

## ERINEVA SUURUSEGA TERAVILJA- JA RAPSISEEMNEJAHU FRAKTSIOONIDE KUIVAINE JA PROTEIINI LÕHUSTUMINE VEISE VATSAS

A. Kaasik, H. Kask

**SUMMARY: Degradability of grain and rapeseed meal fractions of different size in the rumen of cattle.** A trial was carried out with three rumen fistulated dry cows. The cows were fed a ration consisting of 4 kg gramineous hay, 1.5 kg barley meal and 0.5 kg soybean oil meal.

The data on dry matter and protein degradability of three fractions of oat, wheat and rapeseed meal in the rumen were studied. Size of the meal fractions were >2 mm (F1), 1...2 mm (F2) and 0.315...1 mm (F3). F1 fraction of rapeseed meal, which was not practically formed, was not studied. The samples were incubated in the rumen of cows for 2, 4, 8, 16, 24 and 48 hours. The dry matter and protein content in feed samples was determined before and after incubation in the rumen. On the basis of the results the amounts of degraded dry matter and protein were determined.

The analysis of the trial results showed that the difference in dry matter and protein degradability of the fractions of oat, wheat as well as rapeseed meal of different size is statistically significant ( $P < 0.001$ ), except the difference in the protein degradability of oat fractions F1 and F2.

The effective dry matter degradability of wheat meal fractions was as follows: F1 – 58.2 %; F2 – 73.2 % and F3 – 75.7 %, that of oat meal fractions was F1 – 59.7 %; F2 – 72.4 % and F3 – 77.8 % and rapeseed meal fractions: F2 – 43.2 % and F3 – 50.7 %, respectively. The effective protein degradability of wheat meal fractions was as follows: F1 – 46.2 %; F2 – 57.0 % and F3 – 64.4 %, that of oat meal fractions: F1 – 82.0 %; F2 – 82.8 % and F3 – 75.2 % and that of rapeseed meal fractions: F2 – 43.4 % and F3 – 54.8 %, respectively.

The statistically significant correlation was observed between ruminal dry matter and protein degradability of wheat meal fraction F1 ( $r=0.9656^{**}$ ), F3 ( $r=0.9611^{**}$ ), oat meal fraction F3 ( $r=0.9299$ ) and rapeseed meal fraction F3 ( $r=0.9765^{**}$ ).

Praeguses majanduslikus situatsioonis, kus segajõusööda hind on loomakasvataja jaoks suhteliselt kõrge, söödetakse veistele sageli omakasvatatud teraviljast valmistatud jahu. Samuti on tööstuslikult valmistatud segajõusööda peamiseks komponendiks teravili. Olenevata teravilja liigist ja jahvatamiseks kasutatud veski tüübist ning margist sisaldavad jahvatusproduktid suuremal või vähemal määral erineva suurusega jahufraktsioone.

Mäletsejaliste seedefüsioloogilisest iseärasusest tingituna omab söödaosakeste suurus vatsakeskkonna parameetrite ning seega ka söödaväärinduse seisukohalt olulist tähtsust. Mida suurem on söödaosakeste kogupindala, s.t. mida peenema jahufraktsiooniga on tegemist, seda efektiivsem ning kiirem on vatsakeskkonna ning -mikroobide toime neisse. Väga kiire söödas sisalduvate toitefaktorite, eriti proteiini lõhustumine veise vatsas ei ole aga seedefüsioloogia seisukohalt soovitatav, kuna seetõttu võib vatsakeskkonna pH langeda optimaalsega võrreldes küllaltki madalale. Samuti võib osa proteiini lõhustumisprotsessi käigus vabanenud ammoniaagist jääda kasutamata, sest vatsamikroobid ei suuda seda oma rakuvalku siduda.

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oligi selgitada jahuosakeste suuruse ja nendes sisalduvate tähtsamate toitefaktorite vatsaslõhustuvuse näitajate vahelisi seoseid.

## Ülevaade kirjandusest

Viljatera kolmeks olulisemaks osaks on idu, endosperm ning kestad. Inimtoidu ning loomasööda seisukohalt tähtsamaks neist on endosperm, loomasöödana ka viljakestad, sest nende kogumass annab põhilise osa kogu tera massist. Näiteks nisutera massist moodustab 78,7...84,3 % endosperm, 1,4...4,2 % idu ning 11,5...19,1 % kestad. Rukkil on need näitajad vastavalt 70,6...78,2 %; 2,4...3,8 % ning 18,0...27,0 %. Proteiinisisaldus viljaterade osades erineb suurtes piirides. Nii näiteks nisutera endospermi kuivaines sisaldub ligikaudu 13 %, idu kuivaines 41 % ning viljakestade kuivaines 29 % proteiini. Et aga suure proteiinisaldusega idu ja viljakestade osatähtsus kogu tera massis on suhteliselt väike, siis kujuneb antud juhul kogu nisutera keskmiseks proteiinisisalduseks kuivaines 16 %. Samuti on endospermi välimiste kihtide proteiinisisaldus suurem võrreldes tera sisuga (Kazakov, Kretovitš, 1989).

Teraviljade proteiini põhiosaks on valguline proteiin, mille koostisosadeks on aminohapped. Taimsed ja loomsed lihtvalgud jagunevad reagentides lahustuvuse alusel (*in vitro*) kaheksasse rühma: albumiinid, globuliinid, prolamiinid, gluteliinid, histoonid, protamiinid, proteinoidid ja skleroproteiinid. Taimsetes valkudes esineb nimetatutest neli esimest rühma.

Albumiinid on keemiliselt neutraalsed. Nad lahustuvad vees, soolalahustes, hapetes ja alustes. Albumiinide koostises on märkimisväärset hulgal väävli sisaldavaid aminohappeid – metioniini, tsüstiini ja tsüsteiini. Globuliinid lahustuvad vees halvasti. Lahustina on võimalik kasutada neutraalseid soolalahuseid, nõrku happeid ja aluseid. Globuliinide koostises puudub peaaegu täielikult glütsiin. Prolamiinid, erinevalt albumiinidest ja globuliinidest, lahustuvad ainult 70-...80-protsendilises etüülalkoholis. Aminohapetest on selles proteiini fraktsioonis ülekaalus proliin ja glutamiinhape. Arginiini-, histidiini-, trüptofaani- ja lüsiinisaldus on aga minimaalne. Gluteliinid on oma keemilistelt, bioloogilistelt ja füüsikalise-keemilistelt omadustelt lähedased globuliinidele, kuid erinevalt globuliinidest lahustuvad nad hapetes ja alustes. Gluteliinid sisaldavad palju glutamiinhapet ja ka lüsiini (Taranov, Sabirov, 1987). Erinevate teraviljaliikide proteiinis sisalduvate albumiinide, globuliinide, prolamiinide ja gluteliinide kontsentratsioonimäärad on suuresti varieeruvad. Sellest tulenevalt lõhustub ka vastavate teraviljade proteiin vatsas erineval määral. Tabelis 1 on toodud mõningate söödataimede iseloomulikud lihtvalgud (Annus jt., 1980; Kretovitš, 1986; Taranov, Sabirov, 1987).

**Tabel 1.** Söödataimedes esinevad liigispetsiifilised lihtvalgud  
**Table 1.** Species of specific simple proteins in fodder plants

Valgurühmad <i>Protein groups</i>	Valgu nimetus <i>Protein</i>	Kultuurid <i>Crops</i>
Albumiinid / <i>Albumins</i>	Leukosiin / <i>Leucocine</i> Legumeliin / <i>Legumeline</i>	Nisu, oder, kaer / <i>Wheat, barley, oat</i> Hernes / <i>Pea</i>
Globuliinid / <i>Globulins</i>	Maisiin / <i>Maizine</i> Legumiin / <i>Legumine</i> Glütsiniin / <i>Glytsinine</i>	Mais / <i>Corn</i> Hernes / <i>Pea</i> Sojauba / <i>Soybean</i>
Gluteliinid / <i>Glutelins</i>	Gluteniin / <i>Glutenin</i>	Nisu / <i>Wheat</i>
Prolamiinid / <i>Prolamines</i>	Hordeiin / <i>Hordein</i> Gliadiin / <i>Gliadin</i> Zeiin / <i>Zein</i> Aveniin / <i>Avenine</i> Kafriin / <i>Kafrine</i>	Oder / <i>Barley</i> Nisu, rukis / <i>Wheat, rye</i> Mais / <i>Corn</i> Kaer / <i>Oat</i> Sorgo / <i>Sorghum</i>

Valguliste lämmastikühendite kõrval sisaldub taimses proteiinis küllaltki suurtes kogustes mittevalgulisi lämmastikühendeid. Olenevalt taime liigist, kasvufaasist ja kasvukeskkonnast võib selliste ühendite sisaldus koguproteiinis ulatuda 5...30 %-ni. Taimses proteiinis esinevateks olulisemateks mittevalgulisteks lämmastikühendite rühmadeks on vabad aminohapped, nukleinhapped, amiidid, ammooniumiühendid, nitraadid ja nitritid. Kõik

loetletud rühmadesse kuuluvad ühendid on seedeprotsessi käigus suhteliselt kergesti lahustuvad ja lõhustuvad ning seega ka loomade poolt suhteliselt kergesti omastatavad.

Kaera proteiinisisaldus varieerub olenevalt sordist 9...12 % piires (Oll jt., 1995). Kaera proteiinis sisaldub kirjanduse andmetel keskmiselt 78...85 % valgulist ning 15...22 % mittevalgulist proteiini. Valgulise proteiini koostises on keskmiselt 7...13 % albumiine, 17...31 % globuliine, 14...23 % prolamiine ning 23...34 % gluteliine (Kazakov, Kretovitš, 1989; Rjatsšikov, 1978).

Nisuterades sisaldub keskmiselt 13 % proteiini (Oll jt., 1995). Nisu proteiinis on prolamiinide osatähtsus tunduvalt suurem. Zima ja Lebedevi (1979), Konarevi (1980) ja Rjatsšikovi (1978) andmetel sisaldub nisus keskmiselt 83...94 % valgulist ning 6...17 % mittevalgulist proteiini, millest 4...8 % on reagentides lõhustumatu. Valgulise proteiini koostises on keskmiselt 13...22 % albumiine, 10...15 % globuliine, 26...39 % prolamiine (põhiliselt gliadiin) ning 17...25 % gluteliine.

Odra (proteiinisaldus 9...12 %) proteiin on rikas gluteliinide fraktsiooni poolest. Rjatsšikovi jt. (1979) ning Rjatsšikovi (1978) andmetel koosneb odra proteiin keskmiselt 80...86 % valgulistest ning 14...20 % mittevalgulistest lämmastikühenditest. Valgulises osas sisaldub 6...15 % albumiine, 6...14 % globuliine, 15...40 % prolamiine (hordeiin) ning 23...43 % gluteliine. 7...12 % odra proteiinist on aga reagentides lõhustumatu.

Rapsiseemned ja nendest valmistatud jahu on võrreldes nisu-, kaera- ja odrajahuga tunduvalt proteiinirikamad. Olli jt. (1995) andmetel sisaldub rapsiseemnetes keskmiselt 23...24 % proteiini. Rapsiseemnete proteiin on rikas väävlit sisaldavate aminohapete poolest, kuid lüsiinisaldus jääb suhteliselt tagasihoidlikuks. Mõningad rapsi proteiinis esinevad aminohapped on moodustanud kompleksühendeid rapsis jt. ristõielistes esinevate spetsiifiliste ühendite glükosinolaatidega (Bell, 1984). Seetõttu soovitatakse loomadele sööta madala glükosinolaatide sisaldusega rapsisortidest (00 sordid) valmistatudprodukte (jahu, srott, kook).

Söödaproteiini võib jaotada seedeprotsessi käigus lahustuvuse ja lõhustuvuse alusel kolme suurde rühma (Roy, 1982): 1) vatsakeskkonnas kiiresti lahustuv proteiin, mis koosneb põhiliselt mittevalgulistest lämmastikühenditest, 2) raskesti lahustuv, kuid potentsiaalselt lõhustuv proteiin, mis koosneb peamiselt valgulistest lämmastikühenditest, s.o. aminohapetest, ning 3) mittelahustuv ja -lõhustuv proteiin. Raskesti lahustuva, kuid potentsiaalselt lõhustuva proteiini fraktsiooni saab jaotada omakorda kolme rühma. 1. Veis lahustuv valk, mis laguneb vatsakeskkonnas kiiresti ning koosneb peamiselt albumiinidest. 2. Veis raskesti lahustuv, kuid happelises keskkonnas lagunev valk. See fraktsioon on looma poolt täielikult omastatav, kuid lõhustumisprotsess on pikemaajaline võrreldes esimese fraktsiooniga. Fraktsiooni põhikomponendiks on globuliinid ja gluteliinid. 3. Aeglaselt lahustuv ja lõhustuv valk, mis koosneb peamiselt prolamiinidest. Siia hulka kuulub näiteks maisi zeiin, mis on isegi peensooles raskesti seeditav.

Peale teravilja aminohappelise koostise mõjutab oluliselt proteiini ning ka teiste toitefaktorite lahustuvust ja lõhustuvust veise vatsas teravilja tihedus. Annuse jt. (1980) andmetel on näiteks nisu 1000 tera mass olenevalt sordist 40...50 grammi piires ning erikaal sõltuvalt sordist ning kasvutingimustest 0,68...0,78 g/cm<sup>3</sup> (Hook, 1984). Kaera 1000 tera mass ulatub aga vastavalt 30...40 grammini. Tihedama (kõvema) konsistentsiga teraviljade (nisu) jahvatusproduktide jämedamate fraktsioonide toitefaktorid alluvad vatsakeskkonna ning vatsamikroobide toimele raskemini kui väiksema tihedusega teraviljade (kaer, oder) jahvatusproduktide vastava suurusega fraktsioonide toitefaktorid.

## Materjal ja meetodika

Katsetes uuriti kaera-, nisu- ja rapsijahu erineva suurusega fraktsioonide kuivaine ja toorproteiini vatsaslõhustuvust *in sacco* meetodil. Jahufraktsioonide eraldamiseks kasutati kolmest sõelast koosnevat sõeltekomplekti, avade suurusega vastavalt 2 mm, 1 mm ja 0,315 mm. Kuivaine ja toorproteiini vatsaslõhustuvuse näitajad määrati järgmistel jahufraktsioonidel: >2 mm (F1), 1...2 mm (F2) ja 0,315...1 mm (F3). 0,315 millimeetrist väiksemate jahuosakeste vatsaslõhustuvuse näitajaid ei uuritud. Selle põhjuseks oli asjaolu, et niisuguse suurusega jahuosakeste mehaaniline kadu nailonkotikesest (söödaosakeste riide silmadest läbimine) võib vatsakeskkonnas tõenäoliselt olla küllaltki suur ning seepärast on

saadavad tulemused suhteliselt väheusutavad. Rapsiseemnejahul uuriti F2- ja F3-fraktsioonide lõhustuvuse näitajaid, kuna rapsiseemnete väikeste mõõtmete tõttu (umbes 2 mm) F1-fraktsioon praktiliselt puudus.

Katse viidi läbi Eerika õppe-katsetalu laudas kolme vatsafistuliga varustatud kinnis-lehmaga. Lehmi söödeti elatustasemel, ratsiooniga, mis sisaldas 4 kg kõrrelisterikast heina; 1,5 kg odrajahu ning 0,5 kg sojasrotti. Katselehmi söödeti kaks korda päevas, kell 6.00 ja 18.00.

Uuritavad jahuproovid kuivatati õhkuivaks, söeluti ülaltoodud skeemi kohaselt ning saadud jahufraktsioonid asetati polüesterkotikestesse (riide mark *PES 28/7*, firma *SAATI*, Itaalia). Kotikeste mõõtmed olid 100×160 mm, silma suurus 28 µm ning avatud pindala suurus kogupinnast 17 %. Igasse kotikesse kaaluti 4,0 g uuritavat sööta.

Söödaproovid asetati inkubeerimiseks vatsa fistuli kaudu ja kinnitati fistulikaane külge 50 cm pikkuse kapronnööriga. Kotikesed kinnitati spetsiaalselt valmistatud “kuusekese” külge, et tagada kõikidele söötadele inkubeerimise ajaks ühtne re<sup>o</sup>iim. Söödaproove inkubeeriti vatsas vastavalt 2, 4, 8, 16, 24 ja 48 tundi. Kõikide jahufraktsioonide lõhustuvuse näitajaid uuriti kolme lehmaga kahes korduses ülalnimetatud ajavahemike järel, seega inkubeeriti 36 proovi iga jahufraktsiooni kohta.

Peale inkubeerimist kotikesed loputati kohe külma veega ning pesti seejärel automaatre<sup>o</sup> iimil töötava pesumasina. Pesemine ja loputamine toimus külma veega 30 minuti vältel, kusjuures aktiivse pesemise aeg oli 15 minutit. Seejärel kuivatati kotikesed koos analüüsitava söödaprooviga 12 tunni jooksul sundventilatsiooniga kuivatuskapis 45 °C juures. Seejärel määrati söödaproovidest kuivaine ja proteiinisaldus. Enne inkubeerimist kotikestes sisaldunud ja pärast inkubeerimist järele jäänud kuivaine ja toorproteiini vahe kaudu leiti nende lõhustuvus vatsas.

Katsetulemuste matemaatilisel analüüsil kasutati arvutiprogrammi *Microsoft Excel 5.0*.

Tabelis 2 on toodud uuritud nisu-, kaera- ja rapsiseemnejahu ning selle fraktsioonide kuivaine ja toorproteiinisaldus enne vatsas inkubeerimist.

Tabelist nähtub, et uuritud jahufraktsioonide kuivaine ja toorproteiini sisaldus erineb mõnevõrra lähtematerjali vastavatest näitajatest. See on ka loogiline, kuna nii kuivaine kui ka proteiin on jaotunud viljaterade eri osade vahel ebahühtlaselt.

**Tabel 2.** Nisu-, kaera- ja rapsiseemnejahu ning selle fraktsioonide esialgne kuivaine ja proteiinisaldus

**Table 2.** Initial dry matter and crude protein content of wheat, oat and rapeseed meal and their fractions

Fraktsioon <i>Fraction</i>	Jahu / <i>Meal</i>					
	Nisu / <i>Wheat</i>		Kaer / <i>Oat</i>		Raps / <i>Rapeseed</i>	
	kuivaine <i>dry matter</i> %	toorproteiin <i>crude protein</i> %	kuivaine <i>dry matter</i> %	toorproteiin <i>crude protein</i> %	kuivaine <i>dry matter</i> %	toorproteiin <i>crude protein</i> %
Jahu / <i>Meal</i>	87,8	11,4	88,1	9,3	94,4	17,8
> 2 mm (F1)	88,0	10,6	88,8	9,9	–	–
1...2 mm (F2)	88,2	10,7	88,7	11,6	94,6	18,1
0,315...1 mm (F3)	88,1	11,6	89,5	7,8	93,8	18,4

### Katsetulemused ja nende arutelu

Kõiki jahufraktsioone inkubeeriti vatsas 2, 4, 8, 16, 24 ja 48 tundi. Jahufraktsioonide kuivaine ja proteiini vatsas lõhustumise näitajad on kokkuvõtlikult esitatud tabelis 3.

**Tabel 3.** Jahufraktsioonide kuivaine ja proteiini lõhustuvus vatsas sõltuvalt inkubeerimisajast  
**Table 3.** Effect of incubation time on ruminal dry matter and protein degradability of meal fractions

Inkubatsiooni aeg, h <i>Incubations time, h</i>	F1		F2		F3	
	Kuivaine lõhustuvus <i>Dry matter degradability</i> %	Proteiini lõhustuvus <i>Protein degradability</i> %	Kuivaine lõhustuvus <i>Dry matter degradability</i> %	Proteiini lõhustuvus <i>Protein degradability</i> %	Kuivaine lõhustuvus <i>Dry matter degradability</i> %	Proteiini lõhustuvus <i>Protein degradability</i> %
<i>Nisu / Wheat</i>						
2	37,1	27,1	64,1	35,5	74,2	46,3
4	55,9	43,5	74,6	48,5	77,5	57,6
8	65,3	45,8	79,5	60,5	80,9	71,0
16	66,8	54,3	80,7	67,1	87,6	80,8
24	77,0	68,4	90,1	84,4	90,8	87,6
48	89,4	91,1	95,2	97,4	95,2	97,2
Efektiivne lõhustuvus, % <i>Effective degradability, %</i>	58,2	46,2	73,2	57,0	75,7	64,4
<i>Kaer / Oat</i>						
2	49,5	83,2	73,9	84,4	79,2	66,4
4	53,3	88,6	74,1	85,7	83,0	74,4
8	63,8	88,9	76,6	89,8	83,5	80,1
16	79,7	89,7	82,5	90,2	83,6	94,2
24	81,4	92,3	86,6	95,8	89,2	96,7
48	85,2	96,5	88,4	97,3	93,3	98,5
Efektiivne lõhustuvus, % <i>Effective degradability, %</i>	59,7	82,0	72,4	82,8	77,8	75,2
<i>Raps / Rapeseed</i>						
2	–	–	21,4	17,6	31,5	34,8
4	–	–	24,4	22,6	35,6	40,6
8	–	–	35,5	37,5	47,7	55,1
16	–	–	59,4	68,7	74,6	79,3
24	–	–	89,3	90,4	90,0	90,9
48	–	–	95,2	95,2	91,5	92,2
Efektiivne lõhustuvus, % <i>Effective degradability, %</i>	–	–	43,2	43,3	50,7	54,8

Samuti on tabelis välja toodud iga üksiku jahufraktsiooni kuivaine ja proteiini efektiivne lõhustuvus. Jahufraktsioonide kuivaine ja proteiini efektiivse lõhustumise leidmiseks kasutati valemit

$$ED\% = a + \frac{bc}{k+c} \quad (\text{Ørskov, McDonald, 1979}),$$

- kus
- a – vatsas lahustuv kuivaine või proteiin %,
  - b – vatsas lahustumatu, kuid mikrofloora ning -fauna toimel lõhustuv kuivaine või proteiin %,
  - c – vatsas lõhustumatu kuivaine või proteiin %,
  - k – söödaosakeste vatsast läbivoolu kiirus.

Antud katseseerias arvestati, et ühe tunni jooksul läheb vatsast peensoolde üle 8 % vatsasisaldisest (Eliman, Ørskov, 1984a,b; Lindberg, 1985).

Tabelist nähtub, et uuritud teraviljade ja rapsi erineva suurusega jahufraktsioonide kuivaine ja toorproteiini vatsaslõhustuvuse näitajad suurenevad peenestusastme suurenemise suunas. Tabelis 4 on näidatud jahu kuivaine ja proteiini lõhustuvuse fraktsioonidevahelise erinevuse olulisus t-testi alusel.

**Tabel 4.** Jahu kuivaine ja proteiini lõhustuvuse fraktsioonidevahelise erinevuse olulisus t-testi alusel

**Table 4.** Significance of interfractional differences in dry matter and protein degradability of meal fractions on the basis of t-test

Jahu <i>Meal</i>	Fraktsioonid <i>Fractions</i>	Erinevuse olulisus / <i>Significance</i>	
		Kuivaine <i>Dry matter</i>	Proteiin <i>Protein</i>
Nisu / <i>Wheat</i>	F1...F2	P<0,001	P<0,001
	F1...F3	P<0,001	P<0,001
	F2...F3	P<0,001	P<0,001
Kaer / <i>Oat</i>	F1...F2	P<0,001	P>0,05
	F1...F3	P<0,001	P<0,001
	F2...F3	P<0,001	P<0,001
Raps / <i>Rapeseed</i>	F2...F3	P<0,001	P<0,001

Tabelist nähtub, et kõikide uuritud söödajahude kuivaine ja proteiini erineva suurusega fraktsioonide vatsaslõhustuvuse erinevus on statistiliselt oluline (P<0,001), v.a. kaera F1- ja F2-fraktsiooni proteiini lõhustuvuse puhul (P>0,05). Tabelis 5 on näidatud jahufraktsioonide kuivaine ja proteiini efektiivse lõhustuvuse näitajate vahelised korrelatsioonikordajad.

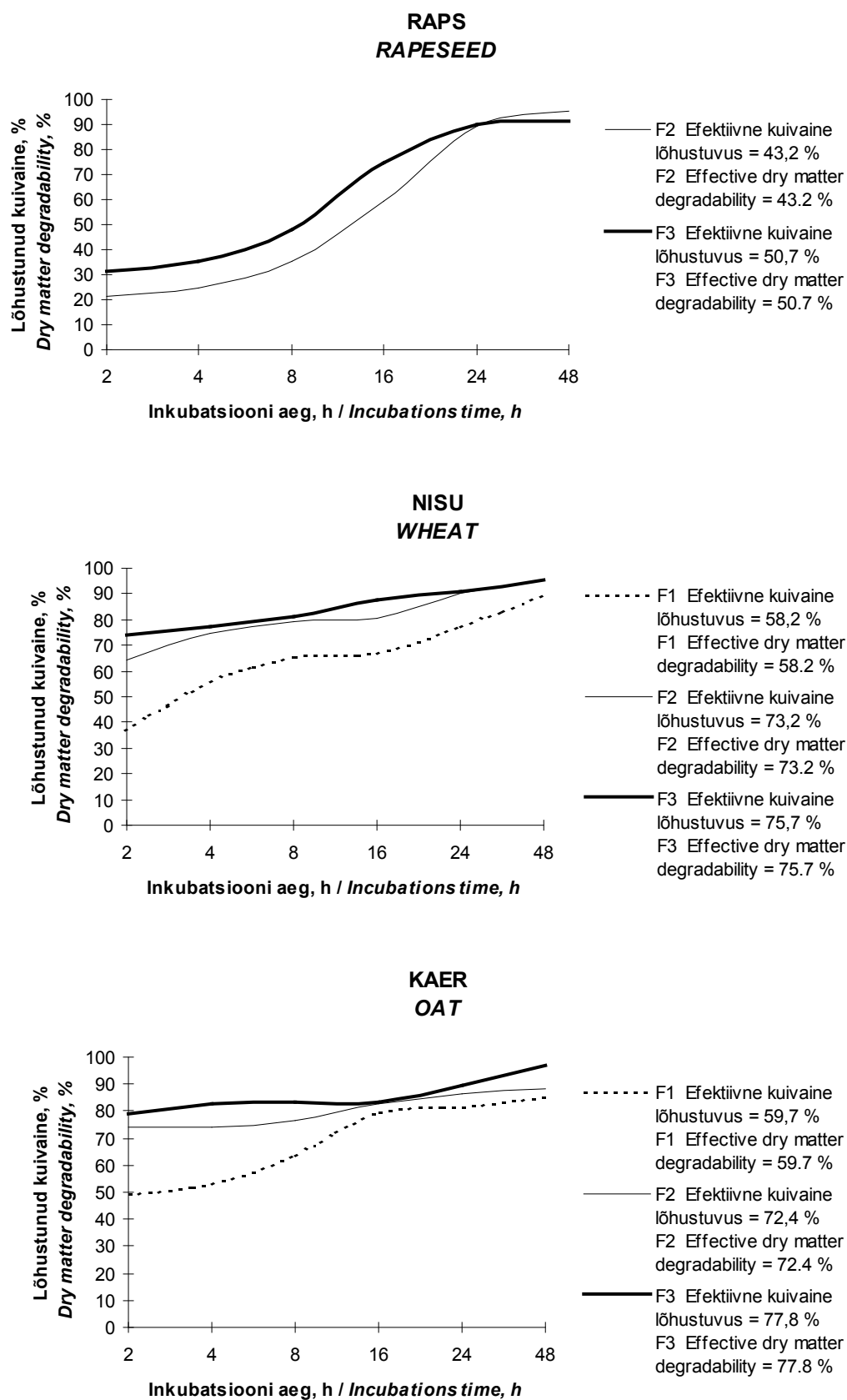
**Tabel 5.** Jahufraktsioonide kuivaine ja proteiini efektiivse lõhustuvuse vahelised korrelatsioonikordajad

**Table 5.** Correlation coefficients of the effective dry matter and protein degradability of meal fractions

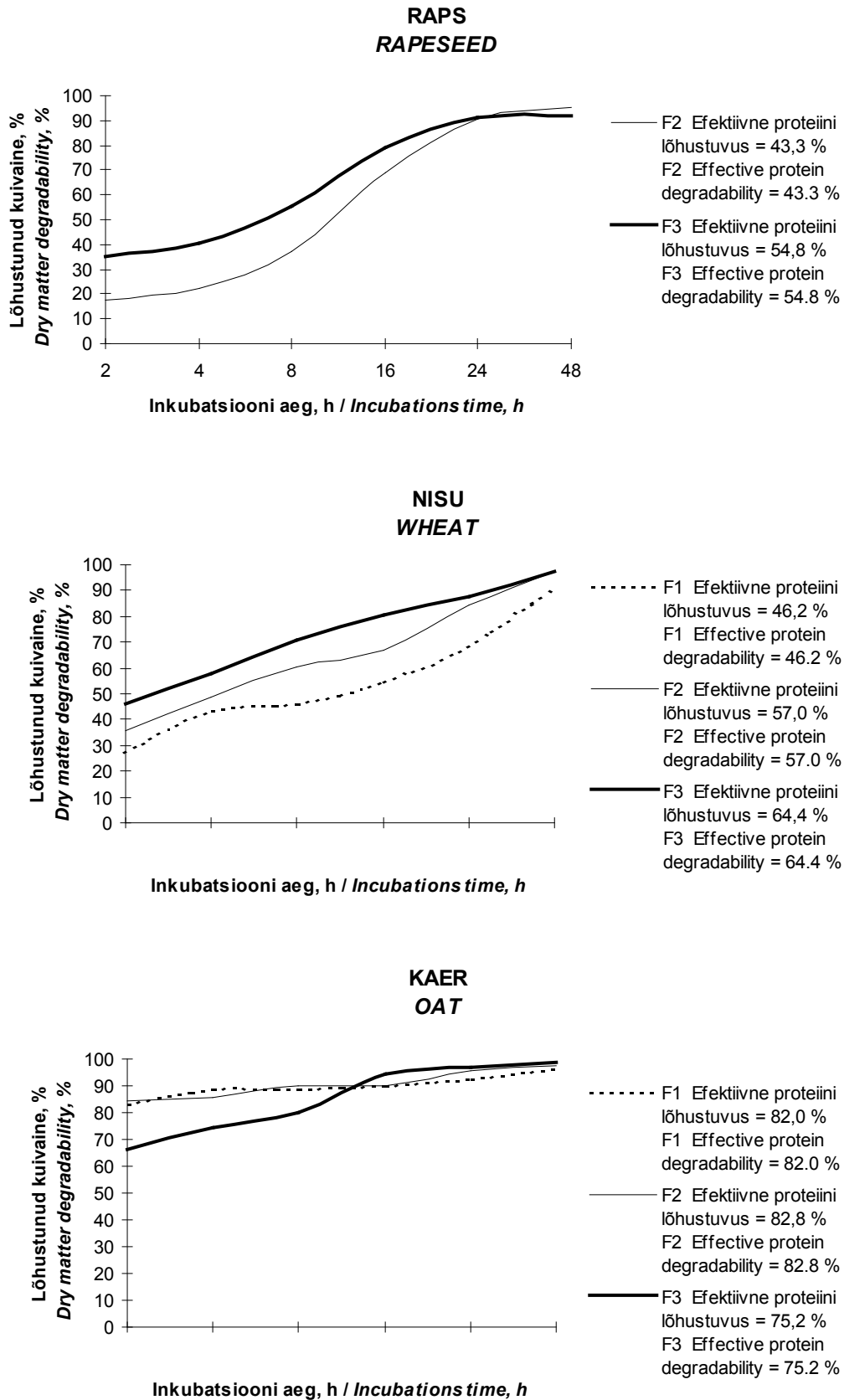
Jahu <i>Meal</i>	Fraktsioon <i>Fraction</i>	Korrelatsioonikordaja <i>Correlation coefficient</i>
Nisu / <i>Wheat</i>	F1	r=0,9656**
	F2	r=0,6515
	F3	r=0,9611**
Kaer / <i>Oat</i>	F1	r=0,5878
	F2	r=0,6848
	F3	r=0,9299**
Raps / <i>Rapeseed</i>	F2	r=0,6582
	F3	r=0,9765**

Tehtud arvutustest nähtub, et statistiliselt tõenäoline korrelatsioon esineb nisu F1-fraktsiooni (r=0,9656\*\*), nisu F3-fraktsiooni (r=0,9611\*\*), kaera F3-fraktsiooni (r=0,9299\*\*) ja proteiini vatsaslõhustuvuse vahel.

Joonistel 1 ja 2 on toodud erinevate jahufraktsioonide kuivaine ja proteiini lõhustumise dünaamika sõltuvalt inkubeerimisajast.



**Joonis 1.** Rapsiseemne-, nisu- ja kaerajahu fraktsioonide kuivaine lõhustuvus vatsas  
**Figure 1.** Ruminal dry matter degradability of rapeseed-, wheat- and oat meal fractions



**Joonis 2.** Rapsiseemne-, nisu- ja kaerajahu fraktsioonide proteiini lõhustuvus vatsas  
**Figure 2.** Ruminal protein degradability of rapeseed-, wheat- and oat meal fractions



Tabelist 3 ja jooniselt 1 nähtub, et nii kaera-, nisu- kui ka rapsiseemnejahu peenemate fraktsioonide kuivaine lõhustub vatsas suuremal määral ja kiiremini, seda eriti kaera puhul, kus F2- ja F3-fraktsioonide kuivainest lõhustub esimese kahe tunni jooksul keskmiselt 75...80 %. Selle põhjuseks on asjaolu, et suurema peenestusastmega jahuosakeste kogupindala on suurem kui jämedamatel jahuosakestel. Seepärast on ka vatsakeskkonna ning vatsamikrofloora ja -fauna toime väiksemate jahuosakeste kuivainesse kiirem ja efektiivsem.

Kirjanduses avaldatud andmetel (Madsen, Hvelplund, 1985; Oll, 1991) on kaera proteiini efektiivne lõhustuvus vatsas (DEG) 80...84 % piires. Ülaltoodud katseandmetest nähtub, et kaera proteiini efektiivne lõhustuvus sõltumata fraktsioonist oli küllaltki ühtlane: F1 – 82,0 %; F2 – 82,8 % ja F3 – 75,2 %. F3 fraktsiooni proteiini mõnevõrra väiksem efektiivne lõhustuvus võrreldes F1- ja F2-fraktsiooni proteiiniga on seletatav eeskätt kolmanda fraktsiooni suhteliselt madala proteiinisaldusega (vt. tabel 2). Samuti lõhustus kaera fraktsioonide proteiinist suurem osa inkubeerimise esimese kahe tunni jooksul, F1-fraktsioonil oli see näitaja 83,2 %, F2-fraktsioonil 84,4 % ja F3-fraktsioonil 66,4 %. Oluliseks kaera proteiini vatsaslõhustuvust soodustavaks teguriks on selle suhteliselt kõrge kergesti lahustuvate ja lõhustuvate proteiinifraktsioonide sisaldus.

Nisu proteiini puhul arvestatakse, et selle efektiivne vatsaslõhustuvuse näitaja on samuti 80 kuni 84 %. Käesolevas katses saadi aga sellest suurusest küllaltki erinevad lõhustuvuse näitajad, F1-fraktsioonil 46,2 %, F2-fraktsioonil 57,0 % ning F3-fraktsioonil vastavalt 64,4 %. See on seletatav esiteks katses kasutatud nisujahu suhteliselt madala proteiinisaldusega – 11,4 %, fraktsioonidel vastavalt 10,6 %; 10,7 % ja 11,6 %. Teiseks põhjuseks võib lugeda seda, et nisuterade tihedus on võrreldes kaeraterade tihedusega tunduvalt suurem. Seepärast on vatsakeskkonna ja vatsamikroobide toime nisujahu proteiini aeglasem ning vähem efektiivne, seda eriti jämedamate jahufraktsioonide puhul. Selle tõestuseks on ka asjaolu, et esimese kahe inkubatsioonitunni jooksul lõhustus 27,1 % F1-fraktsiooni proteiinist, 35,5 % F2-fraktsiooni proteiinist ning 46,3 % F3-fraktsiooni proteiinist. Kolmandaks oluliseks teguriks nisujahu proteiini vatsaslõhustuvuse juures on proteiini valguline koostis. Nisujahu proteiinis sisaldub küllaltki suurel hulgal prolamiine (gliadiin), mis on vatsas raskesti lõhustuvad. Seetõttu kaasneb prolamiinide sisalduse tõusuga nisujahus proteiini vatsaslõhustuvuse halvenemine.

Rapsiseemnejahu proteiini efektiivseks vatsaslõhustuvuse näitajaks annavad kirjanduse allikad sõltuvalt jahu proteiinisaldusest 63 % kuni 77 % (Madsen, Hvelplund, 1985). Käesolevas katses oli rapsiseemnejahu proteiini efektiivne vatsaslõhustuvus aga F2-fraktsioonil 43,3 % ja F3-fraktsioonil 54,8 %. Samuti nagu nisutera on ka rapsitera suhteliselt suure proteiinisaldusega. Seepärast on rapsiseemnejahu F3-fraktsiooni proteiini vatsaslõhustuvus kiirem. Esimese kahe inkubatsioonitunni jooksul lõhustus vastavalt 17,6 % F2-fraktsiooni ja 34,8 % F3-fraktsiooni proteiinist.

## Kokkuvõte ja järeldused

Katses läbiviidud kaera-, nisu- ja rapsiseemnejahu erineva suurusega fraktsioonide kuivaine ja proteiini vatsaslõhustuvuse näitajate uuringute alusel võib teha järgmised olulisemad järeldused.

1. Teraviljajahu peenemate fraktsioonide kuivaine ja proteiin lõhustuvad vatsas kiiremini ja suuremal määral võrreldes jämedamate fraktsioonide kuivaine ja proteiiniga. Kõikide uuritud jahufraktsioonide kuivaine ja proteiini vatsaslõhustuvuse näitajate vahel esines statistiliselt oluline erinevus ( $P < 0,001$ ), v.a. kaera F1- ja F2-fraktsiooni proteiini lõhustuvuse puhul ( $P > 0,05$ ).
2. Jämedamate jahufraktsioonide kuivaine ja proteiini vatsaslõhustuvuse näitajate vahel selgepiiriline korrelatsioon puudub, peenemate jahufraktsioonide korral esineb aga tugev positiivne korrelatsioon (nisu F3-fraktsiooni  $r = 0,9656^{**}$ ; kaera F3-fraktsiooni  $r = 0,9299^{**}$  ja rapsi F3-fraktsiooni  $r = 0,9765^{**}$ ).
3. Katsetulemuste põhjal võib oletada, et enamiku teraviljade proteiini efektiivne vatsaslõhustuvus on sõltuvuses sööda üldisest proteiinisaldusest.
4. Katsetulemuste põhjal võib järeldada, et jahuosakeste kuivaine ja proteiini lõhustumise kiirus sõltub algmaterjali tihedusest (konsistentsist). Nisu F1-fraktsiooni kuivainest lõhustus esimese 2 inkubatsioonitunni jooksul 37,1 %, kaera

- F1-fraktsiooni kuivainest samal ajal 49,5 %. F2-fraktsiooni vastavad näitajad olid nisul 64,1 %; kaeral 73,9 % ja rapsil 21,4 % ning F3-fraktsioonil 74,2; 79,2 ja 31,5 %. Proteiin lõhustus esimese kahe inkubatsioonitunni jooksul järgmiselt: nisu F1-fraktsioon 27,1 %; kaera F1-fraktsioon 83,2 %; nisu F2-fraktsioon 35,5 %; kaera F2-fraktsioon 84,4 % ja rapsi F2-fraktsioon 17,6 % ning nisu F3-fraktsioon 46,3 %; kaera F3-fraktsioon 66,4 % ja rapsi F3-fraktsioon 34,8 %.
5. On soovitatav, et suurema tihedusega teraviljade (antud katses nisu) ja rapsiseemnete jahvatussaadustes oleksid ülekaalus peenemad jahufraktsioonid (alla 2 millimeetri), mis tagaksid nendes sisalduva kuivaine ning proteiini parema lahustuvuse ja lõhustuvuse vatsas ja seega ka suurendaksid lõhustumisproduktide kättesaadavust vatsa mikrofloorale ja -faunale.
  6. Väiksema tihedusega teraviljade puhul (antud katses kaer) jahvatusjämedus fraktsioonides sisalduva kuivaine ning proteiini vatsalõhustuvuse seisukohalt olulist tähtsust ei oma. Seepärast on soovitatav väiksema tihedusega teraviljade mehaaniliseks töötlemiseks kasutada muljumist, mitte jahvatamist.

## Kirjandus

- Annus H. (koostaja). Teraviljakasvatus Eestis. – Tallinn, Valgus, 1980. – 444 lk.
- Bell J. M. Nutrients and toxicants in rapeseed meal: A review. – J. Anim. Sci., vol. 58, No. 4, p. 996...1010, 1984.
- Eliman M. E., Ørskov E. R. Factors affecting the outflow of protein supplements from the rumen. 1. Feeding level. – Anim. Prod. 38, p. 45...51, 1984a.
- Eliman M. E., Ørskov E. R. Factors affecting the outflow of protein supplements from the rumen. 2. The composition and particle size of the basal diet. – Anim. Prod. 39, p. 201...206, 1984b.
- Hook S. C. W. Specific weight and wheat quality. – J. Sci. Food Agric., vol. 35, No. 10, p. 1136...1141, 1984.
- Kazakov, Kretovitš: Казаков Е. Д., Кретович В. Л. Биохимия зерна и продуктов его переработки. – Москва, Агропромиздат, 1989. – 351 с.
- Konarev: Конарев В. Г. Белки пшеницы. – Москва, Колос, 1980. – 351 с.
- Kretovitš: Кретович В. Л. Биохимия растений. – Москва, Высшая школа, 1989. – 503 с.
- Lindberg J. E. Estimation of rumen degradability of feed proteins with the *in sacco* technique and various *in vitro* methods: A review. – Acta Agric. Scand. Suppl. 25, p. 64...97, 1985.
- Madsen J., Hvelplund T. Protein degradation in the rumen. A comparison between *in vivo*, nylon bag, *in vitro* and buffer measurements. – Acta Agric. Scand. Suppl. 25, p. 103...124, 1985.
- Microsoft Excel 5.0 users guide: Channel Trading Ltd., Microsoft Press, 1994. – 240 p.
- Ørskov E. R., McDonald I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation-measurements weighted according to rate of passage. – J. Agric. Sci. (Camb.) 92, p. 499...503, 1979.
- Oll Ü. Metaboliseeruv proteiin söötade proteiinisalduse ja mäletsejaliste proteiinitarbe arvestuse alusena. – Agraarteadus, nr. 2, lk. 158...169, 1991.
- Oll Ü. (koostaja). Põllumajandusloomade söötmisnormid koos söötade tabelitega. – Tartu, 1995. – 186 lk.
- Rjatsikov: Рядчиков В. Г. Улучшение зерновых белков и их оценка. – Москва, Колос, 1978. – 368 с.
- Rjatsikov jt.: Рядчиков В.Г., Шевцов В.М., Добровольская С.В., Плотникова А.В., Лебедев А.В., Филипас Т.Б., Ковалёв Ф.С., Наволоцкий В. Д. Аминокислотный, фракционный состав и биологическая ценность белка мутантов и гибридов высоколизинового ячменя. – Биохимическая и биологическая оценка белков зерновых культур при селекции на качество зерна. Всесоюзная Академия Сельскохозяйственных Наук. Сборник научных трудов, выпуск 19, с. 144...154, 1979.
- Roy: Рой Дж. Х. Б. Источники азота и грубые корма в питании жвачных животных. – Химия и обеспечение человечества пищей. – Москва, Мир, с. 192...210, 1986.
- Zima, Lebedev: Зима В. Г., Лебедев А. В. Фракционный состав белков зерна и муки, аминокислотный и фракционный состав клейковины некоторых сортов пшеницы и тритикале. – Биохимическая и биологическая оценка белков зерновых культур при селекции на качество зерна. Всесоюзная Академия Сельскохозяйственных Наук. Сборник научных трудов, выпуск 19, с. 117...128, 1979.

Taranov, Sabirov: Таранов М. Т., Сабиров А. Х. Биохимия кормов. – Москва, Агропромиздат, 1987. – 224 с.