

U Hrvatskoj su istraživanja probiotičkih bakterija mliječne kiseline započela istovremeno s istraživanjima u svijetu, 1980-tih godina, na Prehrambeno-biotehnoškom fakultetu (PBF-u) Sveučilišta u Zagrebu, gdje je prof. dr. sc. Jagoda Šušković pokrenula istraživanja i prva doktorirala na temu probiotičkog koncepta, te osnovala prvi laboratorij za istraživanje probiotika koji nosi naziv Laboratorij za tehnologiju antibiotika, enzima, probiotika i starter kultura na PBF-u. Istraživanja antimikrobne aktivnosti bakterija mliječne kiseline je još 1950.-tih godina provodila dr. sc. Tomić Karović Kruna s Farmaceutskog i Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, za terapiju dijareja uzrokovanih patogenim bakterijama, a 1980-tih godina dr. sc. Jagoda Šušković na PBF-u Sveučilišta u Zagrebu, kada su bakterije mliječne kiseline u probiotičkom kontekstu prvenstveno bile istraživane kao zamjena za antibiotike koji su se primjenjivali za poticanje rasta životinja na farmama što je dovodilo do širenja antibiotičke rezistencije (Makovec i sur. 2014., Gačić i sur. 2015., Obad i sur. 2015., Fejzuli i sur. 2018.).

Predmet “Probiotici i starter kulture” u kurikulumu sveučilišnih studijskih programa također je prvi put, 2000. godine, uvela prof. dr. sc. Jagoda Šušković na PBF-u i izvodi se od 2000. godine na PBF-u Sveučilišta u Zagrebu, na dodiplomskom studiju Biotehnologija, i nastavlja se kontinuirano izvoditi na preddiplomskim i diplomskim studijima PBF-a po Bolonjskom procesu. Na sveučilišnom poslijediplomskom doktorskom studiju PBF-a “Biotehnologija i bioprocesno inženjerstvo, prehrambena tehnologija i nutricionizam” prof. dr. sc. Jagoda Šušković je uvela predmet Probiotici, prebiotici i funkcionalne starter kulture.

U Laboratoriju za tehnologiju antibiotika, enzima, probiotika i starter kultura na PBF-u, koji i danas ima vodeću ulogu u Hrvatskoj na području istraživanja probiotika, izrađeno je ili je još u izradi više od 10 disertacija u okviru probiotičkog koncepta (slika 7), više od 200 završnih i diplomskih radova studenata te publicirane



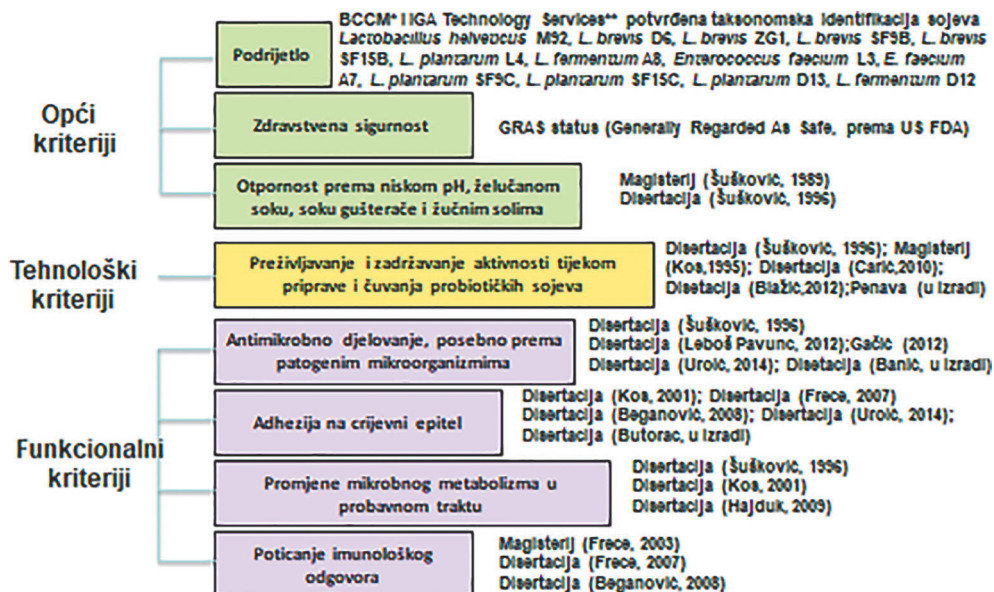
a)



b)

Sl. 6. Živi probiotički sojevi u osušenoj praškastoj formi dobiveni liofilizacijom **a)** i mikroinkapsulirani probiotički sojevi **b)**, proizvedeni u Laboratoriju za tehnologiju antibiotika, enzima, probiotika i starter kultura na Prehrambeno-biotehnoškome fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

znanstvene radove u tom području (Šušković i sur. 2001, Kos i sur. 2003, Frece i sur. 2005, Kos i sur. 2008., Šušković i sur. 2009., Frece i sur. 2009., Šušković i sur. 2010., Beganović i sur., 2011, Beganović i sur. 2014., Leboš Pavunc i sur., 2011, Uroić i sur. 2016., Banić i sur. 2018). Naime, za razliku od probiotika prve generacije, koji su dodatci prehrani ili sastojci funkcionalne hrane, a regulira ih Europska agencija za sigurnost hrane (EFSA – European Food Safety Authority). Drugu generaciju probiotika čine žive bakterije za terapiju bolesti. Američka agencija za hranu i lijekove (engl. US FDA – Food and Drug Administration of USA) već ima odobrene proizvode koje naziva “živim bioterapijskim pripravcima” (engl. LBPs



* BCCM - Belgian Coordinated Collections of Microorganisms (www.belspo.be/BCCM)

** IGA Technology Services, Udine, Italy (<http://igatechnology.com>)

Sl. 7. Strategija razvoja probiotika kao živih lijekova i popis disertacija izrađenih u okviru te strategije u Laboratoriju za tehnologiju antibiotika, enzima, probiotika i starter kultura Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, prilagođeno prema Šušković i sur. 2009., Kos i sur. 2020.

– live biotherapeutic products) ili “živim mikrobnim vektorima” (engl. LMVs – live microbial vectors). “Živi bioterapijski pripravci” sadrže žive bakterije namijenjene liječenju ili prevenciji bolesti (FDA, 2016a), dok “živi mikrobnih vektori” sadrže žive bakterijske stanice koje su “nosači” za isporuku lijeka na ciljno mjesto djelovanja (FDA, 2016b). Kako će “živi bioterapijski pripravci”, odobreni od FDA, biti dostupni i na europskom tržištu, Komisija Europske farmakopeje (European Pharmacopoeia Commission, 2019) je uspostavila standarde za osiguravanje njihove kvalitete koji su stupili na snagu u travnju 2019. godine.

Kao rezultat provedenih znanstvenih istraživanja i primjene rezultata znanstvenih istraživanja u suradnji s industrijom, dvjema djelatnicama Laboratorija su dodijeljene državne nagrade za znanost za primjenu rezultata znanstveno-istraživačkog rada u okviru probiotičkog koncepta, pročelnici Laboratorija prof. dr. sc. Jagodi Šušković 2009. godine, a prof. dr. sc. Blaženki Kos 2018. godine. Među ostvarenim suradnjama ističe se ona s tvrtkom Lura (sada Dukat), tijekom koje je prof. dr. sc. Jagoda Šušković sudjelovala u uvođenju probiotika (BioAktiv LGG) na hrvatsko tržište (1998.-2001.) kroz suradnju sa sektorom «Razvoj proizvoda i tehnologije» prehrambene industrije i kroz TV i radio nastupe i stručne članke u dnevnom i tjednom tisku, u svrhu edukacije javnosti. Jedna od značajnijih recentnih suradnji je i ona s tvrtkom Podravka na projektu razvoja funkcionalnih probiotičkih proi-



SI. 8. Rezultat projekta suradnje Laboratorija za tehnologiju antibiotika, enzima, probiotika i starter kultura na Prehrambeno-biotehnoškome fakultetu Sveučilišta u Zagrebu s tvrtkom Podravka (2013.-2017.) je razvoj i plasiranje na tržište tri nova probiotička proizvoda: Lino 3 žitarice (riža, proso, heljda), Lino riža s bananom i Lino riža s jabukom i mrkvom.

zvoda prerađene hrane na bazi žitarica (Podravka, Koprivnica) (2013.-2017.) koja je rezultirala razvojem i plasiranjem tri nova probiotička proizvoda na tržište namijenjenim dohrani dojenčadi od 4. mjeseca života, koji su prikazani na slici 8 (Leboš Pavunc i sur., 2019).

Na hrvatskom se tržištu nalazi velik broj probiotičkih pripravaka kao dodatka prehrani te velik broj probiotičkih pripravaka za prevenciju i terapiju različitih bolesti, koje na tržište stavlja više od 30 nacionalnih i međunarodnih tvrtki. Među vodećim tvrtkama koje proizvode dodatke prehrani u Hrvatskoj su Atlanic grupa, u čijem je sastavu od 2007. godine tvrtka Fidifarm/Dietpharm, i tvrtka Podravka, u čijem je sastavu od 1972. godine farmaceutska tvrtka Belupo koja uz lijekove, razvija i proizvodi originalne dijetetske proizvode kao što je npr. hrana za posebne medicinske potrebe.

Biotehnoška proizvodnja octa, kvasca, etilnog alkohola i alkoholnih pića u Hrvatskoj

Mikrobna biotehnoška proizvodnja octa u Hrvatskoj provodi se u tvrtki Badel, i čini oko 30% domaće proizvodnje, te u tvrtkama Prehrana Varaždin i Tvornica octa Virovitica. Ukupna godišnja proizvodnja je 8 milijuna litara, bijeli (alkoholni) ocat čini 40%, vinski ocat 30%, a jabučni ocat 30% proizvodnje.

Obitelj Badel utemeljila je tvrtku Braća Badel za proizvodnju octa, alkohola i jakih alkoholnih pića 1930. godine u Sesvetama u blizini Zagreba. Tvrtka je kroz povijest i kroz promjene političkog sustava djelovala samostalno ili pak kao dio većih sustava. U jesen 2009. formiranjem TITA grupe, Badel postaje dio grupacije koja također uključuje tvrtke Labud i Kutrilin TPV. U ožujku 2011. Badel kupuje tvrtku Segestica u stečaju, proizvodni pogoni obiju kompanija se sjedinjuju, te Badel u potpunosti prebacuje svoju proizvodnju iz Sesveta u Sisak i revitalizira nekadašnje pogone Segestice. Instalirani proizvodni i tehnološki kapaciteti omogućavaju kvalitetnu proizvodnju octa, jakih alkoholnih i bezalkoholnih pića.

Proizvodnja kvasca u Hrvatskoj započela je 1877. u tvornici žeste i pjenice u Savskom Marofu, koju je uzorno uredio barun T. Dumreicher, a koja je nakon 2. svjetskog rata dobila naziv “Žumberak”. U periodu od 1967. do 1999. proizvodnja kvasca je dio tvrtke PLIVA i u tom je periodu uvedena i biotehnološka proizvodnja suhog aktivnog kvasca. Godine 1999. osnovana je tvrtka Kvasac koja je dio Le-saffre grupe. Godišnji kapacitet proizvodnje bio je 16.000 t svježeg i suhog aktivnog kvasca. Godine 2018. tvrtka Kvasac je proizvodnju svježeg kvasca prenijela u sestrinske tvrtke u zemljama EU, a nastavlja proizvoditi i dalje razvijati pekarske dodatke te pakirati suhi kvasac, te je jedan od dobavljača svježeg kvasca na hrvatskim i ostalim tržištima jugoistočne Europe.

Sladorana, Županja je vodeća Hrvatska tvornica za preradu šećerne repe, proizvodnju i preradu šećera, proteinskog praha, rezanaca šećerne repe, melase šećerne repe, a koja proizvodi i etilni alkohol iz melase šećerne repe.

Proizvodnja alkoholnih pića, zastupljena kroz poznate nacionalne brendove tvrtki Badel, Maraska, Zvečevo, Istravino itd. Ukupno iznosi oko 10,5 milijuna litara godišnje (cca 65% za domaće tržište) gdje je također jedan od imperativa tržišta kontinuirani rad na unaprjeđivanju tehnologije i poboljšanju kvalitete i proširivanju asortimana alkoholnih pića.

Proizvodnja vina u Hrvatskoj obilježena je kontinuiranim radom na unaprjeđenju tehnologije proizvodnje. Nacionalni sustav zaštite kontroliranog zemljopisnog podrijetla vina, zamijenjen je ulaskom Hrvatske u EU, novim sustavom zaštićenih oznaka izvornosti, sukladno prihvaćenim europskim standardima. Na tržištu stalno raste zastupljenost vina s oznakom izvornosti i kvalitetnih vina. Rezultat uvođenja novih tehnologija i poštivanje dobre proizvođačke prakse, dovodi do velikog potencijala kvalitetnih i vrhunskih vina, velikih i malih serija, za tzv. “butik” prodaju (Alpeza i sur. 2014, Petravić Tominac, 2017). Uz najveće proizvođače vina u Hrvatskoj npr. Agrokor vina (Vina Belje, Vina Laguna), Badel 1862, Badel, Vinoplod itd., baza podataka “Wine Searcher” sadrži 195 proizvođača vina iz Hrvatske, proizvodnja se procjenjuje na oko 1,3 milijuna hL godišnje, s udjelom od 70-75% bijelih i 25-30 % crvenih/crnih vina te oko 1% ružičastog (rose) vina (Wine-Searcher, 2020).

Razvoj pivarstva u Hrvatskoj započinje u 18. stoljeću kada se osnivaju prve obrtničke pivovare, preteče današnjih suvremenih industrijskih pogona, najprije u Zagrebu, a zatim u Valpovu, Varaždinu i Požegi. Prva Daruvarska pivovara, na istom mjestu gdje se i danas nalazi, otvorena je 1840. godine, u Karlovcu 1852., u Sisku 1854., u Novoj Gradiški 1860., u Đurđevcu 1864., u Križevcima 1875. godine. Ubrzo zatim otvaraju se pivovare u Petrinji, Slavonskom Brodu, Otočcu i Gospiću. S pojavom parnih i rashladnih uređaja, dio manjih pivovara je zatvoren, da bi početkom 1. svjetskog rata proizvodnja piva obustavljena, a opstaje jedino Zagrebačka pivovara koja kupuje dionice Karlovačke pivovare. Po završetku rata, aktivno radi 11 pivovara, da bi ponovno tijekom 2. svjetskog rata, opstalo samo 5 pivovara, a 80-tih godina 20. stoljeća ih je ukupno 7. Tijekom domovinskog rata oštećene su pivovare u Daruvaru, Karlovcu i Osijeku, da bi u samostalnoj Republici Hrvatskoj, s razvojem poduzetništva, uz velike pivovare, otvara se i veći broj manjih pivovara (Marić i Nadvornik, 1995) Prema podacima o poslovanju poduzetnika u djelatnosti proizvodnje piva u 2018. godini (FINA, 2019), među najvećim proizvođačima piva u Republici Hrvatskoj su: Zagrebačka pivovara, Heineken Hrvatska, Carlsberg Croatia, Istarska pivovara, Pivovara Osijek, Pivovara Daruvar, Pivovara Medvedgrad, Pivovara Ličanka. Posljednjih godina na hrvatskom tržištu sve je prisutniji trend proizvodnje craft piva, a među najvećim proizvođačima su: Pivovara Medvedgrad, Zmajska pivovara, Nova runda, Varionica, Garden Brewery itd. Jedina tvornica slada u Hrvatskoj, Slavonija slad iz Nove Gradiške, snabdijeva kompletno hrvatsko tržište, što je otprilike dvije trećine njihove ukupne proizvodnje, oko 60 tisuća tona slada, dok jednu trećinu izvoze u zemlje u regiji. Proizvodnja hmelja u Hrvatskoj, bila je u Gregurovcu, općina Sveti Petar Orehovec kod Križevaca do 2012. godine i u tvornici u Baranji do 1990. godine.

Na Prehrambeno-biotehnološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu postoji dugogodišnja tradicija izobrazbe studenata koja obuhvaća biotehnološku proizvodnju kvasca, etilnog alkohola, alkoholnih pića i proizvodnju octa. Laboratorij u kojem se provodi obrazovanje i znanstveno-istraživački rad vezano uz biotehnološku proizvodnju kvasca etilnog alkohola i jakih alkoholnih pića osnovan je još 1957. g. i nosio je naziv Laboratorij za tehnologiju vrenja. Godine 1976. djelatnost Laboratorija se proširuje, te Laboratorij dobiva naziv Laboratorij za tehnologiju vrenja i biološku obradu otpadnih voda. Od 1997. godine Laboratorij za tehnologiju vrenja i kvasca, kojeg je pročelnik bio prof. dr. sc. Slobodan Grba, odvaja se od Laboratorija za biološku obradu otpadnih voda kojeg je pročelnica bila prof. dr. sc. Margareta Glancer Šoljan koja je nasljedila prof. emer. Sinišu Bana. U Laboratoriju za tehnologiju vrenja i kvasca, prof. dr. Slobodana Grbu, naslijedili su prof. dr. sc. Vesna Stehlik-Tomas, a zatim prof. dr. sc. Jasna Mrvčić i prof. dr. sc. Damir Stanzer, a prof. dr. sc. Margaretu Glancer Šoljan, u Laboratoriju za biološku obradu otpadnih voda, naslijedila je prof. dr. sc. Tibela Landeka Dragičević.

Biotehnoška proizvodnja piva, slada, vina i octa zastupljena je kao dio nastavnih i znanstvenih aktivnosti Laboratorija za biokemijsko inženjerstvo, industrijsku mikrobiologiju i tehnologiju piva i slada PBF-a Sveučilišta u Zagrebu, koji djeluje još od 1958. godine pod nazivom Laboratorij za industrijsku mikrobiologiju, a osniva ga je prof. emer. Vera Johanides sukladno nazivu novog kolegija kojeg je tada uvela. Značajne su bile promjene nastavnih planova i programa 1971. godine kada se uvodi novi kolegij "Biokemijsko inženjerstvo" koji s kolegijima "Industrijska mikrobiologija I i II" čini temeljnu cjelinu tadašnjeg studija biotehnologije. Nova promjena nastavnoga programa započeta 1978. godine proširuje kolegij "Biokemijsko inženjerstvo" i uvodi nastavu iz izbornih tehnologija. Od tada Laboratorij izvodi nastavu iz "Tehnologije slada i piva" te "Tehnologije vina". Odlaskom prof. emer. Vere Johanides u mirovinu, pročelnikom Laboratorija postaje prof. dr. sc. Vladimir Marić koji ga vodi do 2005. godine, a uz kojeg su značajan doprinos nastavnim i znanstvenim aktivnostima dali prof. dr. sc. Srđan Novak i prof. dr. sc. Predrag Horvat. Uz njih su u istom laboratoriju aktivno sudjelovali prof. dr. sc. Ivanka Pavušek i dr. sc. Vjera Runjić-Perić, a kao vanjski suradnici iz PLIVE, svoj doprinos dali i prof. dr. sc. Marijan Bošnjak i mr. sc. Drago Vlašić. U istom su laboratoriju tada radili i prof. emer. Marija Alačević, prof. dr. sc. Antea Korčulanin i dr. sc. Zvonimir Dražić.

Nakon prof. emer. Vere Johanides, ime prof. dr. sc. Vladimira Marića će zauvijek ostati upamćeno u povijesti hrvatske biotehnologije, bioprocenog inženjerstva i pivarstva. Bavio se razvojem kontinuiranog vođenja mikrobnih procesa, razvojem proizvodnje kvaščeve i bakterijske biomase na metanolu i ugljikovodicima, te primjenom biološki aktivne biomase. Kasnije nastavlja rad na mikrobnom metabolizmu, te zajedno sa svojim suradnicima u Laboratoriju radi na razvoju potpuno novog tipa bioreaktora tzv. horizontalnog rotirajućeg cijevnog bioreaktora koji će postati znak prepoznavanja njegovog Laboratorija u međunarodnoj znanstvenoj zajednici. Svoje veliko znanje prenosio je gospodarstvu kroz brojne suradnje, među kojima se posebno ističu suradnje s pivovarama u Hrvatskoj i susjednim zemljama. Bio je predsjednik Tehničke komisije za pića pri Hrvatskoj gospodarskoj komori za dodjeljivanje znakova "Izvorno hrvatsko" i "Hrvatska kvaliteta". Dobitnik je brojnih nagrada i priznanja među kojima se ističu nagrada "Fran Bošnjaković" 2000. godine i Državna nagrada za znanost 2008. godine, u kategoriji "Nagrada za životno djelo" zbog iznimnog doprinosa razvoju biotehničkih znanosti te posebno biotehnologije i bioprocenog inženjerstva u Hrvatskoj.

Pročelništvo Laboratorija za biokemijsko inženjerstvo, industrijsku mikrobiologiju i tehnologiju piva i slada, nakon prof. dr. sc. Vladimira Marića, od 2005. godine preuzima prof. dr. sc. Božidar Šantek, dobitnik Državne nagrade za znanost za 2004. godinu, za primjenu rezultata znanstvenoistraživačkog rada za konstrukciju i izgradnju horizontalnog rotirajućeg cijevnog bioreaktora i njegovu primjenu. Aktivni profesori u laboratoriju su: prof. dr. sc. Vesna Zechner-Krpan, prof. dr. sc.

Tonči Rezić, prof. dr. sc. Vlatka Petravić Tominac, prof. dr. sc. Anita Slavica, izv. prof. dr. sc. Sunčica Beluhan, izv. prof. dr. sc. Mirela Ivančić Šantek, doc. dr. sc. Mario Novak, doc. dr. sc. Antonija Trontel i doc. dr. sc. Mladen Pavlečić.

Biotehnoškom proizvodnjom vina, uz djelatnike Laboratorija za biokemijsko inženjerstvo, industrijsku mikrobiologiju i tehnologiju piva i slada, na čelu s prof. dr. sc. Vesnom Zechner-Krpan, bave se i djelatnici Laboratorija za tehnologiju i analitiku vina, koji je osnovan 1998. godine, izdvajanjem iz Laboratorija za konzerviranje i preradu voća, povrća i vinarstvo. Uz edukaciju studenata iz područja enologije, u fokusu istraživanja su suvremene tehnologije u proizvodnji vina uz primjenu modernih analitičkih tehnika, a aktualna pročelnica je prof. dr. sc. Karin Kovačević Ganić, uz koju su profesori prof. dr. sc. Mara Banović, doc. dr. sc. Natka Ćurko i doc. dr. sc. Marina Tomašević.

Na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, od 2019. godine, u Zavodu za vinogradarstvo i vinarstvo, uz edukacijske aktivnosti, znanstveno-istraživačkim radom valorizirane su i sačuvane mnoge autohtone sorte vinove loze, unaprijeđena tehnologija proizvodnje grožđa i vina, kao i drugih proizvoda od grožđa.

Na Prehrambeno-tehnoškom fakultetu Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, na Katedri za procesno inženjerstvo Zavoda za bioproceno inženjerstvo, provode se istraživanja kojima je cilj unapređenje biotehnoških metoda u proizvodnji hrane i pića – posebno u proizvodnji slada i piva te voćnih vina. U fokusu njihovih istraživanja je također obrada otpadnih voda, biološka razgradnja sintetskih bojila pomoću gljiva, te primjena otpadnih lignoceluloznih materijala kao alternativnih adsorbensa za uklanjanje onečišćujućih tvari iz otpadnih voda. Predsjednik Katedre je prof. dr. sc. Vinko Krstanović, uz profesore suradnike izv. prof. dr. sc. Nataliju Velić i doc. dr. sc. Kristinu Mastanjević. U području biotehnologije djeluju i profesori na Katedri za termodinamiku i reakcijsko inženjerstvo izv. prof. dr. sc. Marina Tišma, na Katedri za biokemiju i toksikologiju prof. dr. sc. Ivica Strelec i dr. sc. Tihomir Kovač, a na Katedri za biologiju i mikrobiologiju doc. dr. sc. Tihana Marček.

Biotehnoška proizvodnja biogoriva i biokemikalija u Hrvatskoj

U proizvodnji biogoriva u Hrvatskoj, prevladava proizvodnja bioplina. U Hrvatskoj je prva bioplinska elektrana koja koristi obnovljive sirovine počela s radom 2009. godine. Pet godina kasnije u Hrvatskoj je već radilo 10 bioplinskih elektrana. Najveće povećanje broja elektrana na bioplin zabilježeno je u razdoblju 2015.-2018., kada je s radom započelo 20 novih elektrana na bioplin. U 2017. godini potpisano je 19 novih ugovora o kupnji električne energije s hrvatskim operatorom tržišta energije (HROTE), pa se očekuje da će se broj bioplinskih postrojenja u Hrvatskoj

u skoroj budućnosti povećati. U 2018. godini bilo je 38 operativnih postrojenja za bioplin koji su s HROTE-om sklopili ugovore o proizvodnji električne energije. Najveća instalirana bioplinaska elektrana od 2,5 MW, smještena u Zagrebu, svrstana je u kategoriju “postrojenja koja rade na odlagališnom plinu i plinu iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda” i predstavlja 5,78% ukupne snage dobivene iz bioplina u Hrvatskoj. Ostalih 94,22% proizvodi se u 37 elektrana na bioplin, koje primjenjuju anaerobnu tehnologiju digestije. Među njima je najveće bioplinasko postrojenje Gradec Koncerna Agrokor otvoreno 2012. godine. U 2018. godini, bioplinaske elektrane ukupno su generirale 316,5 GWh, što predstavlja 12,75% ukupne proizvodnje električne energije iz svih obnovljivih izvora. U posljednjih pet godina (2014–2018) ukupna proizvodnja električne energije u bioplinaskim elektranama stalno se povećavala prosječnom godišnjom stopom od oko 10%. Najčešće korištene sirovine za proizvodnju bioplina u Hrvatskoj su stajsko gnojivo (50 – 60%), silaže kukuruza ili trave (25 – 35%) i ostale dostupne biorazgradive sirovine (5 – 25%; kao npr. prehrambeni otpad, potrošeni pivski kvasac, mulj otpadne vode, masti, vrtni otpad). Većina hrvatskih bioplinaskih postrojenja smještena je u kontinentalnom dijelu Hrvatske zbog dostupnosti sirovina za proizvodnju bioplina, ali je ipak u planu izgradnja tri nove bioplinaske elektrane na Jadranu (Petraović Tominac i sur., 2020)

Pogon kapaciteta 30.000 tona za proizvodnju biodizela tvrtke Biotron (nekadašnji Modibit) iz Ozlja, započeo je s radom 2006. godine, a 2014. ga je preuzela tvrtka Chromos Agro. Tvrtka Biodizel Vukovar članica je grupacije Envien koja ima vrlo važnu ulogu u proizvodnji biogoriva u Europi. Tvrtka Biodizel Vukovar osnovana je također 2006. godine, a godišnje može proizvesti 35.000 tona biodizela.

Proizvodnju bioetanola u Hrvatskoj uvodi tvrtka INA grupa u suradnji s belgijskom tvrtkom De Smet Engineers & Contractors (DSEC) za razvoj biorafinerije u Sisku, u sklopu programa “INA R&M Novi smjer 2023.”, a u okviru EU projekta GRACE (GRowing Advanced industrial Crops on marginal lands for bioRefineries). Godišnji plan je proizvesti 55.000 tona bioetanola iz lokalno uzgojenog kineskog šaša (miskantusa, *lat. Miscanthus x giganteus*) i lignocelulozne biomase, kao što su ostaci žitarica i uljarica. Godišnja količina potrebne sirovine za planirani proizvodni kapacitet procijenjena je na 370.000 tona koje INA namjerava osigurati prikupljanjem poljoprivrednih ostataka izravno s njiva te uzgojem energetskih biljaka u promjeru 75 km oko Siska. U suradnji s tvrtkom Bc Institut za oplemenjivanje i proizvodnju bilja, u rujnu 2019. je prvom žetvom nasada miskantusa prikupljeno oko 30 tona biomase.

Tvrtka Ecocortec je, u procesu pokretanja proizvodnog pogona za proizvodnju biorazgradive tzv. bioplastike na prostoru poslovne zone Belog Manastira. Tvornica će biti jedna od prvih u Europi koja će koristiti inovativnu, novu tehnologiju proizvodnje višeslojnih, biorazgradivih plastičnih folija te folija za zaštitu od korozije po licenci matične tvrtke Cortec corporation USA.

Aktivnosti Laboratorija za biokemijsko inženjerstvo, industrijsku mikrobiologiju i tehnologiju piva i slada Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, kako u nastavnom tako i u znanstvenom području djelatnosti, obuhvaćaju industrijsko iskorištavanje i razvoj biotehnoloških procesa dobivanja biogoriva i biokemikalija iz obnovljivih sirovina, kao i biotehnološku proizvodnju i primjenu algi. Pri tome je uspostavljena suradnja s gospodarskim subjektima u razvijanju novih postrojenja u Republici Hrvatskoj.

Na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu uspostavljen je diplomski studij "Obnovljivi izvori energije u poljoprivredi" u području poljoprivrednih znanosti u svrhu edukacije o održivom korištenju biomase, biogoriva i otpada u poljoprivredi.

Biotehnologija obale i mora u Hrvatskoj

Primjena biotehnologije u akvakulturi u Hrvatskoj, obuhvaća marikulturu tj. uzgoj bijele i plave ribe i školjkaša. koji je u 2018. godini iznosio 16.782 tone, te uzgoj slatkovodnih vrsta riba čija ukupna proizvodnja je u 2018. godini iznosila 2.899 tone (Ministarstvo poljoprivrede, 2020.)

Visokoškolska edukacija i istraživanja u ovom području, osim na Prehrambeno-biotehnološkom fakultetu i Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, odvijaju se i na Odjelu za ekologiju, agronomiju i akvakulturu Sveučilišta u Zadru i na Odjelu za akvakulturu Sveučilišta u Dubrovniku, oba osnovana 2002. godine.

Na institutu Ruđer Bošković, unutar Laboratorija za okolišnu mikrobiologiju i biotehnologiju, provode se znanstvena istraživanja koja obuhvaćaju tri ključna istraživačka pravca: istraživanja uloge antropogenog zagađenja okoliša antibioticima i rezistentnim bakterijama na razvoj i širenje antibiotičke rezistencije, utvrđivanje utjecaja zagađivala na mikrobne zajednice u okolišu i karakterizacija mikrobnih zajednica kao katalizatora bioloških transformacija organskih zagađivala – određivanje katabolitičkog i genetičkog potencijala za razgradnju. Voditeljica laboratorija je dr. sc. Nikolina Udiković Kolić koja je nasljedila dr. sc. Dubravku Hršak.

Znanstveni centar izvrsnosti (ZCI) za bioprospecting mora – BIOPROCRO, osnovan u studenom 2015. godine, služi kao platforma za istraživanje i razvoj znanja o održivom korištenju i upravljanju biološkim resursima kao što je Jadransko more, a okuplja hrvatske istraživačke skupine koje istražuju bioaktivne spojeve izolirane iz morskih organizama u hrvatskom dijelu Jadrana. Projekt koji se izvodi u okviru centra izvrsnosti "BioProspecting Jadranskog mora" (2017.-2022.), je financiran sredstvima Strukturnih i investicijskih fondova EU, u sklopu Operativnog programa "Konkurentnost i kohezija 2014.-2020." Projektni partneri su: Institut Ruđer

Bošković (Zavod za kemiju materijala, Zavod za organsku kemiju i biokemiju, Zavod za molekularnu biologiju), Sveučilište u Rijeci (Odjel za biotehnologiju), Sveučilište u Zagrebu (Prehrambeno biotehnološki fakultet) i Sveučilište u Splitu (Kemijско tehnološki fakultet) i Sveučilište u Osijeku (Prehrambeno tehnološki fakultet). U 2017. godini odobrena su dva međunarodna projekta koja se provode u okviru ZCI za bioprospecting mora: Horizon 2020: PerformFISH – Sustainable Food Security – Resilient and resource- efficient value chains, i projekt INTERREG-ADRION 2014-2020: BIO-ECOnomy Research Driven Inovation (Bioprospecting Jadranskog mora, 2020).

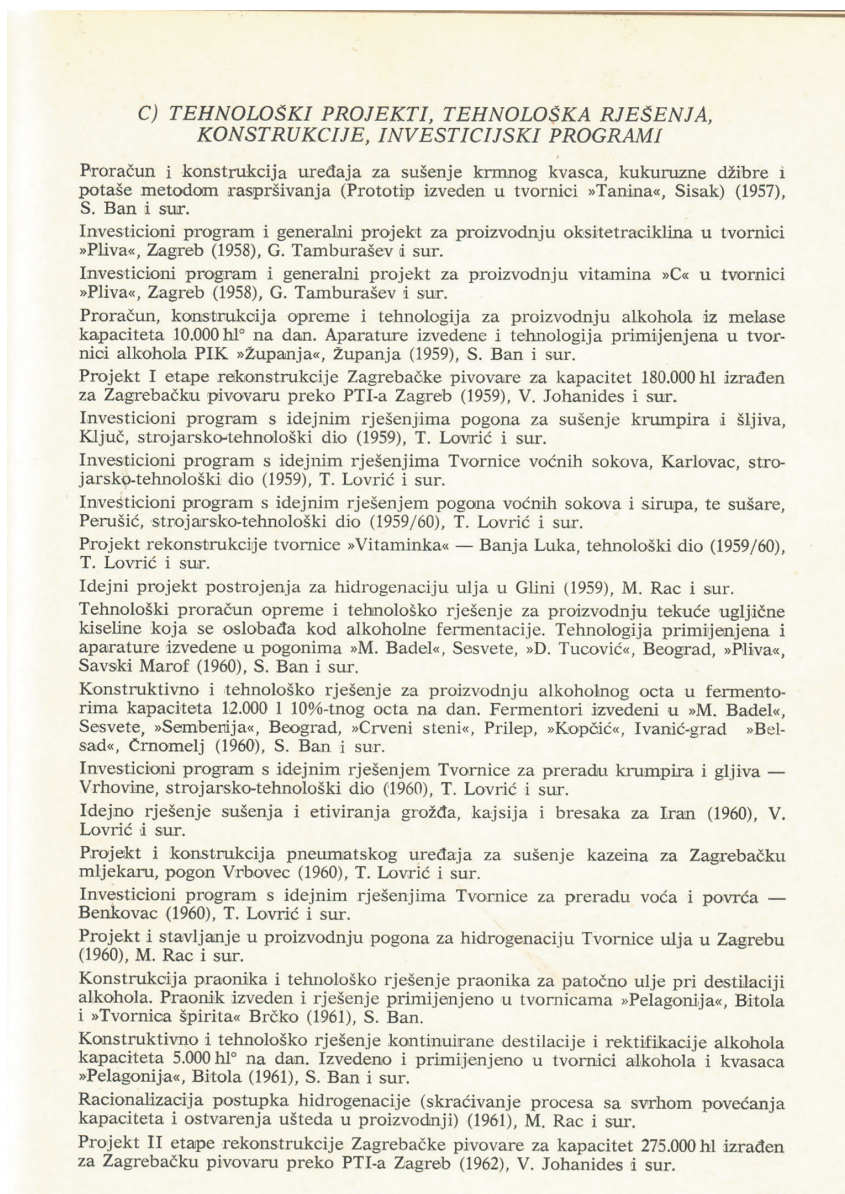
Na Prehrambeno-biotehnološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, istraživanja u području biotehnologije mora, osim u okviru projekta “BioProspecting Jadranskog mora”, se provede i u Centru za prehrambenu tehnologiju i biotehnologiju u Zadru i u Laboratoriju za opću mikrobiologiju i mikrobiologiju namirnica Zavoda za biokemijsko inženjerstvo. Projekti “Primjena bioloških metoda konzerviranja proizvoda akvakulture-ekološki način povećanja sigurnosti i održivosti PoC5-11-16” (BI-CRO 2014.-2015) i “Integrirani sustav uzgoja alternativnih vrsta školjkaša u uvjetima klimatskih promjena” (2020. – 2023.) Europskog fonda za regionalni razvoj EU se provode u Laboratoriju za opću mikrobiologiju i mikrobiologiju namirnica Zavoda za biokemijsko inženjerstvo PBF-a Sveučilišta u Zagrebu.

Zaključak

Biotehnologija je jedno od prioritarnih područja unutar tematske inovacijske platforme hrvatske za bioekonomije, prema dokumentima Strategije Europe 2020 (“Strategija za pametan, održiv i uključiv rast” , “Ulaganje u pametnu, inovativnu i održivu industriju. Obnovljena strategija industrijske politike EU-a”) i nacionalnim dokumentima: “Strategija pametne specijalizacije Republike Hrvatske za razdoblje od 2016. do 2020.” i “Akcijски plan za provedbu strategije pametne specijalizacije Republike Hrvatske za razdoblje od 2016. do 2017. godine”. Dugogodišnja industrijska proizvodnja biotehnoloških proizvoda i visokoobrazovana radna snaga u području biotehnologije, proizašla sa obrazovnih institucija, sa dodatno stečenim radnim iskustvom u industriji i u istraživačkim laboratorijima, čine glavne potencijale daljnjeg razvoja biotehnologije u Hrvatskoj. Strategija poticanja inovacija Republike Hrvatske 2014. – 2020. čini okvir za povezivanje dionika iz gospodarstva, javnog i znanstveno-istraživačkog sektora, temeljem primjene znanstveno-istraživačke infrastrukture, što će omogućiti implementaciju novih tehnologija i komercijalizaciju inovacija radi jačanja konkurentnosti industrijskog sektora biotehnologije i hrvatskog gospodarstva u cjelini.

Prilozi

Tehnološki projekti, tehnološka rješenja, konstrukcije, investicijski programi, elaborati i studije, patenti, znanstveni programi, međunarodni projekti (Spomenica Prehrambeno-biotehnološkog fakuleta Sveučilišta u Zagrebu 1956.-1986.) – slike 9-13.



Sl. 9. Tehnološki projekti, tehnološka rješenja, konstrukcije, investicijski programi (Spomenica Prehrambeno-biotehnološkog fakuleta Sveučilišta u Zagrebu 1956.-1986.)

Idejni projekt Tvornice za preradu ananasa Guinea — strojarsko-tehnološki dio (1962), T. Lovrić i sur.

Idejni projekt Tvornice za preradu voća i povrća — Vinkovci (1962), T. Lovrić i sur. Konstruktivno i tehnološko rješenje kontinuirane destilacije i rektifikacije alkohola 12.000 hl^o na dan. Izvedeno i primijenjeno u »Tvornici špirita«, Brčko (1963), S. Ban i sur.

Rekonstrukcija i tehnološko rješenje kontinuirane aparature za proizvodnju bezvodnog alkohola metodom azeotropne destilacije kapaciteta 5.000 hl^o na dan. Aparatura izvedena i primijenjena u tvornici »M. Badel« Sesevete (1963), K. Hajman i S. Ban.

Projekt i konstrukcija ekstrakcione baterije za droge »Biljana« (1963), T. Lovrić i sur.

Glavni projekt pogona bezalkoholnih pića »M. Badel«, Zagreb — strojarsko-tehnološki dio (1963), T. Lovrić i sur.

Studija o sedmogodišnjem razvoju kombinata »Podravka«, Koprivnica (1963), T. Lovrić i sur.

Glavni projekt Tvornice voćnih sokova El Asnam, Alžir, strojarsko-tehnološki dio (1964), T. Lovrić i sur.

Tehnološki projekt za tvornicu alkohola i prehrambenog kvasca iz melase šećerne repe za tvornicu »Pliva«, Savski Marof (1965), S. Ban i sur.

Investicioni program s idejnim rješenjima Kombinata za preradu voća, povrća i mesa »Vardar« Skopje (1965), T. Lovrić i sur.

Glavni projekt rekonstrukcije punione boca Trebjesa, Nikšić (1966), S. Stanišić i sur.

Stručna suradnja na racionalizaciji tehnološkog procesa i optimizaciji proizvodnje na 500.000 hl sa Zagrebačkom pivovarom preko PTI-a, Zagreb (1966/67), V. Johanides.

Investicioni program za proizvodnju dječje hrane za tvornicu »Jugodijetetika«, Zagreb (1966), G. Tamburašev i sur.

Investicioni program za proizvodnju biopreparata na bazi *Bacillus thuringensis* za Serum zavod Kalinovica (1966), G. Tamburašev i sur.

Glavni i izvedbeni projekt rekonstrukcije i dogradnje novih pogona Pivovare, Sarajevo (1967), S. Stanišić i sur.

Idejni tehnološki projekt tvornice »Gavrilović«, Petrinja (revizija) (1967), M. Francetić i B. Čavlek.

Glavni i izvedbeni strojno-tehnološki projekt varionice i vrionog podruma BIP, Beograd (1967), S. Stanišić i sur.

Preliminarna studija o mogućnostima izgradnje Tvornice za preradu voća i povrća u okruzima Mostagamen, Constantine i Setif (Alžir) (1967), T. Lovrić i sur.

Glavni strojno-tehnološki projekt tvornice dječje hrane Jugodijetetika, Zagreb (1967), S. Stanišić i sur.

Projektini inženjering strojno-tehnološkog dijela tvornice stočne hrane Velebit, Gospić (1967), S. Stanišić i sur.

Glavni projekt instalacija za grijanje i ventilaciju proizvodnih hala i skladišta gotove robe i centralnog grijanja tvornice Cetinka, Trilj (1968), S. Stanišić i sur.

Novi tehnološki postupak proizvodnje alkohola i prehrambenog kvasca iz melase. Tehnološki postupak primijenjen u »Plivi«, Savski Marof (1968), S. Ban i sur.

Tehnološki projekt za tvornicu alkohola, prehrambenog kvasca i ugljične kiseline iz melase šećerne repe za tvornicu PIK »Peć«, Peć (1968), S. Ban.

Idejni i glavni strojno-tehnološki projekt i energetika tvornice ulja Radeljević, Dubrovnik (1968), S. Stanišić i sur.

Sl. 9. (nastavak) Tehnološki projekti, tehnološka rješenja, konstrukcije, investicijski programi (Spomenica Prehrambeno-biotehnološkog fakuleta Sveučilišta u Zagrebu 1956.-1986.)

Investicijski program i projekt III etape rekonstrukcije Zagrebačke pivovare za kapacitet 1,000.000 hl izrađen za Zagrebačku pivovaru preko PTI-a Zagreb (1968—1969), V. Johanides i sur.

Idejni i glavni projekt Tvornice za preradu voća i povrća Ighil-Izane (Alžir), tehnološki dio (1968—1969), T. Lovrić i sur.

Idejni projekt skladišta od 500 vagona, Rijeka (1969), S. Stanišić i sur.

Idejni i glavni projekt Tvornice za preradu voća i povrća Ramdane-Djamel (Alžir), tehnološki dio (1968—1969), T. Lovrić i sur.

Idejni i glavni projekt Tvornice za preradu voća i povrća Taher (Alžir), tehnološki dio (1968), T. Lovrić i sur.

Idejni i glavni projekt Tvornice za preradu voća i povrća El-Kseru (Alžir), tehnološki dio (1968), T. Lovrić i sur.

Idejni projekt rekonstrukcije rafinerije Stari Bar (1968), M. Rac i sur.

Idejni projekt za proširenje proizvodnje i podizanje nove tvornice »Radeljević«, Dubrovnik (1968), M. Rac i sur.

Glavni projekt Gradske klaonice Varaždin, Varaždin (1969), S. Stanišić i sur.

Projekt linije za proizvodnju paštete od sitne plave ribe. Rađeno za kombinat »Mirna« Rovinj, Zagreb—Zadar (1969), B. Čavlek i sur.

Tehnološki projekt prerade repića šećerne repe za proizvodnju alkohola i prehrambenog kvasca za PIK »Peć«, Peć (1969), G. Kukuć i S. Ban.

Glavni projekt rekonstrukcije Tvornice ulja Brčko (1969), M. Rac i sur.

Glavni strojno-tehnološki projekt i projektni inženjering za proizvodnju piva, pivarskog slada, bezalkoholnih pića i puniona boca, PIK Peć (1969), S. Stanišić i sur.

Investicioni elaborat i idejni projekt za industrijsko postrojenje za proizvodnju bioinsekticida, SEZAK, Zagreb (1969), G. Tamburašev i sur.

Projekt rekonstrukcije tvornice »Vitaminska«, Banja Luka (1970), T. Lovrić i sur.

Idejni projekt klanice, PIK Peć, Peć (1970), S. Stanišić i sur.

Idejni i glavni projekti za Tvornicu za preradu soje, Zadar (1976), M. Rac i sur.

Idejno tehnološko rješenje tvornice gotovih jela i mesnih proizvoda na bazi pilećeg mesa PD »Begej«, Žitište (1977), T. Lovrić u suradnji s PTF, Osijek.

Idejno procesno-tehnološko rješenje pogona i glavni projekt tvornice za preradu voća i povrća »Nektar«, Nova Gradiška (1978—1979), T. Lovrić i sur.

Idejno tehnološki projekt linija za preradu voća i povrća za smrzavanje »Hladnjača« — PIK »Jasinje«, Slavonski Brod, (1979), T. Lovrić u suradnji s PTF-Osijek.

Idejno procesno-tehnološko rješenje prerade voća i povrća »Frigis«, pogon OOUR Podravska Slatina (1979), T. Lovrić u suradnji s PTF-Osijek.

Glavni projekt tvornice za preradu voća i povrća »Vinkovci«, tehnološko-procesni dio (1982), T. Lovrić u suradnji s PTF-Osijek.

Projekt i konstrukcija poluindustrijskog uređaja za smrzavanje tekuće, polutekuće i kašaste hrane u obliku peleta tekućim dušikom (1983/84), T. Lovrić i sur.

Novi tehnološki postupak pročišćavanja otpadnih voda kemijske industrije tehnikom ubacivanja selektiranih mješovitih kultura. Postupak primijenjen u Pogonu za proizvodnju fenola INA-OKI, Žitnjak, Zagreb (1985), S. Ban.

Tehnološka rješenja u Izvedbenom projektu II faze izgradnje RO »Pivara«, Pančevo (1985), V. Marić i S. Ozimec.

Obrada otpadnih voda riblje industrije, OOUR »Mirna«, prerada ribe Banjole, Zagreb (1986), I. Mijatović i sur.

Idejni i glavni izvedbeni projekt sušare sa fluidiziranim slojem, Projekt Maribor (1986), B. Tripalo i sur.

Sl. 9. (nastavak) Tehnološki projekti, tehnološka rješenja, konstrukcije, investicijski programi (Spomenica Prehrambeno-biotehnološkog fakuleta Sveučilišta u Zagrebu 1956.-1986.)

D) ELABORATI I STUDIJE

Hidrogenacija smjese kokosovog ulja i svinjske masti. Elaborat za Tvornicu ulja, Zagreb (1961), M. Rac i sur.

Industrija masnoća — prijedlog perspektivnog plana razvoja djelatnosti do 1965. — Studija za potrebe Saveznog izvršnog vijeća (1959), M. Rac i sur.

Mogućnost proizvodnje prehrambenog kvasca u kontinuiranom procesu iz sirovog kubanskog šećera kapaciteta 50 tona suhog kvasca na dan. Studija izrađena za »Jedinstvo«, Zagreb (1966), S. Ban i sur.

Upotreba algalna proizvodnje »Dalmacijabilje« u tehnologiji kruha za »Dalmacijabilje« Dubrovnik (1966), Lj. Milatović i sur.

Ispitivanje i postavljanje postupka za dobivanje 12-hidroksistearinske kiseline iz ricinusovog ulja — Elaborat za INA — Rafinerija, Zagreb (1966), M. Rac i sur.

Industrijski enzimi s posebnim osvrtom na hidrolitičke enzime i mogućnosti njihove primjene i proizvodnje. Elaborat za tvornicu »Saponia« Osijek (1967), V. Johanides i sur.

Prijedlog mjera za ostvarenje potrebne snabdjevenosti mlijekom i mliječnim proizvodima na području kotara Rijeke (1967), A. Petričić i sur.

Postupak oplemenjivanja (dekoloracije) tehničke masti. Studija za PIK »Sljeme«, Zagreb—Sesvete (1968), B. Čavlek.

Deparafinacija uljnog destilata. Elaborat izrađen za Institut za istraživanje i razvoj, INA, Zagreb (1968), V. Johanides i sur.

Studija o unapređenju tehnološkog procesa proizvodnje mljekare u Puli (1968), A. Petričić.

Kontinuirana fermentacija i izbor sojeva kvasaca za ubranu fermentaciju piva. Elaborat izrađen za Poslovno udruženje industrije piva Jugoslavije (1969), V. Johanides i sur.

Bakterije koje žive u vodi i njihov značaj. Elaborat za INA Rafinerija nafte, Sisak (1969), V. Johanides i sur.

Proizvodnja bjelančevina iz nafte i naftinih derivata biološkim putem. Elaborat izrađen za savezni fond za naučni rad (1969) Johanides V. i sur.

Etude du projet de realisation de la Conserverie Taher (Algerie) (1969). T. Lovrić i sur.

Etude du projet de realisation de la Conserverie Ramdane — Djamel (Algerie) (1969), T. Lovrić i sur.

Etude du projet de realisation de la Conserverie Ighil — Izane (Algerie) (1969), T. Lovrić i sur.

Mise en evidence et etude des enzymes implique dans le metabolisme des hydrocarbures chez *Candida tropicalis*

British Petroleum Company — Societe Francaise, Marawille (1969), E. Azoulay, Z. Duvnjak i sur.

Ispitivanje mogućnosti primjene Algala u industrijskoj preradi mesa. Elaborat za »Dalmacijabilje« export-import, Dubrovnik (1970), B. Čavlek i sur.

Mogućnost poboljšanja kvalitete kruha primjenom kombiniranog aditiva »Panvita«, Zagreb (1970), Lj. Milatović i sur.

Ispitivanje biološki značajnih zagađenja radnih okolina. Elaborat izrađen za Institut za sigurnost, Zagreb (1971), V. Marić.

Upotreba »Emulthina M-501« kao dodatka u cilju produženja trajnosti kruha, Zagreb (1972), Lj. Milatović i sur.

Mogućnost korištenja otpadnog pivskog kvasca s tehnološkim postupcima. Elaborat izrađen za »Pivovaru Vinogorje«, Osijek (1974), V. Johanides i sur.

Ispitivanje mogućnosti primjene »Supralon« ovitka u mesnoj industriji. Studija za potrebe Interexporta, Novi Sad (1975), B. Čavlek.

Study of Browning of White Wines and Development of Methods for Preventing Browning — Final Report (za U.S. Department of Agriculture) (1975), T. Lovrić i sur.

Pročišćavanje otpadnih voda industrije »M. Badel«, mesne industrije »Sljeme« i svinjogojske farme »Sljeme«, Sesvete u cilju dobivanja proteinskih krmiva. Studija izrađena za Poslovno udruženje »Krmiva«, Zagreb, (1980), S. Ban i sur.

Selekcija i adaptacija mješovite kulture mikroorganizama i mogućnost biodegradacije lignina sulfitne podlužnice bukovog drveta s posebnim osvrtom na biodegradaciju Ca-lignosulfonata. Studija izrađena za »Đ. Salaj«, Krško (1976), S. Ban i sur.

Rast mikroorganizama na n-parafinima i metanolu, Elaborat izgrađen za INA, Zagreb (1977), V. Johanides i sur.

Mogućnost primjene tehnološkog rješenja za pročišćavanje otpadnih voda industrije etanola iz melase u dva stepena. Studija izrađena za »M. Badel«, Sesvete (1979), S. Ban i sur.

Ispitivanje tehnološke i ekonomske opravdanosti proizvodnje trajnih kobasica uz upotrebu smjese aditiva domaće proizvodnje. Studija za potrebe SOUR-a »Gavrilović« (1980), B. Cavlek i sur.

Evaluation of surface active compounds produced by microorganisms. Part I Biochemical Engineering Research Reports, Vol. VII. U.W.O., London, Canada (1980), D. G., Cooper. Z. Duvnjak i sur.

Plijesni (Fungi). Studija za potrebe SOUR-a »Gavrilović« (1980), I. Savić i sur.

Postupak izolacije, laboratorijskog uzgoja i prenošenja bakterija octene kiseline u pogon za submerznu proizvodnju octa. Elaborat izrađen za »AIK-ČOKA«, Čoka (1982), V. Marić.

Tehnologija proizvodnje suhog aktivnog kvasca za krmiva. Elaborat izrađen za »Zagrebačku pivovaru«, Zagreb (1982), V. Marić.

Studija s idejnim rješenjima za izgradnju tvornice za preradu voća i povrća »Turen«, Venezuela (1982), T. Lovrić.

Studija o problematici tamnog ili DFD mesa za potrebe SOUR-a »Gavrilović« (1982), I. Savić i sur.

Elaborati o ispitivanju otpornosti materijala prema plijesnima za potrebe organizacija udruženog rada: »Energoinvest« (1983). »Rade Končar« (1985), M. Alačević i sur.

Elaborati o ispitivanju genotoksičnog djelovanja kemijskog agensa u mikrobnim sistemima za potrebe organizacije udruženog rada: »Lek« — Levantin, Trianol, Nitrofurantion, Cimetidin, Ranitidin, Acetohidroksam kiselina. Granobenzacetat; »Krika« — Piroksikam, Zn-bacitracin, Pipericilin, Norfloksacin, Benzafibrat, Butamirat; »Radonja« — Alazin WP, Altrin; »Chromos« — Chromorel; »Pliva«, PGM, Akritan, (1983—1986) M. Alačević i sur.

Integralno tehnološko rješenje prerade otpadnih materijala »Model Zagreb« (1983), S. Ban.

Mogućnost proizvodnje bioplina (energije) iz otpadne vode — melasne džibre tvornice etanola. Studija izrađena za »M. Badel«, Sesvete (1983), S. Ban i sur.

Tehnološki proračun za pročišćavanje otpadne vode šećerane »B. Buha« u Viroviti. Studija izrađena za »Jedinstvo«, Zagreb (1983), S. Ban i sur.

Proizvodnja bioplina iz svinjogojskog gnoja farme »Nova Topola«, AIPK. Banja Luka (1983), S. Ban i sur.

Studija s idejnim rješenjima za izgradnju pogona za preradu povrća. Imotski — tehnološki dio (1983), T. Lovrić.

Sl. 10. (nastavak) Elaborati i studije (Spomenica Prehrambeno-biotehnološkog fakuleta Sveučilišta u Zagrebu 1956.-1986.)

Studija s idejnim rješenjima proizvodnje smrznutog povrća, jedno i višekomponentne hrane u vidu peleta, gotovih jela i komponenata jela na bazi mesa i povrća »Gavrilović«, Petrinja (1984), T. Lovrić i sur.

Tehnologija proizvodnje tekuće, polutekuće i kašaste hrane smrznute u obliku peleta. PBI, OOUR Prehrambeno-biotehnoški fakultet, Zagreb (1984), T. Lovrić i sur.

Tehnološko-ekonomska studija modela centralne pripremnice hrane. Prehrambeno-biotehnoški fakultet, Zagreb (1984), T. Lovrić i sur.

Prehrambena tehnologija i biotehnologija u dugoročnom razvoju SR Hrvatske — Studija u okviru projekta: Znanstvene osnove dugoročnog razvoja SR Hrvatske do 2000 godine, tisak Referalni centar Sveučilišta u Zagrebu, (1984), Kniewald i sur.

Dobivanje, prerada masti i loja — Studija za RO »Gavrilović«, MI, OOUR Klačnica (1984), M. Rac i sur.

Kiselinska hidroliza kukuruzovine u jednom ili dva stepena. Studija izrađena za Prehrambeno-tehnoški fakultet, Osijek (1985), S. Ban.

Tehnološko rješenje za uklanjanje većih koncentracija masti iz otpadnih voda mesne industrije »Gavrilović«, Petrinja. Studija izrađena za TEH-projekt, Rijeka (1985), S. Ban i sur.

Tehnološko rješenje za uklanjanje lanolina iz otpadnih voda tvornice tekstila »Kratex«, Krapina. Studija izrađena za TEH-projekt, Rijeka (1985), S. Ban i sur.

Primjena tehnologije aktivnog mulja obogaćenog selektiranim kulturama mikroorganizama za pročišćavanje otpadnih voda iz proizvodnje fenola. Studija izrađena za INA-OKI, Zagreb (1985), S. Ban i sur.

Efekt elektrostimulacije na ekstrakciju topivih tvari goveđeg mesa u vodi. Studija za SOUR »Podravka« (1985), B. Čavlek i sur.

Modifikacija tehnoloških procesa proizvodnje sporo i brzo fermentiranih kobasica prilagođenih zahtjevima SR Njemačke. Studija SOUR »Gavrilović«, Zagreb (1985), B. Čavlek i sur.

Mogućnosti primjene krvne plazme prerađene u raznim stupnjevima u preradi mesa. Studija za SOUR »Podravka«, Zagreb (1985), B. Čavlek i sur.

Mogućnost i organizacija proizvodnje i snabdijevanja mlijekom i mlječnim proizvodima u uvjetima obrane grada Zagreba u okruženju (1985), Lj. Kršev i sur.

Primjena LIKVIZIMA 20 T, u pivovarstvu, Elaborat izrađen za SOUR »Pliva« Zagreb (1985), V. Marić.

Primjena otpadnog pivskog kvasca. Elaborat izrađen za SOUR »AIK«, Karlovac (1985), V. Marić.

Prijedlog izgradnje prehrambenih objekata na bazi sirovina životinjskog porijekla na području AP Kosovo (1985), Đ. Roseg.

Studija i prijedlog za proizvodnju prototipa suvremene klaonice peradi. Izrađeno za Minel, Beograd (1985), Đ. Roseg.

Studija prerade pastrva na području Kardeljeva (1985), Đ. Roseg.

Unapređenje proizvodnje mješavina aditiva namijenjenih za mesnu industriju. Studija za SOUR »Pliva«, Zagreb (1986), B. Čavlek i sur.

Perspektivni razvitak prerade mesa peradi na području SR Hrvatske (1986), Đ. Roseg i sur.

Mišljenje o toksičnosti i genotoksičnosti agensa za potrebe »Instituta za medicinska istraživanja« Zagreb (1985); »Chromos« (1986); Zavoda za zaštitu zdravlja grada Zagreba (1986), Z. Matijašević.

Sl. 10. (nastavak) Elaborati i studije (Spomenica Prehrambeno-biotehnoškog fakuleta Sveučilišta u Zagrebu 1956.-1986.)

E) PATENTI

- Bayer, Z., Ludviger, E., Johanides, V.: *Konzerviranje sirovih koža dodavanjem antibiotika u sol.* Jug. pat. br. P-1458/1958.
- Cimerman, A., Škafar, S., Johanides, V.: *Postupak za proizvodnju citronske kiseline u submerznoj fermentaciji.* Jug. pat. br. P-35459/1980.
- Gvozdrenović, M., Juhas, T., Juristowsky, G., Rac, M., Štrucelj, D.: *Postupak plastificiranja bundevinih koštica.* Jug. pat. br. P-11690/1973.
- Johanides, V., Pavušek, I.: *Postupak za dobivanje 6-aminopenicilinske kiseline pomoću gljive Cordyceps militaris.* Jug. pat. br. P-30397/1971.
- Johanides, V., Pavušek, I.: *Postupak za dobivanje 6-aminopenicilinske kiseline pomoću kvasca Trichosporon cutaneum.* Jug. pat. br. P-31956/1973.
- Johanides, V., Pavušek, I.: *Postupak za dobivanje 6-aminopenicilinske kiseline pomoću kvasca Rhodotorula mucilaginata.* Jug. pat. br. P-31957/1973.
- Johanides, V., Pavušek, I.: *Postupak za dobivanje 6-aminopenicilinske kiseline pomoću gljive Isaria farinosa.* Jug. pat. br. P-31958/1973.
- Johanides, V., Pavušek, I.: *Postupak za dobivanje 6-aminopenicilinske kiseline pomoću kvasca Candida zeylanoides.* Jug. pat. br. P-31859/1973.
- Johanides, V., Pavušek, I., Seiwerth, R.: *Postupak za dobivanje 6-aminopenicilinske kiseline pomoću Bacillus cereus.* Jug. pat. br. P-24803/1964.
- Johanides, V., Adler, N., Dražić, M.: *Postupak za dobivanje L-glutaminske kiseline fermentacijom.* Jug. pat. br. P-26304/1966.
- Nadramija, N., Seiwerth, R., Tamburašev, G., Sestan, K.: *Postupak za izolaciju i dobivanje antibiotika oksitetraciklina.* Jug. pat. br. P-21400/1959.
- Petković, T., Johanides, V.: *Postupak za proizvodnju vitamina B₁₂.* Jug. pat. br. P-26177/1966.
- Seiwerth, R., Tamburašev, G., Tamburašev, Z., Bosnar, E., Vlašić, D.: *Postupak za izolaciju i dobivanje jednog tetraciklinskog antibiotika.* Jug. pat. br. P-21260/1958.

Sl. 11. Patenti (Spomenica Prehrambeno-biotehnološkog fakuleta Sveučilišta u Zagrebu 1956.-1986.)

G) ZNANSTVENI PROGRAMI

(Znanstveni programi koje su financirali Savezni fond za naučni rad do 1972. god., Republički fond za naučni rad SRH od 1972—1975. god. i Samoupravna interesna zajednica za znanstveni rad u poljoprivredi, stočarskoj proizvodnji, veterinarstvu, šumarstvu, proizvodnji i preradi drva, prehrambenoj industriji i odgovarajućoj trgovačkoj djelatnosti SR Hrvatske (SIZ-IV) od 1975. god. do danas).

Analiza i prerada ribe (1957)

Kontinuirane fermentacije-konverzija d-sorbitola u l-sorbozu pomoću vrsta **Acetobacter suboxydans** (1964).

Dinamika esencijalnih i biološki aktivnih supstancija u lipidnim namirnicama u svrhu tehnološkog procesa pri preradi lipidnih sirovina (1966)

Proizvodnja poulveriziranih namirnica dehidratacijom iz otopina i suspenzija (1967)

Izolacija sojeva producenata antibiotika nisina i razrada tehnološkog postupka za proizvodnju nisina u laboratorijskom mjerilu (1967)

Proizvodnja mikrobnih enzima kao dodatak stočnoj hrani (1968)

Deparafinacija naftinih derivata mikrobiološkim postupkom (1969).

Razgradnja škrobnih sirovina pomoću glukoamilaze proizvedene pomoću **Rhizopus** i **Aspergillus** vrsta (1969)

Izolacija sojeva **Aspergillus** i **Rhizopus** vrsta producenata amilolitičkih i proteolitičkih enzima (1969)

Izolacija sojeva producenata ergot-alkaloida i razrada saprofitnog uzgoja u cilju dobivanja parametara za proizvodnju ergotalkaloida i razrada saprofitnog uzgoja u cilju dobivanja parametara za proizvodnju ergot-alkaloida (1969)

Termokemijski studij reakcione kinetike nekih enzima iz grupe liaza J. Kniewald (1972—1975).

Unapređenje i uvođenje novih industrijskih postupaka proizvodnje i kondicioniranja živežnih namirnica (1976—1980)

Biosinteza jednostaničnih proteina iz otpadnih i drugih tvari poljoprivredne, stočarske i industrijske proizvodnje i tehnološka rješenja za industrijsko dobivanje (1976—1980).

Prehrambena tehnologija i biotehnologija (1981—1986) (Razvoj procesa industrijske proizvodnje i konzerviranja hrane; Biokonverzacija organskih materijala u hranu, goriva i kemikalije; Hrana i prehrana)

Istraživanje tehnologije prerade biomase u komponente stočne hrane i laboratorijsko-poluindustrijska istraživanja tankoslojne hidraulične preše i fluidne sušare (1981—1985)

Razvoj procesa polupripremljene i pripremljene hrane specijalnih namjena (1981—1984)

Regionalni dvogodišnji projekt »Osijek«, Tehnološko rješenje prerade lignoceluloznih tvari (kukuruzovine) u etanol (energiju) i proteinsko krmivo (hrana) (1982—1985)

✓ Primjena genetičkog inženjerstva u biotehnologiji: Konstrukcija vektora za kloniranje gena kod *Streptomiceta*, industrijskih proizvođača antibiotika (U suradnji s institutom Ruder Bošković, PMF i »Pliva« — Zagreb) (1982—1983)

✓ Tehnološki proces proizvodnje bioplina iz otpadnih tvari stočarskih i peradarskih farmi, razvoj novih sistema pilot bioreaktora visoke produktivnosti (1983—1985)

✓ Utvrđivanje optimalnog postupka za pročišćavanje sirovih enzimskih preparata u laboratorijskom mjerilu i primjena enzima u dijagnostičkim testovima (1985—1986)

✓ Proizvodnja mikrobnih starter-kultura i njihova primjena za dobivanje kvalitetnijeg stočnog krmiva (1985—1986)

✓ Dobivanje imunoglobulina iz krvi domaćih životinja i njihova primjena obrambene sposobnosti novoookočne prasadi (1985—1986)

Sl. 12. Znanstveni programi (Spomenica Prehrambeno-biotehnološkog fakuleta Sveučilišta u Zagrebu 1956.-1986.)

H) MEĐUNARODNI PROJEKTI

International Streptomyces Project (A cooperative project for characterization and deposition of type cultures) Ohio, Wesleyan university, Delaware, Ohio, USA (1964—1965)

Utjecaj pesticida i njihova metabolita na biokemijske sisteme reprodukcije sisavaca i ptica (1972—1976)

Reprodukcija sisavaca i ptica pod utjecajem pesticida, J. Kniewald i sur., YU—SAD suradnja (1985—1988)

Biodegradacija lignina i ligno-celuloznih materijala pomoću mješovitih kultura mikroorganizama (1981—1984)

Primjena smržavanja u vidu peleta jedno i višekomponentne tekuće, polutekuće, kašaste i usitnjene hrane (1983—1986)

Utjecaj tehnoloških postupaka prerade uljane repice na kvalitetu proizvoda (1984—1987)

Razvoj procesa dehidracije povrća (1984—1987)

Studij neuroendokrinog sistema i utjecaj 5 α na gonadotropni mehanizam retroaktivne kontrole, Z. Kniewald i sur., Ford Foundation — New York (1976—1981)

Promjena sastava hrane tijekom proizvodnje i pohrane i iznalaženje tehnoloških mogućnosti boljeg i dužeg čuvanja (1984—1987)

Utjecaj hlađenja, smržavanja, prehrane i odmržavanja na kvalitetu peradarskog mesa (1985—1990)

Sl. 13. Međunarodni projekti (Spomenica Prehrambeno-biotehnoškog fakuleta Sveučilišta u Zagrebu 1956.-1986.)

Literatura

- Alačević M., Strašek-Vešligaj M., Sermonti G. (1973) The Circular Linkage Map of *Streptomyces rimosus*. *Microbiology* 77, 173-185.
- Alpeza I., Prša I., Mihaljević B. (2014) Vinogradarstvo i vinarstvo Republike Hrvatske u okviru svijeta *Glasnik zaštite bilja* 4, 6-13.
- Banić M., Uroić K., Leboš Pavunc A., Novak J., Zorić K., Durgo K., Petković H., Jamnik, P., Kazazić, S., Kazazić, S., Radović, S., Scalabrin, S., Hynönen, U., Šušćković, J., Kos, B. (2018) Characterization of S-layer proteins of potential probiotic starter culture *Lactobacillus brevis* SF9B isolated from sauerkraut. *LWT-Food Sci Technol.* 93, 257-267.
- Beganović J, Frece J, Kos B, Leboš Pavunc A, Habjanić K, Šušćković J. (2011) Functionality of the S-layer protein from the probiotic strain *Lactobacillus helveticus* M92. *Anton. Leeuw.* 100, 43-53.
- Beganović J., B. Kos, Leboš Pavunc, A., K. Uroić, M. Jokić, J. Šušćković (2014) Traditionally produced sauerkraut as source of autochthonous functional starter cultures. *Microbiol. Res.* 169 (7-8), 623-632.
- Bibliografija znanstvenih i stručnih radova (1991) A. Čapeta (Ured.), PLIVA, Zagreb.
- Bioprospecting Jadranskog mora. <http://bioproadriatic.hr/> Pristupljeno: 28.01. 2020.
- Croatian Biotech Database (2020) Venture Valuation, Biotechgate, www.croatianbiotech.com, Pristupljeno 14. siječnja 2020.

- DaSilva, E. J. (2004) The colours of biotechnology: science, development and humankind, *Electronic Journal of Biotechnology*, 7 https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-34582004000300001&script=sci_arttext&tlng=en Pristupljeno: 6 veljače 2020.
- Dettenhofer, M; Ondrejovic, M; Slavica, A; Kurtanjek, Z; Tapaloaga, D; Tapaloaga, PR; Pojskic, LK; Durmic-Pasic, A; Begovic, J; Nedovic, V; Dundar, M; Gartland, KMA; Miertus, S (2019): Current state and prospects of biotechnology in Central and Eastern European countries. Part II: new and preaccession EU countries(CRO, RO, B&H, SRB). *Critical Reviews In Biotechnology* 39, 137 – 155.
- European Federation of Biotechnology (1978) The first European Congress of Biotechnology, <http://www.efbiotechnology.org/> Pristupljeno: 5. veljače 2020.
- European Pharmacopoeia Commission (2018) Live Biotherapeutic Products (LBPs): European Pharmacopoeia Commission sets unprecedented quality requirements, 160th Session 16 April 2018, Strasbourg, France; <https://www.edqm.eu/sites/default/files/pressrelease-pheur-lbp-adoption-quality-requirements-april2018.docx.pdf> Pristupljeno: 28.01. 2020.
- Fejzuli L., Solomun Kolanović B., Šušković J., Kos B., Bilandžić N. (2018) Aminoglikozidni antibiotici – primjena u veterinarstvu i kontrola u hrani životinjskog podrijetla, *Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition* 13, 95-106.
- FINA (2019) Poslovanje poduzetnika u djelatnosti proizvodnje piva u 2018. godini <https://www.fina.hr/> Pristupljeno 23. siječnja 2020.
- Food and Drug Administration (2016a), Early Clinical Trials with Live Biotherapeutic Products: Chemistry, Manufacturing, and Control Information, Guidance for Industry.
- Food and Drug Administration (2016b), Recommendations for Microbial Vectors used for Gene Therapy, Guidance for Industry.
- Frece J., B. Kos, I.K. Svetec, Z. Zgaga, J. Beganović, A. Leboš, J. Šušković (2009) Synbiotic effect of *Lactobacillus helveticus* M92 and prebiotics on the intestinal microflora and immune system of mice, *J. Dairy Res.* 76, 98-104.
- Frece J., B. Kos, I.K. Svetec, Z. Zgaga, V. Mrša, J. Šušković (2005) Importance of S-layer proteins in probiotic activity of *Lactobacillus acidophilus* M92, *J. Appl. Microbiol.* 98, 285-292.
- Gačić M., N. Bilandžić, Đ. Ivanec Šipušić, M. Petrović, B. Kos, N. Vahčić, J. Šušković (2015) Degradation of Oxytetracycline, Streptomycin, Sulphathiazole and Chloramphenicol Residues in Different Types of Honey, *Food Technol. Biotechnol.* 53, 154–162.
- Genera (2019) Istraživanje i razvoj proizvoda u segmentu živih peradarskih cjepiva <https://genera.hr/istrazivanje-i-razvoj-proizvoda-u-segmentu-zivih-peradarskih-cjepiva/> Pristupljeno 04. veljače 2020.
- HAMAG-BICRO (2020) <https://hamagbicro.hr/> Pristupljeno: 28.01. 2020.
- Javna zdravstvena ustanova Imunološki zavod (2020) <https://www.imz.hr> Pristupljeno: 31. siječnja 2020.
- Kniewald, Z. (2011) Od ideje do cilja, Zbornik sažetaka Međunarodnog simpozija Život i postignuća prof. emeritus Vere Johanides, str. 13-15.
- Kniewald, Z. (2013) Welcome Remarks, Zbornik sažetaka Međunarodnog simpozija Život i postignuća prof. emeritus Vere Johanides. str. 11-14.
- Kolačny J. (ured.) (1968) Saopćenja, PLIVA, tvornica farmaceutskih i kemijskih proizvoda, Zagreb, Iz PLIVE: Novi poluindustrijski pogon za biotehnoška ispitivanja, Svezak 11, broj 4.
- Kos B., J. Šušković, J. Beganović, K. Gjuračić, J. Frece, C. Iannaccone, F. Canganella (2008) Characterization of the three selected probiotic strains for the application in food industry. *World J Microbiol Biotechnol* 24, 699-707.
- Kos B., J. Šušković, S. Vuković, M. Šimpraga, J. Frece, S. Matošić (2003) Adhesion and Aggregation Ability of Probiotic Strain *Lactobacillus acidophilus* M92, *J. Appl. Microbiol.* 94, 981-987.

- Kos B., Šušković J., Novak J., Leboš Pavunc A. (2020) Bakteriocini i probiotici kao alternativne antimikrobne strategije u borbi protiv antibiotske rezistencije U: Antimikrobna rezistencija – izazovi i rješenja (urednici: I. Kosalec, I. Žuntar, M. Jadrijević-Mladar Takač), udžbenik Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb (u tisku).
- Leboš Pavunc A., Beganović J., B. Kos, A. Buneta, Beluhan S., Šušković J. (2011) Influence of microencapsulation and transglutaminase on viability of probiotic strain *Lactobacillus helveticus* M92 and consistency of set yoghurt, *Int. J. Dairy Technol.* 64, 254-261.
- Leboš Pavunc, A., Penava, L., Ranilović, J., Novak, J., Banić, M., Butorac, K., Petrović, E., Mihaljević-Herman, V., Bendelja, K., Savić Mlakar, A., Durgo, K., Kos, B., Šušković, J. (2019) Influence of Dehydrated Wheat/Rice Cereal Matrices on probiotic activity of *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB-12® *Food Technol. Biotech.* 57, 147-158.
- Lengeler Joseph W., Gerhart Drews, Hans G. Schlegel (Eds.) (1999) *Biology of the Prokaryotes* 1st Ed., Wiley-Blackwell, Thieme.
- Lukač-Havranek J., 1994, Stanje i perspektiva razvoja mljekarske industrije, *Mljekarstvo* 44, 13 -20.
- Makovec, S., Kos, B., Šušković, J., Bilandžić, N. (2014) Tetraciklinski antibiotici i utvrđivanje njihovih rezidua u hrani. *Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam* 9, 7-16.
- Marić, V. (2000) *Biotehnologija i sirovine*, Stručna i poslovna knjiga, Zagreb.
- Marić, V. i Nadvornik, Z. (1995) *Pivo – tekuća hrana*, Prehrambeno-biotehnološki inženjering, Zagreb.
- Ministarstvo poljoprivrede, Akvakultura, <https://ribarstvo.mps.hr/default.aspx?id=14> Pristupljeno: 28.01. 2020.
- Monografija 60. obljetnice Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (2016), D. Ježek (ured.), PBF Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Novak, S. (2011) Vera Johanides – visokoškolsko obrazovanje kao prožimanje nastave sa znanstvenim i stručnim radom, Zbornik sažetaka Međunarodnog simpozija Život i postignuća prof. emeritusa Vere Johanides. str. 29.
- Novak, S. (2013) Kako pokrenuti novu fazu razvoja biotehnologije u Hrvatskoj? Zbornik sažetaka “Vera Johanides” – Biotehnologija u Hrvatskoj do 2020. str. 15-17.
- Obad J., J. Šušković, B. Kos (2015) Antimicrobial activity of ibuprofen: New perspectives on an ‘Old’ non-antibiotic drug, *Eur. J. Pharm. Sci.* 71, 93-98.
- Petković, H., Lukežić, T., Šušković, J. (2017) Biosynthesis of Oxytetracycline by *Streptomyces rimosus*: Past, Present and Future Directions in the Development of Tetracycline Antibiotics. *Food Technol. Biotech.* 55, 3-13.
- Petravić-Tominac V., Mujadžić S., Zechner-Krpan V., August H., Velić D., Velić N. (2017) Odabrani biotehnološki čimbenici koji utječu na alkoholnu fermentaciju pri proizvodnji vina, *Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition* 12, 100-106.
- Petravić-Tominac V., Nastav, N. Buljubašić, M., Šantek B. (2020) Current state of biogas production in Croatia, *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems* 8, u tisku.
- Pigac, J., Alačević, M. (1979) Mapping of oxytetracycline genes in *Streptomyces rimosus*. *Period. Biol.* 81, 575-582.
- PLIVA (1996) *Povijesnica PLIVE*, A. Čapeta (Ured.), PLIVA, Zagreb.
- PLIVA, jučer, danas, sutra (2013) http://www.PLIVA.hr/img/themes/pcffrontend/brosure/hr/03/03_JučerDanasSutra.pdf Pristupljeno 17. siječnja 2020.
- Prentis, S. (1984) *Biotechnology. A new Industrial Revolution*, Pitman Press, Bath, Velika Britanija.
- Samoanaliza (2012) *Prehrambeno-biotehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu*, Zagreb.

- Spomenica. 30. obljetnica prehrambeno-biotehnoškog studija i pet godina samostalnog rada Prehrambeno-biotehnoškog fakulteta na Sveučilištu u Zagrebu (1986), P. Mildner (Ured.), PBF Sveučilišta u Zagrebu.
- Šušković J, Kos B, Novak J. Tehnologija antibiotika (predavanja) Prehrambeno-biotehnoški fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2018b; <https://moodle.srce.hr/2017-2018/course/view.php?id=29048> Pristupljeno: 31. siječnja 2020.
- Šušković J., Kos B. Biotehnologija 4: Biotehnoška proizvodnja lijekova (predavanja) Prehrambeno-biotehnoški fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2018a; <https://moodle.srce.hr/2017-2018/course/view.php?id=21286> Pristupljeno: 31. siječnja 2020.
- Šušković J., B. Kos, J. Beganović, A. Leboš Pavunc, K. Habjanič, S. Matošić (2010) Antimicrobial activity – the most important property of probiotic and starter lactic acid bacteria, Food Technol. Biotechnol. 48, 296-307.
- Šušković, J., Kos, B., Frece, J., Beganović, J., Leboš Pavunc, A. (2009) Probiotički koncept – probiotici kao dodaci hrani i probiotici kao bioterapeutici, Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam, 4, 77-84.
- Šušković, J.; Kos, B.; Šantek, B.; Frece, J.; Božanić, R.; Hardi, J.; Slaćanac, V. (2015) Uloga i značaj biotehnologije u proizvodnji fermentirane hrane, Zbornik radova sa znanstvenog skupa Proizvodnja hrane i šumarstvo – temelj razvoja istočne Hrvatske, Osijek, 14.-15. lipnja 2013., Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, str.153-175.
- Tratnik Lj. i Božanić R. (2012) Mlijeko i mliječni proizvodi, Z. Bašić (ured.), Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb.
- UN Secretariat, Convention of biological diversity, March 20, 2013. <https://www.cbd.int/convention/text/>. Pristupljeno 10. siječnja 2020.
- Wine-Searcher (2020) <https://www.wine-searcher.com/biz/producers/croatia> Pristupljeno 23. siječnja 2020.
- Zagrebački.info (2012) Pronadite ovdje dio Zagreba za kojeg možda niste znali..., <http://www.zagrebacki.info/2012/04/vera-johanides.html> Pristupljeno: siječnja 2020.
- Zgaga, Z.; Novak, S. (2000) Projekt ljudskog genoma – završetak ili novi početak? Kemija u industriji, 49 6, 237-238.