

VEŽBE IZ ISHRANE NEPREŽIVARA

1. Hemijski sastav hraniva

1.1. Vлага i suva materija

Ukupna masa nekog hraniva, koja se utvrđuje merenjem na vagi, naziva se vazdušno suva masa. Deo te mase predstavlja vodu ili vlagu, a deo suvu materiju. Sadržaj vlage, odnosno suve materije, utvrđuje se sušenjem hraniva.

Primer 1. Masa uzorka stočne hrane pre sušenja je 11 grama, a posle sušenja 10 grama. Koliki je sadržaj vlage, odnosno suve materije, u uzorku ?

Sadržaj vlage u uzorku, % = $[(\text{Masa uzorka pre sušenja, g} - \text{Masa uzorka posle sušenja, g}) / \text{Masa uzorka pre sušenja, g}] \times 100$

Sadržaj vlage u uzorku, % = $((11-10)/11) \times 100 = 9,09$

1.2. Mineralne i organske materije

Sagorevanjem suve materije organska materija (OM) oksidiše i prelazi u gasovito stanje a zaostaju mineralne materije ili pepeo (Pe).

Primer 2. U uzorku zrna kukuruza utvrđen je sadržaj od 87,23% suve materije (SM) i 3,72% pepela (Pe), Koliki je sadržaj organske materije (OM) u hranivu ?

OM, % = $SM - Pe = 87,23 - 3,72 = 83,51$

1.3. Proteini

Sadržaj proteina određuje se preko sadržaja azota, koji se utvrđuje metodom po Kjeldalu. Kako je prosečan sadržaj azota u proteinima 16%, množenjem sadržaja azota sa faktorom 6,25 ($100 : 16 = 6,25$) dolazi se do podatka o sadržaju sirovih proteina u hranivu.

Primer 3. U uzorku sena lucerke, metodom po Kjeldalu je utvrđen sadržaj azota od 2,76%. Koliki je sadržaj sirovih proteina (SP) ?

$2,76 \times 6,25 = 17,25\%$

1.4. Ostale organske materije

Pored proteina (SP) i pepela (Pe) kao sastojci suve materije hraniva, adekvatnim laboratorijskim metodama utvrđuju se i sadržaj masti (SMa) i celuloze (SC). Preostali deo suve materije je organskog porekla, i odnosi se pre svega na skrob i niže ugljene hidrate, koji se nazivaju bezazotne ekstraktivne materije (BEM).

Primer 4. U uzorku zrna kukuruza utvrđen je sadržaj od 89,18% suve materije (SM), 1,56% pepela (Pe), 8,89% sirovih proteina (SP), 3,99% sirove masti (SMa) i sadržaj sirove celuloze od 2,63% (SCe). Koliki je sadržaj bezazotnih ekstraktivnih materija (BEM) u hranivu ?

$BEM = SM - Pe - SP - SMa - SCe = 89,18 - 1,56 - 8,89 - 3,99 - 2,63 = 72,11\%$

2. Svarljivost, ekskrecija i retencija hranljivih materija

2.1. Određivanje svarljivosti direktnom metodom

Ovaj metod određivanja svarljivosti određene hranljive materije u osnovi je utvrđivanje koncentracije te materije u hrani i fecesu.

Primer 5. U toku perioda istraživanja u trajanju od 10 dana, konj je prosečno konzumirao isključivo livadsko seno u prosečnoj količini od 15 kg/dan. U senu je prosečan sadržaj suve materije iznosio 89%. U istom periodu prosečan dnevni obim fecesa kod istog konja bio je 10,4 kg, sa sadržajem suve materije od 49%. Koliki je koeficijent svarljivosti suve materije u livadskom senu ?

- Konzumirana suva materija = $15 \text{ kg} \times 89 / 100 = 13,35 \text{ kg}$
- Izlučena suva materija = $10,4 \text{ kg} \times 49 / 100 = 5,01 \text{ kg}$
- Svarena suva materija = Konzumirana suva materija - Izlučena suva materija = $13,35 \text{ kg} - 5,01 \text{ kg} = 8,34 \text{ kg}$
- Koeficijent svarljivosti suve materije = $(\text{Svarena suva materija} / \text{Konzumirana suva materija}) \times 100 = (8,34 \text{ kg} / 13,35 \text{ kg}) \times 100 = 62,47\%$

Primer 6. Svinja je dnevno konzumirala smešu koncentrata sa 91% suve materije u količini od 2,1 kg/dan. Sadržaj sirovih proteina u suvoj materiji smeše je bio 15%. Ako je dnevni obim ekskrecije fecesa bio 0,59 kg, sadržaj suve materije u fecesu od 66,76% i sadržaj proteina u suvoj materiji fecesa 17,4%, kolika je svarljivost suve materije i proteina (koeficijenti svarljivosti) ?

- Konzumiranje suve materije, g/dan = $(\text{Konzumiranje smeše koncentrata} / 100) \times \text{Sadržaj suve materije u smeši} = (2100 / 100) \times 91 = 1911$
- Suva materija fecesa, g/dan = $(\text{Ekskrecija fecesa} / 100) \times \text{Sadržaj suve materije u fecesu} = (590 / 100) \times 66,76 = 394$
- Svarljivost suve materije, % = $[(\text{Konzumiranje suve materije hrane} - \text{Ekskrecija suve materije fecesa}) / \text{Konzumiranje suve materije hrane}] \times 100 = ((1911 - 394) / 1911) \times 100 = 79,38$
- Konzumiranje proteina, g/dan = $(\text{Konzumiranja suve materije hrane} / 100) \times \text{Sadržaj proteina u suvoj materiji hrane} = (1911 / 100) \times 15 = 287$
- Ekskrecija proteina, g/dan = $(\text{Suva materija fecesa} / 100) \times \text{Sadržaj proteina u suvoj materiji fecesa} = (394 / 100) \times 17,4 = 69$
- Svarljivost proteina, % = $[(\text{Konzumiranje proteina} - \text{Ekskrecija proteina}) / \text{Konzumiranje proteina}] \times 100 = ((287 - 69) / 287) \times 100 = 75,96$

2.2. Određivanje svarljivosti indirektnom metodom

Zasniva se na utvrđivanju razlike u koncentraciji digestivno inertnih materija tj. nesvarljivih endogenih ili egzogenih materija u hranivu i fecesu.

2.2.1. Indirektno određivanje svarljivosti pomoću nesvarljivih endogenih materija

To je utvrđivanje razlike u koncentraciji lignina, kao prirodno prisutne nesvarljive materije, u hranivu i fecesu.

Primer 7. U cilju ispitivanja svarljivosti lucerkinog sena hemijskom analizom je utvrđen sadržaj lignina od 8,1% u suvoj materiji. U fecesu konja koji je konzumirao ovo seno, utvrđen je sadržaj lignina od 13,48% u suvoj materiji. Kolika je svarljivost suve materije sena ?

Svarljivost suve materije, % = $100 - (\text{Koncentracija lignina u suvoj materiji hraniva} / \text{Koncentracija lignina u suvoj materiji fecesa}) \times 100 = 100 - (8,1/13,48) \times 100 = 39,91$

2.2.2. Indirektno određivanje svarljivosti pomoću nesvarljivih egzogenih materija

Ovaj metod podrazumeva dodavanje nesvarljivih materija hranivu tzv. markeri, u poznatoj koncentraciji, i potom utvrđivanje njihove koncentracije u fecesu. Kao markeri se obično koriste hrom oksid i titanijum dioksid.

Primer 8. U cilju ispitivanja svarljivosti smeše koncentrata u sastav iste je uključen marker (hrom oksid) u koncentraciji od 0,95% u suvoj materiji. U fecesu krmače koja je konzumirala ovu smešu koncentrata utvrđen je sadržaj markera od 4,95% u suvoj materiji. Kolika je svarljivost suve materije smeše koncentrata ?

Svarljivost suve materije, % = $100 - (\text{Koncentracija markera u suvoj materiji hraniva} / \text{Koncentracija markera u suvoj materiji fecesa}) \times 100 = 100 - (0,95/4,95) \times 100 = 80,81$

2.3. Retencija ili bilans azota

Razlika između količine azota koja se unese u organizam, i iz njega se izluči naziva se bilans azota. Ta količina zaostaje u organizmu pa se zato naziva još i retencija azota. Na ovaj način procenjuje se količina proteina koja zaostaje u organizmu. Uz taj podatak, uvažavajući činjenicu da je prosečan sadržaj proteina u mesu 23%, može se proceniti proteinski prirast.

Primer 9. Tovna svinja konzumira smešu koncentrata sa 14% proteina u količini od 2,1 kg/dan. Ako je dnevni obim ekskrecije azota putem fecesa 9,6 grama i 27,5 grama putem urina, kolika je dnevna retencija azota ?

- Konzumiranje proteina, g/dan = (Konzumiranje hrane / 100) x Sadržaj proteina u hrani = (2100 / 100) x 14 = 294
- Unos azota, g/dan = Konzumiranje proteina, g/dan / 6,25 = 294 / 6,25 = 47
- Ekskrecija azota, g/dan = Ekskrecija azota putem fecesa, g/dan + Ekskrecija azota putem urina, g/dan = 9,6 + 27,5 = 37,1
- Retencija azota, g/dan = Unos azota, g/dan - Ekskrecija azota, g/dan = 47 - 37,1 = 9,9
- Retencija proteina, g/dan = Retencija azota x 6,25 = 9,9 x 6,25 = 62
- Dnevni proteinski prirast, g/dan = (Retencija proteina / Sadržaj protein u mesu) x 100 = (62 / 23) x 100 = 270

3. Energetska vrednost hraniva i sastavljanje krmnih smeša

3.1. sadržaj energije u hranivu

Ukupna energija nekog hraniva (GE) ili bruto energija (BE) je ona koja može da se oslobodi kao toplota kada se njegova organska materija u celosti oksidiše do ugljen dioksida i vode. Ona se meri pomoću "kalorimetrijske (Bertheltove) bombe" gde se hranivo spaljuje u čistom kiseoniku. Ima mnogo činilaca koji onemogućavaju da životinja potpuno iskoristi energiju hraniva. Energija koja se nalazi u fecesu (FE) sastoji se od nesvarenog dela hrane i produkata metabolizma životinje. Kada se od ukupne energije oduzme energija fecesa dobija se svarljiva energija (DE). Od svarljive energije dostupne za životinju jedan deo se gubi u vidu gasova koji nastaju tokom varenja hrane (GPE), a drugi deo se gubi putem urina (UE), i toj energija koja vodi poreklo od hranljivih materija koje su bile usvojene, ali nisu bile iskorišćene u organizmu, a takođe i od krajnjih produkata metaboličkih procesa i endogenih supstanci. Preostali deo energije je metabolička energija (ME) i koristi se za normiranje potreba nepreživara u energiji. Izražava se u megadžulima (MJ). To je ona energija koja preostaje za metabolizam i dobija se tako što se od svarljive oduzmu energija urina i gasova. Tokom varenja hrane stvara se toplotna energija (TE) usled odvijanja metaboličkih procesa u organizmu životinje. Oduzimanjem ove toplotne od metaboličke energije dobija se neto energija (NE) koja izražava produktivnu vrednost hraniva u ishrani preživara.

Da bi se energetska vrednost hraniva precizno utvrdila, potrebno je i prikupljanje fecesa, urina, i gasova oslobođenih u procesima varenja hrane i njihovo spaljivanje u kalorimetrijskoj bombi. Takvo prikupljanje je moguće samo u specijalnim metaboličkim kavezima.

Primer 9. Spaljivanjem hraniva u kalorimetrijskoj bombi utvrđen je sadržaj ukupne energije (BE) od 16,378 MJ/kg. U toku boravka životinje u metaboličkom kavezu prikupljeni su ekskrementi i gasovi. Spaljivanjem u Bertheltovoj bombi, utvrđen je sadržaj energije od 7,663 MJ u fecesu (FE), 0,87 MJ u urinu (UE) i 0,97 MJ u gasovima oslobođenim u toku varenja (GPE). Izračunati sadržaj svarljive energije (DE) i metaboličke energije (ME) u hranivu.

$$DE = GE - FE = 16,378 - 7,663 = 8,715 \text{ MJ}$$

$$ME = DE - UE - GPE = 8,715 - 0,87 - 0,97 = 6,875 \text{ MJ}$$

3.2. Sastavljanje smeša koncentrata

Primer 10. Farmer raspolaže kukuruzom, ječmom i sojinom sačmom. Sastavite mu recepturu smeše koncentrata sa 14% proteina (SP), metodom pirsonovog kvadrata, prvo za grupu ugljenohidratnih hraniva sa sadržajem proteina od 10%, a onda za smešu u celini.

Sadržaj sirovih proteina, %	Pirsonov kvadrat sa željenim sadržajem proteina u smeši	Delova hraniva u smeši	Udeo hraniva u smeši, %
Kukuruz, 9% SP	<p>Diagram: A square with '10%' in the center. Four arrows point from the center to the corners. The top-left corner is connected to the top-right corner, and the bottom-left corner is connected to the bottom-right corner, forming an 'X' shape.</p>	$13 - 10 = 3$	$(3/4) \times 100 = 75$
Ječam, 13% SP		$10 - 9 = 1$	$(1/4) \times 100 = 25$
UKUPNO:		$3 + 1 = 4$	$75 + 25 = 100$

U gornji levi ugao pirsonovog kvadrata upisujemo sadržaj proteina prve komponente smeše, u ovom slučaju 9% za kukuruz, a u donji levi za drugu komponentu tj. za ječam (13%). U centar kvadrata se unese željeni sadržaj proteina u smeši, u ovom slučaju 10%. Po dijagonalama kvadrata se obavlja utvrđivanje apsolutne vrednosti razlike iz ugla i centra kvadrata, i dobije se broj delova hraniva u smeši koncentrata. U ovom slučaju 3 dela kukuruza i 1 deo ječma. Relativni udeo delova svakog hraniva (3 odnosno 1) u ukupnom broju delova smeše (4) je podatak o procentualnom učešću hraniva u smeši. To je u ovom primeru 75% za kukuruz i 25% za ječam.

U sledećem koraku u pirsonov kvadrat uključujemo smešu ugljenohidratnih hraniva i sojinu sačmu, i postupamo po istom principu.

Sadržaj sirovih proteina, %	Pirsonov kvadrat sa željenim sadržajem proteina u smeši	Delova hraniva u smeši	Udeo hraniva u smeši, %
Smeša ugljenohidratnih hraniva, 10% SP	<p>Diagram: A square with '14%' in the center. Four arrows point from the center to the corners. The top-left corner is connected to the top-right corner, and the bottom-left corner is connected to the bottom-right corner, forming an 'X' shape.</p>	$44 - 14 = 30$	$(30/34) \times 100 = 88,24$
Sojina sačma, 44% SP		$14 - 10 = 4$	$(4/34) \times 100 = 11,76$
UKUPNO:		$30 + 4 = 34$	$88,24 + 11,76 = 100$

Sada je poznato učešće sojine sačme u smeši koncentrata, od 11,76%. Takođe, poznato nam je učešće kukuruza i ječma u smeši ugljenohidratnih hraniva (kukuruz 75%, ječam 25%) i učešće ove smeše u ukupnoj smeši koncentrata (88,24%). Na bazi ovih vrednosti izračunava se učešće kukuruza i ječma u ukupnoj smeši koncentrata.

Učešće kukuruza i ječma u ukupnoj smeši koncentrata:

Komponenta	Učešće u smeši ugljenohidratnih hraniva, %	Učešće smeše ugljenohidratnih hraniva u ukupnoj smeši koncentrata, %	Učešće komponenti smeše ugljenohidratnih hraniva u ukupnoj smeši koncentrata, %
Kukuruz	75	88,24	$(75/100) \times 88,24 = 66,18$
Ječam	25	88,24	$(25/100) \times 88,24 = 22,06$

Sastav smeše koncentrata:

Komponenta	Učešće u smeši koncentrata, %
Kukuruz	66,18
Ječam	22,06
Sojina sačma	11,76

U nekim situacijama raspolaže se samo jednim ugljenohidratnim hranivom, a sa dva proteinska (npr. suncokretova i sojina sačma). Postupak je i tada sličan, s tim da se prvo izrađuje receptura dvokomponentne smeše proteinskih hraniva, a na bazi nje i ugljenohidratnog hraniva, sastavlja se receptura ukupne smeše koncentrata. U praksi primena pirsonovog kvadrata ima samo polazni značaj, jer se neretko koristi više hraniva, uključujući tu i brojne vitaminsko-mineralne i druge dodatke. Pored toga sadržaj proteina nije jedini parametar o kome se vodi računa prilikom sastavljanja smeša koncentrata. U obzir se uzima i sadržaj energije, masti, celuloze, kalcijuma, fosfora, drugih makro elemenata i minerala, kao i vitamina i dr. Zato je u današnje vreme upotreba računara u sastavljanju receptura smeša koncentrata neophodna. Postoje brojni namenski programi ali se postupak može veoma efikasno sprovesti u bilo kom računarskom programu za tabelarne kalkucije kao npr. MS Excel.