

UTICAJ TOPLOTE NA ISKORIŠĆAVANJE PROTEINA I AMINOKISELINA IZ NEKIH SORATA SOJE

Desanka Kolarski, Ž. Popović, V. Koljajić, Jasna Popović

Stručni rad
UDK 636.084/636.087 (497.1) (05)
Prilježeno: 20. 6. 1990.

SAŽETAK

Ispitivan je uticaj toplote na aminokiselinsku vrednost proteina iz različitih kultura soje i na dostupnost lizina, te količinu pravih proteina u prirodnoj i nagoreloj soji c. v. wells, c. v. aura i soji c. v. corsoy, koja je oljuštena i sušena na vazduhu, odnosno dva sata na 160°C. Utvrđeno je da je uticaj toplote samozagrevanja soje naročito izražen na aminokiselinski sastav soje c. v. wells zato što je bila veća temperatura samozagrevanja. Efekat blokiranja aminokiselina nalazi se u intervalu od 23,89 – 58,00% za proteine soje c. v. wells, odnosno 2,22 – 62,50% za proteine soje c. v. aura. Najviše je blokiran lizin, i to u proteinima soje c. v. wells 58,00%, a u proteinima soje c. v. aura blokirano je 62,50% ukupne količine lizina. Dostupnost lizina u prirodnoj soji c. v. wells je 36,00%, a u nagoreloj soji c. v. wells 7,36%. Dostupnost lizina u soji c. v. corsoy sušenoj na vazduhu je 58,05%, a u soji sušenoj dva sata na 160°C je 41,52% u odnosu na soju sušenu na vazduhu.

Uvod

U tehnološkim procesima prerade, obrade i dobijanja hraniva se podvrgavaju različitim fizičkim, hemijskim i biološkim tretmanima. U takvim procesima, čak i u kontrolisanim uslovima uključujući zagrevanje, sterilizaciju, tostiranje i drugo, kao i u uskladištenim hranivima, kada se ona čuvaju u veoma povoljnim uslovima (Carpenter, 1970; Carpenter i drugi, 1962), međusobno mogu da reaguju svi hranljivi sastojci, kao i s drugim jedinjenjima koja sadrže funkcionalne grupe (Hugly i Moore, 1972; Hurrell i Finot, 1985; Taranov i Sabirov, 1987).

Značajne reakcije koje se odražavaju na kvalitet hranljivih sastojaka, uglavnom smanjujući njihovu biološku vrednost, su reakcije između aminokiselina iz proteina sa redukujućim šećerima, mastima i njihovim oksidacionim proizvodima, zatim polifenolima, različitim hemijskim doda-

cima, makro i mikroelementima bilo endogenog ili egzogenog porekla itd. (Pamela Anderson, 1985; Taranov i Sabirov, 1987). Rezultati takvih reakcija su smanjena biološka vrednost proteina, ugljenih hidrata, lipida, odnosno svih hranljivih sastojaka. Najviše se smanjuje hranljiva vrednost proteina, jer oni reaguju sa svim hranljivim sastojcima, a i sa drugim hemijskim jedinjenjima u hrani (Hurrell i Finot, 1985; Taranov i Sabirov, 1987).

Biološka vrednost proteina, odnosno aminokiselina uglavnom se smanjuje zbog reakcija između lizina, metionina, cistina i drugih aminokiselina sa redukujućim šećerima (Carpenter, 1970; Carpenter i drugi, 1962; Taranov i Sabirov, 1987). Prvo reaguje lizin i nastaju

Prof. dr. Desanka Kolarski i prof. dr. Viliman Koljajić – Poljoprivredni fakultet, Zemun; mr. Živko Popović i dipl. hem. Jasna Popović – »Agroekonomik«, PK »Beograd«, Padinska Skela.

biološki neaktivni proizvodi u kojima je lizin blokiran, što je rezultat nekoliko tipova reakcija (Carpenter, 1970; Carpenter i drugi, 1962). U ovoj fazi oksidacije, tzv. ranoj fazi oksidacije, ne formiraju se obojeni pigmenti i hrana ne menja boju, ali se smanjuje biološka vrednost lizina. Kada hranivo promeni boju znači da su nastali različiti obojeni degradacioni proizvodi (odmakla faza oksidacije), tako da i oni reaguju sa svim aminokiselinama, zbog čega se još više smanjuje biološka vrednost proteina, odnosno aminokiselina. Čak se smanjuje i biološka vrednost leucina, iako on u molekulu proteina (sa strane) ima nereaktivni parafinski niz i pomoću njega zajedno s drugim degradacionim proizvodima umrežava proteinski molekul čineći ga nedostupnim enzimskom sistemu. To je razlog zbog čega se smanjuje razlaganje proteina u digestivnom traktu, a time i njihovo iskorišćavanje tj. iskorišćavanje aminokiselina. U ovoj fazi oksidacije hraniva dobijaju tamnu boju, što je naročito karakteristično za autooksidativne procese u uskladištenim hranivima, kada temperatura može biti veća od 80°C. U takvim uslovima veoma je izraženo smanjenje biološke vrednosti proteina, a i drugih hranljivih sastojaka.

Imajući u vidu navedeno, u ovome radu je ispitivan aminokiselinski sastav, potencijalna količina aminokiselina za iskorišćavanje i dostupnost lizina u nekim sortama soje koje su obrađene na različitim temperaturama, kao i soje koja je nagorela u silosima zbog autooksidacionih procesa u uslovima skladištenja.

Materijal i metode rada

U ovome radu je ispitivan uticaj toplote na aminokiselinsku vrednost proteina iz različitih kultivara soje i dostupnost lizina za apsorpciju u digestivnom traktu životinja, pa i čoveka. Za tu svrhu soja c. v. corsoy je mehanički oljuštena, samlevana i sušena: 1) na vazduhu do konstantne mase (kontrolni uzorak) i 2) dva sata na 160°C. Ista soja je ekstrahovana (Desanka Kolarski i Pavličević, 1965) pomoću anhidrovanog etera i u toku 30 minuta hidrolitički obrađena na temperaturi 100 – 120°C.

Soja u zrnu, kultivar wells i aura, bila je uskladištena u silose pod standardnim uslovima, ali je zbog autooksidacionih procesa nagorela (samozagrevanje). Temperature samozagrevanja su bile različite, i to u silosu sa sojom c. v. wells vrednost temperature bila je veća u odnosu na temperaturu samozagrevanja u silosu gde je bila soja c. v. aura. Kontrolni uzorci bili su prirodno zrno soje odgovarajućih kultivara.

Ukupni sirovi proteini su određivani (Desanka Kolarski i Pavličević, 1965) Kjeldahlom metodom, a pravi proteini su stehiometrijski obračunati iz količine azota kvantitativno određenih aminokiselina, množenjem sa faktorom 6,25. Aminokiseline su kvantitativno određivane u kiselom hidrolizatu metodom prema Mooreu i drugima (1958), a triptofan prema metodi Huglya i Moo-

re a (1972). Dostupnost lizina je određivana pomoću fluordinitrobenzola (Carpenter, 1970; Finot i Hurrell, 1985). Sva ispitivanja su uporedo rađena u tri probe i dobijeni rezultati su obračunati na 100 g suve supstance.

Rezultati i diskusija

Rezultati dobijeni ispitivanjem uticaja toplote, odnosno različitih temperatura sušenja i samozagrevanja na blokiranu količinu proteinogenih aminokiselina tj. na količinu aminokiselina iz soje koje se ne mogu iskorišćavati iz digestivnog trakta životinja, pa i čoveka, prikazani su u tabeli 1. Vidi se da ispitivane sorte soje sadrže sve proteinogene aminokiseline i da među esencijalnim aminokiselinama najviše imaju leucina, a najmanje triptofana, cistina i metionina. Leucina najviše ima (2,99%) soja c. v. wells, a najmanje (2,54%) soja c. v. aura. Oljuštena soja sadrži 4,04% leucina. Među poluesencijalnim aminokiselinama sve ispitivane sorte soje najviše imaju arginina, a od neesencijalnih aminokiselina najviše imaju glutaminske kiseline.

Iz tabele se takođe vidi da je sušenjem oljuštene soje dva sata na 160°C najviše blokirano cistina (21,95%), lizina (21,61%) i triptofana (20,59%). Među esencijalnim aminokiselinama najmanje je blokirano leucina (1,49%), a od neesencijalnih aminokiselina najmanje je (0,69%) blokirano glutaminske kiseline.

Uticaj toplote samozagrevanja soje uskladištene pod standardnim uslovima naročito je izražen u silosu gde je temperatura antioksidacionih procesa bila veća, a to je u silosu sa sojom c. v. wells (tabela 1). Uočljivo je da je efekat blokiranja aminokiselina od 23,89 – 58,00%. Drugim rečima, najviše je blokiran lizin (58,00%), a najmanje (23,89%) valin. To znači da je pod dejstvom toplote količina svih proteinogenih aminokiselina u proteinima soje c. v. wells smanjena najmanje za 23,89%. Iz tabele takođe je uočljivo da su veoma različiti efekti blokiranja pojedinih aminokiselina u proteinima soje c. v. aura iz silosa gde je bila manja temperatura samozagrevanja i da se nalaze u intervalu od 62,50%, koliko je blokirano lizina do 65,88%, koliko je blokirano histidina. Za proteine ispitivanih soja zajedničko je da je valin najmanje blokiran, ali je efekat blokiranja valina u proteinima soje c. v. wells oko 10,7 puta veći nego u proteinima soje c. v. aura. To može biti jedan od pokazatelja da proteini ispitivanih soja imaju različite konformacione strukture. Prilog ovome je i efekat blokiranja izoleucina, koji je u proteinima soje c. v. aura oko 5,5 puta manji nego u proteinima soje c. v. wells.

Iz tabele 1 vidi se da je u proteinima ispitivanih soja različit efekat blokiranja lizina i da je veći u proteinima soje c. v. aura. Međutim, treba naglasiti da je to kvantitativna količina koja je u odgovarajućim uslovima izreagovala s drugim supstancama u soji, a koja je količina lizina dostupna za iskorišćavanje iz digestivnog trakta, prikazano je u tabeli 2. Iz ove tabele vidi se da je u proteinima prirodne soje c. v. wells koja je nagorela u silosu smanjena količina

lizina za 64,00% u odnosu na prirodnu soju c. v. wells, a da ovo smanjenje kod nagorele soje c. v. aura iznosi 62,50%. Iz tabele 2 takođe se vidi da je iz prirodne soje c. v. wells za iskorišćavanje dostupno 0,90 g odnosno 36,00% lizina, a da kod iste, ali nagorele soje dostupnost lizina iznosi 0,07 g odnosno 7,36% u odnosu na količinu lizina u nagoreloj soji, te da je iskorišćavanje samo 2,80% u odnosu na količinu lizina u prirodnoj soji c. v. wells. Što se tiče prirodne soje c. v. aura, vidi se da je od ukupne količine lizina (2,16%) dostupno za iskorišćavanje 30,55%, a iz nagorele soje c. v. aura dostupno je 10,11% lizina, odnosno 4,16% u odnosu na količinu lizina u prirodnoj soji c. v. aura.

Količina lizina u oljuštenoj i samlevenoj soji c. v. cor-soy koja je sušena dva sata na 160°C smanjena je za 21,61% u odnosu na istu soju koja je sušena na vazduhu. Takođe se iz tabele vidi da je u ovoj soji za iskorišćavanje dostupno 52,96% lizina, odnosno 41,52% u odnosu na istu soju sušenu na vazduhu. Iz tabele 2 uočljivo je i da je u hidrolitički obrađenoj soji dostupno za iskorišćavanje 54,39% lizina.

Uticaj različitih temperatura sušenja i samozagrevanja nekih sorata soje na potencijalno iskorišćavanje aminokiselina, g/100 g suve supstance
Effect of different drying temperatures and self-heating of some soybean varieties on possible amino acid utilization, g/100 g of dry matter

Tabela 1 – Table 1

| amino-kiselina Amino acid | oljuštena soja sušena Shelled soybean dried | | blokirano amino-kiseline Blocked amino acid % | c. v. Wells | | blokirano amino-kiseline Blocked amino acid % | c. v. Aura | | blokirano amino-kiseline Blocked amino acid % |
|------------------------------|--|---|---|--------------------------|--------------------------|---|--------------------------|--|---|
| | na vazduhu In the air g | na 160°C dva sata At 160°C for 2h g | | prirodna Natural g | nagorela Toasted g | | prirodna Natural g | nagorela ^{a)} Toasted g | |
| | | | | | | | | | |
| His | 1,05 | 0,80 | 14,29 | 0,96 | 0,55 | 42,71 | 0,85 | 0,56 | 34,12 |
| Ile | 2,55 | 2,39 | 6,67 | 1,71 | 1,31 | 23,98 | 1,38 | 1,32 | 4,35 |
| Leu | 4,04 | 3,98 | 1,49 | 2,99 | 2,25 | 25,08 | 2,54 | 2,27 | 10,63 |
| Lys | 2,36 | 1,85 | 21,61 | 2,50 | 1,05 | 58,00 | 2,16 | 0,81 | 62,50 |
| Met | 0,55 | 0,53 | 3,64 | 0,61 | 0,47 | 24,59 | 0,51 | 0,44 | 13,73 |
| Phe | 2,41 | 2,17 | 9,96 | 1,92 | 1,42 | 26,04 | 1,68 | 1,49 | 11,31 |
| Thr | 1,66 | 1,59 | 4,22 | 1,57 | 1,12 | 28,66 | 1,42 | 1,21 | 14,79 |
| Val | 2,19 | 2,15 | 1,83 | 1,80 | 1,37 | 23,89 | 1,35 | 1,37 | 2,22 |
| Trp | 0,34 | 0,27 | 20,59 | 0,42 | 0,30 | 28,57 | 0,25 | 0,20 | 20,00 |
| Cys | 0,41 | 0,32 | 21,95 | 0,58 | 0,42 | 27,59 | 0,50 | 0,41 | 18,00 |
| Tyr | 2,01 | 1,70 | 15,42 | 1,31 | 0,96 | 26,72 | 1,18 | 0,99 | 16,10 |
| Arg | 2,38 | 2,30 | 3,36 | 2,22 | 1,37 | 38,29 | 2,37 | 1,12 | 52,74 |
| Gly | 1,80 | 1,76 | 2,22 | 1,65 | 1,19 | 28,48 | 1,45 | 1,30 | 10,34 |
| Asp | 5,57 | 5,10 | 8,44 | 4,33 | 2,99 | 30,95 | 4,06 | 3,06 | 24,73 |
| Ser | 2,55 | 2,50 | 1,96 | 2,05 | 1,36 | 33,66 | 1,85 | 1,75 | 5,41 |
| Glu | 7,27 | 7,22 | 0,69 | 6,97 | 5,21 | 25,39 | 6,11 | 5,83 | 4,58 |
| Pro | 1,80 | 1,78 | 1,11 | 1,92 | 1,41 | 27,08 | 1,72 | 1,11 | 35,47 |
| Ala | 2,14 | 2,12 | 0,93 | 1,71 | 1,29 | 25,18 | 1,47 | 1,40 | 4,76 |

a) Temperatura (T°C) samozagrevanja soje c. v. wells bila je veća od temperature (T₁) samozagrevanja soje c. v. aura.

a) Self-heating temperature (T°C) of Wells variety was higher than self-heating temperature (T₁) on Aura variety.

Uticaj toplote na dostupnost lizina za iskorišćavanje, %
Effect of heat on lysine availability for utilization, %

Tabela 2 – Table 2

| pokazatelj Parameter | lizin – Lysine | | dostupni lizin Available lysine | | dostupni lizin u odnosu na kontrolnu grupu Available lysine as compared to control group % |
|--|----------------|--------|------------------------------------|-------|--|
| | g | % | g | % | |
| soja prirodna, c. v. wells Soybean, natural, Wells | 2,50 | 100,00 | 0,90 | 36,00 | |
| soja nagorela, c. v. wells Soybean, toasted, Wells | 0,95 | -64,00 | 0,07 | 7,36 | 2,80 |
| soja prirodna, c. v. aura Soybean, natural, Aura | 2,16 | 100,00 | 0,66 | 30,55 | |
| soja nagorela, c. v. aura Soybean, toasted, Aura | 0,81 | -62,50 | 0,09 | 10,11 | 4,16 |
| soja c. v. corsoy, oljuštena, samlevena, sušena na vazduhu Soybean, Corsoy, shelled, ground, dried in the air | 2,36 | 100,00 | 1,37 | 58,05 | |
| soja c. v. corsoy, oljuštena, samlevena, sušena dva sata na 160°C Soybean, Corsoy, shelled, ground, dried at 160°C for two hours | 1,85 | -21,61 | 0,98 | 52,96 | 41,52 |
| soja c. v. corsoy, oljuštena, samlevena, bez lipida, hidrolitički obrađena 30' na 100 – 120°C Soybean, Corsoy, shelled, ground, without lipids, hydrolytically treated at 100 – 120°C for 30 min. | 2,96 | 100,00 | 1,60 | 54,39 | |

Uticaj toplote na količinu ukupnih, pravih i dostupnih proteina za iskorišćavanje prikazan je u tabeli 3. Vidi se da je u svim ispitivanim sojama pod dejstvom toplote, a u odnosu na kontrolne uzorke, smanjena količina ukupnih proteina, i to za manje od 0,50%. Takođe je uočljivo da je u nagoreloj soji c. v. wells smanjena količina pravih proteina za 9,82%, a u nagoreloj soji c. v. aura ovo smanjenje iznosi 3,51% u odnosu na količinu pravih proteina u odgovarajućim prirodnim kultivarima soje. Iz table 3 takođe se

vidi da je i u soji c. v. corsoy pod dejstvom toplote sušenja na 160°C u toku dva sata količina pravih proteina smanjena za 1,94%, a u odnosu na istu soju sušenu na vazduhu. Najmanju količinu proteina dostupnih za iskorišćavanje ima (67,94%) soja c. v. wells, a najveću količinu dostupnih proteina ima (94,48%) soja c. v. corsoy, što je efekat najveće odnosno najmanje temperature kojoj su bile izloženi odgovarajući kultivari soje u toku samozagrevanja odnosno sušenja dva sata na temperaturi 160°C.



Utticaj toplote na količinu pravih i dostupnih proteina, %
Effect of heat on the level of true and available protein, %

Tabela 3 – Table 3

| parametar | ukupni protein | Total protein | pravi protein | True protein | % pravih od ukupnih proteina | % of true protein as compared to total protein | dostupno za iskoriscavanje | Available for utilization |
|---|----------------|---------------|---------------|--------------|------------------------------|--|----------------------------|---------------------------|
| soja prirodna, c. v. wells | 37,80 | 30,63 | 81,03 | | | | 67,94 | |
| soja nagorela, c. v. wells | 37,58 | 20,81 | 55,38 | | | | 67,94 | |
| soja prirodna, c. v. aura | 35,62 | 24,33 | 68,30 | | | | | |
| soybean, natural, Aura | 35,62 | 24,33 | 68,30 | | | | | |
| soja nagorela, c. v. aura | 35,31 | 20,82 | 58,96 | | | | 85,84 | |
| soybean, toasted, Aura | 35,31 | 20,82 | 58,96 | | | | 85,84 | |
| soja c. v. corsoy, oljuštena, samlevena, susena na vazduhu | 42,19 | 34,51 | 81,80 | | | | | |
| soybean, Corsoy, shelled, ground, dried in the air | 42,19 | 34,51 | 81,80 | | | | | |
| soja c. v. corsoy, oljuštena, samlevena, susena dva sata na 160°C | 41,71 | 32,57 | 78,09 | | | | 94,48 | |
| soybean, Corsoy, shelled, ground, dried at 160°C for two hours | 41,71 | 32,57 | 78,09 | | | | 94,48 | |

Zaključak

Ispitivanjem uticaja toplote na aminokiselinsku vrednost priradnoj soji c. v. wells i c. v. aura i istim kultivarnama soje nagorele u uslovima skladištenja, ali na različitim temperaturama samozagrevanja, zatim u soji c. v. corsoy koja je sušena na vazduhu i na 160°C u toku dva sata utvrđeno je:

- Ispitivani kultivari soje sadrže sve proteingene aminokiseline i među esencijalnim aminokiselinama najviše je leucina, a najmanje triptofana, cistina i metionina;
- Sušenjem soje dva sata na 160°C najviše je blokiran cistina (21,95%), lizina (21,61%) i triptofana (20,59%);
- Uticaj toplote samozagrevanja soje naročito je izražen u soji c. v. wells, jer je temperatura samozagrevanja ove soje bila veća, tako da je i veći efekat blokiranja aminokiselina i kreće se od 23,89 do 58,00%. Najviše je blokiran lizina, a najmanje triptofana, cistina i metionina;

U soji c. v. aura takode je najmanje blokiran valin (2,22%), a najviše lizin, i to 62,50%. Dostupnost lizina za iskoriscavanje u prirodnoj soji c. v. wells je 36,00%, a u nagoreloj soji 7,36% od količine lizina u nagoreloj soji, odnosno 2,80% u odnosu na količinu lizina (2,50%) u prirodnoj soji c. v. wells; Količina lizina u soji c. v. corsoy sušenoj na vazduhu je 2,36%, a dostupnost lizina je 58,05%. U istoj soji sušenoj dva sata na 160°C količina lizina je 1,85%, a dostupnost lizina 52,96%, odnosno 41,52% u odnosu na soju sušenu na vazduhu.

- U svim ispitivanim kultivarnama soje pod dejstvom toplote smanjena je količina ukupnih proteina i smanjenje je niže od 0,50%. U nagoreloj soji c. v. wells količina pravih proteina je smanjena za 25,65%, a u soji c. v. aura za 9,34% u odnosu na količinu pravih proteina u odgovarajućim kultivarnama prirodne soje.

Literatura

1. **Carpenter, K. J.** (1970): The estimation of the available lysine in animal protein foods. *Biochemical J.* 77, 604-611.
2. **Carpenter, K. J., Morgan, C. B., Lea, C. H. Parr, L. J.** (1962): Chemical and nutritional changes in stored herring meal. *Brit. J. Nutr.* 16, 451.
3. **Finot, A. P., Hurrell, R. F.**: In vitro methods to predict lysine availability. In: *Digestibility and Amino Acid Availability in Cereals and Oilseeds.* p. 247-258. Edited by John W. Finley. Florida, 1985.
4. **Hugly, E. T., Moore, S.** (1972): Determination of the tryptophan content of proteins for exchange chromatography of alkaline hydrolysates. *J. Biol. Chem.* 9, 2828.
5. **Hurrell, R. F., Finot, A. P.**: Effects of food processing on protein digestibility and amino acid availability. In: *Digestibility and Amino Acid Availability in Cereals and Oilseeds.* p. 233-258. Edited by John W. Finley. Florida, 1985.
6. **Kolarski, Desanka, Pavličević, A.**: Praktikum iz ishrane domaćih životinja. Poljoprivredni fakultet, Beograd – Zemun, 1965.
7. **Moore, S., Spackman, D. H., Stein, W. H.** (1958): Chromatography of amino acids on sulfonated polystyrene resins. *Analyt. Chem.* 30, 7, 1185-1190.
8. **Anderson, Pamela, A.**: Interactions between proteins and constituents that affect protein quality. In: *Digestibility and Amino Acid Availability in Cereals and Oilseeds.* p. 31-45. Edited by John W. Finley. Florida, 1985.
9. **Taranov, T. M., Sabirov, A. H.**: Biohimija kormov, Moskva, 1987.

PROTEIN AND AMINO ACID EVALUATION OF HEAT TREATED SOYBEAN VARIETIES

SUMMARY

The effect of heat on amino acid protein value in soybean varieties, on digestibility of lysine and on the level of true protein in natural and toasted varieties of Wells, Aura and Corsoy were investigated. The shelled soybean varieties were dried in the open air and at 160°C for two hours. It was found that the self-heating effect of soybean is particularly pronounced in the amino acid composition of Wells variety, since its self-heating temperature is higher than the one of the Aura variety. The blocking effect of amino acids ranges from 23.89% to 58.00% for the protein of the Wells variety. Lysine turned out to be the most blocked amino acid, especially in the protein of the Wells variety, where its level amounted to 58.00%. The percentual share of histidine is the highest in the protein of Aura (65.88%). Digestibility of lysine reaches 36.00% in the natural Wells, 7.36% in the toasted Wells, 58.05% in Corsoy dried in the open air, and 41.52% in the soybean exposed to the temperature of 160°C for two hours.