

KUUMTÖÖTLEMISE MÕJU RAPSIKOOGI PROTEIINI KVALITEEDILE

Helgi Kaldmäe, Marko Kass, Ragnar Leming, Meelis Ots

Eesti Maaülikool
e-post: helgi.kaldmae@emu.ee

ABSTRACT. *Effect of heat treatment on rapeseed cake protein quality. Cold-pressed rapeseed cake are poor sources of ruminal undegraded protein (RUP), protein effective degradability were 85–89%. Heat treatment is one of the most common method use to reduce ruminal protein degradation. Changes of treatment temperature had the greatest effect on the solubility and ruminal degradability of rapeseed cake protein. The higher treatment temperature of the seeds resulted in lower and slower ruminal degradability of rapeseed cake protein. The results of different study show that heating temperature and duration of heating were both important in protecting rapeseed protein for ruminal degradation. It was concluded from that studies that heating rapeseed 100°C for 20 min in the present case conditions is a viable method to reduce ruminal degradability of rapeseed cake protein without compromising the intestinal digestibility of RUP.*

Keywords: *rapeseed cake, heat treatment, protein degradation*

Sissejuhatus

Proteiin on loomade toitumisel energia kõrval tähtsuselt teine toitefaktor. Seepärast pööratakse söödaratsioonides proteiinisisaldusele ja proteiini efektiivsele kasutamisele suurt tähelepanu. Ühelt poolt väärtustatakse piimavalku, teiselt poolt on sööda-proteiin üks kallimaid toitefaktoreid, mille otstarbekas kasutamine suurendab tootmise tulukust. Loom-organismis valgud pidevalt uuenevad. Organismis toimub lakkamatu valkude hüdroolüüs ja süntees.

Seedekanalist imendunud aminohapped kasutab loom valkude sünteesiks, mis on vajalikud nii elatusks, kasvuks, reproduktsiooniks kui ka lüpsilehmadel piima sünteesiks. Optimeerides proteiini kasutamise efektiivsust mäletsejaliste söötmisel, lähtutakse vatsas lõhustuvast ja mittelõhustuvast proteiinist, et katta lehmade vajadused ainevahetuses ja piima sünteesil (NRC, 2001). Laktatsiooni algul peaks lehmade proteiinitarbest olema vatsas lõhustuvat proteiini 60...65% ja vatsas lõhustumatut proteiini 35...40%, lahustuvat proteiini aga 25...33% (NRC, 1989). Lehmade proteiinitarbe katmisel lähtutakse põhiliselt kahest mõnevõrra erinevast seedetraktis toimuvast protsessist ning nende protsesside käigus sünteesitud või hüdroolüüsitud aminohapete profiilist:

1) vatsas sünteesitud mikroobse proteiini kogusest ja seda mõjutavatest teguritest ning imendunud mikroobse proteiini aminohappelisest koostisest,

2) vatsas lõhustamatu proteiini seeduvusest peensooles ja seedunud proteiini aminohappelisest koostisest.

Vatsas lõhustuvat proteiini on otstarbekas sööta nii palju, et see kataks (kuid ei ületaks) mikroobse proteiini sünteesiks vajaliku lämmastiku koguse. Vatsas lõhustamata, kuid soolestikus imenduvat proteiini, on samuti otstarbekas anda nii palju, et katta looma aminohapete tarve. Nii palju kui võimalik peaks jälgima imendunud aminohapete profiili.

Proteiini lõhustuvus vatsas sõltub väga paljudest teguritest, nagu mikroorganismide proteoolüüsi aktiivsusest, vatsa pH-st, söödaosakeste vatsa läbimise kiirusest, proteiini füüsikalistest ja keemilistest omadustest (Broderick *et al.*, 1991; Nolan, 1993; Holden *et al.*, 1994; Cottrill, 1996; Vadi *et al.*, 2004). Kõige üldisemalt mõjutab proteiini lõhustuvust 1) mittevalgulise proteiini osatähtsus proteiinis ning 2) erinevate valgufraktsioonide hulk ja osatähtsus söötades. Mittevalguline proteiin laguneb vatsas täielikult väga kiiresti, kuid valgulise proteiini lagunemine toimub palju aeglasemalt, olenedes valgufraktsioonist (Chalupa, Sniffen, 2002).

Söödad erinevad nii proteiini lahustuvuse kui ka vatsas lõhustuvuse poolest. Meetodeid proteiini lõhustuvuse vähendamiseks vatsas on mitmeid: keemiline töötlemine, kapseldamine, kuumtöötlemine jne. Kõige levinum neist on söötade töötlemine kemikaalidega või kõrge temperatuuriga. Proteiini kaitsmisel on loetud kuumtöötlemise meetodeid efektiivsemaks kui keemilisi, sest viimastel võib esineda kahjulik mõju aminohapete seeduvusele peensooles. Järgnevalt anname ülevaate rapsi kuumtöötlemise uurimustest, mis on tehtud, et vähendada proteiini lõhustuvust vatsas ja suurendada mõõduva proteiini osatähtsust.

Kuumtöötlemine

Kuumtöötlemine on üks enam levinud meetod, millega on võimalik üldjuhul sööda toitainete, proteiini lõhustumise kineetikat vatsas mõjutada. Seda kasutatakse sööda proteiini vatsas lõhustuvuse vähendamiseks ja aminohapetega varustatuse suurendamiseks peensooles.

Töötlemisviis baseerub faktil, et söödaproteiin koosneb erinevatest fraktsioonidest, mis reageerivad eri viisil mitmesugustele kuumutamise sisenditele (temperatuuri suurusele ja kuumutamise kestusele). Sniffen *et al.* (1992) järgi võib eristada viit proteiini fraktsiooni:

- 1) mittevalgulised lämmastikühendid,
- 2) kiirelt lõhustuv valguline proteiin,
- 3) keskmiselt lõhustuv valguline proteiin,
- 4) aeglaselt lõhustuv valguline proteiin,
- 5) mitteomastatav proteiin.

Mittevalgulised lämmastikühendid ja kiirelt lõhustuv valguline proteiin denatureeruvad kuumutamisel madalamal temperatuuril ning muutuvad keskmiselt ja aeglaselt lõhustuvaks fraktsiooniks. Aeglaselt lõhustuv proteiini fraktsioon reageerib kõrgemale temperatuurile ja harilikult muutub seedumatuks (Mustafa *et al.*, 2000).

Kuumutamise eesmärk on minimeerida proteiini lahustuvat fraktsiooni ja maksimeerida aeglaselt lõhustuvat fraktsiooni nii, et see kas üldse mitte või väga vähe suurendaks seedumatu proteiini fraktsiooni. Söödaproteiini kuumutamise käigus valgud denatureeruvad ja moodustavad süsivesikutega ristsidemeid, mille tulemusena tekib nn Maillard'i produkt. See on stabiilne nii hapete toimele seedekanali erinevates osades kui ka proteolüütiliste ensüümide tegevusele (Stern *et al.*, 1994). Kuumtöötlemisel on väga oluline valida õige temperatuur. Liiga madal temperatuur ei avalda protekteerivat mõju, liiga kõrge temperatuuri korral saavad kahjustada valgud ja tekib seedumatu proteiin (Sindt *et al.*, 2004).

Optimaalsed temperatuuri sisendid sõltuvad aga mitmest tegurist, nagu töödeldava sööda niiskusesisaldusest, pH-st, süsivesikute koostisest ja -sisaldusest, proteiinisaldusest, aga ka Maillard'i reaktsiooni inhibiitoritest.

Kuumtöötlemise mõjul proteiini fraktsioonide muutusi kontrollitakse lahustuva ja seedumatu proteiini määramisega söödas. Kui töötlemistemperatuur tõuseb, toimuvad rapsikoogi proteiinis muutused (tabel 1).

Tabel 1. Kuumutamise mõju rapsikoogi proteiinile
Table 1. Effect of treatment on protein of rapeseed cake

Näitajad/Items	Proteiini fraktsioon, % toorproteiinist	
	Fraction of crude protein, %	
	lahustuv proteiin soluble protein	seedumatu proteiin insoluble protein
Kuiv kuumutamine / Dry heat (McKinnon <i>et al.</i> , 1995)		
Kontroll/Control	32,5	5,1
125°C 10 min.	16,6	7,0
145°C 10 min.	9,7	35,5
Niiske kuumutamine / Moist heat (Moshtaghi Nia, Ingalls, 1992)		
Kontroll/Control	32,4	5,4
127°C 15 min.	7,0	6,6
127°C 70 min.	9,7	41,1

125°C juures 10 minuti kestel kuumutatud rapsikoogi proteiin lõhustus vatsas vähem, kuid ei suurendanud oluliselt peensooles seedumatu proteiini kogust. 145°C temperatuuriga töötlemisel 10 minutit suurenes tunduvalt rapsikoogis seedumatu proteiini osakaal. Sama võib väita, kui kuumutamine kestis 70 minutit ja temperatuur oli 127°C (tabel 1).

McKinnon *et al.* (1995) ja Mustafa *et al.* (1997) mitmed uurimused tõestasid, et rapsijahu proteiini lõhustuvuse vähendamiseks vatsas on mõistlik kasutada temperatuuri mitte üle 125°C 10 minutist kuni 30 minutini.

Erineva kuumutamise temperatuuri mõju rapsikoogi proteiini lõhustuvusele uuriti *in sacco* katsetega EPMÜ-s (Kass *et al.*, 2005), mida näitab tabel 2. Rapsiseemneid kuumutati 20 minutit.

Tabel 2. Erineval temperatuuril töödeldud rapsikoogi proteiini lõhustuvus

Table 2. Protein degradability of rapeseed cake processed at different temperatures (Kass *et al.*, 2005)

Lõhustuvuse aeg, h Time of degradability, h	Temperatuur/Temperature, °C			
	98	100	110	112
2	47,3	42,1	41,9	34,2
4	58,8	50,7	45,5	43,1
8	70,8	60,0	62,2	51,9
16	77,2	73,9	65,1	53,5
24	83,0	79,8	74,0	72,5
48	93,7	89,3	81,2	81,0
Efekttiivne lõhustuvus, % Effective degradability, %	57	51	49	43
Lahustuvus/Solubility, %	35	32	31	27

Mida kõrgemat temperatuuri töötlemisel kasutati, seda aeglasemalt ja vähem lõhustus rapsikoogi proteiini vatsas. Temperatuuri suurendamisel 98-lt °C kuni 112-ni °C vähenes proteiini lõhustuvus vatsas 14% võrra.

Seisukohta, et rapsi töötlemistemperatuuri tõeses väheneb proteiini efektiivne lõhustuvus vatsas, jagab enamik uurijaid, kuid küsimusi tekitab õige temperatuurirežiimi valik. Lõhustuvus ei sõltu rapsikoogi töötlemise temperatuurist, vaid ka kuumtöötlemise ajast. Mida kõrgem on kasutatav temperatuur, seda lühem peab olema kuumtöötlemise kestus (Moshtagh Nia, Ingalls, 1995; McNiven *et al.*, 2002; Carre *et al.*, 2007).

Võrreldi ka kül- ja kuumtöödeldud rapsikoogi proteiini käitumist vatsas (Kass, 2006; Kaldmäe *et al.*, 2010). Külmtöödeldud koogi saamisel ei ületanud pressimisel temperatuur 60°C ja kuumtöötlemisel kuumutati 100°C juures 20 minutit rapsiseemneid õli väljapressimisel. *In sacco* katsetes uuritud kookide keskmine keemiline koostis on toodud tabelis 3 ja proteiini lõhustuvus tabelis 4.

Tabel 3. Külmpress ja kuumpress rapsikoogi keskmine keemiline koostis (n=6)

Table 3. Average chemical composition of cold-pressed and heat-treated rapeseed cake (Kass, 2006)

Näitajad/Items	Külmtöödeldud rapsikook	Kuumtöödeldud rapsikook
	Cold-pressed	Heat treated
Kuivaine / Dry matter, %	90,6	89,5
Kuivaines / In dry matter:		
toorproteiin / crude protein, g kg ⁻¹	356	365
toortuhk / crude ash, g kg ⁻¹	59	73
toorkiud / crude fibre, g kg ⁻¹	125	145
toorrasv / crude fat, g kg ⁻¹	159	126
seedumatu proteiin, %	6,77	6,82
ADIP (insoluble protein), %		

Külm- ja kuumtöötlemisel saadud rapsikoogi proteiini on äärmiselt kiiresti vatsas lõhustuv, seda võib võrrelda liblik-õelisterikka silo proteiini lõhustuvusega (Vadi *et al.*, 2004). Esimese kahe tunni jooksul lõhustus külm- ja kuumtööteldud rapsikoogi proteiinist 82,9%, kuumtööteldust aga 37,5%. Efektiivseks proteiini lõhustuvuseks kujunes vastavalt 89,5% ja 53,7%. Kuumtööteldud rapsikoogi proteiin hakkas vatsas lõhustuma pärast 8-tunnist inkubatsiooniperioodi, külm- ja kuumtööteldul aga kohe. Et sööt püsib tasakaalustatud ratsioonide korral vatsas ligikaudu 8 tundi, võib uuritud sööda lõhustuvuse kineetikat hinnata soodsaks nii vatsa mikroorganismidele kättesaadava proteiini kui lehma aminohapetega varustatuse seisukohalt.

Tabel 4. Kül- ja kuumtöötlemisel saadud rapsikoogi proteiini lõhustuvus vatsas

Table 4. Protein degradability of cold-pressed and heat treated rapeseed cake (Kass, 2006)

Lõhustuvuse aeg Time of degradability, h	Külm- ja kuumtööteldud Cold-pressed		Kuumtööteldud Heat treated	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s
2	82,9	0,2	37,5	0,1
4	86,1	0,7	43,0	0,8
8	90,8	0,5	44,5	0,5
16	93,3	0,3	67,7	1,1
32	94,2	0,1	77,1	0,6
64	94,4	0,1	87,1	0,3
Efektiivne lõhustuvus Effective degradability, %	89,5	0,3	53,7	3,1
Lahustuvus/Solubility, %	74,2	0,8	28,0	0,2

Tabel 5. Tehnoloogia mõju rapsikoogi proteiini kvaliteedile

Table 5. Effect of technology of rapeseed cake on the protein quality

Tehnoloogia Technology	n	Toorproteiin Crude rotein, g kg ⁻¹	Efektiivne lõhustuvus Effective degradability, %	Seedumatu proteiin Insoluble protein (ADIP), %	Kor. proteiin Cor. protein, g kg ⁻¹	Metaboliseeruv proteiin Metabolizable protein, g kg ⁻¹
Külm- ja kuumtööteldud / Cold pressed < 60°C (Kaldmäe <i>et al.</i> , 2010)	40	332	89	6,8	332	89
Külm- ja kuumtööteldud / Cold pressed < 90°C	9	346	85	11,7	340	102
Kuumtööteldud / Heat treatment 100°C 20 min	103	365	54	6,8	365	169
Kuumtööteldud / Heated > 125°C	17	374	52	23,2	325	164

Kokkuvõte

Külm- ja kuumtööteldud rapsikoogi proteiini efektiivne lõhustuvus vatsas on suur, 85–89%.

Kuumtöötlemisega on võimalik mõjutada nii rapsikoogi proteiini lõhustuvust vatsas kui ka omastamist peensooles. Töötlemistemperatuuri muutus avaldas suurimat mõju rapsikoogi proteiini lahustuvusele ja lõhustuvusele vatsas. Mida kõrgem oli rapsiseemnete töötlemistemperatuur, seda vähem ja aeglasemalt lõhustus rapsikoogi proteiin vatsas.

Kuumtöötlemisel tuleb arvestada nii kuumutamise temperatuuriga kui ka selle kestusega. Mida kõrgem on kasutatav temperatuur, seda lühem peab olema kuumutamise kestus, et vältida Maillard'i produkti tekkimist.

Kasutatud kirjandus

National Research Council. 1989. Nutrient requirements of dairy cattle. Sixth revised edition. National Academic Press. Washington, DC.

Nagu tabelist 3 nähtub, ei vähendanud kuumtöötlemine (100°C juures 20 minuti kestel) proteiini omastamist, seedumatu proteiini osakaal oli vastavalt 6,77% ja 6,82%.

Proteiinisöötade vatsast mööduva proteiini efektiivsust hinnatakse kaudselt seedumatu proteiini kaudu, mida määratakse happelise fraktsiooni jäägist lämmastikusisalduse osakaaluga (ADIN) (Licitra *et al.*, 1996).

Rapsiõli saamiseks kasutatakse väga mitmesuguseid presse ja ka seemnete kuumtöötlust. Kuumutamisel on suur oht Maillard'i produkti tekkimiseks, mis on seedumatu. Tabelis 5 on uuritud erinevate tootmistehnoloogiatel saadud rapsikookide proteiini efektiivset lõhustuvust vatsas, seedumatu proteiini osakaalu ja selle järgi hinnatud sööda metaboliseeriva proteiini sisaldust.

Suure võimsusega tigupressiga rapsiõli väljapressimisel tõuseb temperatuur 90°C-ni, mis samuti mõjutab valkude omadusi, ADIP tõusis 11,7%-ni.

Kui rikutakse kuumutamise režiimi (kasutatakse liiga kõrget temperatuuri või kuumutamise kestus on liiga pikk), siis denatureeruvad ka valgud ja moodustub Maillard'i produkt. Seda on näha tabeli 5 andmetest, kus ADIP on keskmiselt 23,2% (kõikumisega 20,3% kuni 25,9%). Sellise rapsikoogi proteiini omastamine on tunduvalt vähenenud.

National Research Council. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. Seventh revised edition. National Academic Press, Washington, DC, 381 pp.

Broderick, G.A., Wallace, R.J., Ørskov, E.R. 1991. Control of rate and extent of protein degradation. In: Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants, Academic Press, Orlando, p. 541–592.

Carre, P., Evrard, J., Loison, J.P., Quinsac, A. 2007. Heat treatment of rapeseed as an alternative to formaldehyde use for protecting proteins in rumen. – 12th Rapeseed Congress, Wuhan, China, 2007, p. 1–4.

Chalupa, W., Sniffen, C.J. 2002. Carbohydrate, protein and amino acid nutrition of lactating dairy cattle. In: Wiseman J., Garnsworthy P.C., editors. Recent Developments in Ruminant Nutrition 4, Nottingham, University Press, p. 357–368.

Cottrill, B.R. 1996. Characterisation of nitrogen in ruminants feeds. – Recent developments in ruminant nutrition 3, p. 167–211.

- Holden, L.A., Glenn, B.P., Erdman, R.A., Potts, W.E. 1994. Effects of alfalfa and orchardgrass on digestion by dairy cows. – *J. Dairy Science*, 77, p. 2580–2594.
- Kaldmäe, H., Leming, R., Kass, M., Lember, A., Tõlp, S., Kärt, O. 2010. Chemical composition and nutritional value of heat-treated and cold-pressed rapeseed cake. – *Veterinarija ir Zootehnika*, 49 (71), p. 55–60.
- Kass, M., Kaldmäe, H., Kärt, O., Ots, M., Olt, A. 2005. Effect of temperature on the quality of rapeseed cake protein. – *Proceeding of the 11th Baltic Animal Breeding and Genetics Conference*, Palanga, p.198–201.
- Kass, M. 2006. Õli pressimise tehnoloogia mõju rapsikoogi proteiini kvaliteedile veiste söötisel. – *Tartu, Triip*, 84 lk.
- Licitra, G., Hernandez, T.M., Van Soest, P.J. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feed. – *Animal Feed Science and Technology*, 57, p. 347–358.
- McKinnon, J.J., Olubobokun, J.A., Mustafa, A.F., Cohen, R.D.H., Christensen, D.A. 1995. Influence of dry heat treatment of canola meal on site and extent of nutrient disappearance in ruminants. – *Animal Feed Science and Technology*, 56, p. 243–252.
- McNiven M.A., Prestlokken, E., Mydland L.T., Mitchell A.W. 2002. Laboratory procedure to determine protein digestibility of heat-treated feedstuffs for dairy cattle. – *Animal Feed Science and Technology*, 96, p. 1–13.
- Moshtaghi Nia, S.A., Ingalls J.R. 1992. Effect of heating on canola meal protein degradation in the rumen and digestion in the lower gastrointestinal tract of steers. – *Canadian Journal Animal Science*, 72, p. 83–88.
- Moshtaghi Nia, S.A., Ingalls, J.R. 1995. Influence of moist heat treatment on ruminal and intestinal disappearance of amino acids from canola meal. – *Journal Dairy Science*, 78, p. 1552–1560.
- Mustafa, A.F., McKinnon, J.J., Thacker, P.A., Christensen, D.A. 1997. Effect of borage meal on nutrient digestibility and performance of ruminants and pigs. – *Animal Feed Science and Technology*, 58, p. 273–285.
- Mustafa, A.F., McKinnon, J.J., Christensen, D.A. 2000. Protection of canola (low glucosinolate rapeseed) meal and seed protein from ruminal degradation. – *Review. Asian-Aust. Journal Animal Science*, 13, 4, p. 535–542.
- Nolan, J.V. 1993. Nitrogen kinetics. – In: Forbes J.M., France J, editors. *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism*, CAB International, p. 123–143.
- Sindt, J.J., Drouillard, J.S., Thippareddi, H., Phebus, R.K., Coetzer, C.M., Kerr, K.D., Lambert, D.L., Farran, T.B., Montgomery, S.P., LaBrune, H.J. 2004. Effect of Maillard reaction products on ruminal and fecal acid-resistant *E. Coli*, total coliforms, VFA profiles, and pH in steers. – *Journal Animal Science*, 82, p. 1170–1176.
- Sniffen, C.J., O'Connor, J.D., Van Soest, P.J., Fox, D.J. Russell, J.B. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: Carbohydrate and protein availability. – *Journal Animal Science*, 70, p. 3562–3577.
- Stern, M.D., Varga, G.A., Clark, J.H., Firkins, J.L., Huber, J.T., Palmquist, D.L. 1994. Evaluation of chemical and physical properties of feeds that affect protein metabolism in the rumen. – *Journal Dairy Science*, 77, p. 1296–1304.
- Vadi, M., Kaldmäe, H., Kärt, O., Ots, M., Jürgenson, A., Olt, A. 2004. Temperatuuri mõjust rapsikoogi proteiini lõhustuvusele vatsas. – *Agraarteadus*, 14, 2, lk 119–124.

Effect of heat treatment on rapeseed cake protein quality

Helgi Kaldmäe, Marko Kass, Ragnar Leming, Meelis Ots

Summary

The objective of this review is look at different studies of heat treatment that have been used to protect rapeseed cake and seed protein for ruminal microbial degradation and digestibility. The objective is to minimize the soluble fraction and maximize the slowly degradable fraction with little or no increase in the indigestible fraction. On optimum heat input varies from on dietary protein to another, but they depends on several factors.

Cold-pressed rapeseed cake are poor sources of ruminal undegraded protein (RUP), protein effective degradability were 85–89%.

Changes of treatment temperature had the greatest effect on the solubility and ruminal degradability of rapeseed cake protein. The higher treatment temperature of the seeds resulted in lower and slower ruminal degradability of rapeseed cake protein. The results of different study show that heating temperature and duration of heating were both important in protecting rapeseed protein for ruminal degradation. It was concluded from that studies that heating rapeseed 100°C for 20 min in the present case conditions is a viable method to reduce ruminal degradability of rapeseed cake protein without compromising the intestinal digestibility of RUP (effective protein degradability 54%).