

Proizvodnja, svojstva i fermentacija sojinog mlijeka

Rajka Božanić

Pregledni rad - Review

UDK: 637.181

Sažetak

Soja je sve interesantnija namirnica zbog svojih izvanrednih nutritivnih i zdravstvenih karakteristika. U zapadnim zemljama sojino je mlijeko namijenjeno populaciji koja ne može konzumirati kravlje mlijeko, bilo zbog toga što je laktoza netolerantna, zbog alergija na proteine mlijeka ili zbog uvjerenja ne konzumira namirnice životinjskog podrijetla. Fermentacijom sojinog mlijeka bakterijama mliječne kiseline značajno se povećava zdravstvena vrijednost ove namirnice. U ovom je radu opisan sastav sojina zrna s posebnim osvrtom na proteine, lipide i ugljikohidrate soje te antinutritivne faktore i sojine izoflavone. Prikazan je sastav i proizvodnja sojinog mlijeka te njegova nutritivna vrijednost. Opisane su prednosti fermentacije soje i sojina mlijeka, osobito s probiotičkim bakterijama mliječne kiseline.

Ključne riječi: soja, sojino mlijeko, fermentacija, probiotičke bakterije

Uvod

Na Dalekom istoku soja je od davnina i hrana i lijek. Danas, kad je detaljno proučen sastav soje, zna se da je to jeftina namirnica, bogata visokovrijednim proteinima, nezasićenim masnim kiselinama, topljivim i netopljivim biljnim vlaknima te izoflavonima, zbog čega je u svakodnevnoj prehrani od nedvojbene važnosti. Sojini proteini, iako nije dovoljno istraženo kako i u kojoj mjeri, pomažu smanjenju razine kolesterola, ublažavaju simptome menopauze, smanjuju rizik oboljenja od nekih karcinoma, osteoporoze i žučnih kamenaca. Soja je bogat izvor izoflavona čija je struktura homologna ljudskim estrogenima (Chien i sur., 2006.). Sojini izoflavoni ubrajaju se u skupinu fitoestrogena, a njihovo ponašanje u ljudskom organizmu je predmet opsežnih istraživanja, jer se vjeruje da smanjuju rizik oboljenja od karcinoma povezanih s estrogenom aktivnošću (rak dojke, maternice i prostate) (Badger i sur., 2005.), dok u drugim tkivima mogu pomoći u održavanju gustoće kostiju i smanjenju razine kolesterola u krvi (Messina, 1999.). Zbog neprobavljivih oligosaharida i specifičnog okusa

sirovog zrna rjeđe se koristi u širokoj potrošnji. Ti se nedostaci soje mogu jednostavno riješiti fermentacijom.

U zapadnim zemljama sojino je mlijeko namijenjeno populaciji koja ne konzumira kravlje mlijeko zbog toga što je laktoza netolerantna, zbog alergija na proteine mlijeka ili zbog uvjerenja ne konzumira namirnice životinjskog podrijetla. Budući da se probiotičke bakterije u organizam najčešće unose putem fermentiranih mliječnih proizvoda, ovoj je populaciji to djelomično uskraćeno. Ideja o udruživanju sojinog mlijeka i probiotičkih bakterija mliječne kiseline sama se nameće, a dobiveni napitak može biti jedinstvena višestruko funkcionalna hrana. Fermentacijom sojinog mlijeka probiotičkim bakterijama mliječne kiseline, uz eventualni dodatak prebiotika, značajno se povećava zdravstvena vrijednost ove namirnice i omogućava unos probiotičkih bakterija populaciji koja ne može konzumirati mlijeko. Dodatkom arome i šećera, okus ovog proizvoda može se učiniti prihvatljivim i širem krugu potrošača.

Sojino zrno

Sojino zrno sadrži oko 60% ulja i proteina u suhoj tvari, te 30% ugljikohidrata i 5% mineralnih tvari (tablica 1). Većina sojinih proteina je termostabilna, što omogućuje proizvodnju namirnica koje zahtijevaju visoku temperaturu kuhanja, kao što su tofu, sojino mlijeko i teksturirani proteini (zamjena za meso).

Tablica 1: Prosječni sastav sojinog zrna (Redondo-Cuenca i sur., 2006.)

Table 1: Average soybean composition (Redondo-Cuenca i sur., 2006)

Sastojak / Composition	Udio / (% u suhoj tvari) Share / (% in total solids)
Voda / Water	8,5 - 10,0
Proteini / Proteins	36,8 - 41,8
Mast / Fat	18,6 - 21,7
Ugljikohidrati / Carbohydrates	8,9 - 13,3
Vlakna / Fibers	13,7 - 16,5
Mineralne tvari / Minerals	4,7 - 5,3

Glavni ugljikohidrati zrelog sojina zrna su: disaharid saharoza (2,5-8,2%), trisaharid rafinoza (0,1-1,0%) i tetrasaharid stahioza (1,4-4,1%). Ovi oligosaharidi osiguravaju stanicama sjemena preživljavanje u uvjetima suše, tako što se vežu na proteine i sprječavaju njihovo isušivanje. Netopljivi ugljikohidrati soje su složeni polisaharidi: celuloza, hemiceluloza i kiseli polisaharid tipa pektin. Većina ugljikohidrata sojina zrna može se svrstati u dijetalna vlakna (Wikipedia, 2006.).

Proteini soje

Proteini soje i izolati sojinih proteina primjenjuju se u prehrambenoj industriji (Wang i Murphy, 1994.), u proizvodnji mnogih namirnica, pa i hrane za dojenčad te druge zdrave hrane, a razlog tome su brojne bioaktivne komponente sojina zrna, od kojih su proteini i izoflavoni posebno važni zbog svoje estrogene aktivnosti (Brouns, 2002.). Soja sadrži 40-45% proteina na suhu tvar a oni doprinose nutritivnoj vrijednosti hrane i krmiva te koriste i za postizanje određenih funkcionalnih karakteristika raznih prehrambenih proizvoda.

Obzirom na sedimentacijski koeficijent, sojini se proteini mogu podijeliti u četiri glavne frakcije: 2, 7, 11 i 15S (pri čemu je S oznaka za Svedbergovu jedinicu, odnosno brzinu sedimentacije). Najzastupljenije su 7S i 11S frakcije koje čine 70% proteina. Frakcija 2S prevladava u ranom stadiju razvoja sjemena i tvori oko 20% ukupnih proteina. Ona sadržava i tripsin inhibitore. 7S frakciju čine beta-konglicinin te gama-konglicin, bazni 7S globulin, hemaglutinin (lektin) i beta-amilaze. Beta-konglicinin čini oko 90% te frakcije. Oko 35% ukupnih proteina čini frakcija 11S, a sastoji se od samo jednog proteina - glicinina (Yagasaki i sur., 1997.). Sastoji se od šest podjedinica, a svaku podjedinicu čine kiseli i bazični polipeptid koji su međusobno povezani samo jednom disulfidnom vezom (Staswick i sur., 1984.). Glicinin je jedini biljni protein koji sadrži sve esencijalne aminokiseline potrebne za rast i normalan razvoj organizma. Po aminokiselinskom sastavu, količini mineralnih tvari i koloidnom stanju u koje se može prevesti s obzirom na svoju djelomičnu topljivost u vodi, sličan je kazeinu mlijeka. 15S frakcija čini samo desetinu ukupnih proteina (Hou i Chang, 1998.). Svi su proteini pohranjeni unutar proteinskih tijela, tzv. aleuronskih zrna koja čine 60-70% mase zrna.

U proteinima soje zastupljene su sve aminokiseline potrebne za ljudsku prehranu, osim aminokiselina sa sumporom, od kojih je najdeficitarniji

metionin (tablica 2). Deficit aminokiselina sa sumporom je ustvari prednost. Naime, koštani sustav djeluje kao pufer sustav u organizmu te vodikovi ioni, proizvedeni metabolizmom aminokiselina sa sumporom, uzrokuju demineralizaciju kostiju i izlučivanje kalcija urinom (Messina, 1999.).

Tablica 2: Aminokiselinski sastav nekih namirnica i soje (g/16gN) (Carić i sur., 1981.)

Table 2: Aminoacids composition in some foodstuffs and soybean (g/16gN) (Carić i sur., 1981)

Esencijalne aminokiseline Essential aminoacids	Govede meso Beef	Kravlje mlijeko Cow's milk	Jaje Egg	Pšenica Wheat	Sojino zrno Soybean
Treonin / Threonine	4,8	5,1	4,1	2,5	4
Valin / Valine	4,8 - 5,5	6,1	6,9	2,9	6,7
Metionin / Methionine	4,1 - 4,5	2,7	3,0	0,7	1,2
Izoleucin / Isoleucine	5,2	5,6	6,8	-	6,3
Leucin / Leucine	8,1 - 8,7	9,8	9,2	9,3	-
Fenilalanin Phenylalanine	3,8 - 4,5	5,0	5,1	4,9	5,3
Lizin / Lysine	9,2 - 9,4	7,9	7,4	2,5	6,6
Histidin / Histidine	3,7 - 3,9	3,2	2,3	1,3	2,5
Triptofan / Tryptophan	-	-	1,0	1,2	1,1
Ostale aminokiseline Other aminoacids					
Arginin / Arginine	5,3 - 5,5	3,7	5,7	3,6	7
Cistein / Cysteine	1,3 - 1,5	0,8	2,3	4,0	1,2
Serin / Serine	4,1 - 4,5	5,5	0,84	4,7	-
Glutaminska kiselina Glutamic acid	15,8 - 16,2	21,4	12,6	29,3	20,5
Prolin / Proline	3,0 - 4,2	9,4	-	10,3	4,8
Glicin / Glycine	4,6 - 6,1	1,8	4,0	3,4	4,2
Alanin / Alanine	6,1 - 6,3	3,5	-	3,0	-
Tirozin / Tyrosine	3,8 - 4,0	5,8	3,2	3,5	4,1

Većina sojinih proteina su globulini, topljivi pri svojoj izoelektričnoj točki, čak i uz dodatak soli. Izoelektrična točka sojinih proteina je pri pH 4,2-4,6. Da bi se postigla maksimalna nutritivna vrijednost, potrebna je toplinska obrada kako bi se modificirala funkcionalna svojstva sojinih proteina (Smith i Circle, 1978.; Orthofer, 1978.).

Kao većina žitarica i mahunarki, soja ima relativno nisku biološku vrijednost (60-90%). Ipak, ako se proizvodi soje koriste u kombinaciji s drugom hranom, u kojoj su aminokiseline kojih nedostaje u soji, nutritivna vrijednost soje može dostići najvišu razinu.

Od enzima sadržanih u soji najznačajnija je lipoksigenaza, odnosno lipooksidaza. Taj enzim katalizira oksidaciju polinezasićenih masnih kiselina, a posljedica je razvoj užegnuto i graškastog okusa zbog kojega je ograničeno korištenje soje.

Lipidi soje

Lipidni sastojci sojinog zrna građeni su pretežno od triacilglicerola; estera trovalentnog alkohola glicerola i tri masne kiseline. Većina masnih kiselina sojina ulja su nezasićene masne kiseline. Najzastupljenija je linolna kiselina ≈52%, a zatim oleinska ≈21%, palmitinska ≈12%, linolenska ≈7%, laurinska ≈4,5%, miristinska ≈4,5% i stearinska ≈2,5% kiselina (Liu, 1997.). Linolna i oleinska kiselina čine oko 75% ukupnih lipida soje. Konzumiranje mononezasićenih (oleinska) i polinezasićenih (linolna i linolenska) masnih kiselina u uskoj je vezi sa smanjenim rizikom obolijevanja od krvožilnih bolesti. Taj se učinak pripisuje sposobnosti tih masnih kiselina da snižuju ukupni kolesterol u krvi, te poboljšavaju omjer kolesterola i lipoproteina. Sojino ulje sadrži i druge masne kiseline, ali u vrlo malim količinama. To su arahidonska, behenska, palmitoleinska i miristinska koje zajedno čine 1,7% ukupnih lipida soje.

Soja je relativno dobar izvor vitamina E (tokoferola). Tokoferoli su fenolni antioksidansi koji su prirodno prisutni u biljnim uljima, a najvažnija im je značajka da vežu slobodne radikale (Yoshida i sur., 2003.).

Ugljikohidrati soje

Soja sadrži oko 30% ugljikohidrata: oko 20% netopljivih (vlakana) i oko 10% topljivih (u prvom redu disaharida saharoze, i oligosaharida rafinoze i stahioze) (Liu, 1997.). Od ukupnih topljivih ugljikohidrata saharoze ima 41-67%, rafinoze 5-16%, a stahioze 12-35% (USDA, 2006.). Rafinoza je trisaharid koji se sastoji od jedne molekule saharoze povezane s jednom molekulom galaktoze, a stahioza je tetrasaharid građen od jedne molekule saharoze i dvije molekule galaktoze. Ljudski probavni sustav nema enzima α -galaktozidaze potrebnog u sluznici tankog crijeva za razgradnju oligosaharida. Tako oni nerazgrađeni dolaze u debelo crijevo gdje podliježu mikrobnj

razgradnji, prilikom čega nastaju plinovi: ugljični dioksid, vodik, dušik i metan. Ti plinovi stvaraju nadutost i uzrokuju vrlo neugodnu bol u trbuhu, pa je ta pojava glavna prepreka potpunijem iskorištavanju soje kao hrane za ljude.

Fermentirani proizvodi, kao što su tofu, soja sos i sojin jogurt, te koncentracije i izolati sojinih proteina, nemaju takvo djelovanje jer svi topljivi ugljikohidrati prelaze u sirutku ili se razgrađuju tijekom fermentacije.

S druge strane, postoji i prednost uzimanja oligosaharida kao što su stahioza i rafinoza, jer oni potiču rast autohtonih bifidobakterija u debelom crijevu na račun putrefaktivnih bakterija (Tsangalis i Shah, 2004.). Unos netopljivih ugljikohidrata preporuča se i zbog učinka povećanja fekalne mase, odgađanja probave škroba i usporavanja apsorpcije glukoze u krvotok. Ugljikohidrati soje, i oni topljivi i oni netopljivi, spadaju u kategoriju dijetalnih vlakana (Liu, 1997.). Konzumiranje namirnica bogatih vlaknima usko je povezano s održavanjem optimalnog zdravlja jer pomaže u stvaranju otpornosti na bolest. Topljiva vlakna, dokazano, snižuju količinu lipoproteina male gustoće (LDL-a) u krvnom serumu, a netopljiva imaju sveukupni zaštitni utjecaj te smanjuju i rizik od pojave karcinoma.

Sojini izoflavoni

Izoflavoni su polifenoli koji pripadaju skupini fitoestrogena, spojeva biljnog podrijetla koji pokazuju estrogenu aktivnost. Soja i sojini proizvodi su najbogatiji izvor izoflavona u ljudskoj prehrani. Soja sadrži dva glavna izoflavona: genistin i daidzin, te male količine izoflavona glicitina. Izoflavoni su u soji prisutni u obliku glukozida (vezani za molekule šećera) i slabe su estrogenske aktivnosti (Higdon, 2006.). Fermentacijom ili probavom glukozid se oslobađa molekule šećera pa ostaje biološki aktivan aglikon izoflavona. Glukozidi sojinih izoflavona su genistin, daidzin i glicitin, a njihovi aglikoni su genistein (4',5,7-trihidroksiizoflavon), daidzein (4',7-dihidroksiizoflavon) i glicitein (7,4'-dihidroksi-6-metoksiizoflavon) (Wang i Murphy, 1994). Aglikoni sojinih izoflavona su biološki aktivni, estrogenu slični izoflavoni, koji se u čovjeka apsorbiraju brže i u većim količinama nego njihovi glukozidi, zbog manje molekularne mase i manje hidrofилnosti (Pyo i sur., 2005.). Aglikoni sojinih izoflavona su konjugirani u obliku malonil-, acetil- i β -glukozid konfiguracije. Kemijska struktura sojinih izoflavona može rezultirati njihovom različitom aktivnosti u biološkim sistemima, npr. daidzein pokazuje veću biološku aktivnost nego genistein u odraslih žena (Chien i sur., 2006.).

Estrogeni su signalne molekule koji svoju funkciju vrše vezanjem za estrogene receptore stanica. To nisu samo stanice reprodukcijjskih organa, već i drugih tkiva uključujući koštano, jetreno, srčano i moždano. Kompleks estrogenih receptora je u interakciji s DNA i mijenja ekspresiju estrogen-osjetljivih gena. Sojini izoflavoni i drugi fitoestrogeni mogu se vezati na estrogene receptore i tako blokirati utjecaj estrogena u nekim tkivima. Znanstvenici su zainteresirani za selektivnu aktivnost fitoestrogena prema tkivima jer bi antiestrogeni utjecaj na tkiva reprodukcijjskih organa mogao pomoći smanjenju rizika od karcinoma povezanih s hormonskom aktivnošću (rak dojke, maternice i prostate), dok bi estrogeni efekt drugih tkiva mogao pomoći u održavanju gustoće kostiju i smanjenju razine kolesterola u krvi. Nije točno poznato koliko je jaka estrogena i antiestrogena aktivnost sojinih izoflavona u čovjeka. To je trenutno predmet opsežnih istraživanja znanstvenika širom svijeta (Higdon, 2006.).

Iako su kontrolirana klinička istraživanja od prije 10 godina pokazala, da se svakodnevnom zamjenom 25-50 grama životinjskih proteina sojinim snizuje LDL (low density lipoprotein - glavni uzrok stvaranja naslaga na stijenkama krvnih žila) za 13%, postoje istraživanja po kojima je taj utjecaj mnogo skromniji. Revizijom koja je obuhvaćala 22 nezavisna (nasumce odabrana) klinička istraživanja zaključeno je, da zamjena 50 g/dan životinjskih proteina snizuje LDL za samo 3%. Nema puno dokaza da su sojini proteini s izoflavonima djelotvorniji u snižavanju LDL-a od samih sojinih proteina bez izoflavona (Sacks i sur., 2006.). Iako neki autori tvrde da sojini proteini zajedno s izoflavonima snizuju LDL kolesterol, istovremeno povećavajući HDL kolesterol, sami pročišćeni izoflavoni nemaju takav učinak (Kurzer, 2003.). Slična je situacija i s utjecajem izoflavona na sprječavanje ateroskleroze. Naime, dokazano je da izoflavoni soje smanjuju krhkost arterija, što je povezano s pojavom ateroskleroze, ali izoflavoni nisu dovedeni u vezu s prevencijom krvožilnih bolesti (Sacks i sur., 2006.).

Pojava raka dojke azijskih žena, kod kojih je dnevni unos izoflavona iz soje 11 - 47 mg, puno je rjeđa nego žena u zapadnim zemljama, gdje je prosječni dnevni unos sojinih izoflavona manji od 2 mg. Ipak, mnogo je drugih nasljednih i kulturalnih faktora koji su mogli utjecati na broj oboljelih žena. Većina epidemioloških studija nije uspjela dokazati da je manji rizik obolijevanja od raka dojke žene koje jedu više soje, a time i više izoflavona, s iznimkom žena koje su uzimale veće količine izoflavona tijekom adolescencije. Slično je i s odnosom izoflavona i drugih karcinoma (Higdon, 2006.).

Iako način i opseg pozitivnog djelovanja sojinih izoflavona na sprječavanju određenih karcinoma nije do kraja razjašnjen, postoje naznake da izoflavoni blokiraju receptore estrogena u mliječnoj žlijezdi, što bi moglo onemogućiti produkciju stanica raka dojke. Isto tako, biljni estrogeni djeluju kao blokatori muškog spolnog hormona testosterona koji potiču prostatu na rast tumora. Osim toga, izoflavoni usporavaju stvaranje sustava krvnih žilica na mjestima gdje ih nije bilo (angiogeneza), a to je prva faza u nastanku tumora.

Iako su frakture kuka općenito rjeđe kod azijskih žena nego kod žena zapadnih zemalja, još uvijek nije poznato da li povećani unos sojinih izoflavona kod žena u neazijskim zemljama može pomoći u sprječavanju osteoporoze. Dosadašnja istraživanja daju vrlo kontradiktorne rezultate o smanjenju gustoće koštanog mineralnog tkiva žena u postmenopauzalnoj dobi (Higdon, 2006.).

Antinutritivni faktori

U sojinom zrnu je prisutno nekoliko termolabilnih i termostabilnih antinutritivnih faktora, odnosno tvari koje nisu probavljive u ljudskom organizmu ili negativno utječu na razgradnju probavljivih sastojaka, a to su tripsin inhibitor, lektini, fitinska kiselina te oligosaharidi stahioza i rafinoza (Han i sur., 1991.; Mounts i sur., 1987.).

Tripsin inhibitor je protein sjemena soje koji, kao što samo ime kaže, inhibira djelovanje tripsina čime smanjuje probavljivost proteina. Termolabilan je pa se lako uništava toplinskom obradom. Povezuje ga se s hipertrofijom i lezijama pankreasa, te gubitkom aminokiselina sa sumporom. Soja ima dva tipa inhibitora - Kunitz-ov i Bowman-Birk-ov, od kojih oba mogu inhibirati djelovanje tripsina, a ovaj drugi inhibira i djelovanje kimotripsina. Ipak, inhibitori tripsina nisu samo antinutritivne supstance. Danas se sve više razmatraju i kao biološki aktivni spojevi (posebno Bowman-Birk-ov inhibitor) koji mogu značajno terapijski djelovati u liječenju nekih karcinoma, o čemu postoje brojni literaturni podatci. Također se zna da polipeptid male molekulske mase (oko 4 500 Da) nazvan lunasin ima antikancerogeno djelovanje (De Mejia, 2006.; De Mejia & De Lumen, 2006.), a on je po nekim autorima sastavni dio Bowman-Birk-ovog inhibitora. Iako se termičkom obradom ne inaktiviraju inhibitori proteaza u potpunosti (rezidualna aktivnost sojinih proizvoda na tržištu je 5-15%), smatra se da ta aktivnost ne utječe negativno u prehrani. Svrha svakog termičkog

tretmana je inaktivirati inhibitore, ali da pri tome inaktivirani oblici, posebno Bowman-Birk-ov inhibitor, ostanu dostupni u prehrani, jer je to protein soje koji je vrlo bogat aminokiselinama sa sumporom.

Lektini su bioaktivni proteini (aglutinin ili točnije fitohemaglutinin) koji se mogu vezati s molekulama koje sadrže ugljikohidrate, a biljke ih obično proizvode radi obrane od nametnika. Lektini sirovog sojinog zrna mogu zaustaviti rast životinje ili ju usmrtniti ako je konzumira u većim količinama. Male količine lektina u sojinom zrnu ne mogu gotovo nikako ugroziti ljudsko zdravlje. Pepsin trenutno razgrađuje sojin lektin, a vrlo se brzo raspada i zagrijavanjem. Za neke lektine je dokazano da su antikancerogene aktivnosti izazivajući aglutinaciju i/ili agregaciju stanica raka (De Mejia, 2005.; De Mejia, 2006.).

Fitinska kiselina veže (kelira) mineralne tvari kao što su cink, kalcij, magnezij, pa i željezo te može izazvati anemiju. Što se tiče kalcija, istraživanja su pokazala da konzumiranje soje nema mjerljiv negativan utjecaj na ravnotežu kalcija. Fitinska kiselina je vrlo termostabilna i ostaje nerazgrađena nakon većine procesa obrade soje. Ipak, izgleda da fitati negativno djeluju samo ako su u velikim koncentracijama u hrani, kao npr. u pšeničnim mekinjama. Fermentacijom se količina fitata u soji smanjuje za dvije trećine. Neka istraživanja pokazuju da fitinska kiselina ima važnu ulogu u smanjivanju rizika od karcinoma, ponajprije radi njenog antioksidacijskog djelovanja (Messina, 1999.).

Genistin može blokirati aktivnost tiroidnog hormona enzimom tiroid peroksidaza te izazvati probleme ljudima sa smanjenom aktivnošću tiroidne žlijezde. To ne uzrokuje probleme zdravim ljudima u kojih jod nije deficitaran, a povećanim unosom joda i u ovoj skupini taj se nedostatak može riješiti.

Rafinoza i stahioza uzrokuju nakupljanje plinova i nadutost ljudi i životinja. Međutim, na više načina njihova se količina može smanjiti ili ukloniti. Npr., koncentрати i izolati soje su u najvećoj mjeri oslobođeni oligosaharida. Postoje i sorte uzgojene gotovo bez oligosaharida (Masuda, 1991.), a ukloniti se mogu i fermentacijom ili enzimskom hidrolizom (Liu, 1997.). Međutim, oligosaharidi pripadaju skupini prebiotika i kao takvi potiču rast i razmnožavanje bifidobakterija u debelom crijevu te imaju blagotvoran učinak na njegovo zdravstveno stanje kao i na prevenciju razvoja karcinoma.

Sojino mlijeko

Definicija i svojstva sojinog mlijeka

Sojino mlijeko je vodeni ekstrakt sojinog zrna ili fina emulzija sojinog brašna, odnosno izoliranih sojinih proteina u vodi s dodatkom vitamina, mineralnih tvari i arome. (Kanthamani i sur., 1978.).

Postoji još mnogo definicija sojinog mlijeka, kao što postoji mnogo načina na koje se ono može proizvesti. Ipak, svi se slažu u tome da je sojino mlijeko, u užem smislu, vodeni ekstrakt sojinog zrna. To je bjelkasta emulzija/suspenzija koja sadrži u vodi topljive proteine i ugljikohidrate i većinu ulja sadržanog u sojinom zrnju.

Grašast, sirov okus najveći je nedostatak tradicionalnog sojinog mlijeka. Taj nepoželjni okus potječe od nekih aldehida i ketona, osobito heksanala i heptanala nastalih oksidacijom višenezasićenih masnih kiselina koju katalizira lipoksigenaza (Tsangalis i Shah, 2004.). Tih sastojaka nema u neoštećenom, suhom sojinom zrnju, ali nastaju trenutačno kad se zrnje smoči i melje.

Postoji nekoliko pristupa rješavanju problema nepoželjnog okusa u sojinom mlijeku:

- Inaktivacija lipoksigenaze toplinom u cjelovitom suhom zrnju ili tijekom procesa mokrog mljevenja;
- Upotreba odmašćenih početnih sirovina (odmašćeno sojino brašno, koncentrat proteina soje ili čak izolati sojinih proteina);
- Odstranjivanje tvari arome evaporacijom (deodorizacija);
- Prikriivanje gorčine i nepoželjnih okusa zaslađivanjem i aromatiziranjem (npr. aroma čokolade ili kave);
- Razvoj genetički modificiranih sorti soje bez lipoksigenaze

Komercijalna sojina mlijeka i srodni proizvodi mogu se prema sastavu podijeliti u sljedeće skupine:

- **Obično (tradicionalno) sojino mlijeko:** dobiveno ekstrakcijom cjelovitog sojinog zrna vodom, gdje je odnos zrna i vode 1:5, a sadrži oko 4% proteina;
- **Sojino mlijeko - zamjena za kravljje:** proizvedeno tako da mu sastav ugrubo odgovara kravljem mlijeku; odnos zrna i vode 1:7; udio proteina 3,5%; blago zaslađeno; dodaje se ulje i sol; može sadržavati i dodanu mliječnu aromu;

- **Sojin napitak:** zaslađeno i aromatizirano piće na bazi sojinog mlijeka; odnos zrna i vode 1:20; sadrži oko 1% proteina;
- **Fermentirani proizvodi:** bilo koji od gore navedenih proizvoda nakon fermentacije bakterijama mliječne kiseline ili zakiseljavanja mliječnom kiselinom;
- **Mješavine:** sojino mlijeko u kombinaciji s nekim drugim biljnim ili životinjskim mlijekom.

Valja dodati i proizvod dobiven mljevenjem oljuštenog, toplinski obrađenog sojinog zrna u fini prah, koji je predložen kao baza za sojino mlijeko. Sadrži sve netopljive sastojke oljuštenog sojinog zrna, pa je i njegov sastav znatno drugačiji od sojinog mlijeka dobivenog vodenom ekstrakcijom (Bark, 1992.).

Nutritivna vrijednost sastojaka sojinog mlijeka

Sojini proteini, koji se nalaze i u sojinom mlijeku, sadrže gotovo sve esencijalne aminokiseline potrebne za zdravu prehranu čovjeka. Oni su prikladni za gotovo svačiju prehranu, obzirom da uopće ne sadrže kolesterol niti laktozu. Nutritivna prednost sojinih proteina je u tome što potrošaču pružaju zamjenu za životinjske proteine uz manji udjel masti, a potpuno su bez kolesterola.

Posljednja dva desetljeća istraživači i znanstvenici iz cijelog svijeta dokumentiraju povoljne utjecaje sojinih proteina na ljudsko zdravlje. Sojini proteini pomažu smanjivanju razine kolesterola u krvi, ublažavaju simptome menopauze, umanjuju rizik oboljenja od raznih bolesti, kao što su karcinomi, osteoporoza, žučni kamenac, a čak se istražuje mogućnost poboljšavanja stanja bolesnika oboljelih od Alzheimerove bolesti i AIDS-a (Riaz, 2000.).

Novim otkrićima soja ulazi na popis funkcionalne hrane, tj. momentalno se nalazi između hrane i lijeka. Put od stočne hrane do lijeka soja je prešla za samo desetak godina. Proizvođači hrane posljednjih nekoliko godina počinju ozbiljno razmatrati sojin potencijal u području funkcionalne hrane, jer njeni sastojci (tablica 3) nadilaze osnovne nutritivne potrebe, te pružaju zaštitu od bolesti i poboljšavaju sveukupno zdravlje. Zbog povećanog interesa za sojine proizvode i njihove pozitivne učinke po ljudsko zdravlje, proizvođači traže što više načina da soju kao sastojak uklope u nove, ukusne i hranjive proizvode (Riaz, 2000.).

*Tablica 3: Sastav 100 g sojinog mlijeka (USDA, 2006.)**Table 3: Composition of 100 g soymilk (USDA, 2006)*

Nutrijent / Nutrient	Jedinica Units	Količina Quantity	Nutrijent/ Nutrient	Jedinica Units	Količina Quantity
Voda / Water	g	88,03	β-karoten / β-caroten	μg	367
Energija / Energy	kcal	52	Vitamin E (dodani) (added)	mg	1,35
Energija / Energy	kJ	216	Vitamin D	IU	16
Proteini / Protein	g	4,48	Vitamin K	μg	3
Lipidi (uk.) / Lipids (total)	g	1,92	Zasićene masne kiseline Saturated fatty acids	g	0,232
Pepeo / Ash	g	0,64	16:00	g	0,174
Ugljikohidrati Carbohydrate	g	4,93	18:00	g	0,058
Dijetalna vlakna (uk.) Dietary fiber (total)	g	1,3	Mononezasićene masne kiseline Monounsaturated fatty acids	g	0,384
Šećeri (uk.) Sugars (total)	g	0,5	17:01	g	0,012
Ca	mg	38	18:01	g	0,36
Fe	mg	1,1	20:01	g	0,012
Mg	mg	25	Polinezasićene masne kiseline Polyunsaturated fatty acids	g	0,766
P	mg	55	18:02	g	0,679
K	mg	124	18:03	g	0,087
Na	mg	55	Triptofan / Tryptophan	g	0,05
Zn	mg	0,44	Treonin / Threonine	g	0,141
Cu	mg	0,141	Izoleucin / Isoleucine	g	0,149
Mn	mg	0,218	Leucin / Leucine	g	0,243
Se	μg	4,8	Lizin / Lysine	g	0,172
Vitamin C	mg	0	Metionin / Methionine	g	0,036
Tijamin / Thiamin	mg	0,061	Cistin / Cystine	g	0
Riboflavin	mg	0,051	Fenilalanin / Phenylalanine	g	0,148
Nijacin / Niacin	mg	0,289	Tirozin / Tyrosine	g	0,116
Pantotenska kiselina Pantothenic acid	mg	0,518	Valin / Valine	g	0,153
Vitamin B6	mg	0,096	Arginin / Arginine	g	0,245
Folat (uk.) / Folate (total)	μg	16	Asparaginska kiselina Aspartic acid	g	0,377
Folna kiselina / Folic acid	μg	0	Glutaminska kiselina Glutamic acid	g	0,637
Vitamin B12	μg	1,22	Glicin / Glycine	g	0,134
Vitamin A	μg	31	Prolin / Proline	g	0,193
Vitamin E (α-tokoferol) (tocopherol)	mg	1,35	Serin / Serine	g	0,184

Sojino i kravlje mlijeko imaju vrlo malo zajedničkih osobina, osim velikog udjela visokovrijednih proteina. Punomasno sojino mlijeko sadrži 2,86-3,12% proteina, 90-93,81% vode, 1,53-2% lipida, 0,27-0,48% pepela, 1,53-3,90% ugljikohidrata računato kao ostatak do 100% (Rosenthal i sur., 2001.; Yadav i sur., 2003.). Sojino mlijeko obično sadrži više vode od kravljeg mlijeka, a i ostali sastojci se znatno razlikuju (Yadav i sur., 2003.). Proteine kravljeg mlijeka čini pretežno kazein, a proteine sojinog mlijeka čini pretežno glicinin i u manjoj mjeri neke druge proteinske frakcije. Poznata mana proteina sojinog mlijeka je nedostatak aminokiselina koje sadrže sumpor, kao što su metionin i cistin.

Ugljikohidrati u kravljem mlijeku isključivo su u obliku laktoze, dok su u sojinom mlijeku oligosaharidi stahioza i rafinoza. Iako kravlje mlijeko sadrži znatno veće količine kalcija i fosfora, ono je vrlo siromašno željezom (oko 1 mg/L). Sojino mlijeko sadrži oko 10 puta veću količinu željeza (tablica 3) u odnosu na kravlje, ali je njegova bioiskoristivost manja zbog prisutnih fitata koji vežu mineralne tvari.

Tablica 4: Usporedba sastava sojinog i kravljeg mlijeka (Bark, 1992.)

Table 4: Comparison of soymilk and cow's milk composition (Bark, 1992)

Nutritivna vrijednost 100g Nutritive value of 100g	Kravlje mlijeko / Cow's milk		Sojino mlijeko Soymilk
	Punomasno Full fat	Djelomično obrano Partially skimmed	
Proteini / Proteins	3,4 g	3,5 g	3,6 g
Masti / Fat	3,5 g	1,5 g	2,3 g
Ugljikohidrati / Carbohydrate	4,6 g	5,4 g	3,4 g
kJ	269	208	204
kcal	64	49	49
Kolesterol / Cholesterol	10 mg	5 mg	0
Sastav masnih kiselina / Fatty acid composition			
Zasićene / Saturated	63,5%	63,5%	14,0%
Polinezasićene Polyunsaturated	3,0%	3,0%	63,5%
Mononezasićene Monounsaturated	33,5%	33,5%	21,6%

Energijska vrijednost 100 g punomasnog kravljeg mlijeka je 64 kcal, a sojinog mlijeka 49 kcal. Ista masa kravljeg mlijeka sadrži oko 14 mg kolesterola, laktozu i ne sadrži dijetalna vlakna, dok sojino mlijeko sadrži 1,3 g vlakana, a nema kolesterola niti laktoze. Oba mlijeka sadrže mnogo proteina s kompletnim rasponom potrebnih aminokiselina, ali sojino mlijeko sadrži veće količine arginina, alanina, glicina i asparaginske kiseline.

Arginin usporava rast tumorskih stanica jačanjem imunološkog sustava, alanin pomaže metabolizmu šećera, asparaginska kiselina povećava izdržljivost organizma i kao antioksidant ima vitalnu ulogu u metabolizmu, a glicin je neophodan za održavanje funkcija mozga i živčanog sustava te za proizvodnju energije u mišićima. Procesima prerade i pasterizacije uništava se gotovo sav vitamin C u kravljem mlijeku. Isto možemo reći i za sojino, ali zato ono sadrži preko četiri puta više tijamina (vitamin B1) i skoro dva puta više nijacina od kravljeg mlijeka. Sojino mlijeko, osim toga, sadrži i 12 puta više bakra te 42 puta više mangana i magnezija negoli kravlje mlijeko. Tako visok sadržaj vrijednih nutrijenata daje sojinom mlijeku, u zdravstvenom smislu, neke prednosti nad kravljim mlijekom.

Proces proizvodnje sojinog mlijeka

U Kini se još i danas sojino mlijeko za dnevnu potrošnju proizvodi na tradicionalan način. Sojino zrnje operu, namaču u vodi preko noći i zatim melju u kašu. Dodaju hladnu vodu. Nakon snažnog miješanja otopljena kaša se iscijedi kroz sirarsku maramu. Ekstrakt (sojino mlijeko) prokuhaju, ponovo procijede i pune u različite posude. Dobivena teška, pjeskasta suspenzija ima snažan grašast okus i daje trpak dojam u ustima.

STS proces (Soya Technology System) je kompletan tehnološki paket koji se koristi modernim dostignućima mljekarske tehnologije. Zrnje se blanšira u otopini natrijevog hidrogenkarbonata na visokoj temperaturi da bi se inaktivirala lipoksigenaza. Ovim se procesom također ispiru netopljivi oligosaharidi i počinje inaktivacija tripsin inhibitora koji smanjuje probavljivost. Tako pripremljeno zrnje se zatim melje s vrućom vodenom otopinom natrijevog hidrogenkarbonata, pretvara u koloidnu kašu bez neželjene enzimske aktivnosti. Filtriranjem te smjese dobiva se sojino mlijeko.

Netopljiva vlakna, koja zaostanu u filtratu, odvajaju se centrifugalnim dekantiranjem čime se uklanja pijeskast osjećaj u ustima. Slijedi deodorizacija, standardizacija na željeni udjel proteina te dodavanje aroma i vitamina.

Posljednja dva koraka su homogenizacija i sterilizacija koje se provode na isti način i u istu svrhu kao i kravlje mlijeko.

Kao i kod svake druge ekstrakcije vodom, i u ovom procesu nastaju sporedni produkti. Ovdje je to netopljiva pulpa (okara) zaostala nakon filtracije koja izlazi kao kruti materijal iz dekantera, a sadrži netopljive proteine i vlakna kao i dio zaostalog ekstrakta. Prinos sojinog mlijeka može se povećati primjenom dodatnog koraka separacije zaostalog ekstrakta. Okara ni tada nije otpad, već koristan sporedni proizvod koji se može prodavati kao stočna hrana ili vlaknima bogata dijetalna namirnica (Bark, 1992.).

Do danas su napravljena mnoga istraživanja i usavršavanja procesa proizvodnje sojinog mlijeka, budući da sam proces proizvodnje bitno utječe na sastav sojinog mlijeka. Pri tome je naglasak stavljen na eliminaciju priokusa, inhibiciju antinutritivnih sastojaka, smanjenje udjela fitinske kiseline, povećanje iskorištenja (prinosa), poboljšanje koloidne stabilnosti, aromatiziranje te obogaćivanje sojinog mlijeka (Iwuoha i Umunnakwe, 1997.).

Fermentacija sojinog mlijeka

Prednosti fermentacije soje i sojinog mlijeka

Unatoč atraktivnom sastavu, cjelovito sojino zrno ne jede se često, a većina stanovnika Azije koristi soju kao temelj za proizvodnju fermentirane hrane (Fukushima, 1981.). Velika prepreka primjeni soje kao hrane za široku potrošnju je prisutstvo neprobavljivih oligosaharida koji uzrokuju nadutost u trbuhu, te okus sirovog zrna kao posljedica oksidacije sojinog ulja. U prošlosti je bilo mnogo pokušaja da se ti problemi riješe fermentacijom sojinog mlijeka različitim mikroorganizmima radi postizanja boljeg okusa i veće prehrambene vrijednosti (Mattick i Hand, 1969.; Thananunkul i sur., 1976.). Tako je detaljno proučena fermentacija sojinih proizvoda bakterijama mliječne kiseline i dobiveni su proizvodi kao što je fermentirani sir od soje (Hang i Jackson, 1967.), kiseli mliječni napitci (Yamanaka i sur., 1969.) i sojin jogurt (Yamanaka i sur., 1969.; Mital i Steinkraus, 1976.; Nsofor i sur., 1992.). U tim je namirnicama probavljivost sojinih proteina veća od 90%, otprilike isto kao proteina mesa, jaja i mlijeka. Fermentacijom se smanjuje količina fitata za dvije trećine. Tradicionalne fermentirane sojine namirnice u posljednjih su nekoliko godina privukle pažnju mnogih naroda zapadnih zemalja (Messina i Messina, 1993.).

Od tradicionalnih fermentiranih namirnica od soje najpoznatije su: tofu, miso, natto, tempeh i soja - sos. Tofu je nježan gruš dobiven dodatkom mineralnih soli (CaSO_4 , MgCl_2) sojinom mlijeku, koji se preša i odvaja od sirutke isto kao u proizvodnji npr. kravljeg sira. Ima neutralan okus, pa poprima aromu bilo koje hrane s kojom se kuha. Proizvodi slični siru mogu se proizvesti od sojinog mlijeka upotrebom bakterija mliječne kiseline koje će sporije koagulirati proteine, ali će dobiveni gruš biti čvršći i bolje konzistencije (Robinson i Chumchuere, 1999.). Miso je slana gusta pasta dobivena fermentacijom soje i žitarica s plijesni *Aspergillus oryzae*, uz dodatak morske soli. Natto nastaje fermentacijom na pari kuhanih manjih zrna soje tijekom 24 sata u otopini šećera, soli, kvasca i bakterije *Bacillus natto*. Tempeh, namirnica porijeklom iz Indonezije, dobiva se fermentacijom lagano kuhanog sojinog zrna koje se uz pomoć micelija plijesni *Rhizopus* povezuje u kompaktne pločice. Soja - sos je fermentirani umak od soje, prženih žitarica, vode i morske soli. Originalni soja - sos dobiva se fermentacijom s plijesni *Aspergillus oryzae*. Iako ima puno vrsta soja - sosa, svi su slane, smeđe tekućine zemljastog okusa, a koriste se kao začim u pripremanju hrane ili kao dodatak gotovim jelima (Wikipedia, 2006.).

Fermentacija sojinog mlijeka bakterijama mliječne kiseline

Sojino mlijeko je, kao i kravlje, prikladan supstrat za rast bakterija mliječne kiseline, a pogotovo bifidobakterija (Wang i sur., 2003.; Chien i sur., 2006.). Vrste iz roda *Bifidobacterium* prevladavaju u ljudskoj crijevnoj mikroflori i važne su u održavanju ljudskog zdravlja. Zabilježeni su mnogi povoljni učinci tih bakterija na domaćina: smanjenje kolesterola u krvnom serumu, aktiviranje imunološkog sustava, povećanje probavljivosti proteina te inhibicija rasta potencijalno patogenih mikroorganizama koji mogu uzrokovati infekcije (Hughes i Dallas, 1991.; Ishibashi i Shimamura, 1993.). Bifidobakterije se često dodaju fermentiranim mliječnim proizvodima jer povećavaju njihovo terapijsko djelovanje. Bifidobakterije mogu dobro asimilirati oligosaharide kao izvor energije zahvaljujući α - i β -galaktozidaznoj aktivnosti kojom, tijekom fermentacije, smanjuju sadržaj oligosaharida, a povećavaju sadržaj monosaharida u sojinom mlijeku (Hou i sur., 2000.; Shimakawa i sur., 2003.). Njihov rast nije limitiran niskom koncentracijom monosaharida, npr. arabinoze i glukoze, niti visokom koncentracijom oligosaharida rafinoze i stahioze (Tsangalis i Shah, 2004.). Osim toga, dokazano je da oralno uzimanje stahioze i rafinoze povećava populaciju bifidobakterija u ljudskom fecesu (Benno i sur.,

1987.). Međutim, tijekom fermentacije bifidobakterije za rast i razmnožavanje uglavnom koriste saharozu, značajno manje količine stahioze, te zanemarivo malo fruktoze i rafinoze (Kwon i sur., 2002.). Interesantno je da je udio pojedinih šećera upravo takav u sojinom mlijeku: najviše ima saharoze (41-67% od ukupnih šećera) zatim stahioze (oko 12-35% od ukupnih šećera), te vrlo malo fruktoze i rafinoze (oko 5-16% od ukupnih šećera) (USDA, 2006.).

Općenito, fermentacijom sojinog mlijeka bakterijama mliječne kiseline smanjuje se udio stahioze i rafinoze koje mogu izazvati probavne poremećaje u organizmu (Wang i sur., 2003.). Stahioza i rafinoza su oligosaharidi koji se metaboliziraju pomoću enzima α -galaktozidaze. U istraživanjima fermentacije sojinog mlijeka mono i mješovitim kulturama bakterija mliječne kiseline uz bifidobakterije, do najvećeg smanjenja udjela rafinoze i stahioze došlo je tijekom fermentacije mješovitom kulturom bifidobakterija sa *Streptococcus thermophilus*, iako je i mješovita kultura s *Lactobacillus acidophilus* pokazala značajno smanjenje udjela ovih šećera. Fermentacija mješovitom kulturom bifidobakterija sa *Str. thermophilus* bila je kraća, a udio mliječne i octene kiseline na kraju fermentacije značajno veći. Uz smanjenje udjela stahioze i rafinoze tijekom fermentacije smanjen je i udio saharoze. Pri tome je došlo do porasta udjela fruktoze, glukoze i galaktoze (Wang i sur., 2003.).

Bifidobakterije su sposobne smanjiti nepoželjan okus sirovog zrna što ga uzrokuje n-heksanal (Murti i sur., 1992.; Tsangalis i Shah, 2004.). Sojini proteini djelomično pomažu bifidobakterijama da prežive prolazak kroz probavni sustav do debelog crijeva i da premoste inhibiciju rasta u mediju koji sadrži žuč (Shimakawa i sur., 2003.), jer proteini soje mogu vezati žučne kiseline i čvrsto ih agregirati (Sugano i sur., 1990.).

Sojino mlijeko ima određeno antioksidacijsko djelovanje, a ono se tijekom fermentacije bakterijama mliječne kiseline i bifidobakterijama dodatno povećava (Wang i sur., 2006.). Slobodni radikali i drugi reaktivni oksidirajući spojevi u organizmu mogu uzrokovati oksidirajuće oštećenje biomolekula, a posljedica je smrt stanice i oštećenje tkiva. Ateroskleroza, karcinomi, ciroza i artritis su u korelaciji s oksidirajućim oštećenjima koja imaju važnu ulogu u patološkim bolestima ljudi. Unošenje antioksidacijskih suplemenata ili hrane koja sadrži antioksidanse može se smanjiti oksidirajuće oštećenje organizma (Brouns, 2002.).

Stupanj povećanja antioksidacijske aktivnosti u fermentiranom sojinom mlijeku ovisi o kulturi koja se koristi za fermentaciju, i značajno je veći nego u

nefermentiranom mlijeku. Pri tome je antioksidacijska aktivnost veća ako je sojino mlijeko fermentirano istovremeno s bakterijama mliječne kiseline (osobito s *Lb. acidophilus*) i bifidobakterijama, nego kada je svaka kultura korištena zasebno. Antioksidacijska aktivnost raste s duljim trajanjem fermentacije (Wang i sur., 2006.).

Fermentacijom sojinog mlijeka bakterijama mliječne kiseline dolazi do smanjenja udjela glukozidnih, malonilglukozidnih i acetilglukozidnih izoflavona te porasta udjela aglikona izoflavona (aktivni oblik). Nivo promjene udjela izoflavona i β -glukozidazne aktivnosti tijekom fermentacije bitno ovisi o korištenom starter organizmu (Chien i sur., 2006.; Otieno i sur., 2006.; Pyo i sur., 2005.). Sojino mlijeko fermentirano sa *Str. thermophilus* pokazuje značajno višu β -glukozidaznu aktivnost i veći udjel aglikona u usporedbi s mlijekom fermentiranim s *B. infantis*, *B. longum* te *Lb. acidophilus* (Chien i sur., 2006.).

Danas se smatra da proizvodi od soje imaju potencijalnu ulogu u sprječavanju kroničnih bolesti kao što je ateroskleroza, rak, osteoporoza i poremećaji u menopauzi (Anderson i sur., 1999). Zbog toga je sojino mlijeko fermentirano probiotičkim bakterijama mliječne kiseline višestruko funkcionalna hrana.

PRODUCTION, CHARACTERISTICS AND FERMENTATION OF SOYMILK

Summary

Interest for soybean increases because of its extraordinary nutritive and health characteristics. In West countries soymilk is intended for population that cannot consume cow's milk, due to lactose intolerance, allergies to cow's milk proteins or non consumption of animal foodstuffs from belief. Health benefits of soymilk increase significantly by fermentation with lactic acid bacteria. Because of that, in this paper composition of soybean is described, with special overview on proteins, lipids, and carbohydrates as well as antinutritive factors and isoflavones. Soymilk composition and production, and its nutritive value are represented also. Advantages of fermentation of soybean and soymilk are described, especially with probiotic lactic acid bacteria.

Key words: soybean, soymilk, fermentation, probiotic bacteria

Literatura

- ANDERSON, J. J. B., ANTHONY, M., MESSINA, M., GARNER, S. C. (1999): Effects of phyto-oestrogens on tissues. *Nutr. Res. Rev.* 12, 75-116.
- BADGER, T. M., RONIS, M. J. J. SIMMEN, R. C. M., SIMMEN, F. A. (2005): Soy protein isolate and protection against cancer. *J. Am. Coll. Nutr.* 24(2), 146S-149S.
- BARK, Z. (1992): Technology of production of edible flours and protein products from soybeans, Israel Institute of Technology for FAO Agricultural Services Bulletin, FAOUN, Rome.
- BENNO, Y., ENDO, K., SHIRAGMAI, N., SAYANAMA, K., MITSUOKA, T. (1987): Effect of raffinose on human fecal microflora. *Bifidobacteria microflora* 6, 59-63.
- BROUNS, F. (2002): Soya isoflavones: a new and promising ingredient for the health foods sector. *Food Research International*. 35, 187-193.
- CARIĆ, M., MILANOVIĆ, S., GAVARIĆ, D., LEVAJ, M. (1981.): Proizvodnja sirmih namaza na bazi kvarka sa dodatkom sojinog brašna. *Mljekarstvo* 31(5), 145-150.
- CERNING, J., BOUILLANNE, C., LANDON, M., DESMAZEAUD, M.J. (1992): Isolation and characterization of exopolysaccharides from slime-forming mesophilic lactic acid bacteria. *J. Dairy Sci.* 75, 692-699.
- CHIEN, H. L., HUANG, H. Y., CHOU, C. C. (2006): Transformation of isoflavone phytoestrogens during the fermentation of soymilk with lactic acid bacteria and bifidobacteria. *Food Microbiol.* 23, 772-778.
- CHOU, C. C., HOU, J. W. (2000): Growth of bifidobacteria in soymilk and their survival in the fermented soymilk drink during storage. *Int. J. Food Microbiol.* 56, 113-121.
- DE MEJIA (2005): Lactins as bioactive plant proteins: A potential in cancer treatment (Review). *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 45(6), 425-445.
- DE MEJIA, E., DE LUMEN B. O. (2006): Soybean bioactive peptides: A new horizon in preventing chronic diseases. *Sexuality, Reproduction and Menopause*, 4(2), 91-95.
- DE MEJIA, E. G., TRALIECE, B., HASLER, C. (2006): The anticarcinogenic potential of soybean lectin and lunasin. *Nutrition Reviews*
- http://www.findarticles.com/p/articles/mi_qa3624/is_200307/ai_n9275655, pristupljeno 3.4.2006.
- DE VRIES, W., KAPTEIJN, W. M. C., VAN DER BEEK, E. G., STOUTHAMER, A. H. (1970): Molar growth yields and fermentation balances of *Lactobacillus casei* L3 in batch cultures and in continuous cultures. *J. Gen. Microbiol.* 63, 333-345.
- FUKUSHIMA, D. (1981): Soy proteins for foods centering around soy sause and tofu. *J. Amar. Oil Chem. Soc.* 58, 346-354.
- GARRO, M. S., DE VALDEZ, G. F., DE GIORI, G. S. (2004): Temperature effect on the biological activity of *Bifidobacterium longum* CRL 849 and *Lactobacillus fermentum* CRL 251 in pure and mixed cultures grown in soymilk. *Food Microbiol.* 21, 511-518.

- HAN, Y., PARSONS, C. M., HYMOWITZ, T. (1991): Nutritional evaluation of soybeans varying in trypsin inhibitor content. *Poultry Sci.* 70, 896-906.
- HANG, Y. D., JACKSON, H. (1967): Preparation of soybean cheese using lactic starter organisms and general characteristics of the finished cheese. *Food Technol.* 21, 95-96.
- HIGDON, J. (2006): Soy Isoflavones, Linus Pauling Institute's Micronutrient Research for Optimum Health at Oregon State University <http://lpi.oregonstate.edu/infocenter/phytochemicals/soyiso>, pristupljeno 8.4.2006.
- HOU, H. J., CHANG, K. C. (1998): Yield and quality of soft tofu as affected by soybean physical damage and storage. *J. Agric. Food Chem.* 46, 4798.
- HOU, J. W., YU, R. C., CHOU, C. C. (2000): Changes in some components of soymilk during fermentation with bifidobacteria. *Food Res. Int.* 33, 393-397.
- HUGHES, D. B., DALLAS, G. H. (1991): Bifidobacteria: Their potential for use in American dairy products. *Food Technology.* 45(4), 74-83.
- ISHIBASHI, N., SHIMAMURA, S. (1993): *Bifidobacteria*: Research and development in Japan. *Food Technology.* 6, 126-136.
- IWUOHA, C. I., UMUNNAKWE, K. E. (1997): Chemical, physical and sensory characteristics of soymilk as affected by processing method, temperature and duration of storage. *Food Chemistry.* 59(3), 373-379.
- KANTHAMANI, S., NELSON, A. I., STEINBERG, M. P. (1978): Home preparation of soymilk: a new concept. U: Whole soybean foods for home and village use, New York.
- KURZER, M. S. (2003): Phytoestrogen Supplement Use by Women. *J. Nutr.* 133, 1983S-1986S.
- KWON, B., KIM, Y. B., LEE, J. H., CHUNG, D. K., JI, G. E. (2002): Analysis of Sugars and α -galactosidase activity activity during soymilk fermentation by bifidobacteria. *Food Sci. Biotechnol.* 11 (4) 389-391.
- LIU, K. (1997): Soybeans: Chemistry, Technology and Utilization, International Thomson Publishing, New York.
- MASUDA, R. (1991): Quality requirement and improvement of vegetable soybean. U: Vegetable Soybean: Research Needs for Production and Quality Improvement (Shanmugasundaram, S., ured.), AVRDC, Taiwan, 92-102.
- MATTICK, L. R., HAND, D. B. (1969): Identification of a volatile component in soybeans that contributes to the raw bean flavor. *J. Agric. Food Chem.* 17, 15-17.
- MESSINA, M. (1999): Legumes and soybeans: overview of their nutritional profiles and health effects. *Am. J. Clin. Nutr.* 70, 439S-50S.
- MESSINA, M., MESSINA, V. (1993): Legumes: dietary importance. U: Encyclopedia of Food Science, Food Technology and Nutrition vol. VI (Macrae, R., Robinson, R.K., Sadler, M.J., ured.), 4226-4230. Academic Press, London.
- MITAL, B. K., STEINKRAUS, K. H. (1976): Development of off-flavors in Ultra-High temperature and pasteurized milks as a function of proteolysis. *J. Dairy Sci.* 64, 2138-2145.

- MOUNTS, T. L., WOLF, W. J., MARTINEZ, W. H. (1987): Processing and Utilization. U: Soybeans: Improvement, Production and Uses, 820-866.
- MURTI, T. W., BOUILLANNE, C., LANDON, M., DESMAZEAUD, M. J. (1992): Bacterial growth and volatile compound in yogurt-type products from soymilk containing *Bifidobacterium* spp. *J. Food Sci.* 1, 153-157.
- NSOFOR, L., NSOFOR, O. N., NWACHUKWU, K. E. (1992): Soy-yogurt starter culture development from fermented tropical vegetables. *J. Sci. Food Agric.* 60, 515-518.
- ORTHOEFER, F. T. (1978): Processing and utilization. U: Soybean physiology, agronomy and utilization, G. A. Academic Press. New York.
- OTIENO, D. O., ASHTON, J. F., SHAH, N. P. (2006): Evaluation of enzymic potential for biotransformation of isoflavone phytoestrogen in soymilk by *Bifidobacterium animalis*, *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus casei*. *Food Res.Int.* 39, 394-407.
- PYO, Y. H., LEE, T. C., LEE, Y. C. (2005): Enrichment of bioactive isoflavones in soymilk fermented with β -glucosidase-producing lactic acid bacteria. *Food Res.Int.* 38, 551-559.
- REDONDO-CUENCA, A., VILLANUEVA-SUAREZ, M. J., RODRIGUEZ-SEVILLA, M. D., MATEOS-APARICIO, I. (2006): Commercial composition and dietary fibre of yellow and green commercial soybeans (*Glycine max*) *Food Chemistry* 101, 1216-1222.
- RIAZ, M. N. (2000): Functional Foods for a Modern Health Program, Food Protein Research Development Center, A&M University, Texas.
- ROBINSON, R. K., CHUMCHUERE, S. (1999): Selection of starter cultures for the fermentation of soya milk. *Food Microbiol.* 16, 129-137.
- ROSENTHAL, A., DELIZA, R., CABRAL, L. M. C., CABRAL, L. C., FARIAS, C. A. A., DOMINGUES, A. M. (2003): Effect of enzymatic treatment and filtration on sensory characteristics and physical stability of soymilk. *Food Control.* 14, 187.
- SACKS, F. M., LICHTENSTEIN A., VAN HORN, L., HARRIS, W., KRIS-ETHERTON, P., WINSTON, M. (2006): Soy Protein, Isoflavones, and Cardiovascular Health, *Circulation: J. Am. Heart Associat.*, 113, 1034-1044.
- SHIMAKAWA, Y., MATSUBARA, S., YUKI, N., IKEDA, M., ISHIKAWA, F. (2003): Evaluation of *Bifidobacterium breve* strain Yakult-fermented soymilk as a probiotic food. *Int. J. Food Microbiol.* 81, 131-136.
- SMITH, A. K., CIRCLE, S. J. (1978): Protein products as food ingredients. U: Soybeans: Chemistry, Technology and Utilization, Chapman and Hall, New York.
- STASWICK, P. E., HERMODSON, M. A., NIELSEN, N. C. (1984): Identification of the cystines which link the acidic and basic components of glycinin subunit. *J Biol. Chem.* 259, 13431.
- SUGANO, M., GOTO, S., YAMADA, Y., YOSHIDA, K., HOSHIMOTO, Y., MATSUO, T., KIMOTO, M. (1990): Cholesterol-lowering activity of various undigested fractions of soybean protein in rats. *J. Nutr.* 120, 977-985.

THANANUNKUL, D., TANAKA, M., CHICHESTER, C. O., LEE, T. C. (1976): Degradation of raffinose and stachyose in soybean milk by α -galactosidase from *Mortierella vinacea*. Entrapment of α -galactosidase within polyacrylamide gel. *J. Food Sci.* 41, 173-175.

TSANGALIS, D., SHAH, N. P. (2004): Metabolism of oligosaccharides and aldehydes and production of organic acid in soymilk by probiotic bifidobacteria. *Int. J. Food Sci. Technol.* 39, 541-554.

USDA (2006): U. S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. USDA Nutrient Database for Standard Reference, <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp>, pristupljeno 29.3.2006.

WANG, H. J., MURPHY, P. A. (1994): Isoflavone content in commercial soybean foods. *J. Agric. Food Chem.* 42, 1666.

WANG, Y. C., YU, R. C., YANG, H. Y., CHOU, C. C. (2003): Sugar, acid and B-vitamin contents in soymilk fermented with lactic acid bacteria alone or simultaneously with bifidobacteria. *Food Microbiol.* 20, 333-338.

WANG, Y. C., YU, R. C., CHOU, C. C. (2006): Antioxidative activities of soymilk fermented with lactic acid bacteria and bifidobacteria. *Food Microbiol.* 23, 128-135.

WIKIPEDIA (2006): The free Encyclopedia, www.wikipedia.org/wiki/Soybean, pristupljeno 10.4.2006.

YADAV, D. N., CHAUHAN, G. S., CHAUHAN, O. P., SHARMA, P., BAJPAI, A. (2003): Quality Evaluation of Curd Prepared from Milk-Soymilk Blends. *J. Food Sci. Technol.* 40, 403.

YAGASAKI, K., TAKAGI, T., SAKAI, M., KITAMURA, K. (1997): Biochemical characterization of soybean protein consisting of different subunits of glycinin. *J. Agric. Food Chem.* 45, 656.

YAMANAKA, Y., OKUMURA, S., MITSUGI, K., HASAGAWA, Y. (1969): Process for preparing a sour milk beverage or yogurt. British Patent 1, 154, 139 (*Food Sci. Technol. Abstr.* 1:1308).

YOSHIDA, H., HIRAKAWA, Y., MURAKAMI, C., MIZUSINA, Y., YAMADE, T. (2003): Variation in the content of tocopherols and distribution of fatty acids within soya bean seeds (*Glycine max* L.). *J. Food Compos. Anal.* 16, 429-440.

Adresa autora - Author's address:

Prof. dr. sc. Rajka Božanić
Prehrambeno-biotehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Laboratorij za tehnologiju mlijeka i mliječnih proizvoda
Pierottijeva 6, Zagreb

Prispjelo - Received: 07.12.2006.

Prihvaćeno - Accepted: 08.01.2007.