

JEDNOSTAVNI MATEMATIČKI POSTUPCI U OPTIMALIZACIJI OBROKA ZA PREŽIVAČE

SIMPLE MATHEMATICAL ACTIONS IN OPTIMALIZATION OF FEED FOR RUMINANTS

J. Ember

Stručni članak

UDK: 636.2:636.084.413.

Primljeno - Receiving: 16. srpanj - July 1995.

SAŽETAK

Preživače je svrsishodno hraniti kabastim krmivima. Većim dijelom godine nužno ih je hraniti konzerviranim kabastim krmivima različite hranjive vrijednosti, zbog čega ih je potrebno u obrocima kombinirati. Pri sastavljanju obroka treba voditi računa, osim o potrebama za energijom (škrobnim jedinicama) i bjelančevinama i o poželjnom odnosu škrobnih jedinica i probavljivih sirovih bjelančevina u obroku ($a = \text{šj}/b_j$), odnosu suhe tvari i energije ($b = st/\text{šj}$), te o cijeni mješavine kabastih krmiva (rentabilnosti primjene). Primjenom jednostavnih matematičkih postupaka, a uvažavajući spomenute kriterije, na konkretnim primjerima prikazan je način optimalizacije obroka za preživače.

UVOD

Preživače je svrsishodno hraniti kabastom hranom kojom su sposobni podmiriti veći dio svojih potreba, tim više što je cijena hranjive tvari u njoj redovito znatno niža. Dobra paša može podmiriti kako uzdržne, tako i proizvodne potrebe krava. No, većim dijelom godine krave se hrane pripremljenom, konzerviranom krmom. Kako se obrok sastoji iz više komponenti različite hranjive vrijednosti, potrebno ih je kombinirati.

Kriteriji koje ta kombinacije treba zadovoljiti su sljedeći:

1. Obrok treba podmiriti određene potrebe i količinom energije i količinom probavljivih bjelančevina za svaku skupinu grla treba ustanoviti odgovarajući odnos tih pokazatelja. Ako se sadržaj energije izrazi u škrobnim jedinicama, onda je potrebno ustanoviti poželjan odnos škrobnih jedinica i probavljivih sirovih bjelančevina ($\text{šj}/b_j = a$) u obroku.

2. Preživači zahtijevaju određenu količinu sirove vlaknine u krmu. Ona varira u širokim granicama, a potrebno je znati i poželjan odnos suhe tvari i energije ($b = st/\text{šj}$).

3. Mješavina kabaste hrane treba biti što jeftinija.

Do koje će se mjere podmiriti potrebe stada za kabastom hranom, ovisi o vrstama i kakvoći komponenata, razini proizvodnje, ujednačenosti stada, itd. Dakle, ta razina se opet treba optimalizirati, ali to nije predmet razmatranja u ovom radu. Za pretpostaviti je da je to pitanje već riješeno, pa preostaje zadatak da se sastavi dnevni obrok za skupinu krava u kojoj svaka životinja treba dobiti prosječno dnevno:

Prof. dr. Janos Ember, Pannon Agrártudományi Egyetem Alattenedzésztési Kar, Kaposvár, Mađarska

13,7 - 15,7 kg suhe tvari,
5,6 kg škrobnih jedinica i
0,88 kg probavljivih sirovih bjelančevina

a odnos suhe tvari i škrobnih jedinica:

$$b = \frac{st}{\dot{s}j} = \frac{13,7}{5,6} \text{ odnosno } \frac{15,7}{5,6} = 2,45 \text{ odnosno } 2,8.$$

U tom obroku odnos škrobnih jedinica i bjelančevina biti će:

$$a = \frac{\dot{s}j}{bj} = \frac{5,6}{0,88} = 6,36$$

Za pretpostaviti je da su na raspolaganju krmiva navedena na tablici 1.

Tablica 1. Sastav i cijene krmiva

Table 1. Composition and prices of ingredients

Krmivo - Stern	Sadržaj - Content g/kg			šj/bj su/pr "a"	st/šj dm/su "b"	Cijena - Price Ft/kg		
	Suha tvar Dry matter	Škr. jed. Starch units	Prob. sir. bjelanč. Digestib. crude protein			Natur	Škr. jed. Starch units	Prob. sir. bjelanč. Dig. crud. prot.
Silirani kukuruz Sillaged maize	320	180	13	13.88	1.78	0.45	2.50	34.62
Silir. kukuruzovina Maize straw	350	112	7	16.00	3.12	0.23	2.05	32.86
Kis. rezan. šeć. repe Sour noodles of sugar beet	130	80	7	11.43	1.62	0.20	2.50	28.57
Sil. sudanska trava Sill. Sudan grass	280	150	25	6.00	1.87	0.41	2.73	16.40
Ječm. slama za krmu Barley straw for stern	850	200	14	14.29	4.25	0.38	1.90	27.14
Livadno sijeno Meadow hay	860	280	50	5.60	3.07	1.45	5.18	29.00
Sijeno trave s djetelinom Grass hay with clover	840	300	78	3.85	2.80	1.60	5.33	20.51
Sijeno lucerne Alfalfa hay	850	320	128	2.50	2.66	1.82	5.69	14.22

Vidljivo je da među navedenim krmivima niti jedno ne odgovara potrebama, te da ih je u obroku za krave potrebno kombinirati. Prvenstveno treba obratiti pozornost da sadržaj bjelančevina u obroku ne prelazi potrebnu razinu, jer su bjelančevinasta krmiva skupa. Odnos škrobnih jedinica i probavljivih sirovih bjelančevina treba biti 6,36. Taj se može

dobiti kombinacijom jedne krme u kojoj je taj odnos širi, s drugom u kojoj je uži. U praksi se većinom susreće s kombinacijom siliranog kukuruza i sijena lucerne. Pitanje je: Koliko lucerne treba dodati silaži, a da parametri mješavine odgovaraju poželjnima? Odgovor daje rješenje jednadžbe na tablici 2.

Tablica 2. Kombiniranje obroka sa sijenom i silažom uz uvjet da odnos škrobnih jedinica i probavljivih sir. bjelančevina iznosi 6.36

Table 2. Combining the meal with hay and silage with the condition that starch units: digestibility crude proteins ration is 6.36

$x = \frac{\text{š}_{j_1} - a \cdot \text{b}_{j_1}}{a \cdot \text{b}_{j_2} - \text{š}_{j_2}}$ $s = \frac{180 - 6,36 \cdot 13}{6,36 \cdot 128 - 320} = 0,197$	gdje je: š _{j1} = škrobne jedinice silaže - starch units of silage b _{j1} = prob. sir. bjelančevine silaže - digestib. crud. prot. of silage š _{j2} = škrobne jedinice sijena - starch units of hay b _{j2} = prob. sir. bjelančevine sijena - digest. crud. protein of hay a = poželjan odnos šj/bj - desirable s.u./pr. ratio
--	---

Rezultat pokazuje da kilogramu siliranog kukuruza treba dodati 0,197 kg sijena lucerne da bi

odnos škrobnih jedinica i bjelančevina bio 6,36. Sastav te smjese prikazan je na tablici 3.

Tablica 3. Hranidbena vrijednost obroka

Table 3. Nutritive value of meal

	Količina - Quantity, g		
	Suha tvar Dry matter	Škr. jed. St. units	Bjelančevine Protein
Silaža-Silage 1 kg à (320; 180, 13)	320.00	180.00	13.00
Sijeno-Hay 0.197 kg à (850; 320, 128)	167.45	63.04	25.216
Ukupno-Total: 1.197 kg	487.45	243.04	38.216
U ovom obroku je: In this meal is:	$a = \frac{243,04}{38,216} = 6,36 \quad b = \frac{487,45}{243,04} = 2,00$		

Kako taj obrok ne sadržava dovoljno suhe tvari, potražiti će se druga kombinacija krmiva, a to će biti silirana kukuruzovina s lucernom (tablica 4).

Tablica 4. Kombiniranje obroka sa sijenom lucerne i siliranom kukuruzovinom uz uvjet da odnos škrobnih jedinica i probavljivih sirovih bjelančevina iznosi 6,36

Table 4. Combining the meal with alfalfa hay and sillaged maize hay with condition that starch units: digestibility crude protein ratio is 6,36

Krmivo - Stern	Količina - Quantity, g		
	Suha tvar Dry matter	Škr. jed. Starch units	Bjelančevine Protein
Silirana kukuruzovina 1 kg à (350; 112; 7) Sillaged maize hay	350.00	112.00	7.00
Sijeno lucerne 0.1366 kg à (850; 320, 128) Alfalfa hay	116.11	43.71	17.480
Ukupno-Total: 1.1366 kg	466.11	155.71	24.480
U ovom obroku je - In this meal is:	a = 6.36	b = 2.99	

Dobiven je obrok s previše suhe tvari. Da bi krava konzumirala predviđenu energiju, trebala bi kabastom hranom unijeti 16,76 kg suhe tvari. To je previše, naročito ako se ima u vidu da bi ona, uz kabastu hranu, trebala konzumirati i koncentrate.

Sljedećim postupkom ustanovit će se u kojem omjeru treba komponirati ova dva obroka, da u mješavini ima i dovoljno bjelančevina i da je odnos suhe tvari i škrobnih jedinica $b = 2,45$. Koristit će se istim matematičkim izrazom (tablica 5).

Tablica 5. Kombiniranje obroka uz uvjet da je odnos suhe tvari i škrobne jedinice $b = 2.45$

Table 5. Combining the meal with condition that dry matter: starch units ratio is $b = 2.45$

$$y = \frac{st_1 - b \cdot \text{šj}_1}{b \cdot \text{šj}_2 - st_2} = \frac{487,45 - 2,45 \cdot 2,43,04}{2,45 \cdot 155,71 - 466,11} = 1,276$$

st=suha tvar - dry matter; šj=škrobne jedinice - starch units

Dakle, jedinici prve mješavine, koja ukupno iznosi 1,197 kg, treba dodati 1,276 jedinica druge mješavine, koja inače iznosi 1,1366 kg. Rezultat je prikazan na tablici 6.

U toj kombinaciji krmiva odnos škrobne jedinice i bjelančevina $a = 6,36$, a odnos suhe tvari i škrobnih jedinica $b = 2,45$. No, ova kombinacija krmiva sadržava samo 41,73 g škrobnih jedinica, a potrebe su 5,6 kg, dakle za dnevni obrok jedne krave treba 12,677 puta više, što znači:

- 12,677 kg siliranog kukuruza,
- 16,176 kg silirane kukuruzovine i
- 4,703 kg sijena lucerne.

Za stado od 100 krava potrebno je osigurati 100 puta veću količinu krmiva.

U slučaju da zalihe različitih kabastih krmiva zahtijevaju trošenje u određenom omjeru, isti matematički izraz može se prilagoditi i tom zahtjevu. Primjerice, ako postoje dva puta veće zalihe siliranog kukuruza nego kukuruzovine i kiselih rezanaca, a zaliha livadnog sijena je ista kao i trave s djetelinom, matematički izraz izgledat će kako je prikazano na tablici 7.

Želi li se sastaviti obrok tako da, osim što podmiruje biološke potrebe, bude i ekonomski najprikladniji, treba imati u vidu cijenu pojedinog krmiva i cijene škrobnih jedinica i bjelančevina u njima

(tablica 1). Već na prvi pogled uočava se da krmiva sa širim omjerom škrobnih jedinica i bjelančevina daju jeftiniju škrobnu jedinicu a skuplje bjelančevine, i obrnuto. Najekonomičnije bilo bi kombinirati krmivo u kojem je škrobna jedinica najjeftinija, s onim u kojem su bjelančevine najjeftinije u ovom slučaju to je ječmena slama sa sijenom lucerne. Na svaki kilogram ječmene slame treba dodati 0,2246 kg sijena lucerne, da bi mješavina sadržavala dovoljno bjelančevina. Cijena škrobne jedinice bila bi 2,90 forinti, no da se kravi osigura predviđena energija (5600 g šk. jed. dnevno), treba joj dati 20,6 kg slame i 4,6 kg sijena, a osim toga i koncentrate. Moguće je kombinirati još i silažu od sudanske trave s ječmenom slamom. U smjesi od 12,33 kg silaže i 1 kg ječmene slame odnos škrobnih jedinica i bjelančevina bit će upravo

6,36. No, u ovoj kombinaciji premalo je suhe tvari, dnevni obrok jedne krave bio bi 2,73 kg slame i 33,7 kg silaže, a sadržavao bi samo 11,75 kg suhe tvari. Unatoč tome što je cijena škrobne jedinice u ovoj kombinaciji najmanja (2,652 forinte po jedinici), mora se kombinirati sa smjesom ječmene slame i sijena lucerne. To se provodi na već poznati način, tj. na bazi najnižeg poželjnog odnosa suhe tvari i škrobnih jedinica ($b = 2,45$). Kombinacijom te dvije smjese, dobiva se sljedeći sastav obroka za jednu kravu:

- 0,94 kg sijena lucerne,
- 6,36 kg ječmene slame i
- 26,90 kg silirane sudanske trave.

U ovako komponiranom obroku cijena škrobne jedinice je 2,7045 forinti.

Tablica 6. Sadržaj obroka koji odgovara biološkim kriterijima

Table 6. Content the meal which is suitable to biological criteria

Komponenta - Component	Količina Quantity kg	Sadrži u gramima Contained in grams		
		Suhu tvar Dry matter	Škr. jed. Starch units	Probavljive sir. bjelančevine Digestibility crude protein
Silirani kukuruz - Silaged maize	1.000	320.00	180.00	13.000
Silirana kukuruzovina Sillaged maize hay	1.276	446.60	142.91	8.932
Sijeno lucerne - Alfalfa hay	0.371	315.61	118.82	47.527
Ukupno	2.647	1082.21	441.73	69.459

Tablica 7. Sastav mješavine kabastih krmiva s unaprijed određenim omjerima

Table 7. Composition the mixture of volumonious stems with in advance defined proportions

$$x = \frac{2(\check{s}j_1 - a \cdot bj_1) + (\check{s}j_2 - a \cdot bj_2) + (\check{s}j_3 - a \cdot bj_3)}{(a \cdot bj_6 - \check{s}j_6) + (a \cdot bj_7 - \check{s}j_7)}$$

ili pojednostavljeno - or simplified

$$x = \frac{2\check{s}j_1 + \check{s}j_2 + \check{s}j_3 - a(2bj_1 + bj_2 + bj_3)}{a \cdot (bj_6 + bj_7) - (\check{s}j_6 + \check{s}j_7)}$$

šj=škrobne jedinice - starch units

U slučaju da su zalihe nekih krmiva ograničene, a namjera je stado držati tijekom zime po mogućnosti na istom obroku, treba postupiti na slijedeći način:

1. ustanoviti koliko hranjivih tvari zahtijeva stado tijekom sezone,

2. ustanoviti koliki se dio može pokriti onim krmivima koja daju najekonomičnije hranjive tvari, a količine su im ograničene,

3. njihove hranjive tvari treba odbiti od cjelokupnih potreba, te nastojati preostale potrebe pokriti najekonomičnijom kombinacijom ostalih krmiva.

To treba razmotriti na slijedećem primjeru: potreba hranjivih tvari za stado u osnovnom obroku za cijelu sezonu iznosi 448 t škrobnih jedinica, a 70,4 t probavljivih sirovih bjelančevina, koji su sadržani u suhoj tvari od 1096-1256 tona. Količina jeftinijih kabastih krmiva ograničena je na svega:

- silirane sudanske tvare 1300 t,
- ječmene slame 200 t,
- silaže kukuruzovine 800 t, a
- sijena lucerne 150 t.

Pretpostavi li se da se rezance šećerne repe može nabaviti po potrebi, a ostalim krmivima se raspolaže u dovoljnim količinama zalihe jeftinih komponenti, naravno će biti iscrpljene. Ako se njihove hranjive tvari odbiju od potrebnih, ostatak će podmiriti takvom kombinacijom ostalih krmiva, u kojoj će hrana biti najjeftinija.

Količina gore navedenih krmiva, koje se namjerava svakako do kraja trošiti, iznosi 2450 t s 941,5 t suhe tvari, 372,6 t škrobnih jedinica, 60,10 t bjelančevina, a cijena im je ukupno 1066 tisuća forinti.

Ako se to odbije od potrebe, ostaje za podmirjenje 154,5-314,5 t suhe tvari, 75,4 t škrobnih jedi-

nica i 10,3 t bjelančevina. U obroku kojim će se tu potrebu zadovoljiti, odnos škrobnih jedinica i bjelančevina bit će $a = 7,32$, a odnos suhe tvari i škrobnih jedinica $b = 2,05 - 4,17$.

Ostaju još na raspolaganju kiseli rezanci šećerne repe, silaža kukuruza, livadsko sijeno i sijeno trave s djetelinom. Za nadopunu bjelančevina u prvom redu dolazi u obzir sijeno trave s djetelinom. Za osiguranje energije koristit će se silirani kukuruz i kiseli rezanci.

Kombinacijom kiselih rezanaca i sijena dobiva se smjesa u kojoj škrobna jedinica košta svega 3,306 forinti, ali ima malo suhe tvari ($b = 1,96$). Kombinacijom silaže kukuruza i sijena dobiva se škrobna jedinica za 3,472 forinte, a ima nešto više suhe tvari od minimalno potrebne ($b = 2,13$). Kombinacijom te dvije smjese na bazi $b = 2,05$ dobit će se obrok u kojem, uz 1 t kiselih rezanaca, treba dodati 0,47 t siliranog kukuruza i 0,253 t sijena. U tom obroku cijena škrobne jedinice je 3,395 forinti.

Najjeftinija i u svakom pogledu zadovoljavajuća kabasta hrana stada za cijelu zimsku sezonu sastoji se pod datim okolnostima iz slijedećih komponenti:

- 1300 t silirane sudanske trave
- 800 t silirane kukuruzovine
- 147,3 t siliranog kukuruza
- 313,4 t kiselih rezanaca šećerne repe
- 200 t ječmene slame
- 150 t sijena lucerne i
- 79,3 t sijena trave s djetelinom.

Cijena škrobne jedinice u ovom obroku je 2,9505 forinti, što je rezultat optimalnog kombiniranja u datim uvjetima.

SUMMARY

It is convenient to feed ruminants with voluminous feedstuffs. During the longer period of the year it is necessary to feed them with conserved voluminous feedstuffs. This feedstuffs have different nutritive values and for that reason they should be combined in the diets. During the composition of the diet, except the needs for energy (starch units) and proteins, it should be considered: favorable ratio of starch units and digestible crude protein in the diet ($a = su/pr$), dry matter and energy ratio ($b = dm/su$), and the price of the voluminous feedstuff mixtures (profitability). It is shown the method for ruminants' diet optimization by the application of the simple mathematical procedures, keeping in mind criterions mentioned above.

TVORNICA STOČNE HRANE »VALPOVKA« KOMBINAT VALPOVO

PROIZVODI 39 GODINA ZA VAS!

- SVE VRSTE GOTOVIH SMJESA,
- SUPER KONCENTRATE,
- PREMIKSE I DODATKE STOČNOJ HRANI,
- BRIKERIRANU I RINFUZ STOČNU SOL

STOČARI I POLJOPRIVREDNICI!

TRAŽITE DJETELINU SA ČETIRI LISTA
ZA DOBRO VAŠIH DOMAĆIH ŽIVOTINJA

“VALPOVKA” =

- BRŽI PRIRAST
- JEFTINIJA PROIZVODNJA
- BOLJA KAKVOĆA PROIZVODA

