

TEADUSTÖÖD

TERMILISE TÖÖTLEMISE MÕJU MULJUTUD KAERA KUIVAINE JA MÕNEDE AMINOHAPETE LÕHUSTUVUSELE VEISE VATSAS

A. Kaasik, E. Pedak, H. Kask

SUMMARY: *Influence of heat treatment on the degradability of crushed oats dry matter and some amino acids in the rumen of dairy cattle. A trial was carried out to investigate the effect of short heat treatment (120 °C for 15 min) on the degradability of dry matter, lysine and arginine of crushed oats. Trial was carried out according to the Swedish in sacco method.*

Heat treatment of crushed oats decreased ($P > 0.05$) effective degradability of dry matter from 67% to 66.5%. Effective degradability of lysine of treated oats was slow and reduced. In untreated samples 84.5% of lysine was degraded while thermal treatment reduced degradability by 1.5% to 83%, respectively ($P < 0.01$). Also, thermal treatment affected and reduced degradability of arginine in crushed oats. Arginine degradability of untreated crushed oats was 83.7% while thermal treatment reduced degradability by 1.8% to 81.9%, respectively ($P < 0.01$).

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

- 1. Heat treatment slightly reduced decomposition of hardly soluble and degradable fraction of dry matter consisting mainly structural carbohydrates i.e. cellulose. This is not desirable for rumen fermentation while total digestibility of cell-wall components will be reduced.*
- 2. The effect of heat treatment on lysine degradation was higher at the initial phase of rumen fermentation. During the first two hours of incubation the degradation of lysine in untreated crushed oats was by 7% higher – 86% compared to 79%, respectively. Reduced effective degradability of lysine and slow decomposition process in treated oats is caused most likely by formulation of isopeptides, lysine-alanine complex and increased concentration of L-isomer. However, those components are practically undigestible in the small intestine.*
- 3. The largest difference (3.2%) of arginine degradation between the test variants was after incubating the samples in rumen for four hours – 85.9% and 82.7%, respectively.*
- 4. The results of the trials indicated that the amount of compound feed given with the diet have a significant effect on the effective degradability of crushed oats dry matter and most likely on the dry matter of all other cereals as well. Increased amount of compound feedstuff reduces degradability of its dry matter.*

Sissejuhatus

Piimakarja söödaratsioonides on silo ja koresöötade kõrval oluline koht jõusöötadel. Sihikindla aretustöö tulemusena tõuseb piimakarja toodangupotentsiaal pidevalt. Selle realiseerumiseks on aga vajalik söödaratsioonis sisalduvate toitefaktorite kontsentratsioonimäärade tõstmine. Söödaratsiooni kuivaine toitefaktorite sisalduse viimiseks vajalikule tasemele ei piisa ainult kvaliteetsete põhisöötade kasutamisest, suurendada tuleb ka loomadele söödeta- vaid jõusöödakoguseid.

Suure piimaanniga lehmade ratsioonide koostamisel on metaboliseeruva energia ja see- duva proteiini tasakaalustamise kõrval oluline koht ka vatsafermentatsioonil toimuvate prot- sesside arvestamisel. Vatsamikroobide sünteesiprotsesside ulatus varieerub suurtes piirides, sõltudes ratsiooni võetud söötade struktuurist, eeskätt koresöötade liigist, kogusest ja kvali-

teedist. Näiteks on kvaliteetse ristiku- ja kõrrelisterikka rohusilo kuivainest 51...57%, proteiinist 71...80% ja struktuursetest süsivesikutest (tselluloos, hemitselluloos) 50...52% kasutatav vatsamikroobide sünteesiprotsessides (Madsen, Hvelplund, 1985; Nocek, Russell, 1988). Jõusöötade puhul on need näitajad tavaliselt veelgi kõrgemad. Seega sõltub veise toitefaktorite tarbe katmine silorikaste söödaratsioonide puhul umbes 2/3 ulatuses just mikrobiaalse sünteesi efektiivsusest.

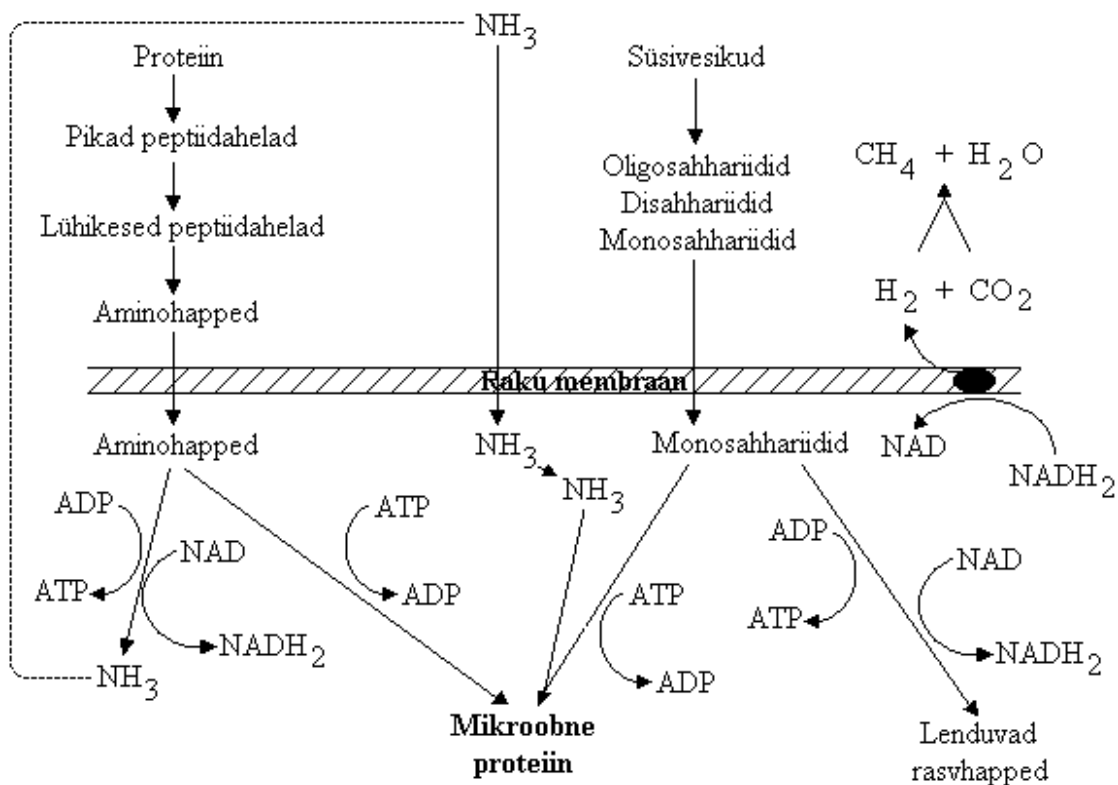
Ülevaade kirjandusest

Söötades sisalduv proteiin jaguneb valgulisteks ja mittevalgulisteks lämmastikuühenditeks, kusjuures nii rohu- kui ka jõusöötades sisaldub keskmiselt 75...85% valgulist proteiini (Lindberg, 1985). Valgulised lämmastikuühendid hüdrolüüsuvad vatsas esmalt peptiidide ja aminohapete ning edasiste desamiinimisprotsesside käigus ammoniaagi ja süsinikuskelettide. Viimaseid kasutavad vatsamikroobid liigispetsiifiliste valkude sünteesimiseks.

Põhiline osa mittevalgulistest lämmastikuühenditest (amiidid, nitraadid jne.), lahustub vatsavedelikus kiiresti. Lahustumise tulemusena moodustub samuti ammoniaak.

Tavapäraste söödaratsioonide kuivaines sisaldub 70...80% süsivesikuid, mis jagunevad struktuurseteks (tselluloos, hemitselluloos, ligniin) ja mittestruktuurseteks (tärkis, suhkrud, pektiinid) (Nocek, Russell, 1988; De Visser, 1996). Rohusöötade süsivesikutest põhilise osa moodustavad tselluloos jt. struktuursete süsivesikud, tärglise ja suhkrute osakaal on tühine. Teraviljadest valmistatud jõusöötades on aga ülekaalus tärglis.

Nii struktuurset kui ka mittestruktuurset süsivesikuid on vatsamikroobide peamiseks energiaallikaks mikroobse valgu sünteesil ammoniaagist ning süsinikuskelettidest (joonis 1).



Joonis 1. Proteiini ja süsivesikute kasutamine vatsamikroobide sünteesiprotsessides (Nocek, Russell, 1988)

Figure 1. Utilization of protein and carbohydrates during microbial synthesis (Nocek, Russell, 1988)

Mikrobiaalse proteiini sünteesi efektiivsust mõjutab oluliselt nii proteiini kui ka süsivesikute lahustumise ja lõhustumise kiirus. Lämmastikuühendite lagunemisel moodustunud ammoniaagi sidumiseks vatsamikroobide rakuvalku peab ammoniaagi tekkega samaaegselt vatsas olema ka piisavas koguses sünteesiprotsesside käivitamiseks vajalikku energiat. Suure

toodanguga lehmade söödaratsioonide koostamisel, mis sisaldavad suures koguses vatsas lõhustuva proteiini rikkaid jõusöötaid, ongi peamiseks probleemiks see, et moodustunud ammoniaak jääb osaliselt kasutamata vatsamikroobidele vajalikul momendil kättesaadava energia vähesuse tõttu. Tabelis 1 on toodud mõnede teraviljade tärglise vatsas lõhustumise kiiruse ja ulatuse keskmised näitajad (De Visser, 1996). Tabelist nähtub, et suurem osa nisu ja odra tärglisest on lahustuv ning lõhustumine kiire. Seega on odra ja nisu tärglis vatsamikroobidele energiaallikana kasutatav mõne söötmissjärgse tunni kestel. Seevastu maisitärklisest jääb vatsas lõhustumata peaaegu pool. Samuti on lõhustumise ajaline dünaamika ühtlasem.

Tabel 1. Mõnede teraviljade tärglise vatsas lõhustumise kiirus ja ulatus (söödaosakeste vatsast läbivoolu kiirus 6%/h)

Table 1. Ruminal degradation speed and extent of starch in some cereals (by digesta flow of 6%/hour)

Teravili <i>Cereal</i>	Tärglis g/kg k.-a. <i>Starch</i> g/kg DM	Tärglise fraktsioonid <i>Starch fractions</i> %		Lõhustumise kiirus <i>Speed of</i> <i>degradation</i> %	Lõhustumata tärglis <i>Undegraded</i> <i>starch</i> %
		lahustuv <i>soluble</i>	potentsiaalselt lõhustuv <i>potentially</i> <i>degradable</i>		
Mais / <i>Maize</i>	676	27	73	4,0	42
Oder / <i>Barley</i>	561	62	38	24,2	7
Nisu / <i>Wheat</i>	654	68	32	17,5	8

Suure piimaanniga lehmade söödaratsioonides kasutatakse sageli suuri jõusöödakoguseid. Selliste ratsioonide kuivaine võib sisaldada 30...45% mittestruktuurseid süsivesikuid. Tärglise ja suhkrute suur kontsentratsioon ratsioonis ning nende kiire lagunemine vähendab aga struktuursete süsivesikute lõhustumist (Lykos, jt., 1997).

Tselluloosi ja hemitselluloosi lõhustumine vatsas sõltub peale ülalnimetatute ka sööda liigist ning rohusöötade puhul koristusaegselt kasvufaasist, s.o. struktuursete süsivesikute kontsentratsioonist. Tabelis 2 on esitatud mõnede söötade vastavad näitajad (De Visser, 1996).

Tabel 2. Mõnede söötade tselluloosi ja hemitselluloosi (NDF) vatsas lõhustumise kiirus ja ulatus (söödaosakeste vatsast läbivoolu kiirus 6%/h)

Table 2. Ruminal degradation speed and extent of cellulose and hemicellulose (NDF) of some feedstuffs (by digesta flow of 6%/h)

Sööt <i>Feedstuff</i>	NDF g/kg k.a. g/kg DM	Fraktsioonid <i>Fractions</i> %		Lõhustumise kiirus <i>Speed of</i> <i>degradation</i> %/h
		potentsiaalselt lõhustuv <i>potentially</i> <i>degradable</i>	lõhustumatu <i>undegradable</i>	
Suhkrupeedi difusioonilõigud <i>Sugar beet diffusion slices</i>	468	94	6	5,0
Oder / <i>Barley</i>	220	73	27	14,5
Rohusilo (varane koristus) <i>Grass silage (early harvest)</i>	446	89	11	5,9
Rohusilo (hiline koristus) <i>Grass silage (late harvest)</i>	641	76	24	3,9
Maisisilo / <i>Maize silage</i>	441	66	34	1,8

Võrreldes mittestruktuursete süsivesikutega lõhustub tselluloosi ja hemitselluloosi ajaühikus tunduvalt vähem. Rohusöötade puhul on olulise tähtsusega koristusaeg. Hiljem koristatud rohust valmistatud silos on küll rakukestaainete kontsentratsioon kõrgem, kuid samaaegselt on suurenenud ka ligniiniga seostunud tselluloosi ja hemitselluloosi hulk. Seetõttu suureneb vatsas lõhustumatu ja peensooles seedumatu fraktsiooni osakaal ning väheneb ka lõhus-

tumise kiirus. Et tselluloos ja hemitselluloos ei lahustu vatsavedelikus ja lõhustumisprotsess on aeglane, siis rakukestaainetest vabanevat energiat saavad vatsamikroobid kasutada oma liigispetsiifiliste valkude sünteesiks praktiliselt kogu sööda vatsas peetumise aja jooksul.

Ülaltoodud põhjustel tekivad tavapäraste, eriti just rohusilorikaste söödaratsioonide korral nn. käärid proteiini lahustumisel ja lõhustumisel eesmaos moodustuva ammoniaagi koguse ja selle mikroobide rakuvalku sidumiseks vajaliku energia hulga vahel.

Proteiini (valgulise, mittevalgulise), üksikute aminohapete, samuti struktuursete ja mittestruktuursete süsivesikute lahustuvust ning lõhustuvust eesmaos on uurinud paljud teadlased. Laialdaselt on käsitletud ka mitmesuguste tegurite toimet lahustumis- ja lõhustumisprotsessidesse, eesmärgiga selgitada, kuidas on võimalik vähendada ja ühtlustada proteiini lahustumist ning lõhustumist ja seega sünkroniseerida ammoniaagi teket ning energia vabanemist (Lykos jt., 1997; Shabi jt., 1998).

Üheks mooduseks, kuidas mõjutada nimetatud protsesse, on söötade termineline töötlemine, mille puhul sööda kuivaine ning proteiini (k.a. aminohapped) lahustuvus ja lõhustuvus vatsas üldjuhul vähenevad ning mittestruktuursete süsivesikute lõhustuvus suureneb (Lykos, Varga, 1995; McNiven jt., 1995). Samaaegselt suureneb vahetult söötadest pärinevate peensooles seeduvate aminohapete osakaal. Näiteks kalajahu proteiinist, mille tootmistehnoloogia üheks etapiks on kuumutamine, lõhustub vatsas vaid 20...50% (Madsen, Hvelplund, 1985). Termineline töötlemine vähendab ka asendamatu aminohapete lahustuvust ja lõhustuvust eesmaos. Et silotüübiliste ratsioonide aminohapetest lõhustub vatsas 70% ja rohkem, siis on nende lõhustumise vähendamine üheks peamiseks mooduseks söödaproteiini kasutamise efektiivsuse suurendamisel. Tabelis 3 on esitatud katsetulemused, milles uuriti kuumutamise mõju sojajahu kuivaine, mittestruktuursete süsivesikute ja asendamatu aminohapete lõhustumise ulatusele ja kiirusele eesmaos (Lykos, Varga, 1995).

Tabel 3. Temperatuuri mõju sojajahu kuivaine, mittestruktuursete süsivesikute ja asendamatu aminohapete vatsas lõhustuvusele

Table 3. Effect of heat treatment on ruminal degradation of dry matter, nonstructural carbohydrates and essential amino acids in soybean meal

Näitaja <i>Item</i>	Kuumutamata sojajahu <i>Untreated soybean meal</i>		Kuumutatud (330 °C) sojajahu <i>Heated (330 °C) soybean meal</i>	
	Efektiivne lõhustuvus <i>Effective degradability</i> %	Lõhustumise kiirus <i>Speed of degradation</i> %/h	Efektiivne lõhustuvus <i>Effective degradability</i> %	Lõhustumise kiirus <i>Speed of degradation</i> %/h
Kuivaine <i>Dry matter</i>	67,6	7,0	62,5	5,7
Toorproteiin <i>Crude protein</i>	63,4	8,1	51,9	5,3
Mittestruktuursed süsivesikud <i>Nonstructural carbohydrates</i>	84,6	14,5	85,8	6,2
Asendamatud aminohapped <i>Essential amino acids</i>	68,3	8,1	56,0	4,8
Met	64,6	8,8	53,7	5,8
Lys	72,5	8,5	60,8	6,0
Val	72,4	7,7	62,6	5,5
Leu	64,5	8,1	53,1	5,6
Ile	69,4	8,0	58,5	5,6
Phe	66,8	8,1	53,6	5,7
His	71,8	7,8	57,6	6,2
Arg	67,4	7,9	60,1	5,9
Thr	65,8	8,1	53,0	6,0

Terminline töötlemine mitte ainult ei vähenda nimetatud toitefaktorite eesmaos lõhustuvat kogust (v.a. mittestruktuursed süsivesikud), vaid aeglustab ka lõhustumisprotsesside toimumise kiirust. Katseandmetest nähtub, et asendamatute aminohapete efektiivne lõhustuvus vähenes kuumutamise tulemusena kogusummas 12,3% ning lõhustumise kiirus 3,3%/h.

Materjal ja meetodika

1999. a. mais viidi läbi katse, milles uuriti terminlise töötlemise mõju muljutud kaera kuivaine ja mõnede asendamatute aminohapete (lüsiin, arginiin) lõhustumisele eesmaos. Katse toimus sihtasutuse Eerika Katsejaam laudas.

Meetodika. Katses uuritud kaer pärines sihtasutuse Eerika Katsejaam teraviljahoidlast. Kasutati idanevuse suhtes kontrollitud seemnekaera. Kaer töödeldi Soome firma "Junkkari" muljuriga. Osa muljutud kaerast asetati termostaati ning kuumutati lühiajaliselt 120 °C juures 15 minutit.

Katses kasutati kahte EHF tõugu, vatsafistuliga varustatud lakteerivat (nr. 664, 579) ja kahte kinnislehma (nr. 627, 636), keda söödeti katseperioodil tabelis 4 toodud ratsiooniga. Söödaratsioon sisaldas 30 kg kvaliteetset rohusilo ja odrajahu vastavalt päevatoodangule või järgmise laktatsiooni loodetavale toodangule. Katseperioodil söödajääke ei esinenud. Katselehma söödeti 2 korda päevas, kell 6.00 ja 18.00.

Tabel 4. Fistullehmade söödaratsioon katseperioodil

Table 4. Experimental diets for fistulated dairy cows

Lehma nr. <i>Experimental cow no.</i>	Silo, kg <i>Silage, kg</i>	Odrajahu, kg <i>Barley, kg</i>
627	30	1,50
664	30	3,65
636	30	1,00
579	30	5,75

Kuivaine ja aminohapete lõhustuvuse uuringutes rakendati Rootsis väljatöötatud *in sacco* meetodikat. Uuritavad söödaproovid 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 5,0 g uuritavat sööta.

Söödaproovid asetati inkubeerimiseks vatsa fistuli kaudu ja kinnitati fistulikaane külge 50 cm pikkuse kapronnõoriga. Kotikesed kinnitati spetsiaalselt valmistatud aluse külge, et tagada kõikidele söötadele inkubeerimise ajaks ühtne režiim. Söödaproove inkubeeriti vatsas vastavalt 2, 4, 8, 16, 24 ja 48 tundi. Kõikide söödaproovide üldnimetatud komponentide lõhustuvuse näitajaid uuriti nelja lehmaga kahes korduses üldnimetatud ajavahemike järel, seega inkubeeriti ja analüüsiti kokku 96 söödaproovi.

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. Pärast kuivatamist määrati söödaproovidest kuivaine ning lüsiini- ja arginiini-sisaldus. Aminohapete sisalduse määramiseks kasutati firma Hitachi aminohapete analüsaatorit KLA-3B. Enne inkubeerimist kotikestes sisaldunud ja pärast inkubeerimist järele jäänud kuivaine ja vastava aminohappe vahe kaudu leiti nende lõhustuvus vatsas. Efektiivse lõhustunud kuivaine ja aminohapete koguse leidmiseks (lõhustunud toitefaktori kogus seostatuna söödaosakeste vatsast läbivoolu kiirusega) kasutati valemit

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

kus a – vatsas lahustuv kuivaine või aminohape %,

b – vatsas lahustumatu, kuid mikrofloora ning -fauna toimel lõhustuv kuivaine või aminohape %,

c – vatsas lõhustumatu kuivaine või aminohape %,

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

Katses uuritud kaer sisaldas zootehnilise analüüsi tulemuste põhjal 89,9% kuivainet ning 0,63% lüsiini ja 0,93% arginiini kuivaines.

Katse tulemused ja nende arutelu

Muljutud kaera kuivaine lõhustumise näitajad vastavalt inkubatsiooniaegadele ning efektiivne lõhustuvus on toodud tabelis 5 ja joonisel 2.

Tabelist ja jooniselt nähtub, et lühiajaline termiline töötlemine vähendas mõnevõrra muljutud kaera kuivaine lõhustumist, mis ulatus vastavalt 67 ja 66,5%-ni. Seega osutus termiliselt töötlemata kaerahelveste efektiivne lõhustumine 0,5% võrra suuremaks. Variatsioon-statistilise analüüsi tulemused näitasid, et nimetatud erinevus ei ole statistiliselt oluline ($P > 0,05$).

Muljutud kaera lõhustumise ajalisest dünaamikast lähtudes (tabel 5, joonis 2) võib oletada, et termiline töötlemine mõjutab rohkem kuivaine raskesti lahustuvaid ja aeglaselt lõhustuvaid fraktsioone, mille moodustavad peamiselt tselluloos ja hemitselluloos.

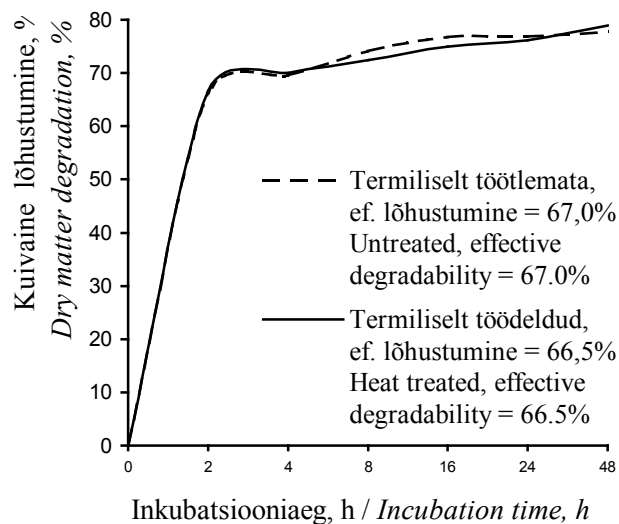
Tabel 5. Muljutud kaera kuivaine lõhustumise ajaline dünaamika ja efektiivne lõhustuvus

Table 5. Time dynamics of dry matter degradation and effective degradability of crushed oats

Inkubatsiooniaeg <i>Incubation time</i> h	Termiliselt töötlemata kaerahelveste kuivaine lõhustumine <i>Dry matter degradation of crushed oats</i> %	Termiliselt töödeldud kaerahelveste (120 °C, 15 min.) kuivaine lõhustumine <i>Dry matter degradation of heat treated (120 °C for 15 min) crushed oats</i> %
2	66,2	66,6
4	69,5	70,1
8	74,1	72,4
16	76,7	74,9
24	76,9	76,1
48	77,7	78,9
Efektiivne lõhustumine <i>Effective degradability</i> %	67,0	66,5

Tuginedes käesoleva uuringu ning eelnevatel aastatel läbiviidud katsete tulemustele (Kaasik, Kask, 1998), võib väita, et muljutud kaera kuivaines sisalduv tärklis, mis on oluliseks vatsamikroobide energiaallikaks, lahustub ja lõhustub tavaliselt 2 kuni 4 inkubatsioonitunni jooksul. Seega lühiajaline termiline töötlemine (120 °C, 15 min.) muljutud kaera tärklise efektiivsele lõhustuvusele ning ka lahustuvuse ja lõhustuvuse kiirusele olulist mõju ei avaldanud. Sarnaseid tulemusi on avaldatud ka kirjanduses. Näiteks McNiven'i, jt. (1995) katses, kus uuriti termilise töötlemise toimet odra toitefaktoritesse, leiti, et kuumutamine (135 °C) vähendab kuivaine efektiivset lõhustumist 8% võrra. Samal ajal odra tärklise lõhustumises olulist erinevust ei olnud.

Katses (Lykos, Varga, 1995), milles uuriti termilise töötlemise mõju sojajahu kuivaine ja mittestruktuursete süsivesikute lõhustumisele, kuumutati sojaube esmalt 2 minuti vältel 330 °C juures ning asetati seejärel kuumad sojaoad 30 minutiks termiliselt isoleeritud nõusse. Pärast seda jahvatati sojaoad jahuks. Kuumutamise tulemusena sojaubade kuivaine efektiivne lõhustumine vähenes 5,1% ning mittestruktuursete süsivesikute vastav näitaja suurenes 1,2% võrra.



Joonis 2. Termilise töötlemise mõju kaerahelveste kuivaine lõhustumise ajalisele dünaamikale
Figure 2. Effect of heat treatment on the time dynamics of dry matter degradation of crushed oats

Seega võib oletada, et kõrgemal temperatuuril ja pikaajalisem kuumutamine avaldab sööda kuivaine ja mittestruktuursete süsivesikute efektiivsele vatsalõhustuvusele suuremat toimet. Oluliseks faktoriks tuleb pidada ka temperatuuri mõju erinevust mitmesuguste teraviljade jt. söötade kuivaine ja eriti tärgluse lõhustuvusele, kuna tärglusegraanuli ehitus on söödaliigiti erinev (Kazakov, Kretovitš, 1989). Teraviljade jt. jõusöötade toitefaktorite lõhustumise ulatus ja kiirus sõltub suurel määral ka algmaterjali fraktsioonilisest koostisest. Peenemad fraktsioonides sisalduvad toitefaktorid lahustuvad ja lõhustuvad tavaliselt kiiremini (Pauly jt., 1992; Kaasik, Kask, 1997).

Tabelis 6 on toodud muljutud kaera kuivaine efektiivne lõhustumine katselehmade arvestuses. Tabelist nähtub, et termiliselt töötlemata kaerahelveste kuivaine efektiivne lõhustumine osutus kõikide katselehmade puhul mõnevõrra suuremaks. Näib, et teatavat mõju muljutud kaera kuivaine lõhustumisele avaldas ka söödaratsiooniga saadud jõusööda (antud juhul odrajahu) kogus. Väiksemate jõusöödakoguste korral lõhustus selle kuivaine suuremal määral.

Tabel 6. Muljutud kaera kuivaine efektiivne lõhustumine katselehmade arvestuses
Table 6. Effective dry matter degradability of crushed oats

Katselehma nr. <i>Experimental cow no.</i>	Kuivaine efektiivne lõhustuvus <i>Effective dry matter degradability</i> %	
	Termiliselt töötlemata <i>Untreated</i>	Termiliselt töödeldud <i>Treated</i>
627	68,91	67,55
664	66,33	65,94
636	66,40	66,25
579	66,32	66,26
Keskmine / <i>Mean</i>	67,03	66,50

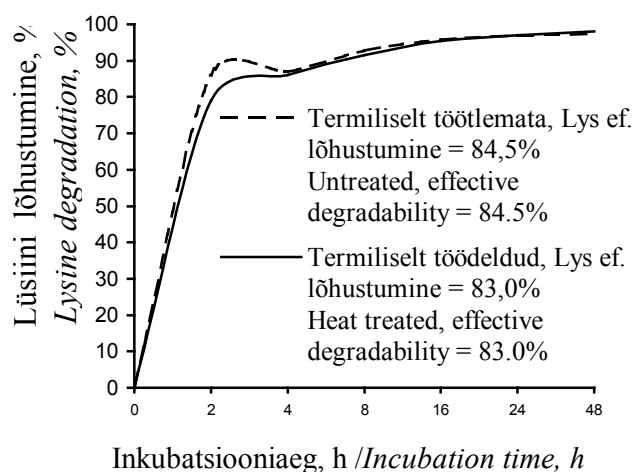
Ilmekamalt väljendub see lehmal nr. 627, kelle söödaratsioonis oli odrajahu osakaal väiksem, vastavalt 1,5 kg. Nimetatud katselehma vatsas lõhustus kuumutamata kaerahelveste kuivaine 68,9% ning termiliselt töödeldud kaerahelveste kuivaine 67,6% ulatuses, mis kujunesid katselehmade arvestuses suurimateks kuivaine lõhustuvuse näitajateks. Jõusööda kuivaine lõhustuvuse sõltuvus jõusööda kogusest on lehmade toitefaktorite kasutamise efektiivsuse seisukohalt väga oluline probleem ning vajab seetõttu täpsemaid uuringuid.

Tabelis 7 ning joonistel 3 ja 4 on toodud kuumutamise mõju tulemused kaera proteiinisisalduva lüsiini ja arginiini lõhustuvusele. Tabelist nähtub, et lühiajaline termiline töötlemine vähendab nii lüsiini kui ka arginiini efektiivset lõhustuvust. Kui termiliselt töötlemata kaerahelveste lüsiinist lõhustus 84,5%, siis kuumutamine vähendas lõhustuvust 1,5% võrra, vastavalt 83,0%-ni. Variatsioonstatistilise analüüsi tulemused näitasid, et nimetatud erinevus on statistiliselt oluline ($P < 0,01$).

Lüsiini lõhustumise ajaline kulg näitab, et lühiajaline termiline töötlemine avaldab suuremat mõju inkubatsiooni algfaasis. Esimese kahe inkubatsioonitunni jooksul lõhustus kuumutamata kaerahelveste lüsiinist 86%, samal ajal kui termiliselt töödeldud kaerahelveste lüsiini lõhustuvus oli katselehmade keskmisena 7% väiksem, vastavalt 79%. Nelja inkubatsioonitunni möödudes oli lüsiini lõhustuvuse erinevus katsevariantide vahel vaid 0,9%, olles töötlemata kaerahelvestel 86,9% ning kuumutatud kaerahelvestel 86,0%.

Tabel 7. Muljutud kaera lüsiini ja arginiini lõhustumise ajaline dünaamika ja efektiivne lõhustuvus
Table 7. Time dynamics of lysine and arginine degradation and effective degradability in crushed oats

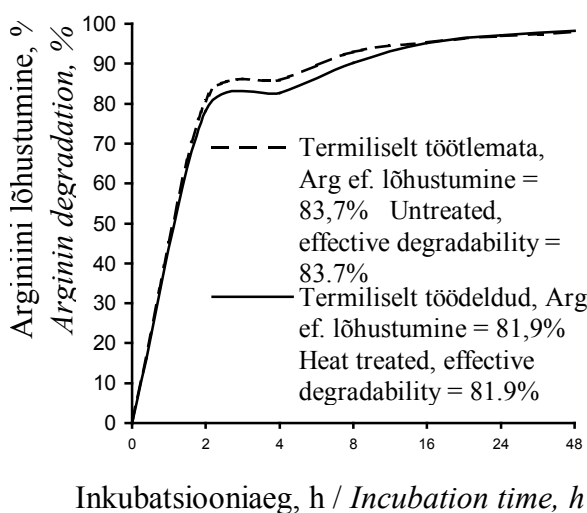
Inkubatsiooniaeg <i>Incubation time</i> h	Termiliselt töötlemata kaerahelveste aminohapete lõhustumine <i>Degradation of amino acids in untreated crushed oats</i> %		Termiliselt töödeldud kaerahelveste (120 °C, 15 min.) aminohapete lõhustumine <i>Degradation of amino acids in treated (120 °C, 15 min) crushed oats</i> %	
	Lys	Arg	Lys	Arg
2	86,0	80,8	79,0	78,2
4	86,9	85,9	86,0	82,7
8	92,8	92,9	91,6	90,2
16	95,8	95,4	95,4	95,2
24	97,0	97,0	97,0	97,1
48	97,3	97,9	98,0	98,3
Efektiivne lõhustumine <i>Effective degradability</i> %	84,5	83,7	83,0	81,9



Joonis 3. Termilise töötlemise mõju kaerahelveste lüsiini lõhustumise ajalisele dünaamikale
Figure 3. Effect of heat treatment on the time dynamics of lysine degradation in crushed oats

Kirjanduses avaldatud andmete põhjal võib oletada, et kuumutamise toimet lüsiinis moodustunud isopeptiidid, lüsiinist ningalaniinist tekkinud lüsinoalaniin ja lüsiini L-isomeeri kontsentratsiooni suurenemine põhjustavadki lüsiini efektiivse lõhustuvuse vähenemist ning protsessi aeglustumist (Davies, 1993).

Kuumutamine vähendas kaerahelvestes sisalduva arginiini efektiivset lõhustuvust 1,8% võrra. Kui töötlemata proovides lõhustus 83,7% arginiinist, siis kuumutatud söödaproovides vastavalt 81,9%. Nimetatud erinevus osutus variatsioonstatistilisel analüüsil samuti oluliseks ($P < 0,01$). Arginiini lõhustuvuse ajalisest dünaamikast nähtub, et kuumutamine vähendab nimetatud aminohappe lõhustuvust samuti inkubatsiooni algfaasis. Kui kahe esimese inkubatsioonitunni jooksul lõhustus 80,8% töötlemata kaerahelveste arginiinist, siis kuumutamine vähendas seda 2,6% võrra, vastavalt 78,2%-ni. Suurim erinevus katsevariantide vahel oli neljatunnise inkubatsiooniaja möödudes, vastavalt 3,2% (85,9 *resp.* 82,7%).



Joonis 4. Termilise töötlemise mõju kaerahelveste arginiini lõhustumise ajalisele dünaamikale
Figure 4. Effect of heat treatment on the time dynamics of arginine degradation in crushed oats

Kirjanduses on avaldatud mitmesuguseid katsetulemusi termilise töötlemise mõju kohta teraviljade jt. söötade aminohapete lõhustuvusele. Näiteks Lykos ja Varga (1995), kes uurisid temperatuuri mõju sojajahu aminohapete lõhustuvusse, leidsid, et kuumutamine 144 °C juures 30 minuti vältel vähendab lüsiini efektiivset lõhustuvust 11,7% ning arginiini lõhustuvust vastavalt 7,3% võrra.

Kokkuvõte ja järeldused

Lühiajaline termiline töötlemine, antud katses 120 °C 15 min. vältel, on üheks viisiks, kuidas vähendada ja aeglustada teraviljades sisalduvate aminohapete ja struktuursete süsivesikute lõhustuvust. Mittestruktuursete süsivesikute lõhustumise kiirusele ja ulatusele lühiajaline kuumutamine olulist mõju ei avalda. Katse tulemuste alusel saab teha järgmised olulisemad järeldused.

1. Termiline töötlemine (120 °C, 15 min.) vähendas muljutud kaera kuivaine efektiivset lõhustuvust 0,5% võrra, vastavalt 67%-lt 66,5%-ni ($P > 0,05$). Lõhustumise ajalise dünaamika põhjal võib oletada, et kuumutamine vähendas mõnevõrra kuivaine

raskesti lahustuva ja lõhustuva fraktsiooni, milleks on peamiselt struktuursed süsivesikud (tselluloos), lagunemist. Vatsafermentatsiooni seisukohalt ei ole see aga soovitatav, kuna seetõttu väheneb rakukestaainete seeduvus tervikuna.

2. Kaerahelvestes sisalduva lüsiini efektiivne lõhustumine kuumutamise toimele väheneb ja aeglustus. Kui kuumutamata söödaproovides lõhustus 84,5% lüsiinist, siis kuumutamise vähendas lõhustuvust 1,5% võrra, vastavalt 83,0%-ni ($P < 0,01$). Lõhustumise ajalise kulu põhjal võib järeldada, et kuumutamise mõju lüsiinile on suurem vatsafermentatsiooni algfaasis. Katsetulemustest nähtub, et temperatuuriga töötlemata kaerahelveste lüsiini lõhustus kahe esimese inkubatsioonitunni jooksul 7% rohkem, vastavalt 86 *resp.* 79%. Kirjanduses avaldatud andmete põhjal võib oletada, et lüsiini efektiivse lõhustumise vähenemist ja lagunemisprotsessi aeglustumist kuumutamise toimele põhjustavad isopeptiidide ja lüsinoalaniini moodustumine ning L-isomeeri kontsentratsiooni suurenemine. Nimetatud ühendid on aga peensooles praktiliselt seedumatud (Davies, 1993).
3. Temperatuuriga töötlemine pärssis ja aeglustas samuti muljutud kaera arginiini lõhustuvust. Kuumutamata kaerahelveste arginiinist lõhustus 83,7% ning kuumutatud kaerahelveste arginiinist vastavalt 81,9%, vähenemine 1,8% ($P < 0,01$). Lõhustumise ajalisesest dünaamikast nähtub, et suurim erinevus katsevariantide vahel oli pärast neljatunnist vatsas inkubeerimist, vastavalt 3,2% (85,9 *resp.* 82,7%).
4. Katsetulemuste põhjal võib järeldada, et olulist mõju muljutud kaera ja oletatavasti ka teiste teraviljade kuivaine efektiivsele lõhustumisele eesmaos avaldab söödaraatsiooniga saadava jõusööda kogus. Jõusööda koguse suurenemine põhjustab selle kuivaine lõhustumise vähenemist.

Uurimust finantseeris sihtasutus Eesti Teadusfond (uurimistoetus nr. 3148).

Kirjandus

- Davies, L. R. D-Lysine, Alloisoleucine and Lysinoalanine in Supplementary Proteins with Different Lysine Availabilities. – Journal of the Science of Food and Agriculture, vol. 61, No. 2, p. 195...203, 1993.
- De Visser, H. Characterization of Carbohydrates in Concentrates for Dairy Cows. – In: P. C. Garnsworthy and D. J. A. Cole (Editors), Recent Developments in Ruminant Nutrition 3. – Nottingham University Press, p. 155...174, 1996.
- Kaasik, A., Kask, H. Erineva suurusega teravilja- ja rapsiseemnejahu fraktsioonide kuivaine ja proteiini lõhustumine veise vatsas. – Agraarteadus, nr. 3, lk. 225...235, 1997.
- Kaasik, A., Kask, H. Odra, kaera ja nisu lõhustuvusest veise vatsas. – Agraarteadus, nr. 3, lk. 188...200, 1998.
- Kazakov, Kretovitš: Казаков Е. Д., Кретович В. Л. Биохимия зерна и продуктов его переработки. – Москва, Агропромиздат, 1989. – 351 с.
- Lindberg, J. E. Estimation of rumen degradability of feed proteins with the in sacco technique and various in vitro methods: A review. – Acta Agriculture Scandinavica Suppl. 25, p. 64...97, 1985.
- 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.
- Lykos, T., Varga, G. A., Casper, D. Varying Degradation Rates of Total Nonstructural Carbohydrates: Effects on Ruminant Fermentation, Blood Metabolites, and Milk Production and Composition in High Producing Holstein Cows. – Journal of Dairy Science, vol. 80, No. 12, p. 3341...3355, 1997.
- Madsen, J., Hvelplund, T. Protein degradation in the rumen. A comparison between in vivo, nylon bag, in vitro and buffer measurements. – Acta Agriculture Scandinavica 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.

- Nocek, J. E., Russell, J. B. Protein and Energy as an Integrated System. Relationship of Ruminant Protein and Carbohydrate Availability to Microbial Synthesis and Milk Production. – *Journal of Dairy Science*, vol. 71, No. 8, p. 2070...2107, 1988.
- Pauly, T., Spröndly, R., Uden, P. Rumen Degradability In Sacco of Physically and Chemically Treated Oat and Barley Grain. – *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 58, No. 4, p. 465...473, 1992.
- 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.)* 92, p. 499...503, 1979.
- Shabi, Z., Arieli, A., Bruckental, Y., Aharoni, S., Zamwel, S., Bor, A., Tagari, H. Effect of the Synchronization of the Degradation of Dietary Crude Protein and Organic Matter and Feeding Frequency on Ruminant Fermentation and Flow of Digesta in the Abomasum of Dairy Cows. – *Journal of Dairy Science*, vol. 81, No. 7, p. 1991...2000, 1998.