

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
PREHRAMBENO – TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ PREHRAMBENE TEHNOLOGIJE

Mirela Matovina

Mikroorganizmi u prehrambenoj industriji

završni rad

Osijek, 2015.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

PREHRAMBENO – TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ PREHRAMBENA TEHNOLOGIJA

Nastavni predmet

Opća mikrobiologija

MIKROORGANIZMI U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI

Završni rad

Mentor: doc. dr. sc. Lidija Lenart

Studentica: Mirela Matovina

MB: 3193/09

Mentor: doc. dr. sc. Lidija Lenart

Predano:

Pregledano:

Ocjena:

Potpis mentora:

SAŽETAK

Mikroorganizmi u prehrambenoj industriji

Mikroorganizmi su organizmi mikroskopske veličine koji se mogu uočiti pomoću mikroskopa. Nalaze se u zemlji, vodi i zraku te mogu zagađivati prehrambene namirnice, a neki se koriste kao sirovina za proizvodnju hrane. Namirnice proizvedene pomoću mikroorganizama su fermentirane namirnice. Za fermentaciju potrebni su supstrat, mikroorganizam i odgovarajući okolišni uvjeti. Fermentacijom se dobivaju proizvodi boljeg okusa i na taj način se proizvod štiti od kvarenja. Proizvodnja hrane pomoću mikroorganizama može biti važan faktor u održavanju života na Zemlji. Mikroorganizmi su genetički vrlo stabilni i zahvaljujući tome moguće je lako rukovanje i uzgajanje. Imaju mogućnost brzog razmnožavanja jer imaju kratko generacijsko vrijeme. Uzgoj mikroorganizama u industriji se može podijeliti na 2 načina, a to su šaržni i kontinuirani uzgoj. Industrijska mikrobiologija se koristi za proizvodnju alkoholnih pića, proizvodnju kruha, sira, sintezu organskih spojeva, antibiotika, insekticida te produkata genetičkog inženjerstva. Industrijskom mikrobiologijom se pomoću mikroorganizama jeftini sirovi materijali pretvaraju u korisne produkte koji se koriste u prehrani ljudi i životinja, a neki produkti se koriste za sprječavanje širenja bolesti ili za poboljšanje kvalitete života. Proizvodnja alkoholnih pića se odvija pomoću kvasaca, dok se proizvodnja alkohola etanola odvija pomoću određenih bakterija kao što su *Arthrobacter* sp. i gljive *Phanaerochaete chrysosporum*. Organske kiseline, aminokiseline i vitamini u velikom broju se proizvode pomoću mikroorganizama, koji imaju sposobnost transformacije nekih steroida u kortikosteron koji pomaže u liječenju artritisa i šoka.

Mikrobni enzimi primjenjuju se raznim industrijskim granama uključujući proizvodnju alkoholnih pića, namirnica, detergenata i farmaceutskih proizvoda. Mikrobni polisaharidi upotrebljavaju se kao sredstva za zgušnjavanje u prehrambenim proizvodima, u tintama i kao zamjena za krvnu plazmu, dok mikrobni insekticidi imaju ulogu suzbijanja štetnih insekata koji uništavaju poljoprivredne proizvode ili prenose uzročnike bolesti kod ljudi, biljaka i životinja. Jednostanični proteini mogu pomoći u rješavanju nedostatka hrane u svijetu, bogati su proteinima, brzo rastu, a izvor ovih proteina su razne bakterije, alge i gljive.

KLJUČNE RIJEČI: mikroorganizam, fermentacija, mikrobni enzimi, alkoholna pića, protein

SUMMARY

Microorganisms in food industry

Microorganisms are organisms of microscopic size which can be seen by microscope. They are found in earth, water and air and can spoil food, but some are used as a resource to make food products. Food which is made with help of microorganisms is called fermentated food. Process of fermentation requires supstrate, microorganism and adequate enviromental conditions. After the food products are fermentated they taste better, but it is also way of preserving food. Producing food with the help of microorganisms can be important part of keeping life on Earth. Microorganisms are genetically very stable and thanks to that its possible easy handling and growing of them. They thave the possibillity of rapid multiplication because of short generation time. Cultivation of microorgansms in industry can be divided in two ways: fed-batch and continuous culture. Industrial microbiology is used for making of alcoholic beverages, bread, cheese, sythesis of organic compounds, antibiotics, insecticides and products of genetic engineering. Industrial microbiology, with help from microorganisms, can transform cheap resorces into useful products which are used in diet and nutrition of people and animals, and some of them are used for preventing disease spread or improving quality of life. Production of alcoholic beverages is carried out with help of yeast, while production of alcohol ethanol is carried out with help of certain bacterias like *Arthurobacter* sp. and funghi *Phanerochaete chrysosporium*. Organic acids, aminoacids and vitamins are produced in large amounts with help of microorganisms which also have ability of transformation some of the steroids in corticosterone, which helps in curing arthritis and state of shock. Microbial enzymes are applied in different industrial branches, including production of alcholic beverages, groceries, detergets and pharmaceutical products. Microbial polysaccharides are used as thickeners of food products, inks, and as replacement for blood serum, while microbial insecticides have great role in supression of harmful insects which destroy agricultural products, or transfer disease agents in humans, plants and animals. Single cell proteins, with qualities such as high protein content and fast growth can help in solving problem of food deficiency in world. Their source are bacterias, algae and funghi.

KEY WORDS: Microorganisms, fermentation, microbial enzymes, alcoholic beverages, proteins

SADRŽAJ

1. Uvod.....	4
2. Mikroorganizmi.....	5
3. Proizvodnja hrane pomoću mikroorganizama.....	6
4. Mikroorganizmi i industrijski procesi.....	8
4.1. Aerobni i anaerobni procesi.....	8
4.2. Mikroorganizmi u industriji.....	9
4.3. Uzgoj mikroorganizama u industrijskim razmjerima.....	10
4.4. Alkoholna pića i ostali proizvodi.....	11
4.4.1. Pivo.....	12
4.4.2. Vino.....	13
4.4.3. Destilirana pića.....	14
4.4.4. Alkohol kao pogonsko gorivo.....	16
4.4.5. Propanol i izopropanol.....	16
4.5. Organske kiseline, aminokiseline i vitamini.....	17
4.5.1. Organske kiseline.....	18
4.5.2. Aminokiseline.....	20
4.5.3. Proizvodnja vitamina.....	20
4.6. Transformacija steroida.....	21
4.7. Mikrobni enzimi.....	23
4.8. Polisaharidi.....	25
4.9. Mikrobni insekticidi.....	25
5. Mikroorganizmi kao izvor hrane.....	27

1. Uvod

Mikroorganizmi ili mikrobiološki postupci imaju značajnu ulogu u prehrambenoj industriji, upotrebljavaju se u komercijalne svrhe. Upotrebom mikroorganizama dobiva se fermentirana hrana koju karakterizira manja podložnost kvarenju, nego u slučaju nefermentirane hrane, osebujna organoleptička svojstva, te činjenica da su rjeđe uzrokom bolesti kojima je podrijetlo u hrani. Neki od korisnih industrijskih proizvoda koji se dobivaju uz pomoć mikroorganizama su alkoholi, organske kiseline, aminokiseline, vitamini, antibiotici, enzimi, razni steroidni hormoni itd.

U stvaranju završnog rada, kao veliki izvor informacija o mikroorganizmima i njihovoj primjeni u prehrambenoj industriji, pomogla je knjiga *Primijenjena mikrobiologija*, Senadina Durakovića koja je izdana 1996. godine u Zagrebu.

Svrha ovog završnog rada je prikazati ulogu mikroorganizama u proizvodnji hrane, opisati općenite postupke uključene u proizvodnju fermentirane hrane i mikrobne procese koji imaju komercijalno značenje. Također su opisane sličnosti i razlike postupaka u proizvodnji alkoholnih pića i ostalih proizvoda, organskih kiselina, aminokiselina, vitamina. Objašnjena je uloga i primjena mikrobnih polisaharida, insekticida i enzima, te je opisana proizvodnja steroidnih hormona, kao što je kortizon. Definiran je pojam "jednostanični protein" i obrazložena je njegova uloga u opskrbi hrane zbog njenih sve manjih zaliha.

2. Mikroorganizmi

Mikroorganizmi su organizmi mikroskopske veličine, a većina se može uočiti pomoću svjetlosnog mikroskopa, a za mikroorganizme koji su izuzetno sitni, kao npr. virusi, koriste se elektronski mikroskopi. Mikroorganizmi se međusobno razlikuju s obzirom na morfološke, fiziološke, biokemijske i serološke osobine. Budući da se nalaze u zemlji, vodi i zraku visoko su rasprostranjeni te imaju mogućnost zagađivanja prehrambenih namirnica, a neki se koriste i kao sirovine za njihovu proizvodnju. (www.tehnologijahrane.com, 2009.)

Međusobna djelovanja mikroorganizama, biljaka i životinja su prirodna i stalna, a budući da se namirnice temelje na biljkama i životinjama, ili njihovim produktima, jasno je da naši izvori hrane mogu sadržavati mikroorganizme koji reagiraju sa sastojcima u namirnicama. Uglavnom mikroorganizmi upotrebljavaju naše izvore hrane kao nutrijente za vlastiti rast i reprodukciju, što uvelike može rezultirati kvarenjem hrane. Budući da je hrana supstrat, njezine značajke imaju bitnu ulogu u tome jer diktiraju što može rasti u hrani odnosno na hrani. Dakle, određivanjem karakteristika hrane ili nekog supstrata, moguće je predvidjeti mikrobnu floru koja raste ili se razmnožava u hrani odnosno na hrani (Duraković, 1996.).

Mikroorganizmi kao kontaminanti u hrani i uzročnici njezina kvarenja mogu biti bakterije, plijesni, kvasci i virusi. Poznavanje uloge mikroorganizama u procesima kvarenja hrane i trovanja hranom je izuzetno važno u očuvanju namirnica od kontaminacije štetnim mikroorganizama. Osim patogenih mikroorganizama koji mogu uzrokovati oboljenja ljudi i uzročnika kvarenja hrane koji svojim rastom i enzimskim reakcijama mijenjaju svojstva hrane kroz degradaciju arome, boje ili teksture, također postoje i korisni mikroorganizmi. Korisni mikroorganizmi doprinose stvaranju novih proizvoda ili hranjivih sastojaka u procesu fermentacije npr. kvasci i bakterije mliječne kiseline, te proizvodnji probiotika. (www.tehnologijahrane.com, 2009.)

3. Proizvodnja hrane pomoću mikroorganizama

Mikroorganizmi imaju značajnu ulogu u proizvodnji velikog broja namirnica. Namirnice proizvedene s pomoću mikroorganizama su fermentirane namirnice, koje su za razliku od nefermentiranih namirnica:

- manje podložne kvarenju,
- znatno su rjeđe uzrokom bolesti čije je podrijetlo u hrani,
- imaju značajna organoleptička svojstva, zahvaljujući kulturama mikroorganizama, uz čiju pomoć su proizvedene, a često su i prava delikatesa.

Nekontrolirani rast mikroorganizama predstavlja problem u slučaju kada rezultira kvarenjem namirnica, krme i ostalog organskog materijala. Unatoč tome prisutnost mikroorganizama je poželjna za proizvodnju niza namirnica u prehrambenoj industriji, npr. vino i sir imaju značajna svojstva zahvaljujući mikrobnim enzimskim djelovanjima. Mnoge visokovrijedne namirnice su dobivene iskorištavanjem fermentativnog metabolizma mikroorganizama. Da bi se poboljšao okus i ostale osobine poželjno je nagomilavanje produkata fermentacije kao što je npr. nagomilavanje etanola i mliječne kiseline. U nekim procesima upotrebljava se oksidativni metabolizam mikroorganizama kao npr. u proizvodnji octa.

Da bi se dobio poželjan fermentirani proizvod, za proizvodnju su potrebni svojstveni supstrati, mikrobna populacija i odgovarajući okolišni uvjeti, a značajnu ulogu u osiguranju visoke kakvoće ima kontrola kvalitete. Budući da bi nekontrolirani mikrobni rast mogao uzrokovati dobivanje neprikladnog proizvoda za konzumiranje, ponekad se zahtjeva dodatna zaštita radi sprječavanja kvarenja fermentirane hrane. Recimo, vino koje je proizvedeno mora se čuvati u anaerobnim uvjetima kako ne bi došlo do oksidacije etanola u octenu kiselinu što uzrokuje pretvaranje vina u ocat.

Mikrobni procesi koji se upotrebljavaju u proizvodnji hrane koriste enzimске aktivnosti mikroorganizama za pretvaranje jedne namirnice u drugu. U proizvodnji fermentirane hrane

sve se češće osim mikroorganizama upotrebljava i mikrobna biomasa koja može biti upotrjebljena kao dodatak krmivima ili kao izravan izvor proteina za ljudsku upotrebu.

KISELI KUPUS

Fermentacijom dobivamo kiseli kupus koji osim što je ukusan i dobro zaštićen ima i visoku prehrambenu vrijednost. Njegov sadržaj vitamina C je ekvivalentan sadržaju tog vitamina u limunu. Proizvodi se dodatkom soli u anaerobnim uvjetima, a tijekom proizvodnje kiselog kupusa prvo se u velikom broju razmnožavaju vrste *Leuconostoc*, one su prirodna mikroflora kupusa i fermentiraju ugljikohidrate u biljnim stanicama pri čemu nastaju octena i mliječna kiselina. Stvorene kiseline snižavaju pH supstrata do oko 3,5. Nakon toga se obilno razmnožavaju i bakterije iz roda *Lactobacillus*, a naknadnim stvaranjem mliječne kiseline dodatno se snižava vrijednost pH do oko 2,0. Sol inhibira plijesni koje dolaze kao kontaminanti i izvlači sok iz biljnih stanica, a miris i specifičan okus kiselom kupusu daje diacetil koji proizvode vrste *Leuconostoc*.

USOLJENE NAMIRNICE

Usoljene namirnice se najčešće odnose na usoljene krastavce koji se dobiju postupcima fermentacije. Krastavci se prvo stavljaju u 8 %-tnu otopinu NaCl-a ili višu, boja se mijenja iz svijetlo zelene do maslinasto zelene, a zatim se stavljaju u rasol. U fermentaciji krastavaca bitne su tri skupine mikroorganizama, a to su *Enterobacter aerogenes*, *Lactobacillus* i *Leuconostoc*. *Enterobacter aerogenes* su gram-negativne, štapićaste bakterije koje stvarajući veliku količinu ugljikovog dioksida, istiskuju zrak i tako uspostavljaju anaerobne uvjete, a bakterije iz rodova *Lactobacillus* i *Leuconostoc* stvaraju velike količine kiseline koja omekšava tkiva i ukiseljava krastavce. Dozrijevanju ukiseljene namirnice doprinosi i veliki broj kvasaca.

4. Mikroorganizmi i industrijski procesi

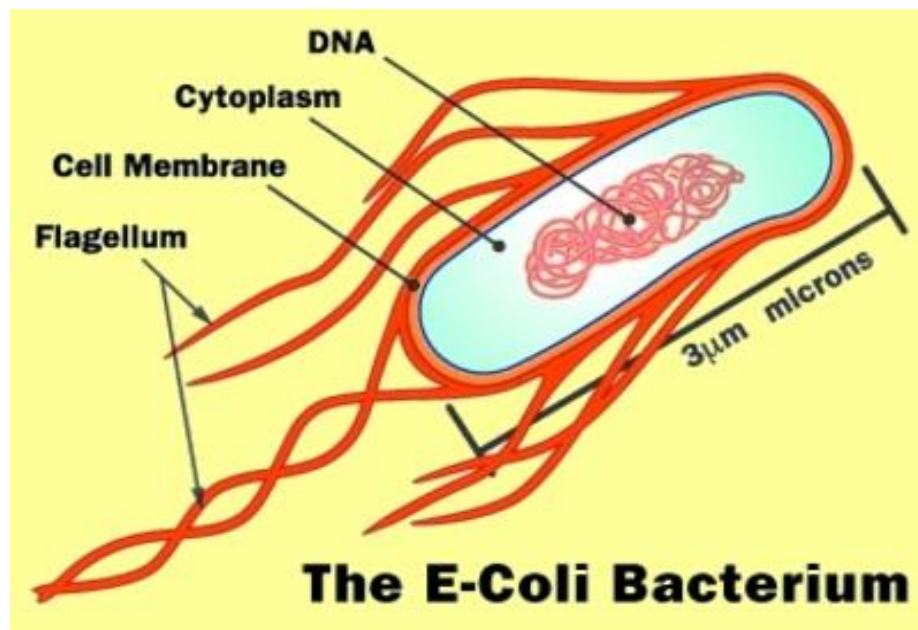
Upotreba mikroorganizama omogućava velike raznolikosti u ostvarivanju ekonomskih dobitaka ili u sprječavanju ekonomskih šteta, a može biti i važan faktor u održavanju života na Zemlji, proizvodnjom hrane pomoću mikrobnih kultura. Modernom industrijskom mikrobiologijom se nastoje poboljšati tradicionalni postupci, a upravljanjem i kontrolom mikroorganizama u proizvodnji hrane i antibiotika, nastoje se razviti potpuno nove srodne mikrobne industrije. Modernom tehnologijom došlo je do toga da se mogu izravno ponuditi mikroorganizmi za osiguranje čovjekova opstanka na Zemlji, zahvaljujući udruženom trudu kemičara, mikrobiologa te ostalih stručnjaka.

4.1. Aerobni i anaerobni procesi

Razne vrste mikroorganizama posjeduju širok raspon enzima za kemijsku pretvorbu mnogih organskih tvari, također mogu izuzetno brzo provoditi metabolizamske pretvorbe, stoga su veoma prikladni za obavljanje industrijskih procesa. Pojam fermentacija u strogo biokemijskom značenju, odnosi se samo na tijek reakcije redukcije organskih supstrata u anaerobnim uvjetima, radi proizvodnje energije. U klasičnom značenju fermentacija je redukcija pirogroždane kiseline do mliječne kiseline, a to je jako važna reakcija u mliječnoj industriji. Mikroorganizmi tijekom svog rasta u kemijski definiranim supstratima koriste se za obavljanje velikog broja industrijskih procesa. Pojam fermentacija se može odnositi na svaki opsežan proces bilo da je aeroban ili anaeroban jer neke kulture koje su uzgajane u aerobnim uvjetima, zahtijevaju velike količine zraka za svoj rast i razmnožavanje, takav primjer je proizvodnja antibiotika.

4.2. Mikroorganizmi u industriji

Mikroorganizmi posjeduju određene osobine koje su vrlo prikladne za industrijske procese, također posjeduju veliku količinu enzima za provođenje mogućih kemijskih pretvorbi i izvode velike metabolizamske aktivnosti koje dopuštaju brze pretvorbe. Osim toga, imaju veliku površinu što im omogućava brzu apsorpciju nutrijenata i izlučivanja konačnih produkata. Mikroorganizmi se vrlo brzo razmnožavaju, pa je tako generacijsko vrijeme bakterije *Escherichie coli*, 20 minuta u optimalnim uvjetima. Oni djeluju poput kemijskih tvornica u industrijskim procesima te sintetiziraju velike količine jednostavnih produkata koji se djelotvorno izoliraju i dobiju u čistom obliku. Budući da su mikroorganizmi genetički vrlo stabilni, uz rijetke mutacije, moguće lako rukovanje i uzgajanje mikroorganizama. Ako rastu na jeftinijim supstratima koje mogu brzo metabolizirati, npr. na sporednim produktima industrijskih procesa, njihova vrijednost se povećava. Takav primjer je dobivanje velike količine sirutke tijekom proizvodnje sira. U sirutku se dodaju mikroorganizmi koji ju pretvaraju u mliječnu kiselinu i imaju pozitivno djelovanje u proizvodnji sira.

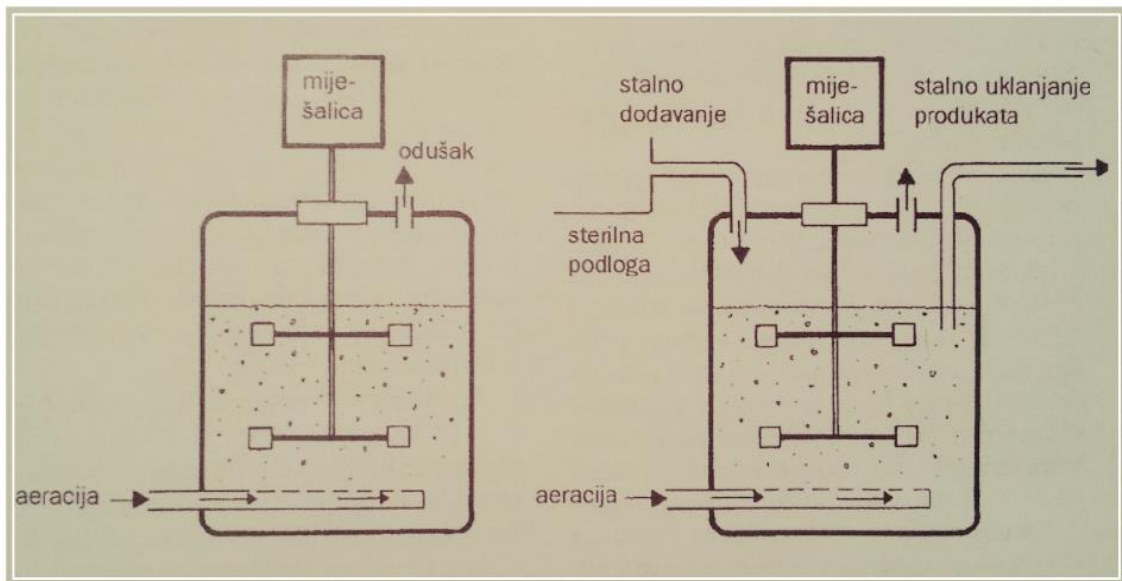


Slika 1. Bakterija Escherichia coli (www.emaze.com).

4.3. Uzgoj mikroorganizama u industrijskim razmjerima

Primjena mikroorganizama u industrijskim razmjerima može se podijeliti na dva načina izvođenja, a to su šaržni i kontinuirani. Kod šaržnog uzgoja upotrebljavaju se veliki spremnici volumena oko 500 000 litara koji se tradicionalno nazivaju fermentatori. U modernoj terminologiji spremnici se opisuju kao bioreaktori. U fermentatoru se sterilizira podloga pomoću vrele vodene pare ili plina npr. sumporovog dioksida, a zatim se dodaju mikroorganizmi. U anaerobnom procesu kisik se izostavlja, dok se u aerobnom procesu propuštaju mjehurići kisika kroz podlogu. Fermentacijski postupak u tom sustavu nalikuje na tipičan ciklus rasta mikroorganizama, a tijekom eksponencijalnog rasta broj stranica se naglo povećava i doseže stacionarnu fazu kad se u podlozi za rast iscrpe nutrijenti. Nakon što započne stacionarna faza pojavljuju se željeni produkti fermentacije. Proces rasta mikroorganizama traje danima, tjednima ili mjesecima, a nakon što je postignuta maksimalna razina željenih produkata slijedi njihovo izdvajanje iz fermentatora pomoću prikladnih postupaka. Kod kontinuiranog uzgoja u fermentator se stalno dodaje svježa podloga, da bi se osigurao stalni dotok podloge koristi se instrument koji se naziva kemostat, koji se također koristi za uklanjanje mikroorganizama u logaritamskoj fazi rasta. Ponekad se u procesu koristi turbidostat, uređaj koji mjeri apsorpciju podloge. To je indikator stupnja mikrobnog rasta, koji dodaje svježju podlogu u fermentator nakon što se razina povisi do određene točke, a iz fermentatora uklanja iscrpljeni materijal, što omogućava održavanje fermentacije na stalnoj razini. Fermentacijske procese je potrebno kontrolirati u cilju osiguranja maksimalnog prinosa produkata. Mnogi parametri kao npr. temperatura i pH reguliraju se automatski.

Slika 2. Tipovi fermentora: a) šaržni sustav; b) kontinuirani sustav



Izvor: (Duraković, 1996.)

4.4. Alkoholna pića i ostali proizvodi

Jedna od zadaća industrijske mikrobiologije je proizvodnja alkoholnih pića. Tri su najveća tipa produkata u mikrobiološkoj proizvodnji alkoholnih pića, a to su piva, vina i destilirana alkoholna pića. Osim alkoholne fermentacije, industrijska mikrobiologija je usmjerena i na proizvodnju kruha, sira, sintezu organskih spojeva, antibiotika, insekticida te mnoštvo produkata genetičkog inženjerstva. Drugim riječima, industrijska mikrobiologija je upotreba mikroorganizama u komercijalne svrhe. Industrijska mikrobiologija jeftine sirove materijale pretvara u korisne proizvode uz sudjelovanje mikroorganizama, a velik broj tih produkata se koristi u prehrani ljudi i životinja dok se ostali produkti upotrebljavaju za sprječavanje širenja bolesti ili za poboljšanje kvalitete života.

4. 4. 1. Pivo

Pivo se dobije fermentacijom pomoću kvasca i ječma te ostalih žitarica, koje služe kao izvor šećera i čitavog niza različitih kemijskih spojeva, koji služe kao izvor dušika. U tradicionalnoj proizvodnji piva budući da kvasac ne može fermentirati škrob iz žitarica potrebno je prethodno pripravljanje slada tj. ošećerenja koje je nužno za hidrolizu škroba. Tijekom hidrolize škroba zrna upijaju vodu, što dovodi do klijanja i potiče sintezu enzima amilaze koji cijepa škrob na jednostavne šećere, koji se mogu fermentirati uz pomoć kvasca. Zrna koja su isključena se suše i na taj način se pripravlja za fermentaciju, a zatim se miješaju s vodom čime se postiže kasnija razgradnja škroba. Neposredno prije dodavanja kvasca mlado nehmeljno pivo (tekuća podloga za fermentaciju) zagrijava se da bi se eliminirali nepoželjni mikroorganizmi. Hmelj se dodaje radi pojačanja boje i mirisa te stabilizacije konačnog proizvoda. Zahvaljujući dvjema antibakterijskim kemijskim tvarima kao što su humulon i lupulon sprječava se bakterijska kontaminacija tj. kvarenje piva. Kada je postignuta željena koncentracija etanola fermentacijski procese se završava, a pivo se potom pasterizira i filtrira radi uklanjanja bakterija. Hlađenjem piva pri niskoj temperaturi za vrijeme taloženja proteina gotovo pivo može postati tamno, a kako bi se ta reakcija izbjegla dodaju se proteolitički enzimi. Postoje dva tipa piva, a to su:

- Ale (ejl) – englesko bijelo pivo koje se dobije fermentacijom pomoću sojeva kvasca sa *Saccharomyces cerevisiae*, oni se nazivaju i kvasci gornjeg vrenja. Ti kvasci se u spremnike unose u obliku pjene s pomoću ugljikovog dioksida. Inkubacija tog piva je 5 – 7 dana pri 14 – 23 °C i sadrži višu koncentraciju etanola nego lager.
- Lager – njemačko lagano pivo, koje se dobije fermentacijom pomoću sojeva kvasca *Saccharomyces carlsbergensis*, oni su kvasci donjeg vrenja jer uzrokuju stvaranje taloga. Inkubacija lagera je 8 – 10 dana pri nižoj temperaturi od 6 – 12 °C.

4.4.2. Vino

Vino je proizvod dobiven fermentacijom gotovo svakog voćnog soka. Budući da početni materijal sadrži veliku količinu šećera može se dobiti do 15% etanola pomoću određenih sojeva kvasaca. Za dobivanje vina koristi se grožđe koje sadrži 12 – 30 % šećera i 70 – 85 % vode, kiseline i minerale koji su odgovorni za različitu boju, okus te aromu vina. Cijelo voće se mehanički preša i nakon što je pokožica zrna pokidana započinje fermentacija. Prešanjem zrna grožđa dobije se mošt koji prirodno fermentira pomoću enzimskih djelovanja divljih kvasaca koji rastu na zrnu grožđa. Ovakav način proizvodnje se provodi u Europi, dok se za usporedbu, u SAD-u bobice grožđe i ostale fermentirajuće tvari prethodno steriliziraju ili obrađuju sumporovim dioksidom da bi se spriječio rast nepoželjnih mikroorganizama, a zatim se dodaju posebne kulture kvasca *Saccharomyces ellipsoideus*. Rast kvasaca se pospješuje aeriranjem smjese voćnog soka i mikroorganizama, a kraj fermentacije se određuje sadržajem etanola u uzorku, te se vino radi bistrenja i starenja stavlja u velike bačve. Kontinuiranom enzinskom aktivnošću u anaerobnim uvjetima stvara se buke i okus za koje vino posebno dozrijeva. Tijekom starenja dolazi do polaganog bistrenja vina, a suspendirane čvrste tvari talože se na dno bačve. Obično se proizvod odvaja od taloga i prenosi nekoliko puta u manje posude i taj postupak tijekom starenja je stalan. Konačni proizvod se pasteurizira ili filtrira radi sprječavanja kvarenja, a potom se pohranjuje u boce. Različite vrste vina nastaju zbog općenitih promjena fermentacijskih procesa. Crvena vina su dobivena fermentacijom bobica crvenog grožđa tako što alkohol koji se stvara ekstrahira boju u vinu. Bijela vina se proizvode iz bijelog mošta kojeg daju crvene i bijele vinske bobice. Neka vina se razlikuju i na osnovi sadržaja šećera, npr. u suhim vinima mošt ili svi šećeri metabolizirani su u tijeku fermentacije, a u slatkim vinima fermentacija se zaustavlja dok u produktu još uvijek zaostaju neki šećeri. Neke vrste vina poznate su po osobitom mirisu, pjenušanju ili po visokom udjelu alkohola. Šampanjac je primjer pjenušavog vina koji se podvrgava još jednoj alkoholnoj fermentaciji u boci pod tlakom, a šećer i kvasac stvaraju ugljikov dioksid koji zasićuje vino ugljičnom kiselinom. Najveći broj stolnih vina sadrži 10–12 % etanola, jer kvasci ne mogu preživjeti u vinu koje sadrži više od 15% etanola. Dodatkom konjaka ili nekog drugog žestokog alkoholnog pića moguće je povećati koncentraciju etanola

u vinu, tako dobiveni proizvodi nazivaju se jaka vina, npr. Madeira, Port i Cherry. Za razliku od većine vina koja su rezultat fermentacije pomoću kvasaca, iznimka je palmino vino koje se dobiva pomoću bakterije *Zymomonas mobilis* pri čemu je prirast alkohola veći nego prirast s kvascem. Treba spomenuti i rižino vino ili sake koje se proizvodi poput piva. Upotreba mješovitih kultura plijesni *Aspergillus oryzae* i kvasaca *Saccharomyces* vrste koristi se za inokulaciju vlažne riže.

4.4.3. Destilirana pića

Pića koja se dobiju destilacijom su vinski konjak i rum, ovisno o upotrijebljenom materijalu za fermentaciju. Postoje različite vrste viskija koje se dobivaju iz različitih žitarica, konjak se dobiva iz voćnih sokova, a iz melase se proizvodi rum. Fermentacijom raži dobiva se ražni viski, iz kukuruza se dobiva burbon, a iz ječmenog slada scotch. Destilirana pića se dobivaju destilacijom koja se obavlja uz upotrebu vakuuma i pri povišenoj temperaturi, gdje se dobiva 90–96 % etanola. U drvenim bačvama se ostavlja sirov proizvod (nerazrijeđen) da sazrije radi postizanja razine alkohola od približno 51.5%,; destilat se razrjeđuje vodom. Koncentracija alkohola tijekom skladištenja varira zbog hlapljenja alkohola, kada je proizvod spreman za punjenje u boce, standardizira se do točno određenog sadržaja etanola (80 stupnjeva jakosti).

PIĆE	KVASAC	NAČIN PROIZVODNJE	ULOGA KVASCA
Crveno pivo	<i>S. cerevisiae</i>	U melasu se radi bukea dodaje kora sasafresa, kora zimzelena i crveni pješčenjak, dodaje se kvasac i inkubira u aerobnim uvjetima.	Pretvara šećer u CO ₂ u aerobnom metabolizmu; stvara se 0,03% alkohola.
Pivo	<i>S. carlsbergensis</i>	Zrna ječma upijaju vodu što uzrokuje klijanje i inicira sintezu enzima amilaze. Enzimi cijepaju škrob iz ječma u fermentabilne šećere.	Pretvara šećer u etanol i CO ₂ ; stvara se 4% etanola. Kvasac raste na dnu posude.
Sake	<i>S. cerevisiae</i>	<i>Aspergillus oryzae</i> pretvara škrob u vlažnoj riži u šećer; dodaje se kvasac; inkubira se pri 20°C.	Pretvara šećer u etanol; stvara se 14-16% alkohola.
Prirodno vino	<i>S. cerevisiae</i>	Različite vrste voća osiguravaju okus i količinu šećera. Plodovi se drobe i stvara se mošt; radi inhibicije divljih kvasaca dodaje se SO ₂ ; dodaje se kvasac. Crvena vina: inkubacija pri 25°C. Čuvanje u hrastovim bačvama 3-5 god., a u bocama 5-15 god. Bijela vina: inkubacija pri 10-15°C. Čuvanje 2-3 god. u bocama.	Pretvara šećer iz bobica u alkohol; stvara se 14% ili manje etanola.
Šeri vino	<i>S. cerevisiae</i> i <i>S. beticus</i> ili <i>S. bayanus</i>	Kao i prirodna vina, uz dopunski površinski rast pri 27°C. Dodaje se alkohol do 18-21%.	<i>S. beticus</i> raste kao film na površini i proizvodi aldehide iz alkohola.
Pjenušavo vino	<i>S. cerevisiae</i>	Kao i prirodno vino, ali sa sekundarnom fermentacijom u boci. Dodaje se 2,5% šećera i kvasca u bocu; inkubira se pri 15°C. Boce se u nišama često okreću, jer se kvasac istaloži.	U sekundarnoj fermentaciji proizvodi CO ₂ .
Rum, Jamaika	<i>Divlji kvasci</i>	Melasa šećerne trske inokulira se u prethodnoj fermentaciji. Starenje u hrastovim bačvama daje proizvodu boju. Radi koncentriranja proizvod se destilira.	Pretvara šećer u etanol; stvara 50-95% etanola.
Konjak	<i>S. cerevisiae</i>	Voće se preša i dodaje se kvasac. Destilira se radi koncentriranja alkohola; miješa se s ostalim konjacima.	Pretvara šećer u etanol; stvara se 40-43% etanola.
Viski	<i>S. cerevisiae</i>	Mlado nehmeljano pivo fermentira se pomoću kvasca. Destilira se radi koncentriranja alkohola. Čuva se u hrastovim bačvama.	Pretvara šećer u etanol; stvara se 50-95% etanola.

Tablica 1. Proizvodnja alkoholnih pića pomoću kvasaca (Duraković, 1996.)

4.4.4. Alkohol kao pogonsko gorivo

Etanol se koristi kao gorivo koje se dobiva iz obnovljivih rezervi kao što su ugljikohidrati (saharoza ili melasa iz šećerne repe, škrob iz žitarica ili krumpira, celuloza i hemiceluloza iz različitih biljaka), za razliku od naftnog goriva koje ima visoku cijenu i proizvodi se od fosilnog goriva koje je neobnovljivo.

Proizvodnja etanola iz saharoze i škroba više se koristi u industrijskoj proizvodnji alkoholnih pića, dok je proizvodnja etanola (kao pogonskog goriva) iz celuloze značajnija budući da uključuje pretvorbu otpadne celuloze, poput već upotrjebljenih proizvoda načinjenih od papira, otpadaka od drveta i dr. Osim celuloze i hemiceluloze koje čine 50–75 % ukupne mase drveća, lignin i polisaharidi staničnih stijenki sudjeluju s 15–25 % u ukupnoj masi drveta. U proizvodnji alkohola kao pogonskog goriva istražuju se mikroorganizmi koji sintetiziraju celulaze i lignaze, a to su bakterija *Arthrobacter sp.* i gljiva *Phanaerochaete chrysosporum*. Šećer ksiloza koji fermentira u etanol dobije se biorazgradnjom lignina, u toj fermentaciji sudjeluju: *Candida Shehatae*, *Candida sp. XF217*, *Kluyveromyces marxianus*, *Pachysolen tannophilus* i *Pichiastipitis*.

4.4.5 Propanol i izopropanol

Butanol i izopropanol mogu namiriti industrijsku potražnju za velikim količinama etanola kao otapala. Ovi alkoholi dobivaju se kao sporedni produkti nebioloških procesa, dobivanjem benzina iz sirove nafte. Budući da nafta sve više nestaje, povećava se vjerojatnost da će taj izvor biti zamijenjen postupcima mikrobne fermentacije. Proizvodnja butanola i izopropanola omogućava se pomoću nekih vrsta bakterija *Clostridium butylicum*. Butanol se proizvodi od pokvarenog voća, pokvarenih voćnih prerađevina ili iz melase. Oba alkohola se upotrebljavaju kao otapala, ali i u industriji mirisa, a izopropanol je još poznat kao alkohol za čišćenje te je efikasan dezinficijens i antiseptik.

4.5. Organske kiseline, aminokiseline i vitamini

Organske kiseline, aminokiseline i vitamini u velikom broju se proizvode pomoću mikroorganizama.

PRODUKT	MIKROORGANIZAM	PRIMJENA
ORGANSKE KISELINE		
Octena kiselina	<i>Acetobacter sp.</i>	Začin, zaštita namirnica.
Limunska kiselina	<i>Aspergillus niger</i> <i>Aspergillus wentii</i>	Antikoagulans, začin hrani; za proizvodnju tinte i bojila; za rezbarenje.
Eikozapentaenoična kis.	<i>Morske alge kremenjašice</i>	Za snižavanje razine kolesterola u krvi.
Mliječna kiselina	<i>Lactobacillus delbrueckii</i>	Kalcijev laktat i željezov laktat u stanjima pothranjenosti; kao otopina primjenjuje se u industriji kože.
AMINOKISELINE		
Glutaminska kiselina	<i>Micrococcus glutamicus</i> <i>Arthrobacter sp.</i> <i>Brevibacterium sp.</i>	Kao medicinski preparat, dodatak hrani.
Lizin	<i>E. coli</i> <i>Enterobacter aerogenes</i>	Dodatak hrani.
Valin	<i>E. coli</i>	
VITAMINI		
Cijanokobalamin (B ₁₂)	<i>Streptomyces olivaceus</i> <i>Propionibacterium freundenreichii</i>	Dodatak hrani, za liječenje anemije uzrokovane pomanjkanjem vitamina B ₁₂ .
Beta-karoten	<i>Dunaliella salina</i>	Bojenje hrane, prekursor vitamina A, u obradi karcinoma.
Riboflavin (B ₂)	<i>Ashbya gossypii</i>	Dodatak hrani.

Tablica 2. Odabrane org. kiseline, aminokiseline i vitamini što ih proizvode mikroorganizmi (Duraković, 1996.)

4.5.1. Organske kiseline

Ocat (octena kiselina)

Tradicionalno, spontanim kiseljenjem vina dobiva se vinski ocat. Industrijsko dobivanje octa zasniva se na fermentaciji voćnog soka do etanola (10–20 %) uz pomoć kvasaca. Dobiveni sok mehanički se raspršuje u spremniku gdje su prisutne bakterije *Acetobacter aceti*. Nastali etanol bakterijski enzimi prevode u acetaldehid, a zatim u octenu kiselinu. Dobiveni ocat recirkulira nekoliko puta, zatim se nakuplja na dnu spremnika, a zaostali etanol isparava. Produkt u pravilu sadrži 3–5 % octene kiseline. Ulja, šećeri i ostali spojevi koji su proizvod bakterijskog metabolizma određuju okus octa, ako je ocat načinjen od vina na okus utječu i rezidualni organski spojevi u vinu.

Mliječna kiselina

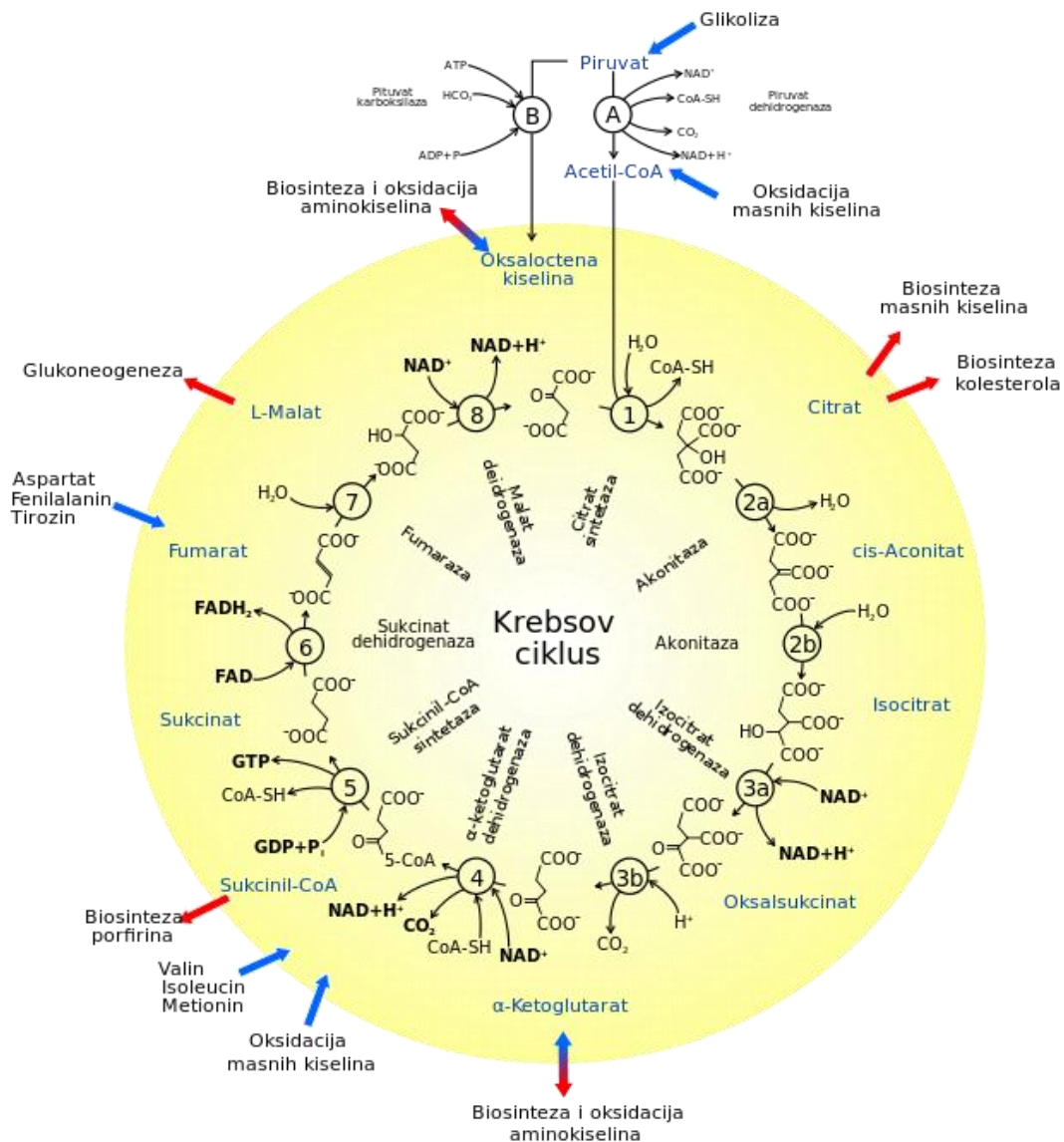
Dobivanje mliječne kiseline odvija se procesom fermentacije uz pomoć bakterija *Lactobacillus delbrueckii* ili *Lactobacillus bulgaricus* koje rastu na hidrolizatu kukuruza, krumpirova škroba, melasi ili na sirutki nakon proizvodnje sira. To je proces u kojem se mliječna kiselina neutralizira vapnom, kako bi se dobio kalcijev laktat koji se primjenjuje kao dodatak hrani ili se koristi za ponovno prevođenje u mliječnu kiselinu.

Eikozapentaenoična kiselina (EPK)

To je organska kiselina poznata i kao Omega-3 masne kiseline, koja se nalazi u velikim količinama u ribama slanih voda, a posebno u mesu lososa i tuna. Konzumiranjem mesa navedenih riba u kojima se nalaze omega-3 masne kiseline u malim količinama dolazi do sniženja razine kolesterola u krvi kod ljudi. Ribe ne proizvode same ove masne kiseline nego ih dobivaju iz algi kremenjašica kojima se hrane. Industrijski se pokušavaju uzgojiti dijatomeje (alge kremenjašice) u cilju izravnog dobivanja EPK kao dodatka hrani za liječenje bolesnika sa viskom razinom kolesterola u krvi.

Limunska kiselina

Limunska kiselina nastaje kao međuprodukt u ciklusu limunske kiseline, a za sintezu su odgovorne plijesni *Aspergillus niger* i *Aspergillus wentii* koje se najepljuju na kukuruzni škrob i kukuruzno brašno, šećernu repu, melasu, sok od šećerne trske i sirovi šećer. Proces se odvija u velikim spremnicima i aerobnim uvjetima, uz snažno aeriranje. Plijesni tijekom svog rasta u hranjivoj podlozi enzimskom razgradnjom glukoze pretvaraju u limunsku kiselinu. Budući da plijesan nema enzime za kasnije reakcije u ciklusu, proces ne ide dalje od limunske kiseline. Nagomilana limunska kiselina uz pomoć prikladnih procesa se izdvaja te se upotrebljava za različite komercijalne proizvode.



Slika 3. Ciklus limunske kiseline (https://hr.wikipedia.org/wiki/Krebsov_ciklus)

4.5.2. Aminokiseline

Zahvaljujući mikroorganizmima omogućena je industrijska proizvodnja velikih količina aminokiselina, npr. glutaminska kiselina se proizvodi u obliku natrijevog glutamata koji se upotrebljava za poboljšanje okusa namirnica. Glutaminska kiselina se dobiva zahvaljujući bakterijama kao što su *Micrococcus glutamicus* ili *Artrrobacter* ili *Brevibacterium* vrste koje mogu adirati amonijak na alfa-ketoglutarnu kiselinu, to je proces u kojem se proizvodi mnogo više glutaminske kiseline nego što je bakteriji potrebno. U procesu dobivanja glutaminske kiseline koriste se supstrati kao što su melasa, riblje brašno, sojino brašno i amonijevi spojevi. U proizvodnji lizina koristi se bakterija *Escherichia coli* koja se inokulira u glicerol, kukuruzni ekstrakt i amonijeve spojeve radi produkcije diaminopimelinske kiseline, koja se potom modificira pomoću bakterije *Enterobacter aerogenes* i tako proizvodi lizin.

4.5.3. Proizvodnja vitamina

Budući da je komercijalna proizvodnja vitamina kemijskom sintezom vrlo složen i skup proces, jednostavnije i ekonomičnije je dobivanje vitamina mikrobnom fermentacijom. Navedenim procesom dobivamo riboflavin (vitamin B₂) i cijanokobalamin (vitamin B₁₂), za proizvodnju riboflavina koristi se bakterija *Ashbya gossypii*, koja se uzgaja na kukuruznom ekstraktu, a za dobivanje cijanokobalamina koriste se ili *Streptomyces olivaceus* ili *Propionibacterium freundenreichii*, koje se uzgajaju na kukuruznom i sladnom ekstraktu uz dodatak kobalta (esencijalnog dijela strukture vitamina B₁₂). Prekursor u proizvodnji vitamina A je beta-karoten koji se u velikim količinama proizvodi pomoću alge *Dunaliella salina*, koja podnosi povišene koncentracije soli NaCl. Beta-karoten se dobiva u velikim količinama i služi kao bojilo u namirnicama te kao prekursor vitamina A, koji ima antikancerogeno djelovanje.

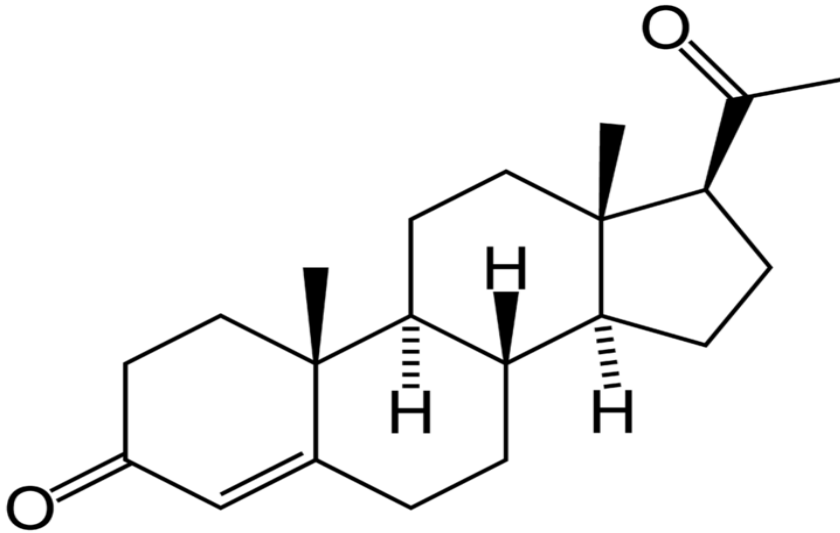
4.6. Transformacija steroida

Steroidi su hormoni, imaju važnu ulogu u kontracepciji i u obradi različitih bolesti kao što su artritis i šok. Stanje šoka se uspješno liječi upotrebom kortikosterona, a to je hormon kore nadbubrežne žlijezde koji se dobiva iz goveda, ali u malim količinama, te je zbog toga važno otkriće da mikroorganizmi imaju sposobnost transformacije nekih drugih steroida u kori u kortikosteron. U liječenju artritisa (upala zglobova) i suzbijanju ostalih tipova upalnih procesa uspješno se koristi kortizon. Ovaj steroidni hormon proizvodi se kombinacijom kemijskih i mikrobnih reakcija. Pri transformaciji steroida, jednostavan specifičan enzim mijenja posebnu kemijsku komponentu na molekuli steroida i na taj način stvara novi spoj. Jednostavan specifični enzim može biti proizveden od samo jedne mikrobne vrste.

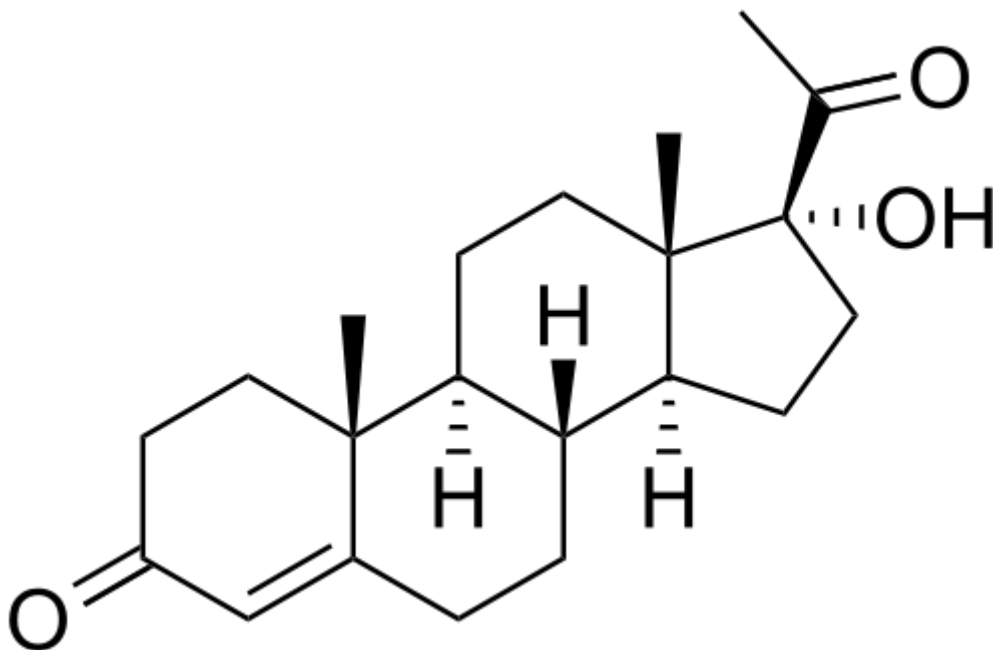
MIKROORGANIZMI	TRANSFORMACIJA
<i>Aspergillus ochraceus</i>	Progesteron → 11- α -hidroksiprogesteron
<i>Curvuloria lunata</i>	Progesteron → 4-pregnen-11 β , 21-diol-3,20-dion
<i>Dactylium dendroides</i>	Progesteron → 11- α -hidroksiprogesteron
<i>Streptomyces lavendulae</i>	Progesteron → 20- β -hidroksiprogesteron

Tablica 3. Mikrobna transformacija steroida (Duraković, 1996.)

U ovoj tablici su prikazani primjeri mikroorganizama i određenih steroida koji se mogu dobiti iz progesterona. Ti mikroorganizmi se koriste za proizvodnju odabranih steroida u velikim količinama, a oni se upotrebljavaju za ispravljanje i uklanjanje hormonalnih i ostalih poremećaja.



Slika 4. Progesteron (<https://sh.wikipedia.org/wiki/Progesteron>)



Slika 5. Hidroksiprogesteron (<https://sh.wikipedia.org/wiki/17-Hidroksiprogesteron>)

4.7. Mikrobni enzimi

Enzimi imaju veliku primjenu u raznim industrijskim granama, recimo amilaza ima upotrebu u proizvodnji sirupa od kukuruznog škroba, u proizvodnji papira, te glukoze iz škroba i dr. Glukoza izomeraza je enzim koji je vrlo važan jer ima sposobnost pretvaranja glukoze, dobivene hidrolizom škroba, u fruktozu koja se upotrebljava kao sladilo u mnogim namirnicama umjesto saharoze. Mikrobne amilaze se mogu koristiti kao zamjena za enzime iz ječma radi pripreve zrnja za fermentaciju u proizvodnji alkoholnih pića. Proteaze se također koriste za bistrenje piva tako što razgrađuju proteine koji uzrokuju mutnoću tijekom hlađenja. Proteaze i lipaze imaju bitnu ulogu u čišćenju krzna, u proizvodnji i obradi kože, a proteaze se komercijalno primjenjuju za omekšavanje mesa pri čemu razgrađuju proteine koji mesu daju žilavost. Mikrobni enzimi se komercijalno primjenjuju i u uklanjanju boje s odjeće jer su boje uglavnom načinjene od lipida, proteina ili škroba, a neki enzimi pri određenim uvjetima mogu razgraditi bojila, učvrstiti tvari od kojih su načinjena i na taj način sudjeluju u čišćenju materijala. Proizvodnja mikrobnih enzima odvija se u plitkim posudama uz optimalnu aeraciju ili u spremnicima u kojima se provodi aeracija, tako što mjehurići zraka prolaze kroz podlogu za uzgoj mikroorganizama. Podloga za uzgoj mikroorganizama obično se pravi od otpadnih materijala industrije mlijeka ili konzerviranih biljnih prerađevina. Željeni enzim se dobije po završetku mikrobnog rasta, zatim se vrši filtracija kako bi se odstranili mikroorganizmi, te se iz filtrata izdvajaju enzimi određenim postupcima.

ENZIM	MIKROORGANIZAM	PRIMJENA
Amilaza	<i>Aspergillus niger</i> <i>Aspergillus oryzae</i> <i>Bacillus subtilis</i>	Pekarstvo; pivarstvo; hrana: prije kuhanja; lijekovi: pomoć u probavnim tegobama; škrob: škrobljenje rublja u praonicama rublja; tekstilna ind.: uklanjanje rublja
Asparaginaza	<i>Azotobacter vinelandii</i> <i>Bacillus coagulans</i> <i>Bacterium cadaveris</i> <i>E. coli</i> <i>Pseudomonas sp.</i> <i>Serratia marcescens</i>	Antitumorsko djelovanje
Celulaza	<i>Aspergillus niger</i>	Hrana: koncentri tekuće kave
Dekstran saharaza	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	Farmaceutska ind.: dekstran
Glukoza oksidaza	<i>Aspergillus niger</i>	Hrana: uklanjanje glukoze iz čvrstih namirnica
Invertaza	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Slatkiši: sprečava zgrušavanje; hrana: umjetno načinjeni med
Laktaza	<i>Saccharomyces fragilis</i>	Mlijeko: sprečava kristalizaciju laktoze u sladoledu i konc. mlijeku
Lipaza	<i>Aspergillus niger</i> <i>Bacillus licheniformis</i>	Mliječna industrija: tvorba okusa u siru
Pektinaza	<i>Aspergillus niger</i> <i>Aspergillus aureus</i> <i>Aspergillus wentii</i>	Vina i sokovi: bistrenje
Penicilinaza	<i>Bacillus subtilis</i>	Farmaceutska industrija: dijagnostički agens
Proteaze	<i>Aspergillus oryzae</i> <i>Bacillus spp.</i>	Pivarstvo, pekarstvo, mlijeko, medicina, lijekovi
Streptodornaza	<i>Streptococcus pyogenes</i>	Medicina: čišćenje rana, kao reagens
Streptokinaza	<i>Streptococcus hemolyticus</i>	Medicina: otapanje krvnih ugrušaka

Tablica 4. Odabrani mikrobnii enzimi i njihova primjena (Duraković, 1996.)

4.8. Polisaharidi

Polisaharidi se u velikoj mjeri upotrebljavaju zbog sposobnosti povećavanja viskoznosti otopine i povećavanja emulzivnosti masti. U posljednje vrijeme se sve češće primjenjuju kao dodaci plastičnim masama, tintama, adhezivnim komponentama, raznim umacima, mliječnim proizvodima te kao dodaci hrani. Dekstrani imaju veliku primjenu u zamjeni za krvnu plazmu.

MIKROORGANIZAM	TIP POLISAHARIDA	PRIMJENA
<i>Aureobasidium pullulans</i>	Glukan	Plastika tipa stiren; adhezivi; konac; materijal za izolaciju
<i>Xanthomonas campestris</i>	Ksantanska guma	Za zgrušnjavanje tiskarskih bojila; adhezivi; za glaziranje keramike; u preh. proizvodima; u sladoledima; u farmaceutskoj industriji
<i>Leuconostoc mesenteroides</i> <i>Leuconostoc citrovorum</i> <i>Leuconostoc dextranicum</i>	Dekstran	Kao nadomjestak krvne plazme; povezan sa željezom dodaje se u hranu; za fotografske emulzije

Tablica 5. Odabrani mikroorganizmi, njihovi polisaharidi i primjena (Duraković, 1996.)

4.9. Mikrobni insekticidi

Određeni mikroorganizmi sudjeluju u borbi protiv mnogih insekata koji uništavaju poljoprivredne proizvode ili prenose različite uzročnike bolesti kod ljudi, životinja i biljaka. Uloga mikroorganizama je u ovom slučaju suzbijanje štetnih insekata koji su osjetljivi na njihovo djelovanje. Djelotvoran mikrobni insekticid mora ispunjavati sljedeće zahtjeve:

- Mora imati sposobnost inhibiranja životno važnih funkcija određenih insekata
- Mora imati brzo djelovanje

- Mora biti specifičan za pojedine štetne insekte, a da pri tome nema štetne utjecaje na ostale kukce ili beskraljčnjake
- Mora biti relativno stabilan na okolišne faktore (isušivanje, sunčeva svjetlost)
- Mora biti lagan za rukovanje i nanošenje po površinama (raspršivanje)
- Mora biti ekonomičan

Obavljanje suzbijanja rasta poljoprivrednih štetočina je vrlo težak zadatak budući da najveći broj mikroorganizama izoliranih iz kontaminiranih kukaca ne ispunjava navedene zahtjeve. Sljedeća tablica prikazuje mikroorganizme koji ispunjavaju te zahtjeve, te štetne kukce koji se suzbijaju pomoću tih mikroorganizama.

MIKROORGANIZAM	KUKAC ILI DRUGI ŠTETNIK
<i>Bacillus popillae</i>	Japanski kukac kornjaš; europski hrušt
<i>Bacillus lentimorbus</i>	Europski hrušt
<i>Bacillus thuringiensis</i>	Kokošja uš
<i>Bacillus thuringiensis var. israeliensis</i>	Komarac Anopheles, crna muha
<i>B. thuringiensis i jezgreni poliedarski virus</i>	Crv pamuka/lana, gusjenica kupusa/djeteline
<i>B. thuringiensis i Beauveria bassiana</i>	Europski crv kupusa
<i>B. sphaericus</i>	Komarac Anopheles
<i>Hirsutella thompsonii</i>	Dječje gliste iz tla
<i>Vairimorpha necatrix</i>	Gusjenica soje

Tablica 6. Mikroorganizmi koji se upotrebljavaju kao pesticidi (Duraković, 1996.)

Ovi mikroorganizmi, kontaminirajući štetne kukce ujedno šire i bolesti koje napadaju ostale kukce. Bakterija *Pseudomonas aeruginosa* poznata je u suzbijanju odraslih skakavaca, nekih gusjenica te leptira, no budući da ta bakterija uzrokuje infekcije ljudi i životinja, sporno je njezino značenje kao mikrobnog insekticida.

5. Mikroorganizmi kao izvor hrane

Mikroorganizmi mogu pomoći u rješavanju nedostatka hrane u svijetu, osobito oskudnih zaliha proteina, budući da mikroorganizmi u pravilu mogu udvostručiti svoju biomasu u samo nekoliko sati. Jednostanični proteini ili single cell proteini (SPC) se upotrebljavaju kao izvor hrane, a ime su dobili po tome što imaju jednostaničnu strukturu i izuzetno su bogati proteinima, budući da brzo rastu i proizvode velike količine visokovrijednih proteina koji sadrže sve esencijalne aminokiseline. Potencijalni izvori ovih proteina su razne bakterije, alge i gljive. U budućnosti bi mikroorganizmi mogli imati još značajniju ulogu u svjetskim zahtjevima za hranom, ako se obradive površine ne budu povećavale u skladu sa povećanjem ljudske populacije.

Bakterija *Methylophilus methylotrophus* prema istraživanjima naftnih kompanija, raste na metanolu koji se dobiva iz metana, te se na 1 g metanola može proizvesti 500 mg bakterijske biomase, koju čini 70% sirovih proteina. Prednost metanola kao supstrata je ta da se ne mora pročišćavati, u vodi je topljiv i lako se odvaja od konačnog produkta. Smatra se da će u budućnosti jeftiniji izvori metanola koji se dobiju iz celuloze biti adekvatniji za veliku proizvodnju mikrobnih jednostaničnih proteina. Kvasci kao komercijalni izvori jednostaničnih proteina predstavljaju izuzetne organizme, budući da sadrže velike količine vitamina. Neki od kvasaca, uključujući predstavnike poput *Saccharomyces*, *Candida* i *Torulopsis* imaju mogućnost rasta na otpadnim materijalima te ih pretvarati u upotrebljive izvore hrane. Dvostruka je uloga rasta kvasaca na otpadnim tvarima, a uključuje uklanjanje nepoželjnih tvari i proizvodnju hrane bogate proteinima.

Kao supstrati za mikroorganizme mogu se primijeniti ugljikovi spojevi, npr. celuloza, metanol ili ugljikovodici iz nafte, ali budući da je nafta skupa i da su zahtjevi za naftom kao gorivom sve veći onda se ona zbog ekonomskih razloga ne koristi kao supstrat u proizvodnji hrane pomoću mikroorganizama. Ulažu se veliki naponi u istraživanju ekonomične pretvorbe celuloze u produkte kao što je glukoza jer oni mogu biti brzo metabolizirani.

Bakterije su najekonomičnije i najprivlačnije od svih mikroorganizama koji se mogu koristiti za proizvodnju jednostaničnih proteina, jer imaju kraće generacijsko vrijeme od plijesni i kvasaca te sadrže 80% proteina u usporedbi sa kvascima koji sadrže 50% proteina. Fotosintetičke bakterije su osobito značajne jer je svjetlost neiscrpan izvor energije, ali problem je u tome što ove bakterije i alge naginju stvaranju relativno neukusnih produkata, a iznimku čini cijanobakterija *Spirulina sp.*

Jednostanični proteini uglavnom se proizvode kao hrana za životinje dok u izravnoj primjeni za ljudsku upotrebu jednostaničnih proteina javljaju se problemi zbog visoke koncentracije nukleinskih kiselina u njima (6-11%). Konzumiranje takvih namirnica može uzrokovati porast razine urične kiseline u serumu, koja može uzrokovati posljedice kao što su bubrežni kamenac, alergije, dijareja, povraćanje i giht.

Životinje i pilići mogu na jednostaničnim proteinima rasti bolje nego na biljnoj krmu i na taj način ispunjavati svjetske zahtjeve za hranom. Za proizvodnju jednostaničnih proteina koji se izravno mogu koristiti u ljudskoj prehrani potrebno je pronaći pravi karakterističan mikroorganizam i prave uvjete proizvodnje.

LITERATURA

Duraković S: Primijenjena mikrobiologija, Kugler, Zagreb, 1996.

Tešić Ž, Todorović M: Mikrobiologija, Poljoprivredni fakultet Beograd, 1998.

www.tehnologijahrane.com [2015.]

www.emaze.com [2015.]

https://hr.wikipedia.org/wiki/Krebsov_ciklus [2015.]

<https://sh.wikipedia.org/wiki/Progesteron> [2015.]

<https://sh.wikipedia.org/wiki/17-Hidroksiprogesteron> [2015.]