

Sladana P. Stanojević
 Miroljub B. Barać
 Biljana V. Vucelić-Radović
 Mirjana B. Pešić
 Jovanović T. Snežana

Poljoprivredni fakultet, Beograd

UDK 637.181:633.34:637.3

PRINOS I KVALITET SOJINOG MLEKA I TOFUA ZAVISNO OD NAČINA PROIZVODNJE

Sojino mleko je vodeni ekstrakt celog semena soje, a tofu je želirani proteinski proizvod koji se dobija koagulacijom zagrejanog sojinog mleka. Tradicionalnim načinom proizvodnje dobija se sojino mleko i tofu karakterističnog – leguminoznog mirisa i ukusa. Naša istraživanja imaju za cilj pripremu sojinog mleka i tofua od domaćih sorti soje (tri različita kultivara: Nena, ZPS-015 i Lana) modifikovanim načinom pripreme. Drobljenje i kuvanje namočene soje vršeno je pod nad pritiskom (0,8 bar), visokom temperaturom (110°C) i kratko vreme (8 min; hidrotermičko kuvanje – HTC). Nije korišćena tradicionalna metoda koagulacije sojinog mleka (dodatak CuSO_4 ili MgCl_2), već proteolitički enzimi – himozin i pepsin.

Uočava se veliki stepen iskorišćenosti i izuzetna ekonomičnost sorte soje ZPS-015, gde je prinos tofua skoro 100%. Naime, od 1kg sojinog zrna dobija se 1,93 kg tofua, dok je prinos sojinog mleka izjednačen kod sve tri sorte (6,63–6,71L mleka/kg sojinog zrna). Tofu pripremljen od soje sorte Lana može se okarakterisati kao izuzetno hranljiva i kvalitetna namirnica u svakodnevnoj i dijetetskoj ishrani obzirom na bogat sadržaj proteina (13,08%), visokih ocena senzornih karakteristika (srednja ponderisana ocena 4,63; srednja ocena za miris i ukus 4,7) i na to da je ovo varijetet selekcionisan bez Kunicovog tripsin-

inhibitora koji, ukoliko nije izbalansiran, može imati nepoželjnu antinutritivnu aktivnost. Proteinski proizvodi pripremani ovim načinom proizvodnje (sojino mleko – 15,72–16,61% i tofu – 13,08–15,59) sadrže znatno više ukupnih proteina nego komercijalni (mleko – 4,40%; tofu – 8,10–8,86%).

Ključne reči: sojino mleko • sojin sir – tofu • hidrotermičko kuvanje • proteolitička koagulacija • prinos • senzorne karakteristike • proteini

UVOD

Proteini soje direktno su zastupljeni u ljudskoj ishrani, a takođe imaju i jednu od osnovnih uloga u ishrani životinja. Proizvodi od soje imaju široku primenu u različitim granama prehrambene industrije, masovnoj i pojedinačnoj ishrani, dijetetici i farmaceutskoj industriji. Savremena istraživanja pokazuju da soja sadrži širok spektar bioaktivnih jedinjenja, koja su se pokazala kao vrlo efikasna u prevenciji bolesti srca, krvnih sudova i kancera (Wang i Wixon, 1999; Friedman i Brandon, 2001; Skarra i Miller, 2002), što je svrstava u kategoriju funkcionalne hrane (FDA, 1999). Izuzetna svojstva i karakteristike sojinog zrna odavno su bile poznate istočnjačkim civilizacijama. Stotine godina stvaralačkih nastojanja da se dragoceno sojino zrno jednostavnim postupkom preradi u probavljiva i ukusna jela, donela su nekoliko ključnih proizvoda na kojima se zasniva istočnoazijska kuhinja. To su: **tofu** (sir od soje), **miso** (fermentisana pasta od zrna soje i morske soli), **tamari** (tradicionalni prirodni sos od soje), **soju** ili **šoju** (prirodni umak /sos od soje, pšenice i morske soli), **tempeh** ("meso od soje" – fermentisani sojin proizvod, bogat vita-

minom B_{12}), **sojina surutka** (bledo–žučkasta tečnost, prijatnog mirisa i ukusa – koja zaostaje nakon ceđenja tofua), **sojino mleko** (bledo–žučkasta tečnost, ne sadrži laktozu i predstavlja idealnu zamenu za kravlje mleko). Proizvodi koji su, za sada, našli širu primenu u ishrani na našim područjima su sojin sir – tofu i sojino mleko.

Sojino mleko je vodeni ekstrakt celog semena soje. To je emulzija/suspencija bele boje, koju čine u vodi rastvorljivi proteini i ugljeni hidrati i veći deo uljanih komponenti sojinog zrna. Sojino mleko se tradicionalno proizvodi u Kini i Istočnoj Aziji, ali danas predstavlja važnu komponentu u industriji proteina soje i sojino mleko se sve više proizvodi i konzumira u svetu. Karakteriše se pogodnim nutricionističkim osobinama, zbog čega se koristi u dijetalnoj ishrani i u preventivne svrhe (naročito kod dece koja ne smeju da koriste kravlje mleko). Ono se u odnosu na kravlje mleko karakteriše odsustvom holesterola i niskim sadržajem zasićenih masnih kiselina, dok je sadržaj polinezasićenih masnih kiselina znatno viši, što je veoma pogodno sa aspekta svarljivosti (Ward, 2003). Sadržaj ukupnih proteina u tradicionalnom sojinom mleku (4,4%) je znatno viši nego u kravljem i majčinom mleku (2,9 i 1,4%), kao i sadržaj gvoždja, niacina i tiamina, dok je sadržaj riboflavina veći kod ova dva tipa mleka. Sojino mleko je deficitarno u sadržaju kalcijuma, sadrži tek petinu u odnosu na kravlje mleko tj. polovinu u odnosu na majčino mleko (Ward, 2003).

Tofu je želirani proteinski proizvod homogenog sastava, krem boje, blagog ukusa, koji se dobija koagulacijom zagrejanog sojinog mleka. U osnovi

Adresa autora:
 Sladana Stanojević
 Institut za prehrambenu tehnologiju i biohemiju,
 Katedra za hemiju i biohemiju,
 Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6,
 11081 Zemun, Univerzitet u Beogradu,
sladjas@agrifaculty.bg.ac.yu,
 tel: 011/2615–315/ lok. 358, 149.

formiranja strukture tofua leži sposobnost proteina soje da **želiraju**, odnosno **formiraju gel**. Želiranje predstavlja niz specifičnih interakcija molekula proteina, polipeptida ili agregata u cilju obrazovanja stabilnih trodimenzionalnih mreža. To je nepovratni proces disulfidnih i vodoničnih reakcija sa hidrofobnim interakcijama molekula proteina (Prestamo i sar., 2000). Tofu, pripreman koagulacijom sojinog mleka sa CaSO_4 ili sa MgCl_2 , sadrži oko 8% ukupnih proteina, 4–5% lipida i oko 2% ugljenih hidrata. Posebnu nutritivnu vrednost tofua čine dijetetska vlakna (oko 1%) i odsustvo holesterola, pri čemu ima izuzetno nisku kaloričnost (70–80 kcal). Fiziološkoj vrednosti tofua deprimosi i visok sadržaj vitamina (vit. A, B₁, B₂, B₆, B₁₂, C, folna i linolna kiselina) i mineralnih materija (Mg, Ca, P, Fe, Zn, K, Na, Cu, Mn). Wang i Murphy (1994) su analizirajući tofu ustanovili da on sadrži 0,532 mg ukupnih izoflavona/g tofua.

Kvalitet i prinos tofua i sojinog mleka direktno zavise od: karakteristika soje, kao polaznog materijala i uslova proizvodnje (Cai i Chang, 1999; Tezuka i sar., 2000). Kvalitet sojinog zrna, odnosno njegov hemijski sastav (gde se, pre svega, misli na sadržaj proteina) u direktnoj je zavisnosti od **kultivaru soje**. Naime, dugogodišnja istraživanja upućuju na to da varijetet soje definiše hemijski sastav sojinog zrna, uključujući proteine, lipide i mineralni sastav, što ima direktnog uticaja na kvalitet i prinos tofua i sojinog mleka (Tezuka i sar., 2000; Pešić i sar. 2005). Sadržaj ukupnih proteina u sojinom zrnu (kao i međusobni odnos pojedinih proteinskih frakcija) utiče na teksturu gela sojinog sira, od čega zavisi i stepen njegovog konzumiranja. Dosadašnja istraživanja ističu da su visokoproteinske sorte soje pogodnije za proizvodnju tofua, jer takvi gelovi se odlikuju većom elastičnošću (Murphy i sar., 1997), i boljom čvrstinom gela (Ceng, i sar., 2005).

Vreme i temperatura močenja sojinog zrna, temperatura pri mlevenju zrna, toplotni tretman sojinog mleka, brzina mešanja, tip i koncentracija koagulant, način dodavanja koagulant u sojino mleko, težina prese i vreme ceđenja tofua su **faktori proizvodnje tofua** koji imaju uticaja na kvalitet i prinos (Sun i Breen, 1991). Tradicionalni (manufakturni) način proizvodnje sojinog mleka i tofua uglavnom počinju močenjem celog zrna soje preko noći, zatim, sitnjenje namočenog zrna i kuvanjem sa vodom na atmosferskom pritisku, na 100°C, u trajanju od oko 3–10 min. Sojino mleko se zatim hladi (oko 80°C) pre dodatka koagulan-

ta. Tradicionalnim načinom proizvodnje dobija se sojino mleko i tofu karakterističnog neprihvatljivog– leguminoznog mirisa i ukusa. Ove senzorne karakteristike su posledica oksidacije lipida – katalizovane lipoksigenazom u toku močenja i sitnjenja sojinog zrna (Wang i sar., 2003). Zato se u novijoj literaturi ispituje smanjenje trajanja procesa drobljenja sojinog zrna i kuvanje usitnjenog zrna pod pritiskom, na visokim temperaturama, u kraćem trajanju, takozvano–hidrotermičko kuvanje (HTC), čime se smanjuje aktivnost lipoksigenaze (Wang i sar., 2003). Beddows i Wong (1987a) su ustanovili da brže zagrevanje daje tofu boljeg kvaliteta, s obzirom da se tada više proteina zadržava u tofuu.

Naravno da tip koagulant i njegova koncentracija igraju glavnu ulogu u proizvodnji tofua. Naime, tekstura tofua je posledica načina koagulacije rezervnih proteina soje. CaSO_4 , MgCl_2 ili glukono- Δ -laktan daju različite tipove tofua, sa potpuno drugačijim senzornim karakteristikama (Tsai i sar., 1981; Sun i Breen, 1991; Ceng, i sar., 2005). Lu i sar. (1980) ističu da se kalcijum može koristiti ne samo kao sulfat, već i kao: Ca-hlorid, Ca-laktat, Ca-acetat, Ca-karbonat, Ca-fosfat, Ca-glukonat i glukono- Δ -laktan. Pri tome koncentracija kalcijuma u toku koagulacije direktno utiče na teksturu dobijenog gela (tofua). U nama dostupnoj literaturi nema podataka da se koagulacija sojinog mleka može vršiti enzimskim koagulantima. Mada, postoje raniji neuspešni pokušaji koagulacije sojinih proteina komercijalnim proteinazama (renin i pepsin). (Murata i sar., 1987).

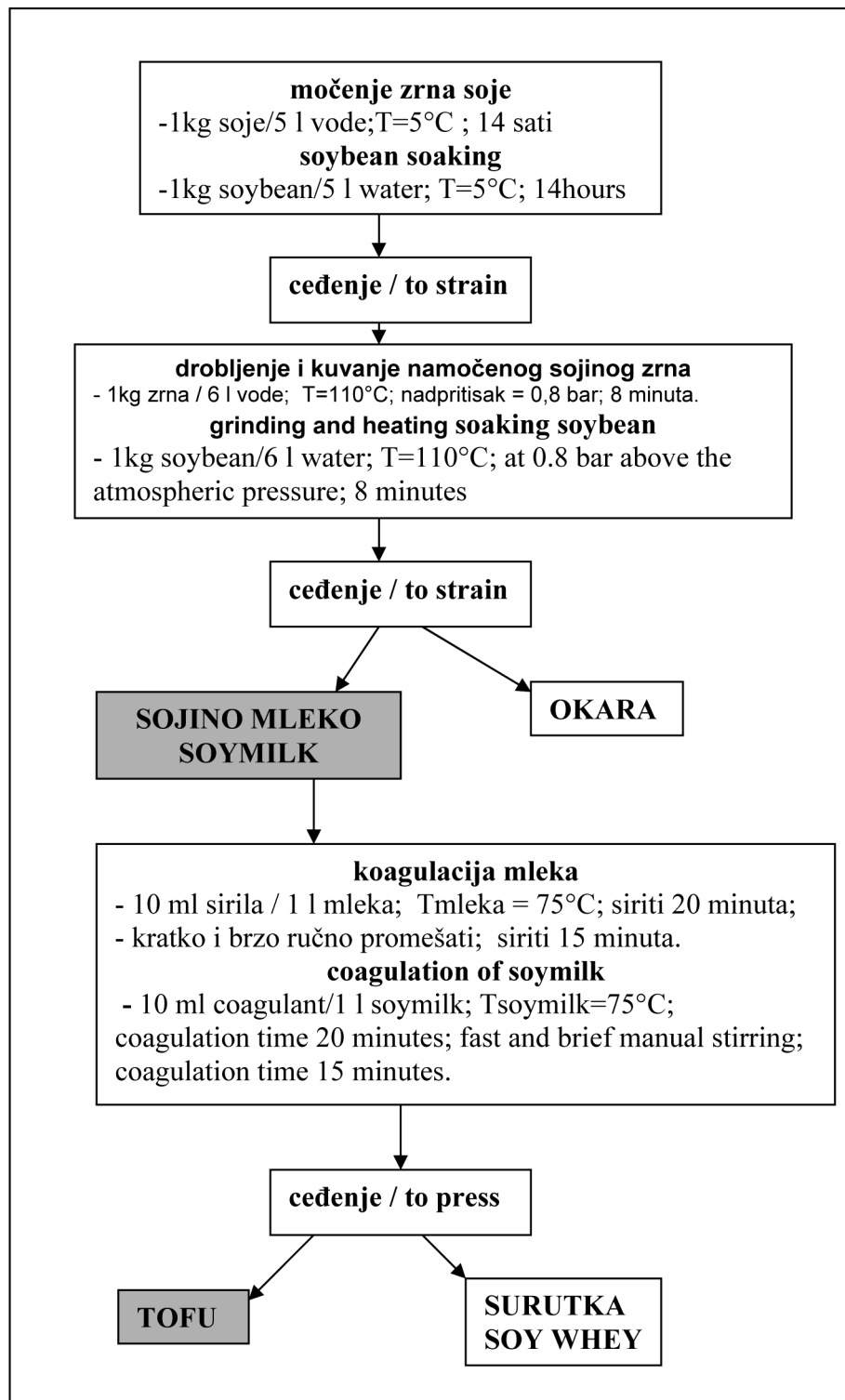
Naša istraživanja imaju za cilj pripremu sojinog mleka i tofua od domaćih sorti soje i eksperimentalnih linija, modifikovanim načinom pripreme. S obzirom da literaturni podaci ukazuju na to da postoje razlike u proteinskoj strukturi mnogih sorti soje (Riblet i sar., 2002.; Pešić i sar., 2003; Pešić i sar., 2005) što ukazuje na to da i se i fermentisani proizvodi soje pripremljeni od različitih sorata mogu razlikovati u kvalitetu. Značajna modifikacija načina pripreme ovih proizvoda sastojala bi se u tome da se drobljenje i kuvanje namočene soje vrši pod nad– pritiskom, visokom temperaturom i kratko vreme. Takođe, i da se ne koristi tradicionalna metoda koagulacije sojinog mleka (dodatak CuSO_4 ili MgCl_2), već proteolitički enzimi.

MATERIJAL I METODI

Postupak dobijanja sojinog mleka i tofu-a. Za pripremu sojinih proteinskih

proizvoda korišćena su tri genotipa soje (Nena, Lana i ZPS-015) selekcionisanih na oglednim poljima Instituta za kukuruz–Zemun Polje (Beograd, Srbija i Crna Gora). Genotip Lana je selekcionisana sorta soje smanjene tripsin-inhibitorske aktivnosti (bez prisustva Kunic– ovog tripsin inhibitora), što je interesantno sa aspekta nutritivne vrednosti dobijenih proizvoda. S obzirom na to da aktivnost ovog inhibitora može biti antinutritivna, ukoliko nije izbalansirana, sojino mleko i tofu su pripremani modifikovanim postupkom, u uslovima proizvodnog pogona („Abela”, Beograd) po ruskoj tehnologiji (na opremi SM–30, Rusija). Zrno soje je močeno vodom (u odnosu– soja : voda = 1 : 5), na temperaturi od 5°C, u trajanju od 14 sati. Namočenom zrnu je dodata voda, (u odnosu 1kg suvog zrna : 6 L vode) i uz mlevenje kuvano 8 min. na temperaturi od 110°C, pri nadpritisku od 0,8 bar. Nakon ceđenja i odvajanja **okare** (grube kašaste sojine mase, preostale nakon pripreme sojinog mleka, jedan od retkih izvora dvovalentnog gvožđa, koji se lako resorbuje u organizmu) dobijeno je sojino mleko, od svake sorte soje posebno (slika 1). Zatim je vršeno sirenje sojinog mleka, pri čemu nije primenjena tradicionalna metoda koagulacije sojinog mleka (dodatak CuSO_4 ili MgCl_2) već komercijalno sirilo, koje predstavlja smešu proteolitičkih enzima – od kojih su najznačajniji himozin i pepsin (što je interesantno kako sa fiziološkog, tako i sa tehnološkog aspekta, s obzirom na njihov značaj u sirarstvu), (slika 1). Koagulacija je vršena pri temperaturi mleka od 75°C, nakon dodatka 10 ml sirila / 1 L mleka, u trajanju od 20 min, nakon čega se brzo i kratko manuelno pomeša gruš i ostavi da stoji još 15 min. Nakon ceđenja i izdvajanja **surutke** dobijen je tofu, koji je skladišten na temperaturi od 4°C do početka ocenjivanja senzornih karakteristika.

Ocenjivanje senzornih karakteristika tofu-a vršeno je bod sistemom (od 1 do 5), koji daje srednju ocenu kvaliteta i srednju ponderisanu ocenu senzornih karakteristika. Srednja ocena kvaliteta je srednja vrednost zbira ocena 6 parametara kvaliteta (miris, ukus, boja, presek, konzistencija, opšti izgled tofua). Srednja ponderisana ocena je dobijena deljenjem ponderisane ocene sa brojem ocenjivača u komisiji. Ponderisana ocena je dobijena množenjem ocena za pojedine kategorije kvaliteta sa odgovarajućim koeficijentom važnosti (za opšti izgled, konzistenciju i presek – koeficijent važnosti je 2; za boju i miris – koeficijent važnosti je 3; za ukus – ko-



Slika 1. POSTUPAK DOBIJANJA SOJINOG MLEKA I TOFU
Figure 1. PREPARATION OF SOYMILK AND TOFU

eficijent važnosti je 8), zatim je zbir tako dobijenih proizvoda deljen sa 20 (zbirom koeficijentata važnosti). Ocena za miris i ukus je srednja vrednost zbira ocene za miris i ocene za ukus. Uzorci za senzorno ocenjivanje su skladišteni na 4°C i zagrejani do sobne temperature pre početka ocenjivanja. Ocenjivanje je izvršeno komisijom, od pet članova komisije. Tofu je sečen na parčiće (~6 cm × 6 cm × 4.5 cm) i plasiran na plastične tanjiriće označene brojevima.

Prinos sojinog mleka i tofua je računat kao zapremina-težina mleka (litri)/tofua (grami) na 100 g sojinog zrna korišćenog za pripremu, ili kao kilogrami-tofua / litri- mleka na 1 kg sojinog zrna.

Sadržaj rastvorenih proteina u dobijenim proizvodima određen je metodom prema Bradford- u (1976), u obezmašćenim uzorcima metodom po Folch- u i računat na suhu materiju uzorka.

Promene sadržaja ukupnog azota i ukupnih proteina detektovane su semimikro metodom prema Kjeldahl- u (JUS ISO, 1992). U cilju uočavanja razlike u sadržaju slobodnih aminokiselina pre i posle enzimskog želiranja (formiranja grušta) praćene su promene u **sadržaju slobodnog α -amino azota**, primenom kolorimetrijske EBC ninhidrinske metode (Wylie i Johnson, 1962). Ova metoda pogodna je i za praćenje stepena proteolitičke aktivnosti enzima, odnosno utvrđivanja stepena proteolitičke degradacije proteina. **Stepen ekstraktibilnosti** određen je iz odnosa ukupnih proteina mleka i sojinog brašna, dok je **stepen ne ekstraktibilnosti** određen iz odnosa ukupnih proteina tofu- a i brašna. Svi podaci dobijeni su iz tri ponavljanja. **Sadržaj vode i isparljivih komponen-**

ti određen je standardnom gravimetrijskom metodom (JUS ISO, 1991).

Konsistometrija (elastičnost) dobijenih modifikovanih sojinih sireva određena je Höppler-ovim konsistometrom, tako što se tofu kalupom (u vidu cevi) iseca u komade (1 x 1 x 1 cm) i postavlja između dva tega konzistometra. Meri se deformacija pripremljenog komada tofua pri neprekidnom opterećenju od 0,25 kg, u 10-toj sekundi. Rezultat se izražava **modulom elastičnosti** (N/cm²), koji predstavlja silu (u Njutnima) po 1cm².

REZULTATI I DISKUSIJA

Uočava se veliki stepen iskorišćenosti i izuzetna ekonomičnost sorte soje ZPS-015, gde je prinos tofua skoro 100%, naime, od 1kg sojinog zrna dobija se 1,93kg tofua. Druge dve sorte (Nena i Lana) se karakterišu nešto nižim, ali takođe veoma povoljnim prinosom (1,53kg i 1,67kg tofua/1kg sojinog zrna), dok je prinos sojinog mleka izjednačen kod sve tri sorte (6,63–6,71L mleka /kg sojinog zrna), (tabela 1). S obzirom da su sva tri kultivara sa istog oglednog polja i iste godine berbe (2002), (tako da su bila podložna istim klimatskim uslovima, što takođe može imati uticaja na prinos i kvalitet sojinih proizvoda), razliku u prinosu tofua ne možemo objasniti različitim uslovima gajenja. Jer, uočeno je da, ne samo varijetet soje, već i uslovi gajenja određene sorte i klimatski parametri imaju direktnog uticaja na karakteristike i prinos tofua (Wang i sar., 1983; Porter i Jones, 2003). Literaturni podaci ukazuju da se sadržaj ukupnih proteina u sojinom brašnu menja, zavisno od uslova gajenja, kao i sadržaj Fe i P, dok uglavnom ostaje konstantan sadržaj drugih minerala, aminokiselina, kao

i ulja (Porter i Jones, 2003). Veći prinos ZPS-015- kultivara može se objasniti krupnijim zrnima ove sorte u odnosu na druge dve ispitivane sorte, što se može videti po masi 1000 zrna (tabela 2). Naime, veličina sojinog zrna ima uticaja na kvalitet i prinos industrijski proizvedenog tofua, gde je prihvatljiviji varijetet soje krupnijeg semena. Naime, sitnija sojina zrna, u ukupnoj količini soje pripremljene za proizvodnju tofua, sadrže veliku količinu semenjače, što drastično smanjuje prinos. Zato su sitnija sojina zrna neprihvatljiva za industrijsku proizvodnju tofua (Wang i Chang, 1995).

Zatim, kultivar ZPS-015 karakteriše se smanjenom količinom vlage (8,58%) u zrnu, u odnosu na druge dve sorte (11,92% i 11,09%), dok je u gotovim proizvodima ovog varijeteta sadržaj vlage i isparljivih komponenti veći (78,22%-tofu i 95,0%-mleko) nego u proteinskim proizvodima dobijenim od soje sorte Nena (75,01%-tofu i 92,43%-mleko) i Lane (74,93%-tofu i 93,0%-mleko), tabela 2. Ovo ukazuje na to da je zrno sorte ZPS-015 u toku močenja primilo veću količinu vlage, što kasnije dovodi i do boljeg prinosa. Naime, u toku procesa močenja soje, usled absorpcije vode, menja se tekstura sojinog zrna i olakšava se ekstrakcija proteina u proizvodnji sojinog mleka i tofua. Absorpcija vode zavisi od trajanja i temperature močenja, pri čemu više temperature vode pri močenju zrna zahtevaju kraće vreme. Pan i Tangratana-Navalee (2003) su ustanovili da je optimalna temperatura močenja 40, 30, 20 ili 10°C, u trajanju od 1, 2, 3 ili 5,5 časova, do postizanja 120% vlage u zrnu, kao i da se u toku močenja zrna može menjati temperatura u cilju postizanja brze absorpcije vode i zaštite od mikroorganizama (s obzirom da je infekcija moguća

Tabela 1. PRINOS SOJINOG MLEKA I TOFU-A
Table 1. THE YIELD OF SOYMILK AND TOFU

sorta genotypes	prinos tofua yield of tofu		prinos mleka yield of soymilk	
	kg tofu / kg zrna kg tofu / kg soybean	g tofu / 100 g zrna g tofu / 100 g soybean	L mleka / kg zrna L soymilk / kg soybean	L mleka / 100 g zrna L soymilk / 100 g soybean
Nena	1,53	152,92	6,66	0,66
ZPS-015	1,93	193,33	6,63	0,66
Lana	1,67	167,92	6,71	0,67

Tabela 2. SADRŽAJ VLAGE U PROIZVODIMA OD SOJE I TEŽINA 1000 ZRNA
Table 2. THE CONTENT OF MOISTURE IN SOYBEAN PRODUCTS AND WEIGHT OF 1000 SOYBEANS

sorta genotypes	sadržaj vlage (%) / content of moisture (%)			težina 1000 zrna (g) weight of 1000 soybeans (g)
	brašno / soyflour	tofu	mleko / soymilk	
Nena	11,92	75,01	92,43	137,16
ZPS-015	8,58	78,22	95	187,59
Lana	11,09	74,93	93	139,78

na povišenim temperaturama močenja, 20–30°C). Zato smo mi, upravo radi zaštite od infekcije mikroorganizmima (s obzirom da je soja visokoproteinska namirnica, pa stoga i pogodna podloga za razvoj mnogih mikroorganizama), u našem radu primenili nižu temperaturu (5°C), ali duže vreme močenja (14 sati). Ovakvo visoki prinosi proizvoda ukazuju na to da primenjeni režim močenja daje zrna sa povoljnim sadržajem vlage, što je veoma bitno za dalji tok proizvodnje s obzirom da efikasnost mlevenja zavisi isključivo od sadržaja vlage u zrnu, a ne i od načina močenja (Pan i Tangratana-Navalee, 2003). Ukoliko se želi povećati prinos, može se primeniti i veći odnos voda/zrno pri močenju. Naime, Beddows i Wong (1987-b) su ustanovili da odnos voda/zrno pri močenju soje od 11–12:1 daje maksimalni prinos, ali odnos 10:1 daje najbolji kvalitet tofua. Mi smo se, u našem radu, ipak odlučili za niži odnos voda:zrno – 5:1, u želji da maksimalno očuvamo kvalitet dobijenih proizvoda (slika 1).

Sve ispitivane sorte soje daju tofu sa veoma dobro ocenjenim opštim izgledom, pri čemu su ocene za opšti izgled ujednačene (4,2–4,6), (tabela 3). Kultivar soje (ZPS-015) koji pokazuje najveći prinos dobijenih proizvoda, ocenjen je najvišim ocenama za boju i presek, ali varijetet soje, selekcionisan bez Kunicovog tripsin-inhibitora, Lana, ocenjen je najvišim ocenama za miris (4,5) i ukus

(4,9). Ovo su izuzetne ocene za tofu, s obzirom da se on karakteriše nepovoljnim leguminoznim mirisom i ukusom. Jedan od ciljeva pri procesu proizvodnje tofua jeste što više smanjiti ovu nepoželjnu aromu, za koju su najodgovornije aktivnosti lipoksigenaza. Ukus je parametar kvaliteta, koji je pri senzornoj analizi okarakterisan sa najvišim koeficijentom vlažnosti (8). Tofu pripremljen od sorte Lana, pored toga što pokazuje najvišu srednju ocenu za miris i ukus (4,7), (Nena–3,05; ZPS-015 – 3,8) ocenjen je i najvišim ocenama za opšti izgled (4,6), presek (4,5) i konzistenciju (4,2), pri čemu su ocene za boju (4,2–4,5) izjednačene (tabele 3 i 4). S obzirom na visoke ocene (srednja ponderisana ocena 4,63) i na to da je ovo varijetet selekcionisan bez Kunicovog tripsin-inhibitora koji, ukoliko nije izbalansiran, može imati nepoželjnu antinutritivnu aktivnost, tofu pripremljen od soje sorte Lana može se okarakterisati kao izuzetno hranljiva i kvalitetna namirnica u svakodnevnoj i dijetetskoj ishrani.

Ispitivanje sadržaja rastvorljivih proteina sojinog brašna, mleka i tofua pokazuje značajan pad u proteinskim proizvodima u odnosu na brašno od kog su dobijeni, što je i očekivano (tabela 5). Sva tri kultivara se karakterišu veoma povoljnim sadržajem rastvorljivih proteina u brašnu (25–23%), što je od velike važnosti sa aspekta primene ovih sorata u proizvodnji, s obzirom da je rastvorljivost veoma bitna

funkcionalna osobina proteina sojinog semena. Mleko pripremljeno od sorte Nena karakteriše se većom rastvorljivošću proteina (10,04%; 5,02 mg/ml) u odnosu na druga dva mleka pripremljena od sorti ZPS-015 (4,24%; 2,12mg/ml) i Lana (7,64%; 3,28 mg/ml). Isti odnos proteinske rastvorljivosti je i kod sojinog sira. Naime Nena-tofu se karakteriše većom rastvorljivošću proteina (6%) u odnosu na ZPS-015 i Lana-tofu (3,33–3,56%).

Sojino mleko (15,72–16,61%) i tofu (13,08–15,59) pripremani ovim načinom proizvodnje sadrže znatno više ukupnih proteina nego komercijalni proizvodi (mleko – 4,40%; tofu – 8,10–8,86%) (Ward, 2003.; Karalis, 2003.). Ovakvo povoljan sadržaj ukupnih proteina može biti posledica uslova močenja zrna (odnos voda : zrno– 5 : 1) kao i primenjenog tretmana u toku drobljenja i kuvanja namočenih soje (kratko vreme – 8 min; visoka temperatura–110°C; uslovi nadpritiska – 0,8 bar). Sojino brašno– ZPS-015 sadrži najviše ukupnih proteina (48,86%), što je u saglasnosti sa najvećim prinosom ove vrste tofua. Zato su visokoproteinske sorte pogodnije za pripremu proizvoda na bazi proteina soje, jer pored boljeg kvaliteta, veće nutricionističke vrednosti, daju i bolji prinos proizvoda.

Rezultati istraživanja upućuju na to da je odnos sadržaja ukupnih proteina u sojinom zrnu u obrnutom odnosu sa tvrdoćom i lomljivošću tofua (što je procenat ukupnih proteina u soji veći – čvr-

Tabela 3. REZULTATI SENZORNE ANALIZE TOFU-A
Table 3. THE RESULTS OF TOFU SENSORY EVALUATION

sorta genotypes	pojedine kategorije kvaliteta tofu-a / categories of tofu quality					
	miris smell	ukus taste	boja color	presek cross-section	elastičnost elasticity	opšti izgled general appearance
Nena	3,2	2,9	4,2	3,6	4,1	4,2
Lana	4,5	4,9	4,4	4,5	4,2	4,6
ZPS- 015	3,9	3,7	4,5	4,6	3,8	4,5

Tabela 4. REZULTATI SENZORNE ANALIZE TOFU-A (SREDNJE OCENE KVALITETA TOFU-A)
Table 4. THE RESULTS OF TOFU SENSORY EVALUATION (THE AVERAGE MARK OF TOFU QUALITY)

sorta genotypes	miris i ukus smell and taste	srednja ocena the average mark	srednja ponderisana ocena the ponderisan mark
Nena	3,05	3,7	3,54
Lana	4,7	4,52	4,63
ZPS- 015	3,8	4,2	4,1

Tabela 5. SADRŽAJ RASTVORLJIVIH PROTEINA SOJINOG MLEKA I TOFU-A
Table 5. SOLUBLE PROTEIN CONTENT OF SOYMILK AND TOFU

sorta genotypes	mg/ml			%		
	brašno / soyflour	mleko / soymilk	tofu	brašno / soyflour	mleko / soymilk	tofu
Nena	12,5	5,02	3,05	25	10,04	6,1
ZPS- 015	11,62	2,12	1,65	23,24	4,24	3,33
Lana	11,55	3,82	1,78	23	7,64	3,56

stoća i lomljivost gela je manja, tj. gel je elastičniji), što je u saglasnosti sa literaturnim podacima (Murphy i sar., 1997). Tako da najveći modul elastičnosti (N/cm^2) poseduje ZPS-015– tofu, (tabela 7) sa najvećim sadržajem ukupnih proteina (15,59%), pripremljen od sojinog zrna koje, takođe, poseduje najviše ukupnih proteina (48,88%) (tabela 6).

Posle formiranja gela, odnosno tofua, sadržaj slobodnih aminokiselina, izražen sadržajem slobodnog α -amino azota (4,66–6,99 mg/ml), za oko 6–8 puta je manji u odnosu na početnu komponentu – sojino brašno (37,0–42,5 mg/ml) (tabela 8). Nizak sadržaj α -amino azota ukazuje na to da veliki deo niskomolekulskih peptida i slobodnih aminokiselina tokom pripreme tofua prelazi u surutku.

Nije uočena bitna razlika u stepenu ekstraktibilnosti (0,33–0,34) među sortama (tabela 9). To znači da je sposobnost ekstrakcije proteina iz sojinog brašna u mleko izjednačena pri primenjenom načinu pripreme mleka (zagrevanja pod

nad pritiskom). Dok je stepen ne–ekstraktibilnosti nešto veći (0,32) kod ZPS-015-kultivara nego kod druge dve sorte, gde je izjednačen (0,29). To znači da iz ZPS-015–brašna u tofu ekstrahuje više proteina nego kod druge dve sorte, što potvrđuje i sadržaj ukupnih proteina u ovom siru (tabela 6).

ZAKLJUČAK

Sva tri genotipa soje (Nena, Lana i ZPS-015), nakon primenjenog hidrotermičkog kuvanja (HTC) u procesu proizvodnje mleka i tofua, daju proteinske proizvode odličnog prinosa. Zato se ovi kultivari soje mogu preporučiti za industrijsku proizvodnju proizvoda na bazi proteina soje. Močenjem soje u odnosu voda/zrno– 5/1, primenom HTC-kuvanja i proteolitčkih enzima u procesu koagulacije sojinog mleka, dobijeni su sojini sirevi sa vrlo visokim ocenama senzornih karakteristika. Tofu pripremljen od soje sorte Lana može se okarakterisati kao izuzetno hranljiva i kvalitetna namirnica u svakodnevnoj i dijetetskoj ishrani, s ob-

zirom na visoke ocene (srednja ponderisana ocena 4,63) i na to da je ovo varijetet selekcionisan bez Kunicovog tripsin-inhibitora koji, ukoliko nije izbalansiran, može imati nepoželjnu antinutritivnu aktivnost. Ova vrsta tofua se može preporučiti za dalje korekcije organoleptičkih i nutritivnih osobina (obogaćivanje biljnim aromama, dodatak antioksidanasa, probiotika...). Sve tri vrste sojinog mleka i tofua se karakterišu povoljnim proteinskim sastavom s obzirom da poseduju znatno više ukupnih proteina nego komercijalni uzorci pripremani tradicionalnim metodama. Međutim, složenost ove problematike zahteva dalja ispitivanja u cilju karakterizacije proteinskog sastava i ispitivanja sadržaja i aktivnosti fiziološki aktivnih materija u dobijenim proizvodima.

LITERATURA

1. Beddows, C.G. and Wong, J.: Optimization of yield and properties of silken tofu from soybeans, II. Heat processing. Int. J. Food Sci. Technol., 22 (1987-a) 23–27.
2. Beddows, C.G. and Wong, J.: Optimization of yield and properties of silken tofu from soybeans, I. The water : bean ratio, Int. J. Food Sci. Technol. 22 (1987-b)15–21.
3. Bradford, M.M.,: A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein–dye binding, Anal. Biochem. 72 (1976) 248–254.
4. Cai, T. and Chang, K.C.: Processing effect on soybean storage proteins and their relationship with tofu quality, J. Agric. Food Chem., 47 (1999) 720–727.
5. Cheng, Y., Shimizu, N. and Kimura, T.: The viscoelastic properties of soybean curd (tofu) as affected by soymilk concentration and type of coagulant, Inter. J. Food Sci. and Tech. 40 (2005) 385–390.
6. FDA: Food labeling, health claims, soy protein and coronary heart disease. Food and drug administration. Final rule. Fed Regist. 64 (206): (1999) 57700–57733.
7. Friedman, M. and Brandon L.D.: Nutritional and health benefits of soy protein. J.Agric. Food Chem. 49 (3) (2001) 1069–1086.
8. JUS ISO.; Seme uljarica – određivanje sadržaja vlage i isparljivih materija. Jugoslovenski standard, (1991) 665.
9. JUS ISO: Poljoprivredno-prehrambeni proizvodi – Opšta uputstva za određivanje azota po Kjeldal-u. Jugoslovenski standard, (1992) 1871.
10. Kalalis, M.: The benefits of soy food (Part II–Tofu), Bringing the Worldwide Kidney Disease Community Together, (2003) 4–14.
11. Lu, B.T., Carter, E. and Chung, R.A.: Use of calcium salts for soybean curd preparation, J. Food Sci., 45 (1980) 32–34.
12. Murata, K., Kusakabe, I., Kobayashi, H., Akaike, M., Park, Y.W. and Marakami, K.: Studies on the coagulation of soymilk protein by commercial proteinases, Agricultural and Biological Chemistry, 51 (2) (1987) 385–399.
13. Murphy, P.A., Chen, H.P., Hauck, C.C. and Wilson, L.A.: Soybean protein composition

Tabela 6. SADRŽAJ UKUPNOG AZOTA I UKUPNIH PROTEINA (N×6,25) U SOJINOM MLEKU I TOFU

Table 6. TOTAL NITROGEN AND PROTEIN CONTENT (N×6,25) OF SOYMILK AND TOFU

sorta genotypes	ukupni N– % / total N– %			ukupni proteini– % / total proteins– %		
	brašno soyflour	mleko soymilk	tofu	brašno soyflour	mleko soymilk	tofu
Nena	7,55	2,54	2,2	47,16	15,87	13,74
ZPS- 015	7,82	2,66	2,86	48,86	16,61	15,59
Lana	7,34	2,51	2,09	45,88	15,72	13,08

Tabela 7. MODUL ELASTIČNOSTI TOFU-A

Table 7. THE MODULE OF TOFU ELASTICITY

sorta genotypes	modul elastičnosti (N/cm^2) module of elasticity (N/cm^2)
Nena	6,32
ZPS-015	7,64
Lana	5,92

Tabela 8. SADRŽAJ SLOBODNOG α -AMINOAZOTA

Table 8. THE CONTENT OF FREE α -AMINONITROGEN

sorta / genotypes	sadržaj slobodnog α -aminoazota (mg/ml) content of free α -aminonitrogen (mg/ml)	
	sojino brašno / soyflour	tofu
Nena	37,5	4,73
ZPS-015	37	4,66
Lana	42,5	6,99

Tabela 9. STEPEN EKSTRAKTIBILNOSTI I NEEKSTRAKTIBILNOSTI

Table 9. PROTEIN EXTRACTABILITY AND SOLID OR PROTEIN RECOVERY

sorta / enotypes	stepen ekstraktibilnosti protein extractability	stepen neekstraktibilnosti protein recovery
Nena	0,34	0,29
ZPS- 015	0,33	0,32
Lana	0,34	0,29

- and tofu quality, *Food Technol.*, 51 (5) (1997) 86–110.
14. Pan, Z. and Tangratanaavaiee, W.: Characteristic of soybeans as affected by soaking conditions, *Lebensm.-Wiss. U.-Technol.*, 36 (2003) 143–151.
 15. Pešić, M., Vucelić-Radović, B. and Barać, M.: Karakterizacija polipeptidnog sastava različitih genotipova soje, *Arh. poljopr.nauke*, 64, (225–226) (2003) 157–165.
 16. Pešić, M., Vucelić-Radović, B., Barać, M. and Stanojević, S.: The influence of genotypic variation in protein composition on emulsifying properties of soy proteins, *JAOCS*, 82 (9) (2005) 667–672.
 17. Porter, A.M. and Joenes, M.A.: Variability in soy flour composition, *JAOCS*, 80 (6) (2003) 557–562.
 18. Prestamo, G., Lesmes, M., Otero, L. and Arzo, G.: Soybean vegetable protein (tofu) preserved with high pressure, *J. Agric. Food Chem.*, 48 (2000) 2943–2947.
 19. Riblett, A.L., Herald, T.J., Schmidt, K.A. and Tilley, K.A.: Characterization of β -conglycinin and glycinin soy protein fractions from four selected soybean genotypes, *J. Agric. Food Chem.*, 49 (2002) 4983–4989.
 20. Skarra, L.L. and Miller, L.C.: Barriers to soy protein applications in food products. *Inform.* 13 (2002) 247–253.
 21. Sun, N. and Breene, W.M.: Calcium sulfate concentration influence on yield and quality of tofu from five soybean varieties, *J. Food Sci.*, 56 (1991) 1604–1607.
 22. Tezuka, M., Taira, H., Igarashi, Y., Yagasaki, K. and Ono, T.: Properties of tofus and soy milks prepared from soybeans having different of glycinin. *J. Agric. Food Chem.*, 48 (2000) 1111–1117.
 23. Tsai, S.J., Lan, C.Y., Kao, C.S. and Chen, S.C.: Studies on the yield and quality characteristics of tofu, *J. Food Sci.*, 46 (1981) 1734–1740.
 24. Wang, H.L., Swain, E.W. and Kwolek, W.F.: Effect of soybean varieties on the yield and quality of tofu, *Cereal Chem.*, 60 (1983) 245–248.
 25. Wang, H.J. and Murphy, P.A.: Isoflavone content in commercial soybean foods, *J. Agric. Food Chem.*, 42 (1994) 1666–1673.
 26. Wang, C. R.C., Chang, S.K.C.: Physicochemical properties and tofu quality of soybean cultivar, *J. Agric. Food Chem.*, 43 (1995) 3029–3034.
 27. Wang, C. and Wixon R.: Phytochemicals in soybeans – their potential health benefits. *Inform* 10 (1999) 315–321.
 28. Wang, C., Johnson, A.L. and Wilson, A.L.: Calcium coagulation properties of hydrothermally processed soymilk, *JAOCS*, 80 (12) (2003) 1225–1229.
 29. Ward, B.J.: An American's introduction to tofu, www.tofu.com. (2003).
 30. Wylie, E.B. and Johnson, N.J., *Biochem. Biophys. Acta.*, 59 (1962) 450.

YIELD AND QUALITY OF SOYBEAN MILK AND TOFU AS AFFECTED BY PRODUCTION METHOD

Sladjana P. Stanojevic, Mirosljub B. Barac, Biljana V. Vucelic-Radovic, Mirjana B. Pesic, Jovanovic T. Snezana

Institute of Technology and Biochemistry, Faculty of Agriculture, Belgrade

Summary

Soymilk and tofu are traditional and important source of protein in Asian diets. Soymilk is a watery extract of full-fat soybean. Tofu is a nutritional, protein gel, a kind of soybean product. Yield and quality are affected by several factors, such as variety or cultivar, soybean growth environment and processing methods. Processing factors, which affect the quality of soymilk and tofu, include soaking time and temperature, grinding temperature, soy milk heating rate, stirring speed, type and concentration of coagulant, method of adding coagulant to soy milk, and the weight and time of press.

Traditionally prepared soymilk has bean-like flavour owing to lipid oxidation catalyzed by lipoxygenase during soaking and grinding. This flavor is unacceptable to most consumers and is the major obstacle to widespread acceptance of almost all soy food products, especially soymilk and tofu. A steam-infusion cooking process, known as hydrothermal cooking (HTC), was developed to produce soymilk continuously from ground full-fat soy flour. HTC-processed soymilk had less bean-like flavour because of the much shorter time for lipoxygenase to be active and because of the steam flashing stripped volatiles. Coagulation properties of soymilk are critical to achieving high yields and desired texture of tofu. Magnesium or calcium chloride was the most commonly used coagulating agent.

The objectives of the present study were to research the effects of HTC processing conditions (at 0.8 bar above the atmospheric pressure; at temperature 110°C; during 8 minutes) and coagulation of soymilk protein with proteinases – himosin and pepsin on yield and quality of soymilk and tofu. Tofu prepared from Lana cultivar expressed the most acceptable sensory characteristics, while the chemical properties were registered for tofu prepared from ZPS-015.

Key words: Soymilk • tofu • hydrothermal cooking – HTC • proteinases–coagulation • yield • sensory properties • proteins