

## MODEL PROCJENA BJELANČEVINASTE VRIJEDNOSTI KRMIVA ZA PREŽIVAČE: METABOLIČKE BJELANČEVINE

## A MODEL FOR ESTIMATING PROTEIN VALUE OF RUMINANT FEEDINGSTUFFS: METABOLIZABLE PROTEIN

D. Grbeša

Pregledno znanstveni članak  
UDK: 636.2:636.085.13.33  
Primljeno: 26. kolovoz 1993.

### SAŽETAK

Na temelju pregleda sadašnjih sustava procjene bjelančevinaste vrijednosti krmiva za preživače predlaže se zamjena dosadašnjeg sustava probavljivih sirovih bjelančevina s metaboličkim bjelančevinama u Hrvatskoj. Način procjene prati metabolički put bjelančevina u preživača koji je u obliku modela opisan u AFRC (1992). Metaboličke bjelančevine (MB) su jedinica bjelančevinaste vrijednosti krmiva koja se sastoji od u tankom crijevu probavljivih nerazgrađenih bjelančevine krme (PNRP) i mikrobnih sirovih bjelančevina (MSB). Sinteza MSB procjenjuje se na dva načina: (1) na temelju efektivno razgradljive bjelančevine (ERB) i (2) količine fermentirajuće metaboličke energije (FME). Kada je količina sintetizirane MSB iz ERB - MSP iz FME tada je  $ERB = MSB$  i obrnuto, za krmiva koja su sastojak obroka. Ukoliko se preživači hrane samo jednim krmivom (paša) bez dodataka tada je niža vrijednost MSB. Kao konstanta uzima se brzina oticanja digesta ( $r = 0.05/h$ ) zato jer se preživači u Hrvatskoj hrane voluminoznim ili polukoncentratnim obrokom, a visina hranidbe nije veća od 2 x uzdržne potrebe. Količina FME (MJ/kg ST) =  $ME - (0.035 \times ME_{MS} + 0.015 \times NRP - ME_{ferm})$ , a sinteza MSB (g/kg ST) =  $10 \times FME$  (MJ/kg ST). Data je tablica potrebnih koeficijenata (%) za izračunavanje MB: topivosti bjelančevina, razgradljivosti netopive bjelančevine i bjelančevina netopiva u kiselom detergentu (neprobavljiva nerazgradljiva bjelančevina za uobičajena krmiva u Hrvatskoj).

### 1.0 Uvod

U zadnjih petnaest godina objavljen je veliki broj novih sustava procjene bjelančevinaste vrijednosti krme i potreba preživača, a britanski i američki su izašli već u trećem revidiranom izdanju. Ovi sustavi su zamijenili dotadašnju procjenu krme u probavljivim sirovim bjelančevinama (PSB) zato što on zanemaruje centralnu ulogu mikrobiološke fermentacije u dvostupnom probavnom sustavu preživača. Pet je glavnih značajki metabolizma bjelančevina što sustav PSB čine neadekvatnim (Orskov i Miller, 1988).

1. Mikroorganizmi buraga opsežno razgrađuju bjelančevine krme i/ili obroka dijelom do amonijaka, a nerazgrađeni dio se dijelom probavi i resorbira u crijevima,

stoga PSB čini veliku grešku u procjeni resorpcije aminokiselina iz krmiva.

2. Sinteza mikrobioloških bjelančevina u buragu je u jačoj korelaciji s količinom fermentiranih ugljikohidrata ( $r = 0.62$ ) nego količinom konzumiranih bjelančevina (vidi 5.).

3. Metabolički fekalni dušik sastoji se manjim dijelom od endogenog N i većim dijelom od neprobavljene stanične stijenke mikroorganizama buraga i intaktnih mikroorganizama debelog crijeva.

mr. Darko Grbeša, sveučilišni asistent, Zavod za hranidbu domaćih životinja, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, 41000 Zagreb, Hrvatska - Croatia



4. Mikroorganizmi buraga mogu iskoristiti N (sintetizirati aminokiseline) iz NBN spojeva i reciklirajućeg N, ali s jako varijabilnom učinkovitošću.

5. Nemoguće je odrediti uzdržne potrebe u N zbog reciklaže ureje (11-70% od konzumirane količine N; (NRC, 1989) iz koje mikroorganizmi sintetiziraju vlastite aminokiseline a neiskorišteni N se izlučuje u fecesu a ne mokraći.

Temeljno motrište svih novih sustava procjene bjelančevinaste vrijednosti krme je da preživači podmiruju aminokiselinske potrebe iz bjelančevina hrane koje su izbjegle razgradnju u buragu i mikrobnih bjelančevina dospjelog i resorbiranih u tankom crijevu. Van der Honing i Alderman (1988) iznose da se, u prosjeku, 67% pojedene organske tvari razgradi u buragu, a da je 50-70% bjelančevina dospjelih u duodenum mikrobiološkog porijekla.

Zbog navedenih razloga potrebno je i u Hrvatskoj procjenjivati bjelančevinastu vrijednost krmiva za preživače na temelju novih konceptijskih stajališta koja su ugrađena u brojne sustave razvijene u Europi i SAD.

## 2.0 Svojstva sustava procjene bjelančevinaste vrijednosti krme za preživače

S obzirom na ponašanje bjelančevina krme/obroka u buragu svi sustavi su prihvatili da se on sastoji od četiri frakcije: (a) topive ili brzo razgradljive — BRB, (b) netopive, ali razgradljive — SRB, (c) nerazgradljive — NRB što se postruminalno probavi u tankom crijevu — PNRB i (d) nerazgradljive i neprobavljive (NPNRB (shema 1).

Bitni elementi svih novih sustava opisuju metabolički put bjelančevina (tablica 2.) i sadrže modificirane termine koje su uveli Waldo i Glenn (1982).

2.1. Razgradljive sirove bjelančevine (RSB) je dio sirovih bjelančevina krme/obroka (g/kg) kojeg mikroorganizmi fermentiraju do amonijaka i peptida. Anaerobna razgradnja odvija se u dva stupnja: (1) proteaze i peptidaze mikroorganizama hidroliziraju bjelančevine krme do peptida i aminokiselina (s time da su peptidi glavni proizvod proteolize) i (2) dekarboksilacija i/ili deaminacija aminokiselina do hlapivih i razgranatih masnih kiselina, CO<sub>2</sub> i NH<sub>3</sub> (Van Straalen i Tamminga, 1990). Razgradljivost je široko promjenjiva (27-95%) u najčešće korištenim krmivima (Verite i Payraud, 1989). Ona varira i unutar istog krmiva, npr. razgradljivost sirovih bjelančevina silaže crvene djeteline je 66 - 79% (Madsen i Hvelplund, 1985). Najveći dio razgrađenih bjelančevina se pretvori u mikrobiološki sirove bjelančevine (tablica

2). Mikroorganizmi koji fermentiranjem celuloze i hemi-celuloze dobivaju energiju rastu sporo i kao izvor N upotrebljavaju amonijak. Oni koji crpe energiju fermentacijom škroba, pektina i šećera rastu brzo i za sintezu vlastitih bjelančevina upotrebljavaju amonijak (34%) i aminokiseline/peptida - 66% (Russell i sur., 1992).

Način određivanja razgradljivosti bjelančevina detaljno je opisan u radu Grbeša i sur. (1992). Isto tako u izračunavanju razgradljivosti i količine (ne)razgrađenih bjelančevina upotrebljavaju se jednadžbe Orskov i Mehrez (1977) i Orskov i McDonald (1979).

## 2.2. Mikrobiološke sirove bjelančevine (MSB)

su glavni izvor aminokiselina za preživače. Olderman (1991 cit., AFRC, 1992) iznosi da bakterije buraga ovaca sadrže 670 +/- 67, a goveda 720 +/- 72 g SB/kg ST. Fox i sur. (1992.) u novom američkom sustavu (CNCPS) predlažu da se 625 g SB/kg uzima kao prosječni sadržaj SB u bakterijama. Zbog varijabilnosti sadržaja SB u mikroorganizmima buraga, u procjeni bjelančevinaste vrijednosti krmiva, kao konstanta uzima se sadržaj aminokiselina u MSB (vidi kasnije).

Moguća sinteza mase mikrobioloških bjelančevina je određena (1) opskrbom mikroorganizama buraga različitim supstancama (energijom, N, mineralima...) i (2) fizičko-kemijskim uvjetima u buragu (pH, osmotski tlak) i (3) pasažom čestica hrane. Svi ovi faktori reguliraju mikrobiološku aktivnost i efikasnost transformacije bjelančevina hrane (Verite i Peyraud, 1989).

Najvažniji čimbenici su opskrba mikroorganizama energijom i N koje oni fermentacijom oslobode iz organske tvari hrane dospjele u buragu i brzina pasaže čestica krme. Problem u procjeni sinteze MSB je njena istovremena ovisnost o količini i brzini razgradnje bjelančevina i fermentirajućih energetskih tvari hrane. Naime, šećeri se razgrade potpuno brzinom 100 do 400%/h, škrob se vrlo različito razgrađuje (2 - 100%/h), iskoristiva strukturalna vlakna 1 do 10%, a jako lignificirana vlakna ne razgrađuju se (O'Connor i sur., 1990). Isti autori iznose da se topive bjelančevine potpuno razgrade brzinom od 100 do 300%/h, a razgradljivi (1-30%/h), najčešće 2-8%/h. Različiti udio i omjer navedenih ugljikohidratnih i bjelančevinastih frakcija u krmivu/obroku uzrokuje, najčešće, nesinkroniziranu opskrbu mikroorganizama N normama i ugljikohidratima istog obima i brzine razgradnje. Zbog tih razloga procjenjuje se sinteza MSB na dva načina. Na temelju količine (1) otopljenih i razgrađenih bjelančevina i (2) fermentirajuće energije.



### 2.2.1. Izvori energije za mikroorganizme predželudaca.

Prvi bjelančevinasti sustavi (INRA, 1978; ARC, 1980 i 1984) procjenjivali su rast mikroorganizama buraga na temelju organske tvari prividno probavljive u buragu (OTPPB). Međutim, utvrđen je nezadovoljavajući koeficijent determinacije ( $r^2 = 0.65$ ) između OTPPB i prinosa MSB (Corbett, 1984; cit. AFRC, 1992). NRC (1985) predlaže linearnu funkciju u izračunavanju prinosa bakterijskih sirovih bjelančevina BSB (BSB = MSB) iz netto energije za laktaciju (NEI):

$$\text{BSB (g/d)} = 6.25(11.45 \pm 0.57\text{NEI} - 30.93 \pm 10.69) \quad (1)$$

Kada se ovo pretvori u MJ ME, ME = 1/0.62 NEI dobiva se da je prinos MSB = 10.6 ME - 193. Kada se uzme u obzir i utjecaj razine hranidbe od 1 do 4 dobije se da je prinos MSB 7.4 (1); 9.0 (2); 9.5 (3) i 9.8 g/MJ ME pri razini hranidbe četiri puta većoj od uzdržne. Njemački sustav (Rohr i sur., 1986) predviđa sintezu MSB u procjeni duodenalnih sirovih bjelančevina (DSB) na temelju konzumacije ME (MEI):

$$\text{DSB (g/d)} = 11.92 \times \text{MEI} + \text{NRB} - 15 \times \text{KST} \quad (2)$$

gdje je 15 x KST iznošenje endogenih bjelančevina probavila iz organizama (15 g/kg pojedene suhe tvari - KST)

konzumirana ST kg/d.

$$\text{MSB (g/d)} = 11.9\text{MEI} - 15\text{KST} \quad (3)$$

Ako se pretpostavi da prosječna krava jede 18 kg ST/d tada je MSB (g/d) = 11.9MEI - 270. Kada se uzme konzumacija ME pri razinama hranidbe 1 - 4 dobiju se vrijednosti u rasponu 10.4 - 10.6 g MSB/MJ ME. Mikroorganizmi buraga ne mogu crpiti energiju iz masti krme, nerazgrađenih bjelančevina i produkata fermentacije silaže/sjenaže i svježih nusproizvoda destilacije (razne vrste tropina). Stoga INRA (1988) predlaže slijedeći način izračunavanja fermentirajuće organske tvari (FOT) iz koje mikroorganizmi buraga crpe energiju:

$$\text{FOT} + \text{POT} - \text{SM} - \text{NRB} - \text{produkti fermentacije} \quad (4)$$

gdje je POT = probavljiva organska tvar, SM = sirova mast; NRB = nerazgradljive bjelančevine

Prinos MSB je 145 g/kg FOM (tablica 2), što odgovara 126 g (MSB/kg POT, uz pretpostavku da je FOT/POT = 0.87. Prema AFRC (1992) to je ekvivalentno prinosu od 8.7 g MSB/MJ FME (FME = fermentirajuća ME).

Dakle, u biti, sinteza MSB ovisi o fermentaciji ugljikohidrata (SV + NET). Budući da su oni najzastupljeniji u obroku i najvećim dijelom se probavljaju u buragu,

nordijski sustav (Madsen i Hvelplund, 1985) predviđa sintezu MSB iz probavljivih ugljikohidrata, a isključuje bjelančevine i masti (tablica 2). Preračunato u ME dobije se prinos od 10.3 g MSB/MJ ME.

Na osnovi iznesene analize proizlazi da se sinteza MSB kreće u rasponu od 7.4 (NRC, 1985) pri uzdržnoj razini do 10.6 g/MJ ME pri četiri puta većoj razini hranidbe od uzdržne (Rohr i sur., 1986). Vidljivo je da sinteza MSB ovisi o količini fermentirajuće ME (FME) i razine hranidbe. Znatno je veći utjecaj razine hranidbe na prinos MSB nego na sadržaj NE krmiva te je opravdano u procjeni prinosa MSB koristiti modificiranu ME.

$$\text{MSB} = y \times \text{FME} \quad (5)$$

gdje je y sinteza MSB/MJ FME, a njegova veličina ovisi o razini hranidbe

Budući da je ME korak u izračunavanju NE za preživače smatra se da je formula koju predlaže AFRC (1992) točnija jer uključuje korekciju za sastojke krmiva iz kojih mikroorganizmi buraga ne mogu crpiti energiju. Međutim, u ovu jednadžbu treba uvrstiti i sadržaj ME u nerazgrađenim bjelančevinama kao što predlažu INRA normativi (1988). Dosljedno tome jednadžba za izračunavanje sadržaja FME glasi:

$$\text{FME (MJ/kg ST)} = \text{ME} - (0.035 \times \text{ME}_{\text{SM}} + 0.015 \times \text{ME}_{\text{NRB}} - \text{ME}_{\text{ferm}}) \quad (6)$$

gdje je ME sadržaj metaboličke energije u krmivu (MJ/kg ST); 0.035 x ME<sub>SM</sub> sadržaj ME 35 kJ/g surove masti; 0.152 x NRB sadržaj ME 15 kJ/g nerazgrađenih sirovih bjelančevina; ME<sub>ferm</sub> korekcija za poznati sadržaj (g/kg ST) mliječne, hlapivih masnih kiselina i alkohola u fermentirajućim krmivima, a ako nije poznat (silaža, sjenaža = 0.1 x ME (MJ/kg ST) i svježi nusproizvodi fermentacije = 0.05 x ME (MJ/kg ST).

Zbog nepotpune razgradnje škroba kukuruza njegova FME je 0.8 od ukupne ME, a prosa i sirka 0.7 x ME (Andrieu i sur., 1989).

### 2.2.2. Razina hranidbe

Mikroorganizmi mogu iskoristiti energiju iz hranjivih tvari hrane koja im stoji određeno vrijeme na raspolaganju. Pasaža ili brzina oticanja digesta iz buraga je regulirana razinom hranidbe, preradom krmiva (redukcija veličine čestica) i tipom krmiva (voluminozna:krepka). Najveći utjecaj na pasažu ima razina hranidbe. S porastom razine hranidbe raste istovremeno opskrba mikroorganizama »svježom« hranom koja potiskuje »stari« digest i mikroorganizme, te raste sinteza mase mikroorganizama i njihov dotok u duodenum. Brzina oticanja digesta (r) koncentratne krme je 5.8%, a voluminozne 4.5%/h (Verite i Peyraud, 1989). U Hrvatskoj se preživači



hrane voluminoznom krmom (ovce, koze, krave i junice na seoskim gospodarstvima) ili na državnim farmama i gospodarstvima sa, u prosjeku 60% voluminozne i 40% koncentratne krme. Prema tome

$$r = 0.6 \times 4.5 \times 0.4 \times 5.8 = 5\%/h \text{ ili } 0.05.$$

S obzirom na tip hranidbe preživača u Hrvatskoj opravdano je pretpostaviti da je brzina oticanja digesta 0.05 ili 5%/h.

Odnos između razine hranidbe i brzine oticanja digesta prikazan je jednadžbom (MAFF, 1990)

$$r = -0.024 + 0.179 (l - e^{(-0.0278RH)}) \quad (7)$$

gdje je *l* brzina oticanja čestica/sat; *e* prirodni logaritam; *RH* razina hranidbe (1, 2, 3 i 4)

Izračunato prema gornjoj jednadžbi *k* = 0.02, 0.05, 0.1 za razine hranidbe 1, 2, 3, 4 i 5.

Prema AFRC (1992) odnos između razine hranidbe i sinteze (MSB/MJ ME = *y*)

$$y = 7 + 6 (1 - e^{(-0.35RH)}) \quad (8)$$

**Tablica 1. Odnos između razine hranidbe, brzine oticanja digesta i sinteze MSB/MJ FME\***

**Table 1. Relationship between level of feeding, outflow rate and syntheses of MCP/MJ FME**

Razina hranidbe (RH)	Brzina oticanja digesta (l/h)	Sinteza MSB g/MJ FME
Levels of feeding	Outflow rate (l/h)	Synthesis of MCP g/MJ FME
Razina hranidbe (R = 1)	0.02	9
Mliječne krave (<15 kg mlijeka/dan), koze i ovce (<3.0 kg mlijeka/dan), telad, sve kategorije u rastu i tovu (RH = 2)	0.05	10
Visoko produktivne krave (>15 kg mlijeka/dan), koze, ovce (>3.0 kg mlijeka/dan)		
visokobređe životinje (RH>2)	0.08	11
Modificirano prema ARC (1984) i AFRC (1992)		

Budući da tip hranidbe i proizvodnja mlijeka po mliječnoj životinji i prirast preživača u rastu i tovu u Hrvatskoj odgovaraju razini hranidbe od oko 2 (*r* = 0.05) tada se sintetizira

$$y = 10 \text{ g MSB/MJ FME}$$

$$\text{MSB (g/kg ST)} = y \times \text{FME} \quad (5)$$

$$\text{MSB (g/kg ST)} = 10 \times (\text{ME} - 0.035 \text{ ME}_{\text{SM}} - 0.015 \text{ ME}_{\text{NSB}} - \text{FME}) \quad (9)$$

2.3. Učinkovitost konverzije RSB u MSB većina sustava definira učinkovitost mikroorganizama u ugradnji razgrađenih bjelančevina hrane kao omjer MSB/RSB. Svi

sustavi prihvaćaju da je iskorištenost sporo razgradljivih bjelančevina 1 ili 100%, a ureje i brzo razgradljivih bjelančevina 0.8 ili 80% (tablica 2).

2.4. Nerazgradljive sirove bjelančevine (NRSB) je količina (g/kg) nerazgradljivih bjelančevina koje su izbjegle mikrobiološku fermentaciju u buragu, a potencijalno su probavljive u crijevima.

2.5. Aminokiselinske ili prave mikrobiološke bjelančevine (AKMB) su udjel aminokiselina u ukupnim sirovim mikroorganizmima ALMB/MSB.

Mikrobiološke SB sadrže značajnu količinu N u obliku nukleinskih kiselina (15%) koje životinja ne može koristiti za sintezu bjelančevina tkiva, vune i mlijeka. Proporcija AKMB/MSB u predloženim sustavima varira od 0.7 - 0.8 ili 70 - 80% u prosjeku 0.75.

2.6. Probavljivost pravih mikrobioloških bjelančevina u tankom crijevu (pAKMSB), je omjer između probavljivih aminokiselina mikrobnih bjelančevina (PAKMB) PAKMB/AKMB, što u različitim sustavima varira od 0.7 do 1.0. Smatra se da je vrijednost probavljivosti PAKMB u crijevima od 0.85 realna vrijednost.

2.7. Probavljive nerazgrađene sirove bjelančevine krme/obroka (PNRSB) je dio nerazgradljivih bjelančevina krme koje se postruminalno probavljaju, PNRSB/NRSB. Obujam probave u abomazusu i crijevima ovisi o vrsti krmiva i načinu njegove prerade i/ili konzerviranja. Probavljivost NRB se određuje za svako krmivo (INRA; 1988) ili se procjenjuje tako da se bjelančevine netopive u kiselom detergentu uzimaju kao postruminalno neprobavljive (AFRC, 1992 i CNCPS, 1992). Postruminalno neprobavljivi dio nerazgrađenih bjelančevina (npNRSB) sastoji se od N povezanog sa ligninom, tanin — bjelančevina kompleks, Maillard produkata te keratina u animalnim krmivima. Svi ovi oblici N su rezistentni na djelovanje mikrobijskih i animalnih enzima, a kemijski se određuju kao u kiselom detergentu netopive bjelančevine — KDNB (van Soest, 1982). Van Straalen i Tamminga (1990) predlažu treći način određivanja neprobavljivih NRB. Nerazgrađene bjelančevine krmiva zaostale u vrećicama nakon 10 dana inkubacije u buragu smatraju se postruminalno neprobavljivima. Prema INRA (1988) probavljivosti NRB varira od 55 do 95%.

AFRC (1992) i CNCPS (1992) predlažu jednadžbu za procjenu probavljivih NRSB:

$$\text{PNRB} = 0.9 \text{ ili } 0.8 \times (\text{NRB} - \text{KDNB}) \quad (10)$$

0.9 ili 0.8 je konstanta probavljivosti NRB od kojeg je oduzeta količina KDNB.

Waters i sur. (1992) iznose da je KDNB neprobavljiv ili nisko probavljiv (2%) u konvencionalnim krmivima, osim u destilacijskim nusproizvodima (62%). Budući da



je izrazito nizak sadržaj KNDB u SB (tablica 4) i ima beznačajnu probavljivost može se smatrati da on predstavlja sadržaj postruminalno neprobavljenog dijela NRB.

2.8. Učinkovitost iskorištenja resorbiranih aminokiselina (kn) za održanje i različite tipove proizvodnje — mlijeko, rast, vunu i dlaku prikazana je na tablici 2.

Od navedenih sustava jedino francuski i britanski sadrže tablice bjelančevinastih vrijednosti krmiva (Jarrige, 1989; AFRC, 1992 i MAFF, 1990), i potrebe svih vrsta i kategorija odraslih preživača.

Ograničenje oba sustava čine dva načina procjene sinteze MSB. Prva je sinteza MSB na temelju razgrađenih bjelančevina, a druga iskoristive energije u buragu. PDI sustav (INRA, 1988) procjenjuje sintezu mikrobnih pravih bjelančevina koje su stvarno probavljive u tankom crijevu iz svakog krmiva s dvije vrijednosti. PDIMN što odgovara masi mikrobnih bjelančevina koje se mogu sintetizirati u buragu iz razgrađenih obročnih bjelančevi-

na kada dostupnost energije i drugih hranjivih tvari nije ograničena.

PDIME što odgovara masi mikrobnih bjelančevina koje se mogu sintetizirati u buragu iz dostupne energije kada energija i druge hranjive tvari nisu ograničene (Verite i Peyraud, 1989). Isto tako i britanski sustav metaboličkih bjelančevina (MB) prikazuje sintezu MSB na (1) temelju razgrađenih bjelančevina i (2) fermentirajuće ME (AFRC, 1992).

Posebna obilježja PDI sustava su dvije bjelančevinaste vrijednosti svakog krmiva.

$$\text{PDIN} = \text{PDIA} + \text{PDIMN} \text{ i } \text{PDIE} = \text{PDIA} + \text{PDIME} \quad (11)$$

Niža od ove vrijednosti odgovara realnoj bjelančevinastoj vrijednosti krmiva kada se životinje hrane samo njime, a viša vrijednost kada se daje kao sastojak uravnoteženog obroka.

Tablica 2. Čimbenici iskorištenja bjelančevina krme u različitim sustavima

Table 2. Factors in the utilization of protein by ruminants in different protein systems.

Čimbenik	Država*						
	VB	F	Nj	NKJ	SAD	NL	
Mikrobiološke sirove bjelančevine							
razgradljive sirove bjelančevine	1/0.8	0.9	0.95	v	0.9	v	
Mikrobiološke sirove bjelančevine g/ kg fermentirajuće organske tvari	-	145	-	-	-	-	
Mikrobiološke sirove bjelančevine (g) MJ ME ili fermentirajuće ME*		8.75*	-	10.6	-	0.15	
Mikrobiološke sirove bjelančevine (g) kg probaljenih ugljikohidrata - - -				179	v		
Mikrobiološke aminokiselinske bjelančevine							
Mikrobiološke sirove bjelančevine	0.75	0.8	0.73	0.7	0.6	0.75	
Probavljivost mikrobioloških aminokiselinskih bjelančevina u tankom crijevu	0.85	0.9	0.9	0.85	1.0	0.85	
Probavljivost nerazgrađenih SB	0.9 <sup>a</sup>	-.55/0.95	0.66		0.82b/0.8	v	
Iskoristivost resorbiranih aminokiselina							
Održavanje	-	0.79		0.80	-	0.67	0.67
Laktacija	0.8	0.64	0.80	0.75	0.65	0.64	
Rast		0.8	0.28/0.68	0.80	-	0.50	-
Vuna/dlaka		0.80	-	-	-	-	0.15

VB = Velika Britanija (AFRC, 1992); F = Francuska (Jarrige, 1989); Nj = Njemačka (Ausschuss für Bedarfsnormen, 1986); NKJ (Madsen i Hvelinplund, 1985); NL = Nizozemska (CVB, 1991); SAD = Sjedinjene Američke države (Fox i sur., 1992).

### 3.0. Naziv jedinice

Svi navedeni sustavi prikazuju prosudbu bjelančevinaste vrijednosti krmiva i potreba svih vrsta i kategorija preživača u bjelančevinama probavljivim i resorbiranim u tankom crijevu, dakle bjelančevinama koje će životinja metabolizirati. Britanski i američki sustav uveli su kao jedinicu metaboličke bjelančevine (MB), a PDI, API, CVB i AAT sustavi prikazuju resorbirane aminokiseline što po definiciji odgovara MB (tablica 3). Stoga će se u daljnjem tekstu kao jedinica mjere koristiti pojam »metaboličke bjelančevine« (MB).

### 4.0. Prijedlog sustava procjene bjelančevinaste vrijednosti krmiva za preživače.

Na temelju iznijetog pregleda literature predlažu se metaboličke bjelančevine kao jedinica procjene bjelančevinaste vrijednosti krmiva za preživače. Metaboličke bjelančevine prosuđuju količinu (g/kg ST) resorbiranih aminokiselina iz sintetiziranog MSB i probavljenih nerazgrađenih sirovih bjelančevina svakog krmiva. Način procjene metaboličkih bjelančevina prati metabo-

lizam bjelančevina u preživača (shema 1), tako da se procjenjuje na dva načina masa sintetiziranih mikrobnih bjelančevina.  $MSB_N$  je sinteza na temelju efektivno razgrađenih bjelančevina krmiva a  $MSB_E$  je sinteza na temelju fermentirajuće metaboličke energije krmiva. MSB je veća vrijednost  $MSB_N$  ili  $MSB_E$ .

4.1. Sinteza mikrobnih sirovih bjelančevina ( $MSB_N$ ) iz efektivno razgrađenih bjelančevina

4.1.1. Razgradnja bjelančevina krme (rg)

Razgradljivost bjelančevina krmiva je proces koji se opisuje matematičkim modelom enzimatske kinetike prvog reda (Orskov i Mehrez, 1977; jednadžba br. 3), DA bi se mogao izračunati potrebno je znati (1) sadržaj sirovih bjelančevina u krmivu, (2) topivost bjelančevina, (3) potencijalno razgradljivi dio bjelančevina i (4) brzinu njihove razgradnje.

4.1.1.2. Topivost bjelančevina (a)

Topivost bjelančevina izražava se kao dio bjelančevina krmiva koje se otope u destiliranoj vodi nakon 1 sat inkubacije.

$a$  = otopljene bjelančevine / sirove bjelančevine (12)

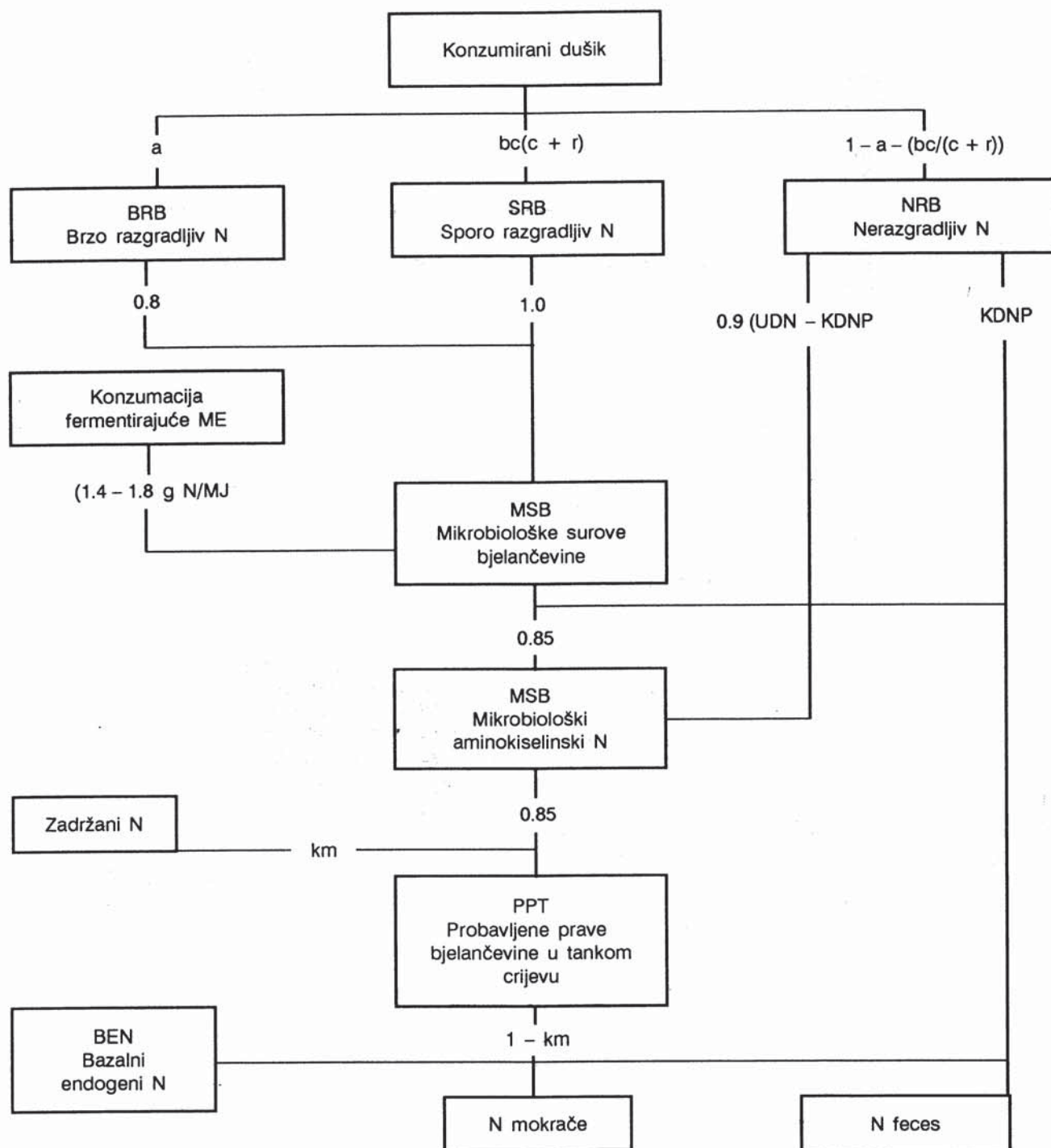
4.1.1.3. Brzo razgradljive ili topive bjelančevine (BRB)

Tablica 3. Naziv bjelančevinastih jedinica i sustava u različitim državama.

Table 3. Name of protein value units and ruminant protein systems in different states.

Država State	Naziv sustava i jedinice Name of protein value and system	Izvori Sources
Francuska	Protein Digested in the small Intestine (PDI) Bjelančevine probavljene u tankom crijevu	(INRA, 1988)
Švicarska	Absorbable Protein in the Intestine (API) Bjelančevine resorptivne u crijevima	(Landis, 1979)
Nordijske države	Amino acids truly absorbed in the small intestine Aminokiseline stvarno resorbirane u tankom crijevu i Bilans bjelančevina u buragu	(Madsen i Hvelplund, 1985)
SAD	A Net carbohydrate and Protein System for Evaluating Cattle Diet (CPNS); Metabolizable Protein (MP). Metaboličke bjelančevine (MB)	(Fox i sur., 1992)
Njemačka	Crude Protein Flow at the Duodenum Sirove bjelančevine dospjele u duodenum	(Ausschuss für Bedarfsnormen, 1986)
Australija	Apparent Digested Protein leaving the Stomach (ADPLS). Prividno probavljene bjelančevine koje su napustile želudac	(AUS, 1990)
Nizozemska	Digestible protein in Intestine. DVE system Bjelančevine probavljive u crijevima.	(CVB, 1991)
Velika Britanija	Metabolizable Protein (MP) Metaboličke bjelančevine (MB)	(AFRC, 1992)





Shema 1. Opis načina procjena bjelančevinaste vrijednosti krmiva/obroka za preživače (AFRC, 1992).

Schema 1. Description of manner of protein of feedingstuffs/diet estimation for ruminants (AFRC, 1992).

BRB = brzo razgradljive surove bjelančevine su onaj dio bjelančevina krmive koje se potpuno i brzo razgrade u buragu.

$$\text{BRB (g/kg)} = a \times \text{SB (g/ST kg)} \quad (13)$$

#### 4.1.1.4. Razgradljivost bjelančevina (rb)

Razgradljivost bjelančevina određuje se in sacco metodom inkubacijom plastičnih vrećica s krmivom u buragu preživača.

Ovom se metodom određuju parametri — koeficijenti (b i c) koji kazuju kolika je učinkovitost pretvorbe pojedinih frakcija bjelančevina krmive. Karakteristični su za svako pojedino krmivo. Da bi se odredili parametri (b) učinkovitost i (c) brzina njegove razgradnje potrebno je prvo odrediti njegov dio koji nestane iz vrećica nakon inkubacije. Izračuna se prema slijedećoj eksponencijalnoj jednadžbi:

$$rb = a + b (1 - e(\exp - ct)) \quad (14)$$

gdje je a koeficijent topivosti bjelančevina

rb je koeficijent koji pokazuje koliki je dio bjelančevina krmiva nestao — razgradio se iz vrećice nakon inkubacije t od 2, 6, 8, 24 i 48 sati za koncentratna krmiva i 8, 12, 24, 48 i 72 sata za voluminozna.

$$rb = \frac{\text{Ostatak SB u vrećici nakon pojedine inkubacije}}{\text{Sadržaj SB u krmivu prije inkubacije}} \quad (15)$$

b je potencijalna razgradljivost netopivih SB krmiva i izračuna se iz gornje jednadžbe, isto tako se izračuna i c koji je brzina razgradnje frakcije b u satu.

#### 4.1.1.5. Efektivna razgradljivost bjelančevina (erb)

Efektivna razgradljivost bjelančevina je proces koji kazuje koliko se učinkovito netopive bjelančevine hrane razgrade u buragu (5 od konzumiranog, ili koeficijent), procjenjuje se prema eksponencijalnoj jednadžbi čiji su parametri objašnjeni, osim r.

$$\text{erb} = bc/(c + r) \quad (16)$$

r je brzina pasaže ili oticanja digesta, odnosno krmive iz predželuca za krmiva u Hrvatskoj (r = 0.05). Kada je razina hranidbe različita od 2 r se izračuna (jednadžba 8 ili tablica 1)

Dakle, sporo razgradljive bjelančevine su umnožak količine SB (g/kg) u krmivu i učinkovitosti njegove razgradljivosti (p)

razgradnjom direktno i potpuno pretvara u mikrobiološke bjelančevine.

#### 4.1.1.6. Sporo razgradljive bjelančevine (SRB)

SRB su netopive ali razgradljive bjelančevine u buragu, tj. one bjelančevine koje se istodobno s razgrad-

njom direktno i potpuno pretvaraju u mikrobiološke bjelančevine.

$$\text{SRB (g/kg ST)} = \text{SB (g/kg)} \times \text{erp ili SB} \times bc/(c + r) \quad (17)$$

ERB = MSB<sub>N</sub> kada je MSB<sub>N</sub> = MSB<sub>E</sub> tada je ERB, MSB<sub>N</sub> = MSB

#### 4.1.1.7. Efektivno razgradljive bjelančevine (ERB)

ERB je količina efektivno razgrađenih bjelančevina hrane tj. one iz kojih se sintetiziraju mikrobne sirove bjelančevine.

Učinkovitost pretvorbe BRB u MSB je 0.8, a SRB 1.0, dakle

$$\text{ERB (g/kg)} = 0.8\text{BRB} + \text{SRB (g/kg)} \quad \text{ili} \quad (18)$$

$$\text{ERB (g/kg)} = \text{SB (g/kg)} \times (0.8a + bc/(c + r)) \quad (19)$$

Ograničenje je 0.8a + bc/(c + r) - 1 ili 100%

gdje je 0.8 (80%) koeficijent pretvorbe brzo razgradljivog SB krmive u mikrobne sirove bjelančevine,

$$\text{BRB/MSB} = 0.8 \quad (20)$$

SRB se u potpunosti (1 ili 100% pretvori u mikrobne sirove bjelančevine

$$\text{SRB/MSB} = 1 \quad (21)$$

#### 4.2. Nerazgradljive bjelančevine (NRB)

NRB je količina (g/kg) nerazgradljivih bjelančevina koje su izbjegle mikrobiološku fermentaciju u buragu, a potencijalno su probavljive u crijevima. Dobije se računski na dva načina: (1) od 1 se oduzme topivost i efektivna razgradljivost netopivih bjelančevina (jednadžba 22) ili (2) tako da se od sadržaja bjelančevina u krmivu oduzmu razgrađene bjelančevine (23):

$$\text{NRB (g/kg)} = \text{SB (g/kg)} \times (1 - a - bc/(c + r)) \quad \text{ili} \quad (22)$$

$$\text{NRB (g/kg)} = \text{SB} - \text{BRB} - \text{SRB (g/kg)} \quad (23)$$

#### 4.2.1. Probavljive nerazgradljive bjelančevine (PNRB)

PNRB je dio nerazgradljivih bjelančevina krmive koje se postruminalno probave (shema 1).

$$\text{PNRB (g/kg)} = 0.9(\text{NRB} - \text{KDNB}) \text{ (g/kg)} \quad (10)$$

0.9 je koeficijent duodenalne probavljivosti nerazgrađenih bjelančevina, a KDNB je u kiselom detergentu netopiva bjelančevina i predstavlja neprobavljivi dio nerazgrađenih bjelančevina.

4.3. Sinteza mikrobnihih sirovih bjelančevina (MSB<sub>E</sub>) iz fermentirajuće metaboličke energije

$$\text{MSB}_E, y \text{ (g/kg ST)} = 10 \times \text{FME} \quad (9)$$

$$\text{FME (MJ/kg ST)} = \text{ME} - (0.035 \times \text{ME}_{\text{sm}} + 0.015 \times \text{NSB} + \text{ME}_{\text{ferm}}) \quad (6)$$



gdje je ME sadržaj metaboličke energije u krmivu (MJ/kg ST); 0.035ME<sub>sm</sub> sadržaj ME 35 kJ/g sirove masti; 0.152nsp sadržaj ME 15 kJ/g nerazgrađenih sirovih bjelančevina; ME<sub>ferm</sub> korekcija za poznati sadržaj (g/kg ST) mliječne, hlapivih masnih kiselina i alkohola u fermentirajućim krmivima, a ako nije poznat (silaza, sjenaža = 0.1 x ME (MJ/kg ST) i svježi nusproizvodi fermentacije = 0.05 x ME (MJ/kg ST).

Ako je razina hranidbe preživača različita od 2 tada se sinteza MSB/MJ ME procjenjuje pomoću tablice 1 ili jedn. 8.

Kada je MSB<sub>E</sub>, y x FME - MSBN tada je MSB<sub>E</sub>, y x FME = MSB

4.4. Udjel aminokiselinskih bjelančevina (AKMSB) u ukupnim sirovim bjelančevinama mikroorganizama je 75%.

$$AKMB = 0.75 \times MSB \quad (25)$$

4.5. Probavljivost aminokiselina mikrobioloških bjelančevina (pAKMB) u tankom crijevu je 85% (pAKMB)

$$pAKMB = 0.85 \times AKMB \quad (26)$$

4.6. Probavljive aminokiseline mikrobnih bjelančevina (PAKMB) u g/d dobiju se množenjem sa 25 i 26

$$PAKMB = 0.6375 \times MSB \quad (27)$$

4.7. Metaboličke bjelančevine (MB) su zbroj mase probavljivih aminokiselina sintetiziranih mikrobnih sirovih bjelančevina (viša vrijednost MSB<sub>N</sub> ili MSB<sub>E</sub>) i probavljivih nerazgrađenih bjelančevina krme (7).

$$MB \text{ (g/kg)} = 0.6375 \times MSB + PNRB \quad (28)$$

Da bi se mogao izračunati sadržaj MB u uobičajenim krmivima u Hrvatskoj potrebno je znati slijedeće parametre koji su svojstveni za bjelančevine svakog krmiva: (1) topivost bjelančevina (2) razgradljivost netopivih bjelančevina i (3) udjel postruminalno neprobavljivih bjelančevina. Sva su tri parametra prikazana u postotku od bjelančevina krmiva (tablica 4).

**Tablica 4. Topivost, razgradljivost netopivih bjelančevina i bjelančevina netopivih u kiselom detergentu (% od SB)\***

**Table 4. Solubility, degradability of insoluble protein and insoluble protein in acid detergent (% of crude protein)**

Krmiva Feedingstuffs	Topivost <sup>1</sup> Solubility	Erb <sup>2</sup> Edp	KDN <sup>P3</sup> ACIP
<b>Svježa krma Fresh herbage</b>			
Svježa trava vegetativni rast Fresh grass vegetative growth	21.8	53.8	2.0
Svježa trava početak cvatnje Fresh grass early bloom	20.5	50.3	2.0
Svježa trava sredina/kraj cvatnje Fresh grass mid/end bloom	19.1	42.4	6.0

Svježa trava stadij zrelosti Fresh grass mature	15.0	37.0	6.5
Svježe leguminoze vegetativni rast Fresh legumes vegetative growth	46.0	42.0	10.0
Svježe leguminoze početak cvatnje Fresh legumes early bloom	38.0	48.0	14.0
Svježe leguminoze sredina/kraj cvatnje Fresh grass mid/end bloom	30.0	42.4	20.0
Svježe leguminoze stadij zriobe Fresh grass mature stage	25.0	35.0	25.0

#### Silaze Silages

Silaza trava sredina/kraj cvatnje Grass silage mid/end bloom	62.0	16.4	2.2
Silaza lucerne sredina/kraj cvatnje Alfalfa silage mid/end bloom	66.3	12.4	18.0
Djetelinsko travna silaza sredina/kraj cvatnje Grass clover silage mid/end silage	42.4	34.6	10.0
Silaza kukuruza 25% zrna Maize silage 25% grain	55.0	26.0	8.5
Silaza kukuruza 35% zrna Maize silage 35% grain	50.0	22.0	8.0
Silaza kukuruza 45% zrna Maize silage 45% grain	45.00	20.00	7.9
Silaza zrna kukuruza Maize grain silage	40.00	15.00	5.3
Silaza klipa kukuruza Maize earn	30.00	25.00	8.28

#### Sijeno Hay

Sijeno prirodnih livadnih trava Natural grassland hay			
vegetativni rast vegetative growth	25.0	51.0	5.7
sredina cvatnje mid bloom	25.0	41.0	6.1
stadij zriobe mature stage	11.8	46.2	6.5

#### Sijeno lucerne Alfalfa hay

vegetativni rast vegetative growth	30.0	34.0	10.0
sredina cvatnje mid bloom	28.0	32.0	14.0
stadij zriobe mature stage	25.0	29.0	20.0
Degidrirana lucerna Alfalfa meal	28.0	24.0	17.1

#### Slame i kukuruzovina Straws and stover

Pšenična slama Wheat straw	20.0	38.0	65.0
Ječmena slama Barley straw	20.0	44.0	65.0
Zobena slama Oat straw	20.0	42.0	65.0
Kukuruzovina Maize stover	20.0	42.0	13.57

#### Korjenjače i gomoljače Roots and tubers

Repa Beet	26.0	58.0	11.0
Krumpir Potato	66.0	8.0	0.5
Kasava Manioka	60.0	15.0	7.3



**Žitarice Cereals**

Kukuruz Maize	11.0	42.0	5.0
Ječam Barley	21.7	62.3	6.4
Pšenica Wheat	45.0	44.4	2.0
Zob Oat	72.0	23.0	5.0
Raž Rye	31.0	47.0	4.4
Proso Milo	12.0	45.0	4.8
Sirak Sorgum	15.0	30.0	5.1
Tritikale Triticale	59.1	30.4	3.0
Riža Rice	15.0	30.0	5.2

**Uljarice i leguminoze  
Oilseeds and legumeseeds**

Uljana repica Rapeseed	32.0	46.0	6.4
Bob Horse bean	42.0	49.0	0.3
Grah Beans	27.5	49.5	0.8
Grašak Peas	56.0	20.0	0.0
Lupina Lupin	25.5	50.5	0.2
Soja sirova Soybeans raw	43.0	32.0	2.9
Soja sirova Soybeans (toasted)	5.7	35.3	7.3
Soja ekstrudirana Soybeans extruded	5.7	43.3	7.3
Suncokret Sunflowerseed	40.0	40.0	4.0

**Sporedni proizvodi mlinarstva Milling by-products**

Pšen. krmno brašno Wheat feeds meal	30.0	46.0	2.0
Pšenične posije Wheat bran	40.0	36.0	2.6

**Sporedni proizvodi industrije škroba  
Starch industry by products**

Kukuruzno glutensko brašno Maize gluten feed	49.0	35.0	2.1
Kukuruzni gluten Maize gluten meal	4.2	22.8	2.0
Kukuruzne klice Maize germ meal			

**Sporedni proizvodi industrije šećera  
Sugar industry byproducts**

Repini rezanci Beet pulp	26.5	44.0	6.4
Melasa repe Beat molasses	100.0		

**Sporedni proizvodi destilacijske industrije  
Distillery by products**

Pivski trop Brewers grains	4.1	34.9	12.0
Kukuruzna džibra Corn distillers grains	32.0	23.0	20.0
Pšenična džibra Wheat distillers grains	84.0	8.0	23.0
Pivski kvasac Brewers yeast			
jabučna komina Apple pomace	11.0	39.0	31.5

**Sporedni proizvodi uljarica Oilseed by-products**

Sojina sačma Soybean meal	30.0	32.0	2.0
Suncokretova sačma Sunflower meal	30.0	49.6	4.8
Repičina sačma Rapeseed meal	32.3	45.5	6.4
Sačma orašca Groundnut meal	22.3	50.7	1.3
Sačma lana Linseed meal	20.0	38.0	4.1
Sačma pamuka Cottonseed meal	33.0	33.0	7.6

**Krmiva animalnog porijekla Animal origine feeds**

Riblje brašno Fish meal	12.0	32.	0.9
Mesno brašno Meat meal	36.2	14.	1.1
Krvno brašno Blood meal	4.9	20.	1.2
Mesno koštano brašno Meat and bone meal	34.0	21.	2.4
Kožno brašno Leather meal	3.8	40.	2.4
Sirutka Whey	100.0		

Urea Urea 100.0

\* Modificirano prema slijedećim izvorima:

Adopted according to following sources

MAFF (1990) UK Tables of Nutritive Value and Chemical Composition of Feedingstuffs; INRA (1988) Alimentation des bovines, ovines et caprines; O'Connor i sur. (1990) The Cornell

Net Carbohydrate and Protein System for Cattle Diet; NKJ - NJF (1985) Protein Evaluation for Ruminants; Van Straalen i Tamminga (1990) Protein Degradation of Ruminant Diets. Krishnamoorthy i sur., (1982)

1 Topivost bjelančevina krmne (% od SB)

Solubility of feedstuffs protein (% od CP)

2 Efektivna razgradljivost netopivih bjelančevina (% od SB), brzina oticanja digesta  $r = 0.05/h$ Effective degradability of insoluble protein (% od CP), out-flow rate  $r = 0.05$ 

3 Bjelančevine netopive u kiselom detergentu (% od SB)

Acid-detergent insoluble protein (% od CP)

Primjer izračunavanja sadržaja MB (g/kg ST) u suncokretovoj sačmi

Sadržaj 12.8 MJ ME kg/kg ST, SM = 12 g/kg ST, SB = 350 g/kg ST, topivost - a = 30% (% od SB krmiva), efektivna razgradljivost netopivih bjelančevina - erb = 49.6% (% od SB krmiva) i neprobavljive nerazgradljive bjelančevine - KDNB = 4.8% (% od SB krmiva).

1). Brzo razgradljive bjelančevine (BRB) =  $350 \cdot 0.30 = 105$  g/kg ST2). Sporo razgradljive bjelančevine (SRB) =  $350 \cdot 0.496 = 173.6$  g/kg ST3). Efektivno razgradljive bjelančevine (ERB) =  $0.8 \cdot 105 + 257.6$  g/kg ST



**Tablica 5. Sadržaj metaboličkih bjelančevina (g/kg ST) prema INRA, AFRC i Hrvatskom sustavu procjene**  
**Table 5. Content of metabolizable protein (g/kg DM) according to INRA, AFRC and CRO protein evaluation systems**

Krmivo Feedingstuffs	SB <sup>1</sup>	PSB <sup>2</sup>	AFRC <sup>3</sup>		INRA <sup>4</sup>		Croatia <sup>5</sup>	
	CP	PCP	MPN <sup>6</sup>	MPE <sup>7</sup>	MPN	MPE	MPN	MPE
Svježe trave, vegetativni rast								
Fresh grass, vegetative growth	182	137	129	107	114	96	111	95
Svježe trave i djeteline								
Fresh grass & clover	150	114	106	97	94	86	88	74
Silaža trava, cvatnja								
Grass silage bloom	118	73	72	71	69	59	85	82
Silaža trava, zrela								
Grass silage, mature stage	118	73	72	70	68	56	83	81
Silaža trave i djeteline								
Silage grass & clover	138	92	87	65	78	52	85	62
Silaža kukuruza, Maize silage								
mlječna faza, milk stage	100	56	82	130	61	66	66	71
voštana faza, dough stage	86	49	55	72	52	64	58	72
zlatna faza, fint stage	82	47	53	73	50	66	56	72
Sijeno prirodnih trava, 1 otkos, vegetativni rast								
Natural grassland hay. 1st cut								
— vegetativni rast								
— vegetative growth	190	129	132	123	118	105	126	95
— cvatnja mid bloom								
— cvatnja mid bloom	108	59	75	80	67	70	75	76
— zrelo mature stage								
— zrelo mature stage	79	36	55	60	49	60	55	57
Sijeno lucerne, 1 otkos početak cvatnje								
Alfalfa hay, 1st cut								
early bloom	167	117	95	84	107	91	105	91
Kukuruz Maize								
Kukuruz Maize	99	61	74	132	80	133	71	99
Ječam Barley								
Ječam Barley	122	82	77	97	80	102	77	94
Pšenica Wheat								
Pšenica Wheat	146	115	98	108	99	116	98	106
Posije Wheat bran								
Posije Wheat bran	175	133	122	104	115	93	129	121
Kukuruzni gluten								
Maize gluten meal	686	638	536	459	571	525	558	478
Grašak Peas								
Grašak Peas	247	210	176	145	148	98	180	151
Bob Horse bean								
Bob Horse bean	289	263	200	145	167	103	208	126
Soja tostirana								
Soybean toasted	380	350	268	190	276	218	278	213
Sačma soje 48% SB								
Soybean meal 48% CP	520	478	361	242	369	252	382	251
Sačma suncokreta 33% SB								
Sunflower meal 33% CP	369	324	241	128	237	131	225	118
Sačma uljane repice 33% SB								
Rapeseed meal 33% CP	384	319	254	135	248	151	229	98
Prosjeck Average								
Prosjeck Average	214	172	149	127	144	121	149	112
Relativna vrijednost u odnosu na INRA								
Relative value to INRA								
			103	105	100	100	103	100



<sup>1,2</sup> Sadržaj SB te vrijednosti PSB, POT, ME i FME su računane prema podacima o kemijskom sastavu krmiva publiciranim u Grbeša i sur. (1993) Tablice kemijskog sastava i hranjive vrijednosti krmiva za preživače (u tisku).

Content of crude protein and values (digestible crude protein, digestible organic matter, metabolizable energy, fermented energy) were calculated from data published in Grbeša et al. (1993) Table of chemical composition and nutritive value of feedstuffs for ruminants (in press)

<sup>3</sup> vrijednosti su računane prema AFRC (1992) modelu i podacima objavljenim u MAFF (1990) i Van Straalen i Tamminga (1990) Protein Degradation of Ruminant Diets.

Value are calculated according AFRC (1992) model and data published in either MAFF (1990) and Van Straalen and Tamminga (1990) Protein Degradation of Ruminant Diets.

<sup>4</sup> vrijednosti su računane prema INRA modelu, podaci o efektivnoj razgradljivosti bjelančevina i probavljivosti nerazgrađenih bjelančevina iz tablice 13.3 u Jarrige, R. (1990)

4). Nerazgradljive bjelančevine (NRB) =  $350 - 257.6 = 92.4$  g/kg ST

5). Fermentirajuća ME (FME) =  $12.8 - 0.035 \cdot 12 - 0.015 \cdot 92.4 = 10.99$  MJ/kg ST

6). Sinteza mikrobnih sirovih bjelančevina iz FME (MSBE) =  $10 \cdot 10.99 = 109.9$  g/kg

ERB - MSBE dakle ERB = MSB (g/kg ST) = 257.6

7). Probavljive nerazgrađene bjelančevine (PNRB) =  $0.9 \cdot (92.4 - 0.048 \cdot 350) = 68.04$  g/kg ST

8). Metaboličke bjelančevine (MB) =  $0.6375 \cdot 257.6 + 68.04 = 232.26$  g/kg ST

### Usporedba modela

Sadržaja MBN i MBE (g/kg ST) u uobičajenim krmivima u hranidbi preživača načinjena je na temelju njihovog kemijskog sastava u Hrvatskoj (Grbeša i sur., 1993), a izračunata prema francuskom, britanskom i našem modelu (tablici 5).

Usporedba ova tri modela pokazuje da je prosječni sadržaj MBN i MBE (g/kg ST) u odabranim krmivima vrlo sličan, a razlike između sustava ne prelaze 5%.

### Zaključak

Predlaže se zamjena dosadašnjeg sustava procjene bjelančevinastih vrijednosti krmiva za preživače probavljivih sirovih bjelančevina sa metaboličkim bjelančevinama (MB).

Ruminant Nutrition Recommended allowances and feed tables.

Values are calculated according INRA model; degradability of crude protein and true digestible of undegraded dietary protein from table 13.3 in Jarrige R. (1990) Ruminant Nutrition Recommended allowances and feed tables.

<sup>5</sup> MPN: Metaboličke bjelančevine = mikrobne bjelančevine iz razgrađenih bjelančevina + probavljene nerazgrađene bjelančevine

MPN: Metabolizable protein = microbial protein from rumen degraded protein + digestible undegraded protein.

<sup>6</sup> MPE; Metaboličke bjelančevine = mikrobne bjelančevine iz fermentirajuće metaboličke energije + probavljive nerazgrađene bjelančevine

MPN: Metabolizable protein = microbial protein from fermented metabolizable energy + digestible undegraded protein.

Metaboličke bjelančevine točnije određuje iskoristive bjelančevine krme, a predstavlja zbir u tankom crijevu probavljenih bjelančevina krme koje su izbjegle razgradnju u buragu i u predželucima sintetiziranih mikrobnih bjelančevina.

Bjelančevinasta vrijednost se procjenjuje modificiranim modelom koji je predložio AFRC (1992).

Modifikacije se odnose na sljedeće specifičnosti hranidbe preživača u Hrvatskoj:

1. Većina se preživača hrani voluminoznom ili polukoncentratnom obrokom na razini oko dvostruke uzdržne potrebe te je brzina oticanja digesta 5%/h ili 0.05/h, a sinteza MSB =  $10 \cdot \text{FME}$ .

2. Količina fermentirajuće metaboličke energije procjenjuje se na slijedeći način:

$\text{FME (MJ/kg ST)} = \text{ME} - (0.035 \times \text{ME}_{\text{sm}} + 0.015 \times \text{NSB} - \text{ME}_{\text{ferm}})$

Usporedba sadržaja MB u krmivima Hrvatske izračunatog prema predloženom s francuskim i engleskim sustavom daje slične rezultate.



## LITERATURA

1. AFRC (1992): Technical Committee on Responses to Nutrient. report No. 9. Nutrient requirements of Ruminant Animals: Protein. Nutrition Abstracts and Reviews (Series B). 62:787-835.
2. Andrieu, J., C. Demarquilly i D. Sauvant (1989): 14. Table of feeds use in France. In: Ruminant Nutrition: Recommended allowances and feed tables. (ed. Jarrige, R.) John Libbey Eurotest, Montrouge, 369.
3. ARC (1980): The Nutrient Requirements of Ruminants Livestock. Technical Review, Farnham Royal, CAB.
4. ARC (1984): The Nutrient Requirements of Ruminants Livestock. Technical Review, Farnham Royal, CAB.
5. AUS (1990): Feeding standards for Australian Livestock: Ruminants. Standing Committee on Agriculture: Ruminant Subcommittee. (Ed.) Corrbet, J.L. Melbourne: CSIRO Publication
6. Ausschuss für Bedarfsnormen (1986): Energie und Nährstoffbedarf Landwirtschaftlicher Nutztiere. DLG - Verlag, Frankfurt am Main. 92.
7. C.V.B. (1991): Veevoedertabel, Central Veevoederbureau in Nederland, Lelystad.
8. Demarquilly, C, i J. Andrieu (1990): Measurement of the nutritive value of feeds. In: Ruminant Nutrition: Recommended allowances and feed tables. John Libbey Eurotest, Montrouge, 181-188.
9. DLG (1982): DLG Futterwerttabellen für Wiederkäuer 5., Erweiterte und neu gestaltete Auflage. DLG - Verlag, Frankfurt am Main, 120.
10. Fox D.G., C.J. Sniffen, J.B. Russell, D.J. O'Connor, R.J. Van Soest, i C.J. Sniffen (1992): A Cornell net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. III. Cattle requirements and diet adequacy. J. Anim. Sci., 70:3570-3578
11. Fox, D.G., C.J. Sniffen, J.D. O'Conner, J.B. Russell, i J. Van Soest (1990): Part I. A model for predicting cattle requirements and feedstuffs utilization. In: The Cornell Net Carbohydrate and Protein System for Evaluation Cattle Diets. Search: Agriculture, Ithaca, NY, Cornell Univ. Agr. Exp. Sta., 34, 128.
12. Grbeša, D., Tajana Černy i Vesna Pavić (1992): In sacco metoda određivanja razgradljivosti bjelančevina hrane. Krmiva, 34:105-117.
13. Grbeša, D., Tajana Černy i Biserka Homen (1993): Tablice kemijskog sastava i hranjive vrijednosti krmiva za preživače. Krmiva (u tisku)
14. I.N.R.A (1978): Alimentation des Ruminants. Publ. I.N.R.A., Versailles, 597.
15. I.N.R.A. (1987): Alimentation des Ruminants. Revisions des systems et des tables de l'INRA. Bull. Technique No. 70 C.R.Z.V., de Theix. 222.
16. INRA (1988): Alimentation des Bovins, Caprines et Caprins. (ed. Jarrige, R), Paris, INRA 370.
17. Jarrige, R. (1989): Ruminant Nutrition: Recommended allowances and feed tables. John Libbey Eurotest, Montrouge, 369.
18. Krishnamoorthy, U., C.J. Sniffen, i R.J. Van Soest (1982): Nitrogen fractionating in ruminant feedstuffs for feed evaluation. Proc. Cornell Nutr. Conf., 6, 95-102.
19. Landis, J. (1979): Die Protein und Energieversorgung der Milchkuh, Schwein, Landwirtschaft. Monatsch., 57:381-390.
20. Madsen, J. i T. Hvelplund (1985): Protein degradation in the rumen. - A comparison between in nylon bag, in vitro and offer measurements. Acta Agric. Scand. Suppl. 25, 103-124.
21. MAFF (1990): UK Tables of Nutritive Value and Chemical Composition of Feedingstuffs. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food Standing Committee on Tables of Feed Composition. (Eds. Givens, D.I. i Angela R. Moss), Aberdeen: Rowett Research Services Ltd.
22. McDonald, I. (1981): A revised models for the estimation of protein degradability in the rumen J. Agric. Sci. (Camb.) 96, 251-252.
23. N.K.J./N.J.F. (1985): Introduction of the proposed Nordic system-the AAT-PBV system-into practice and future research requirements. Acta Agric. Scand. Suppl. 25.
24. N.R.C. (1985): Ruminant Nitrogen Usage. Publ. National Academy Press, Washington, DC.
25. N.R.C. (1989): Nutrient Requirement of Dairy Cattle. Publ. National Academy Press, Washington DC.
26. O'Connor, D.J., C.J. Sniffen i D.G. Fox (1990): The Cornell Net Carbohydrate and Protein System for Evaluating Cattle Diets. Part II. A Computer Spreadsheet for Diet Evaluation. Search: Agriculture, Ithaca, NY; Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. 34; 128.
27. Orskov, E.R. i I. McDonald (1979): The estimate of protein degradability in the rumen from incubation measurements weight according to rate of passage. J. Agric. Sci. Camb., 92, 499-503.
28. Orskov, E.R. i A.Z. Mehrez (1977): Estimation of extent of protein degradation from basal feeds in the rumen of sheep. Proc. Nutr. Soc. 36:784.
29. Orskov, E.R. i E.I. Miller (1988): Protein evaluation in ruminants. In Feed Science, 103-127. (Ed. Orskov, E.R.) Elsevier Sci. Publ., Amsterdam.
30. Russell, J.B., D.J. O'Connor, D.G. Fox R.J. Van Soest, i C.J. Sniffen (1992): A Cornell net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. I. Ruminal fermentation J. Anim. Sci., 70:3551-3561.
31. Rohr, K., P. Lebziem, H. Schafft i E. Shultz (1986): Prediction of duodenal flow of non — ammonia nitrogen and amino acid nitrogen in dairy cattle. Liv. Prod. Sci., 14:29-40.
32. Van der Honing, Y. i G. Alderman (1988): III. 2. Ruminants. Livest. Product. Sci., 19:217-278.
33. Van Soest, R.J. (1982): Nutritional Ecology of the Ruminants. O&B Books, Corvallis, 374.
34. Van Straalen, M.A. i S. Tamminga (1990): Protein degradation of ruminant diets. In: Feedstuffs Evaluation. (Ed. Wiesman, J. i D.J.A. Cole). Butterworth, London. 55-72.
35. Verite, R. i J.L. Peyraud (1989): Protein: the PDI system (ed. Jarrige, R.). In: Ruminant Nutrition: Recommended allowances and feed tables. John Libbey Eurotest, Montrouge, 33-47.
36. Waldo, D.R. i B.P. Glenn (1982): Protein Systems for Meeting the Protein Requirements of Ruminants. In: Protein Requirements for Cattle. (Ed., F.N. Owens); Oklahoma State University, Stillwater, OK, pp. 296-309.
37. Waters, C.J., M.A. Kitcherside, i A.J.B. Webster (1992): Problems associated with estimating the digestibility of undegraded dietary nitrogen from acid-detergent insoluble nitrogen. Anim. Feed Sci. and Techn., 39:279-291.



### SUMMARY

Based on a review of present system of evaluation of protein value feedstuffs for ruminants, the exchange of the existing digestible crude protein system with metabolizable protein is suggested in Croatia. The method of evaluation follows protein metabolism in ruminants described as a model in AFRC (1992). Metabolizable protein (MP) is the unit of protein value of feedingstuffs consisting of in the small intestine digestible undegraded protein (DUP) and microbial crude protein (MCP).

Synthesis of MCP is evaluated in two ways: (1) based on the effective degradable protein (EDP) and (2) the amount of fermentable metabolizable energy (FME) of feedstuffs. When the amount of synthesized MCP from EDP is - MCP from FME, then  $EDP = MCP$  and the reverse; that is valid for feedingstuff as a component of a diet. If the ruminants are fed only single feedingstuffs (pasture) without supplements, then the value is lower.

Rumen digest outflow rate ( $r = 0.05/h$ ) is constant because ruminants in Croatia are fed only forage of forage ( $r = 0.045$ ) to concentrate ( $r = 0.058$ ) ratio 60:40% in diet DM, and  $r$  is  $0.6 \cdot 0.045 + 0.4 \cdot 0.058 = 0.05$ ; so the corresponding feeding level is not higher than 2x maintenance.

The amount of FME (MJ/kg DM) =  $ME - (0.035 \cdot ME_{fat} + 0.015 \cdot UDP + ME_{ferm})$  and synthesis of MCP (g/kg DM) =  $10 \cdot FME$  (MJ/kg DM). Table of requirement coefficients (%) for calculation of MP is suggested: solubility of protein effective degradability of insoluble protein and acid detergent insoluble protein (indigestible undegradable protein) for common feedingstuffs in Croatia.