

ODRA, KAERA JA NISU LÕHUSTUVUSEST VEISE VATSAS

A. Kaasik, H. Kask

SUMMARY: *On the degradability of barley, oats and wheat in the rumen of dairy cattle. Three trials with rumen fistulated cows were carried out. In the first and second trial three dry cows and in the third trial three lactating cows possessing 0-energy balance period were used. In the first trial the effect of the fractional composition of wheat, oat and rapeseed meal on the dry matter and protein degradability in the rumen was studied. The second trial was carried out to investigate the influence of processing (grinding or crushing) on the dry matter and protein degradability of wheat, oats and barley in the rumen. In the third trial the effect of a preserver (siloben, AIV-2) on the rumen dry matter and protein degradability of crushed barley and oats was studied. The trials were carried out according to the in sacco methods worked out in Sweden.*

On the basis of the results of the trials the following conclusions can be drawn:

1. *The dry matter and protein degradability of finer fractions of grain meal in the rumen is faster and more extensive, compared with that of coarser fractions. A statistically significant difference was observed in dry matter and protein degradability of all the meal fractions studied, except between the protein degradability of F1 and F2 fractions of oats.*
2. *The density of grain is an important parameter in choosing the grain processing method. The dry matter and protein degradability of higher density cereals, e.g. wheat, is better in case of finely ground meal, as the crushed products contain a relatively high proportion of over 2 mm fractions. The finer (< 2 mm) and the relatively higher density fractions are more effectively degraded by the rumen microbes.*
3. *No statistically significant effect of studied preservers on the effective dry matter and protein degradability of barley was observed. Therefore the preserver (siloben, AIV-2) used for barley ensiling is not significant from the point of view of rumen degradability.*
4. *Preserver AIV-2 reduced the effective dry matter and protein degradability of oats. Siloben did not have similar effect. On the basis of the results of the trials it can be stated that the preservers of high formic acid content have presumably a protective effect on oat proteins, i.e. they reduce the protein degradability in the rumen.*
5. *The results of the trials indicated that the variation in species composition of rumen microflora and microfauna as well as pH fluctuation in the rumen may have a higher effect on dry matter and protein degradability of barley rather than on that of oats, respectively. This is most likely due to the different starch granule composition of barley and oats (barley – simple granules, oats – compound granules, respectively) as well as different amino acid composition.*

Paljudes maailma maades lähtutakse veistele proteiini normeerimisel metaboliseeruvast proteiinist kui täpsemast ja looma seedefüsioloogiat paremini arvestavast proteiini kategooriast. Rootsi teadlased (Madsen, 1985) on defineerinud metaboliseeruvat proteiini kui peensooles tõeliselt seedunud aminohappeid piirangutegureid arvestamata. Ka Eesti tingimustes muutub metaboliseeruv proteiinil baseeruva proteiini arvestusviisi kasutuselevõtt üha vajalikumaks, kuna kõrgetoodanguliste piimakarjade osakaal suureneb kiiresti.

Metaboliseeruva proteiini koguse leidmisel on üheks olulisemaks faktoriks sööda-proteiini lahustumine ja lõhustumine veise vatsas. Sellest oleneb, kui palju moodustub vatsas mikrobiaalset proteiini ning millises ulatuses vajavad vatsamikroobid energiat proteiini lõhustumisproduktide sidumiseks. Söödaproteiini vatsalõhustuvuse dünaamikat on uuritud paljude maade teadlaste poolt. Rootsi teadlased on jõudnud järeldusele, et näiteks odra proteiinist lõhustub vatsas keskmiselt 70%, kaera ja nisu proteiinist aga 80% (Madsen, Hvelplund, 1985). Põhjalik ülevaade metaboliseeruva proteiini süsteemist ning põhiliste

veisesöötade vatsalõhustuvuse näitajate kirjanduse põhjal üldistatud andmetest on toodud prof. Ü. Olli poolt *Agraarteaduses* nr. 2 1991. a. ja nr. 4. 1991. a. Eesti tingimustes kasvatatud söötade proteiini vatsalõhustuvust on aga siiani ebapiisavalt uuritud.

Energiahulga väljatoomisel, mida vatsamikroobid saavad sünteesiprotsessides (aminohapete süntees ammoniaagist ja süsinikskelettidest) kasutada, arvestatakse Skandinaavia maade süsteemis seedetraktis kogusummas seedunud struktuurseid ja mittestruktuurseid süsivesikuid (Madsen, 1985). Tüüpilistes piimalehmade ratsioonides on peamiseks struktuurseks süsivesikuks tselluloos ning mittestruktuurseks tärklis. Nende omavaheline suhe ratsioonis sõltub kasutatavatest söötadest. Heina- ja silotüübilise (koresöödalise) ratsiooni puhul on energiaallikana ülekaalus tselluloos, jõusöödalise ratsioonitüübi korral aga tärklis.

Piimalehmade söödaratsioonides on oluliseks proteiini- ja süsivesikute allikaks segajõusöödad ning mitmesugune teraviljajahu. Jõusöötade osakaal ratsiooni struktuuris suureneb paratamatult koos lehmade piimatoodangu tõusuga, sest mida kõrgem on lehma piimatoodang, seda kontsentreeritum ja täpsemini balansseeritud ratsiooni ta vajab. Seepärast selgitati käesoleva uuringu raames just teraviljade kuivaine (tärglise) ja proteiini vatsalõhustuvuse dünaamikat ning mehaanilise töötlemise (jahvatamine, muljumine) ja konserveerimise mõju lõhustuvuse näitajatele.

Sõltuvalt mehaanilise töötlemise viisist (muljumine või jahvatamine) ning kasutatava teraviljaveski tüübist saadakse erineva fraktsioonilise koostisega teraviljajahu (Kaasik, Kask, 1996). Saadava jahu fraktsiooniline koostis sõltub olulisel määral nii jahvatatava teravilja tihedusest kui ka kuivainesisaldusest. Kuivainerikkamate ja suurema tihedusega terade jahvatamisel saadakse jahu, milles on suhteliselt suurem osakaal jämedamatel (üle 2 mm) fraktsioonidel (Kaasik, Kask, 1996).

Ülevaade kirjandusest

Suure osa teraviljade kuivainest moodustavad mittestruktuursed süsivesikud, sealhulgas tärklis. Näiteks nisu kuivaine võib sisaldada 48...70%, odra kuivaine 43...68% ning maisi kuivaine 58...83% tärklist. Keemiliselt koostiselt on tärklis(ed) väga keerukas ühendite rühm. Seepärast on ka kõikides taimeliikides esinev tärklis suuremal või vähemal määral liigispetsiifiline, s.t. igal teraviljaliigil on iseloomuliku kuju ja suurusega tärkliseterad. Tärklisetera (graanuli) suurus varieerub sõltuvalt teraviljaliigist 0,002...0,15 millimeetrit. Kirjanduses avaldatud andmetest nähtub, et nisu ja odra tärklisegraanulid on sarnase suurusega, kaeral aga tunduvalt väiksemad. Seejuures koosnevad kaera tärkliseterad paljudest omavahel liitunud terakestest (liitgraanulid), mida nisu ja odra puhul täheldatud ei ole (lihtgraanulid). Samuti sõltub tärklisegraanulite suurus olulisel määral viljatera suurusest, suuremad viljaterad sisaldavad rohkem väiksemaid, alla 10 µm tärklisegraanuleid (Kazakov, Kretovitš, 1989).

Tärklisetera sahhariidosa koosneb kahest polüsahhariidist – vees lahustuvast amüloosist ja vees lahustumatust amülopektiinist, kusjuures esimene neist asub tärklisetera südamikus ja seda ümbritseb amülopektiini kiht. Peale sahhariidosa sisaldab tärklis veel mineraalaineid, rasvhappeid jt. komponente, mis võivad osutada tärklise omaduste kujunemisel määravaks. Amüloosi- ja amülopektiinisisaldus võib ühe taimeliigi piires olulisel määral varieeruda, sõltudes näiteks sordist ja kasvufaasist. Tavaliselt on tärklises ülekaalus amülopektiin, moodustades keskmiselt 80...90% selle koguhulgast.

Tärklise lõhustumine vatsas toimub spetsiifiliste tärklist lõhustavate ensüümide (sisalduvad looma süljes ning sünteesitakse ka vatsamikroobide elutegevuse käigus, samuti taimedes) amülaaside ja amüloglükosidaaside toimel. Põhilisteks amülaasideks on α -amülaas, β -amülaas (esineb kõrgemates taimedes) ja γ -amülaas. Oluline faktor, mis mõjutab amülaaside aktiivsust, on keskkonna pH. Loomsete amülaaside aktiivsuse optimum saabub pH 5,2 juures (Tohver, 1977).

Teravilja mehaaniline töötlemine ning jahu fraktsiooniline koostis mõjutab olulisel määral tärklise lõhustuvust ja kättesaadavust vatsas. Näiteks nisu tärklise lõhustuvus on 0,1 mm jahuosakeste puhul umbes 2,7 korda suurem kui 1,0 mm suuruste jahuosakeste korral. Sarnase suurusega kaerajahuproovide puhul on see vahe aga 1,4-kordne (Cone jt., 1989). Üheks põhjuseks, miks peenemate jahufraktsioonide tärklis lõhustub paremini, on asjaolu, et peenemates jahufraktsioonides on tärkliseterakeste struktuur enam lõhutud (Rooney, 1986; Espindola jt., 1997). Sellest tulenevalt muutub efektiivsemaks ka tärklist lõhustava fermendi

amülaasi aktiivsus. On jõutud järeldusele, et amülaasi toime töötlemata tärklieterakese välispinnale võib olla suhteliselt tagasihoidlik. Seda põhjustavad mõningad tärklisegraanuli välispinna koostises olevad lipiidid, mis moodustavad amülopektiiniga stabiilseid lõhustumatu kompleksühendeid. Viimased ei allu aga amülaasi ensümaatilisele toimele (Cone jt., 1989).

Teraviljades sisalduva proteiini lõhustuvuse dünaamika on samuti olulisel määral sõltuvuses mehaanilise töötlemise viisist ja jahu fraktsioonilisest koostisest. Näiteks katse, kus uuriti maisi erinevate töötlemissaaduste (jämedad maisihelbed, peened maisihelbed ja maisijahu) proteiini vatsalõhustuvust, tulemustest nähtub, et maisijahu (osakeste keskmine suurus 0,7 mm) proteiini lõhustuvus kujunes suurimaks – 53,3%, peentel maisihelvestel (osakeste keskmine suurus 2,6 mm) vastavalt 45,0% ja jämedatel maisihelvestel (osakeste keskmine suurus 4,3 mm) 37,1% (Lykos, 1995). Pärssivat mõju proteiini vatsalõhustuvusele avaldab sööda termiline töötlemine. Seda põhjustab valgu osaline denatureerumine, mille tulemusena polüpeptiidide vahelised ristsidemed kinnistuvad (McNieven, 1995; Lykos 1995). Samuti vähendab söötade proteiini lõhustuvust töötlemine mõningate kemikaalidega. Näiteks katsest, kus uuriti naatriumhüdroksiidi (4% NaOH lahus) mõju odra proteiini lõhustuvusel, nähtub, et töödeldud odra proteiini lõhustuvus oli 26,3 protsendi võrra väiksem kui töötlemata odra proteiinil (McNieven, 1995).

Materjal ja meetodika

Uuringu raames korraldati kolm loomkatset. Esimeses katses uuriti kaera-, nisu- ja rapsiemnejahu erineva suurusega fraktsioonide kuivaine ja proteiini vatsalõhustuvust. Teises katses uuriti kaera, odra ja nisu jahvatus- ja muljumissaaduste kuivaine ja proteiini lõhustuvuse vahelisi erinevusi. Kolmandas katses oli vaatluse all muljutud ja erinevate konservantidega konserveeritud kaera ja odra vatsalõhustuvus. Katsed toimusid 1995...1997. a. EPMÜ sihtasutuse Eerika katsejaama laudas. Kahes esimeses katses kasutati kolme vatsafistuliga varustatud kinnislehma, keda söödeti elatustasemel ratsiooniga, mis sisaldas 4 kg kõrrelisterikast heina, 1,5 kg odrajahu ning 0,5 kg sojasrotti. Kolmandas katses olid katseloomadeks kolm lakteerivat, ühesuguses laktatsioonifaasis (0-energiabilansi periood) ning 14...18 kg toodanguga lehma, keda söödeti ratsiooniga, mis sisaldas kõrrelisterikast silo (30 kg), odrajahu (vastavalt toodangule) ning päevalillesrotti (0,8 kg). Kõikides katsetes söödeti katselehma 2 korda päevas, kell 6 ja 18.

Teraviljade lõhustuvuse uuringud viidi läbi Rootsis väljatöötatud *in sacco* meetodika kohaselt (kõik 3 katset). Uuritavad jahuproovid kuivatati õhkkuivaks ning seejärel 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 esimeses katses 4,0 g ning teises ja kolmandas katses 5,0 g uuritavat sööta.

Söödaproovid asetati inkubeerimiseks vatsa fistuli kaudu ja kinnitati fistulikaane külge 50 cm pikkuse kapronnööoriga. Kotikesed kinnitati spetsiaalselt valmistatud “kuusekese” külge, et tagada kõikidele söötadele inkubeerimise ajaks ühtne režiim. Söödaproove inkubeeriti vatsas vastavalt 2, 4, 8, 16, 24 ja 48 tundi. Kõikide söödaproovide lõhustuvuse näitajaid uuriti kolme lehmaga kahes korduses ülalnimetatud ajavahemike järel.

Pärast inkubeerimist loputati kotikesed kohe külma veega ning pesti seejärel automaatrežiimil 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 kotikeses sisaldunud ja pärast inkubeerimist järele jäänud kuivaine ja toorproteiini vahe kaudu leiti nende lõhustuvus vatsas. Efektiivse lõhustunud kuivaine ja proteiini koguse leidmiseks (lõhustunud toitefaktori kogus seostatuna söödaosakeste vatsast läbivoolu kiirusega) kasutati järgmist valemit (Ørskov, McDonald, 1979):

$$ED\% = a + \frac{bc}{k + c},$$

kus a on vatsas lõhustuv kuivaine või proteiin %,

b – vatsas lõhustumatu, kuid mikrofloora ning -fauna toimel lõhustuv kuivaine või proteiin %,

c – vatsas lõhustumatu kuivaine või proteiin %,

k – söödaosakeste vatsast läbivoolu kiirus. Antud katses arvestati, et ühe tunni jook-sul läheb vatsast peensoolde üle 8% vatsasisaldisest.

Esimeses katses sõeluti kaera-, nisu- ja rapsiseemnejahu kolmest sõelast koosneva sõeltekomplektiga. Saadi 4 jahufraktsiooni: > 2 mm (F1), 1...2 mm (F2), 1...0,315 mm (F3) ning < 0,315 mm (F4). Kuivaine ja proteiini lõhustuvust uuriti F1-, F2- ja F3-fraktsioonidel. 0,315 millimeetrist väiksemate jahuosakeste lõhustuvuse näitajaid ei uuritud, kuna sellise suurusega jahuosakeste mehaaniline kadu nailonkotikesest on tõenäoliselt küllaltki suur ning seepärast on saadavad tulemused suhteliselt väheusutavad. Rapsiseemnejahul uuriti F2- ja F3-fraktsioonide lõhustuvuse näitajaid, kuna rapsiseemnete väikeste mõõtmete tõttu (ca 2 mm) F1-fraktsioon praktiliselt puudus. Tabelis 1 on toodud esimeses katses uuritud kaera-, nisu- ja rapsiseemnejahu ning selle fraktsioonide esialgne kuivaine ja proteiinisaldus.

Tabel 1. Nisu-, kaera- ja rapsiseemnejahu ning selle fraktsioonide esialgne kuivaine- ja proteiinisaldus

Table 1. Initial dry matter and crude protein content of wheat, oat and rapeseed meal and their fractions

Fraktsioon <i>Fraction</i>	Jahu / Meal					
	nisu / wheat		kaer / oats		raps / rapeseed	
	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 / Meal	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

Uuritud jahufraktsioonide kuivaine ja toorproteiinisaldus erineb mõnevõrra lähtematerjali vastavatest näitajatest. See on ka loogiline, kuna nii kuivaine kui ka proteiin on jaotunud viljatera eri osade vahel ebahühtlaselt.

Teises katses uuriti jahvatamise ja muljumise mõju odra-, kaera- ja nisu kuivaine ja proteiini lõhustuvusele. Tabelis 2 on näidatud odra-, kaera- ja nisujahu ning vastavate muljumisproduktide esialgne kuivaine- ja proteiinisaldus.

Tabel 2. Odra-, kaera- ja nisujahu ning vastavate muljumisproduktide esialgne kuivaine- ja proteiinisaldus

Table 2. Initial dry matter and crude protein content of barley, oat and wheat meal and their crushed products

Teravili / Cereal	Jahu / Meal		Muljutud / Crushed	
	kuivaine <i>dry matter</i> %	toorproteiin <i>crude protein</i> %	kuivaine <i>dry matter</i> %	toorproteiin <i>crude protein</i> %
Oder / Barley	89,5	9,3	88,8	9,1
Kaer / Oats	89,5	10,1	91,4	10,6
Nisu / Wheat	89,3	11,1	89,2	11,3

Kolmandas katses uuriti konservandi mõju muljutud odra ja kaera kuivaine ning proteiini lõhustuvusele. Konservantidest kasutati silobeni ja AIV-2. Konservandid valiti võimalikult erineva keemilise koostisega. Siloben on 30...35%-line naatriumbensoadi lahus. AIV-2 koosneb aga 80% sipelg- ja 20% ortofosforhapest. Tabelis 3 on toodud uuritud söödaproovide esialgsed kuivaine- ja toorproteiinisaldused.

Tabel 3. Konserveeritud ning konserveerimata odra ja kaera esialgne kuivaine- ja toorproteiini-sisaldus

Table 3. Initial dry matter and crude protein content of preserved and nonpreserved barley and oats

Teravili (muljutud) <i>Cereal (crushed)</i>	Konservant <i>Preserver</i>	Kuivaine <i>Dry matter</i> %	Toorproteiin <i>Crude protein</i> %
Oder / <i>Barley</i>	konservandita	86,8	10,9
	siloben	85,2	10,6
	AIV-2	85,5	10,2
Kaer / <i>Oats</i>	konservandita	87,0	8,9
	siloben	85,3	8,8
	AIV-2	85,4	8,3

Katsete tulemused ja nende arutelu

Põhjalik analüüs esimese katse tulemustest on esitatud ajakirjas *Agraarteadus* nr. 3 1997. a. Teise katse tulemused on kokkuvõtlikult toodud tabelis 4 ja joonisel 1. Tabelis ning joonisel on näidatud erinevate jahuproovide ning muljumissaaduste kuivaine ja proteiini lõhustumise ajaline dünaamika. Samuti on tabelis välja toodud iga jahu ja muljumisprodukti kuivaine ja proteiini efektiivne lõhustuvus.

Tabelist nähtub, et odra ning kaera kuivaine ja proteiin lõhustusid vatsas veidi paremini terade muljumise korral, nisu puhul tagas suurema lõhustuvuse aga jahvatamine.

Tabeli 4 ja joonise 1 põhjal võib järeldada, et söödaproovide kuivaine ja proteiini lõhustumist mõjutab algmaterjali tihedus (Kaasik, Kask 1997). Suurema tihedusega nisu kuivaine ja proteiin lõhustusid paremini jahuna. Jahvatatud nisu sisaldas peenemaid fraktsioone (< 2 mm) rohkem kui muljutud nisu. Vatsakeskkonna ja -mikroobide toime üle 2 mm jämedustesse nisuosakestesse on aga suhteliselt vähemefektiivne. Sellest tulenevalt oli muljutud nisu kuivaine ja proteiini efektiivne lõhustuvus 68,2 ja 57,9% ning nisujahul vastavalt 71,1 ja 61,3%. Väiksema tihedusega odra ning kaera puhul oli olukord vastupidine. Muljutud odra kuivaine lõhustus 68,3% ning proteiin 58,9% ulatuses, mis on suurem odrajahu vastavatest näitajatest – 57,1 ja 57,0%. Muljutud kaera kuivaine lõhustus 67% ning proteiin 81,6% ulatuses, kaerajahu vastavad näitajad olid aga 63,8 ja 79,9%.

Samuti mõjutas mehaanilise töötlemise viis küllaltki olulisel määral uuritud teraviljade kuivaine ja proteiini lõhustumise kiirust. Suurema tihedusega nisu kuivaine lõhustus kiiremini jahuna. Esimese kahe inkubatsioonitunni jooksul lõhustus 63,3% jahu kuivainest ning vastavalt 57,6% muljutud nisu kuivainest. Proteiini puhul kehtis samasuunaline tendents, nisujahu proteiin lõhustus kiiremini, vastavalt 47,3%, muljutud nisul aga 39,3%. Väiksema tihedusega odraproduktidest lõhustus esimese kahe inkubatsioonitunni jooksul kiiremini muljumissaaduste kuivaine – 57,9%, jahus vastavalt 46,6%. Proteiin lõhustus aga kiiremini odrajahus – 47,0%, muljutud odras vastavalt 44,2%. Kaera, mille tihedus on kolmest uuritud teraviljast madalaim, jahu ning muljumissaaduste kuivaine ja proteiini esimese kahe inkubatsioonitunni vältel toimunud lõhustumise vahel olulist erinevust ei olnud. Kuivaine lõhustus kaerajahus 65,2% ning muljutud kaeras 68,6% ulatuses, proteiin vastavalt 79,4 ja 81,2% ulatuses.

Tabelis 5 on näidatud jahuproovide ning muljumisproduktide kuivaine ja proteiini lõhustuvuse erinevuse olulisus t-testi alusel.

Tabelist nähtub, et statistiliselt oluline erinevus esineb nisujahu ja muljutud nisu proteiini, odrajahu ja muljutud odra kuivaine ning kaerajahu ja muljutud kaera kuivaine efektiivse lõhustuvuse vahel.

Joonis 1. Odra-, kaera- ja nisujahu ning muljumisproduktide kuivaine ja proteiini lõhustuvus vatsas.

Figure 1. *Ruminal dry matter degradability of ground and crushed barley, oat and wheat*

Tabel 4. Mehaanilise töötlemise mõju (jahvatamine, muljumine) odra, kaera ja nisu kuivaine ning proteiini vatsalõhustuvusele

Table 4. Effect of mechanical treatment (grinding, crushing) on ruminal dry matter and protein degradability of barley, oats and wheat

ODER / BARLEY				
Inkubatsiooni aeg h <i>Incubation time, h</i>	Jahu / Meal		Muljutud / Crushed	
	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> %
2	46,6	47,0	57,9	44,2
4	53,2	52,4	67,4	51,5
8	61,2	58,6	76,3	62,5
16	74,1	73,4	81,1	73,8
24	76,0	78,2	83,6	82,4
48	84,2	91,1	90,6	94,6
Efektiivne lõhustuvus <i>Effective degradability %</i>	57,1	57,0	68,3	58,9
KAER / OATS				
2	65,2	79,4	68,6	81,2
4	66,7	84,4	70,0	83,7
8	69,2	86,7	73,1	89,5
16	70,0	90,6	74,9	91,3
24	72,4	92,2	76,4	94,6
48	77,5	94,9	77,4	95,5
Efektiivne lõhustuvus <i>Effective degradability %</i>	63,8	79,9	67,0	81,6
NISU / WHEAT				
2	63,9	47,3	57,6	39,3
4	72,9	54,2	70,1	51,5
8	77,4	63,1	73,2	59,3
16	84,7	84,9	82,3	78,7
24	86,1	88,4	85,7	86,1
48	91,6	95,2	91,8	95,2
Efektiivne lõhustuvus <i>Effective degradability %</i>	71,1	61,3	68,2	57,9

Tabel 5. Jahuproovide ning muljumisproduktide kuivaine ja toorproteiini efektiivse lõhustumise erinevuse olulisus t-testi alusel

Table 5. Significance in dry matter and crude protein degradability of meal and crushed feed samples on the basis of t-test

Teravili / Cereal	Produktid / Products	Erinevuse olulisus / Significance	
		kuivaine <i>dry matter</i>	toorproteiin <i>crude protein</i>
Nisu / Wheat	jahu...helbed / meal...crushed	P > 0,05	P < 0,05
Oder / Barley	jahu...helbed / meal...crushed	P < 0,001	P > 0,05
Kaer / Oats	jahu...helbed / meal...crushed	P < 0,05	P > 0,05

Tabelis 6 on arvatatud söödaproovide kuivaine ja proteiini efektiivse lõhustumise vahelised korrelatsioonikordajad.

Tabel 6. Söödaproovide kuivaine ja proteiini efektiivse lõhustumise vahelised korrelatsioonikordajad

Table 6. Correlation coefficients of the effective dry matter and crude protein degradability of meal and crushed feed samples

Teravili / Cereal	Produkt / Product	Korrelatsioonikordaja Correlation coefficient
Nisu / Wheat	jahu / meal	r = 0,6154
	muljutud / crushed	r = 0,4243
Kaer / Oats	jahu / meal	r = 0,2689
	muljutud / crushed	r = 0,8598*
Oder / Barley	jahu / meal	r = 0,8967**
	muljutud / crushed	r = 0,6233

Tehtud arvutustest nähtub, et statistiliselt tõenäoline korrelatsioon esineb ainult muljutud kaera (0,8598*) ning odrajahu (0,8967**) kuivaine ja proteiini efektiivse vatsalõhustumise vahel.

Kolmandas katses uuriti silobeni ja AIV-2 konserveeriva toime mõju kaera ja odra kuivaine ning proteiini vatsalõhustuvusele. Kolmanda katse tulemused on kokkuvõtlikult esitatud tabelis 7 ja joonisel 2.

Tabel 7. Konserveerimise mõju muljutud kaera ning odra kuivaine ja proteiini vatsalõhustuvusele

Table 7. Effect of preserving on ruminal dry matter and protein degradability of crushed barley and oats

ODER / BARLEY						
Inkubatsiooniaeg Incubation time h	konservandita non preserved		Siloben		AIV-2	
	kuivaine lõhustuvus dry matter degradability %	proteiini lõhustuvus protein degradability %	kuivaine lõhustuvus dry matter degradability %	proteiini lõhustuvus protein degradability %	kuivaine lõhustuvus dry matter degradability %	proteiini lõhustuvus protein degradability %
2	37,9	24,8	43,7	27,8	41,1	24,8
4	59,4	46,8	63,5	46,0	63,3	40,6
8	64,8	46,9	63,8	50,7	64,2	46,8
16	74,7	65,8	71,9	61,0	70,8	55,7
24	75,2	68,2	73,7	66,2	78,0	68,6
48	87,8	88,0	86,7	86,9	88,9	91,6
Efektiivne lõhustuvus / Effective degradability %	58,2	46,6	59,1	47,7	59,8	45,7
KAER / OATS						
2	56,8	72,1	58,3	72,3	51,9	63,3
4	70,6	85,1	69,8	85,3	66,5	81,2
8	71,2	89,1	71,9	85,9	67,1	82,8
16	76,5	92,9	76,0	92,4	70,5	88,5
24	77,7	93,7	77,6	95,0	75,4	92,6
48	79,4	95,9	81,3	96,5	79,2	95,3
Efektiivne lõhustuvus / Effective degradability %	65,1	80,2	65,6	79,5	61,8	75,9

Joonis 2. Konserveeritud odra ja kaera kuivaine ning proteiini lõhustuvus vatsas
Figure 2. *Ruminal dry matter degradability of crushed and preserved barley and oats*

Tabelist ja jooniselt nähtub, et konservandi mõju muljutud odra efektiivsele kuivaine lõhustumisele praktiliselt puudus. Konservandita odra kuivaine lõhustus 58,2, silobeniga konserveeritud odra kuivaine 59,1 ja AIV-2-ga konserveeritud odra kuivaine 59,8% ulatuses. Küll aga mõjutas konservant mõnevõrra kuivaine lõhustumise kiirust. Esimese kahe inkubatsioonitunni jooksul lõhustus 37,9% konserveerimata odra kuivainest, silobeniga konserveeritud odral oli see näitaja 43,7% ning AIV-2-ga konserveeritud odral 41,1%. Muljutud odra proteiini efektiivse lõhustumise osas oluline erinevus katsevariantide vahel samuti puudus. Mõnevõrra kiirem oli silobeniga konserveeritud odra proteiini lõhustuvus. Kahe esimese inkubatsioonitunni jooksul lõhustus 24,8% konserveerimata odra proteiinist, silobeniga konserveeritud odral oli see näitaja 27,8% ning AIV-2-ga konserveeritud odral 24,8%.

Muljutud kaera kuivaine efektiivsele lõhustuvusele avaldas suurimat toimet AIV-2. Konservandita ja silobeniga konserveeritud kaera efektiivne kuivaine lõhustuvus oli praktiliselt võrdne (65,1 ja 65,6%), seevastu AIV-2-ga konserveeritud kaeral oli nimetatud näitaja väiksem (61,8%). Samuti vähendas AIV-2 küllaltki olulisel määral kaera kuivaine lõhustumise kiirust. Esimese kahe tunni jooksul lõhustus 56,8% konservandita, 58,3% silobeniga konserveeritud ja 51,9% AIV-2-ga konserveeritud kaera kuivainest. Muljutud kaera proteiini efektiivse lõhustumise puhul võis täheldada samasuunalist tendentsi. Konservandita ja silobeniga konserveeritud kaera proteiini efektiivne lõhustuvus oli praktiliselt võrdne, vastavalt 80,2 ja 79,5%. AIV-2 seevastu vähendas mõnevõrra kaera proteiini efektiivset lõhustumist (75,9%). Samuti oli AIV-2-ga konserveeritud kaera proteiini lõhustumise kiirus aeglasem. Kahe esimese inkubatsioonitunni jooksul lõhustus 72,1% konserveerimata, 72,3% silobeniga konserveeritud ning 63,3% AIV-2-ga konserveeritud kaera kuivainest.

Tabelis 8 on toodud katsealuste söödaproovide kuivaine ja proteiini efektiivse lõhustumise variantidevahelise erinevuse olulisus t-testi alusel.

Tabel 8. Söödaproovide kuivaine ja proteiini efektiivse lõhustumise variantidevahelise erinevuse olulisus t-testi alusel

Table 8. Significance in dry matter and crude protein degradability of feed samples on the basis of t-test

Teravili / Cereal	Produktid / Products	Erinevuse olulisus / Significance	
		kuivaine dry matter	toorproteiin crude protein
Oder / Barley	konservandita...silobeniga	P > 0,05	P > 0,05
	konservandita...AIV-2-ga	P > 0,05	P > 0,05
	Silobeniga...AIV-2-ga	P > 0,05	P > 0,05
Kaer / Oats	Konservandita...silobeniga	P > 0,05	P > 0,05
	Konservandita...AIV-2-ga	P < 0,05	P < 0,01
	Silobeniga...AIV-2-ga	P < 0,01	P < 0,01

Arvutustest nähtub, et statistiliselt oluline erinevus esineb konserveerimata ja AIV-2-ga konserveeritud kaera kuivaine ja proteiini ning silobeni ja AIV-2-ga konserveeritud kaera kuivaine ja proteiini efektiivse lõhustuvuse vahel.

Tabelis 9 on kalkuleeritud söödaproovide kuivaine ja proteiini efektiivse lõhustumise vahelised korrelatsioonikordajad.

Tabeli põhjal võib järeldada, et statistiliselt tõenäoline korrelatsioon esineb konserveerimata odra (0,7614*), silobeniga konserveeritud odra (0,9655***) ja AIV-2-ga konserveeritud odra (0,9571***) kuivaine ja proteiini efektiivse lõhustumise vahel.

Tabelis 10 on tehtud kõikide katsete põhjal kokkuvõtte odra, kaera ja nisu kuivaine ning proteiini efektiivsest vatsalõhustuvusest.

Katsete tulemusi omavahel võrreldes nähtub, et odra kuivaine lõhustuvus sõltub mehaanilise töötlemise viisist suuremal määral kui sileerimiseks kasutatud konservandi liigist. Teises katses lõhustus muljutud odra kuivaine 11,2% võrra paremini kui odrajahu kuivaine. Kaera ja nisu kuivaine lõhustuvusele on mehaanilise töötlemise viisi mõju väiksem, seejuures kaera kuivaine lõhustuvusele avaldab mõningast pärssivat toimet hapetest koosnev konservant AIV-2.

Tabel 9. Söödaproovide kuivaine ja proteiini efektiivse lõhustumise vahelised korrelatsioonikordajad

Table 9. Correlation coefficients of the effective dry matter and crude protein degradability of preserved feed samples

Teravili / Cereal	Produkt / Product	Korrelatsioonikordaja Correlation coefficient
Oder / Barley	Konservandita	r = 0,7614*
	silobeniga	r = 0,9655***
	AIV-2-ga	r = 0,9571***
Kaer / Oats	konservandita	r = 0,5575
	silobeniga	r = 0,3545
	AIV-2-ga	r = 0,6919

Tabel 10. Odra, kaera ja nisu kuivaine ja proteiini efektiivne vatsalõhustuvus 3 katse keskmisena

Table 10. Effective dry matter and protein degradability of barley, oats and wheat as the mean of 3 trials

Teravili Cereal	Katse 1 Trial 1			Katse 2 Trial 2		Katse 3 Trial 3			Keskmine Mean
	F1	F2	F3	Jahu Meal	Muljutud Crushed	Konservandita Nonpreserved	Siloben	AIV-2	
Kuivaine / Dry matter									
Oder / Barley	–	–	–	57,1	68,3	58,2	59,1	59,8	60,5
Kaer / Oats	59,7	72,4	77,8	63,8	67,0	65,1	65,6	61,8	66,7
Nisu / Wheat	58,2	73,2	75,7	71,1	68,2	–	–	–	69,3
Proteiin / Protein									
Oder / Barley	–	–	–	57,0	58,9	46,6	47,7	45,7	51,2
Kaer / Oats	82,0	82,8	75,2	79,9	81,6	80,2	79,5	75,9	79,6
Nisu / Wheat	46,2	57,0	64,4	61,3	57,9	–	–	–	57,4

Samuti võib oletada, et mõningast mõju odra kuivaine, eriti tärgluse lõhustuvusele avaldab söödaratsiooni koostis, eriti vatsa mikrofloora ja -fauna liigiline koosseis ning vatsasisaldise pH. Näib, et teises katses, milles katseloomi söödeti elatustasemel põhisöödalise ratsiooniga, oli vatsasisaldise pH stabiilsem ning α -amülaasi aktiivsus suurem, mistõttu tärglis lõhustus kiiremini ja suuremas ulatuses. Seevastu kolmandas katses said katseloomad küllaltki suuri jõusöödakoguseid, mille tulemusena vatsasisaldise pH oli kõikumam ning langes söötmissjärgselt madalamale, mis vähendas α -amülaasi aktiivsust.

Võrreldes rootsi söötade tabelites (1989) ning kirjanduses (Madsen, Hvelplund, 1985) avaldatud andmetega on saadud tulemused proteiini lõhustuvuse kohta odra ja nisu puhul küllaltki lahkumised. Odra proteiini efektiivseks lõhustuvuseks on rootsi allikates antud 70...83% ning nisule 80...87%. Antud katsetes lõhustus aga odra proteiin 46,6...58,9%, katsete keskmisena 51,2%, ning nisu proteiin vastavalt 46,2...64,4%, katsete keskmisena 57,4%. Kaera proteiini efektiivse lõhustuvuse näitajad kattusid võrdlusandmetega paremini. Rootsi allikates on see näitaja 80...91%, läbiviidud katsetes vastavalt 75,9...82,8%, keskmiselt 79,6%.

Kokkuvõte ja järeldused

1. Teraviljajahu peenemate fraktsioonide kuivaine ja proteiin lõhustuvad vatsas kiiremini ja suuremal määral kui jämedamate fraktsioonide kuivaine ja proteiin. Kõikide uuritud jahufraktsioonide kuivaine ja proteiini vatsalõhustuvuse näitajate vahel esines statistiliselt oluline erinevus, v.a. kaera F1- ja F2-fraktsiooni proteiini lõhustuvuse vahel.
2. Jämedamate jahufraktsioonide kuivaine ja proteiini vatsalõhustuvuse näitajate vahel selgepiirilise korrelatsioon puudub, peenemate jahufraktsioonide korral esineb aga tugev positiivne korrelatsioon.

3. Katsetulemuste põhjal võib järeldada, et jahuosakeste kuivaine ja proteiini lõhustumise kiirus sõltub algmaterjali tihedusest, s.t. mida suurem on algmaterjali tihedus, seda aeglasem on jämedamate jahufraktsioonide lõhustuvus.
4. On soovitatav, et suurema tihedusega teraviljade 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.
5. Väiksema tihedusega teraviljade puhul jahvatusjämedus fraktsioonides sisalduva kuivaine ning proteiini vatsalõhustuvuse seisukohalt olulist tähtsust ei oma.
6. Määravaks teguriks teraviljade mehaanilise töötlemise viisi valikul on teraviljade tihedus. Suurema tihedusega teraviljade (näiteks nisu) kuivaine ja proteiin lõhustuvad paremini jahuna, kuna muljumisproduktides on suhteliselt suurem osakaal üle 2 mm suurustel teraviljaosakestel. Vatsakeskkonna ja vatsamikroobide toime peenematesse (< 2 mm), suhteliselt suure tihedusega jahuosakestesse on aga efektiivsem. Selle põhjuseks on asjaolu, et peenemate jahuosakeste kogupindala on suurem. Selle tulemusena suureneb söödas sisalduva kuivaine ja proteiini lahustumine vatsakeskkonnas.
7. Katsetulemustest nähtub, et väiksema tihedusega teraviljade (oder, kaer) muljumine parandab mõnevõrra nende kuivaine efektiivset vatsalõhustuvust. Muljutud odra ning kaera kuivaine lõhustus veidi paremini kui vastava jahu kuivaine.
8. Katsetulemuste põhjal võib järeldada, et väiksema tihedusega teraviljade puhul (oder ja eriti kaer) mehaanilise töötlemise viis proteiini vatsalõhustuvuse seisukohalt olulist tähtsust ei oma. Jahu ja muljutud produktide proteiini efektiivne lõhustuvus oli sarnane.
9. Uuritud konservandid ei mõjutanud olulisel määral odra kuivaine ja proteiini efektiivset vatsalõhustuvust. Seetõttu võib väita, et vatsaseede seisukohalt odra sileerimiseks kasutatav konservant (siloben, AIV-2) olulist tähtsust ei oma.
10. AIV-2-ga konserveerimine vähendas kaera kuivaine ja proteiini efektiivset lõhustuvust. Silobenil sellist mõju ei olnud. Katsetulemuste põhjal võib oletada, et suure sipelg-happesisaldusega konservandid mõjuvad kaera proteiinile protekteerivalt, s.t. väheneb proteiini vatsas lõhustuv osa.
11. Katsetulemuste põhjal võib oletada, et vatsa mikrofloora ja -fauna liigilise koosseisu muutus ning vatsasisaldise pH kõikumine avaldavad odra kuivaine ja proteiini lõhustuvusele suuremat mõju kui kaera vastavatele näitajatele. Selle põhjuseks võib olla asjaolu, et kaeral ja odral on erinev tärklisegraanuli ehitus (odral lihtgraanulid, kaeral liitgraanulid) ning samuti erinev aminohappeline koostis.
12. Näib, et mõningate söötade metaboliseeruva proteiini sisalduse kalkuleerimisel tuleks proteiini vatsalõhustuvuse ulatust näitavat koefitsienti diferentseerida vastavalt mehaanilise töötlemise viisile ning kasutatud konservandi keemilisele koostisele.

Uurimust finantseeris Eesti Teadusfond (uurimistoetus nr. 1967)

Kirjandus

- Cone J. W., Cline-Theil W., Malestein A., Van Klooster A. Th. Degradation of starch by incubation with rumen fluid. A comparison of different starch sources. – *Journal of the Science of food and Agriculture*, vol. 49, No. 2, p. 173...183, 1989.
- Espindola M. S., DePeters E. J., Fadel J. G., Zinn R. A., Perez-Monti H. Effects on nutrient digestion of wheat processing and method of tallow addition to the diets of lactating dairy cows. – *Journal of Dairy Science*, vol. 80, No. 6, p. 1160...1171, 1997.
- Kaasik A., Kask H. Taludes kasutatavate veskite võrdlus. – *Põllumajandus*, nr. 10, lk. 10...11, 1996.
- Kaasik A., Kask H. Erineva suurusega teravilja- ja rapsiseemnejahu fraktsioonide kuivaine ja proteiini lõhustumine veise vatsas. – *Agraarteadus*, nr. 3, lk. 225...235, 1997.
- Kazakov, Kretovitš: Казаков Е. Д., Кретович В. Л. Биохимия зерна и продуктов его переработки. – Москва, Агропромиздат, 1989. – 351 с.
- Lykos T., Varga G. A. Effects of processing method on degradation characteristics of protein and carbohydrate sources in situ. – *Journal of Dairy Science*, vol. 78, No. 8, p. 1789...1801, 1995.

- Madsen J. The basis for the proposed Nordic protein evaluation system for ruminants. The AA – PBV system. – Acta Agric. Scand., Suppl. 25, p. 9...20, 1985.
- Madsen J., Hvelplund T. Protein degradation in the rumen. – Acta Agric. Scand., Suppl. 25, p. 103...124, 1985.
- McNiven M. A., Weisbjerg M. R., Hvelplund T. Influence of roasting or sodium hydroxide treatment of barley on digestion in lactating cows. – Journal of Dairy Science, vol. 78, No. 5, p. 1106...1115, 1995.
- Oll Ü. Metaboliseeruv proteiin söötade proteiinisisalduse ja mäletsejaliste proteiinitarbe arvestuse alusena. – Agraarteadus, nr. 2, lk. 158...169, 1991.
- Oll Ü., Tõlp S., Kaasik A. Söötade metaboliseeruva proteiini sisaldusest. – Agraarteadus, nr. 4, lk. 400...410, 1991.
- Ørskov E. R., McDonald I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. – Journal of Agricultural Science (Camb.) vol. 92, p. 499...503, 1979.
- Rooney L. W., Plugfelder R. L. Factors affecting starch digestion with special emphasis on sorghum and corn. – Journal of Animal Science, vol. 63, p. 1607...1623, 1986.
- Spörndly R. (red.) Fodertabeller för idisslare. – Uppsala, Sveriges lantbruksuniversitet, Speciella skrifter 39, 1989. – 82 s.
- Tohver V. Üldine biokeemia. – Tallinn, Valgus, 1977. – 923 lk.