

RATSIOONIKIUD SIGADE SÖÖTMISEL

O. Kärt, R. Leming

Paljud maailma teadlased on uurinud kiudaine sisaldust nii söötades kui ka toiduinetes. Seni pole leitud selget ja komplektset definitsiooni kirjeldamiseks ratsioonikiudu (inglise k. *dietary fibre*). Käesoleval ajal võib ratsioonikiudu defineerida kahest aspektist lähtudes – füsioloogilisest aspektist, kui imetajate seedeensüümide hüdroolüüsile resistentseid sööda või ratsiooni komponente või keemilisest aspektist, kui tärklisevabade polüsahhariidide (inglise k. *non-starch polysaccharides*) ja ligniini summat.

Looduses esineb üle saja monosahhariidi, millest 10 esinevad ehituskomponentidena taimedes ja moodustavad keemiliselt väga tugevalt seotud polüsahhariide. Need monosahhariidid on pentoosid (arabinoos ja ksüloos), heksoosid (glükoos, mannoos, galaktoos ja fruktoos), 6-desoksüheksoosid (ramnoos ja fukoos) ning heksauroonhapped (glükuroonhape ja galakturoonhape). Ratsioonikiu koostisse võivad kuuluda ka taime raku-seintega tugevasti seotud proteiin ja sellised komponendid nagu äädikhape ning mitmesugused fenoolse iseloomuga ühendid.

Ligniini fraktsioon (mittesahhariidne ratsioonikiu osa) sisaldab vähesel määral ka selliseid mitteligniiniseid aineid nagu vahad, kutiin, tanniinid ja glükoproteiidid.

Kiudainete määramisel kasutatavad analüüsimeetodid

Kuivõrd kiudaine mõiste pole üheselt mõistetav, iseloomustab söötades sisalduvat kiudainet eelkõige määramisel kasutatud analüüsimeetod. Erinevaid meetodeid on palju ja nende omavahelisel võrdlemisel ilmnevad suured erinevused. Seda illustreerib ka tabel 1, kus on toodud mõnede söötade analüüsimisel (nelja enimkasutatava meetodiga) saadud tulemused.

Tabel 1. Ratsioonikiu, neutraalkiu (NDF), happekiud (ADF) ja toorkiu sisaldus mõnedes söötades
Table 1. The dietary fibre, neutral detergent fibre (NDF), acid detergent fibre (ADF) and crude fibre contents of some feedstuffs (Graham, 1988)

Sööt / Feed	Sisaldus (g/kg kuivaines) / Content (g/kg in dry matter)			
	Ratsioonikiud Dietary fibre	NDF	ADF	Toorkiuud Crude fibre
Mais / Maize	94	82	22	20
Nisu / Wheat	108	98	32	23
Oder / Barley	188	152	50	42
Söödahernes / Feed peas	163	104	71	52
Sojajahu / Soybean meal	241	151	88	76
Nisupõhk / Wheat straw	798	830	522	447

Toorkiu (TK) analüüsimeetod töötati välja juba üle 150 aasta tagasi ja see on paljudes riikides laialdaselt kasutusel ka tänapäeval. TK all mõistetakse sööda orgaanilist fraktsiooni, mis ei lahustu töötlemisel tugevas happe- ja leelilahuses. TK koostisesse kuuluvad kõige halvemini seeduvad sööda komponendid, peamiselt tselluloos ja ligniin.

Neutraalkiu (NDF) analüüsimeetod töötati välja Peter Van Soest'i poolt ja on eelkõige mõeldud koresöötade analüüsimiseks. Sööda analüüsil keedetakse proovi neutraallahuses (etüleen-diamiin-tetraäädikhape), filtreeritakse, kuivatatakse ja lõpuks kaalutakse. NDF koostisesse kuuluvad põhiliselt ligniin, tselluloos ja hemitselluloos, kuid mitte pektiinained ja teised hästi lahustuvad kiufraktsioonid.

Happekiud (ADF) analüüsimeetodi, mille kohaselt söödaproove keedetakse happelahuses, on samuti välja töötanud Peter Van Soest. Happekiud koosneb peamiselt ligniinist ja tselluloosist, kuid ei sisalda analüüsi käigus lahustuvaid kiudaine komponente nagu hemitselluloos ja pektiin.

Ratsioonikiu (RK) määramiseks on välja töötatud mitmeid meetodeid, mida on aastate jooksul parandatud ja täiendatud. Gravimeetriselised (AOAC – Association of Official Analytical Chemists) meetodid analüüsivad kas kogu RK sisaldust või veeslahustuva ja -mittelahustuva RK fraktsiooni eraldi. Keemilistest analüüsimeetoditest on tuntuim Uppsalas välja töötatud ensümaatiline meetod (Theander *et al.*, 1995), mille järgi neutraalsuhkrud (ramnoos, fukoos, arabinoos, ksüloos, mannoos, galaktoos ja glükoos) määratakse gaaskromatograafi ja uroonhapped fotomeetri abil, ligniin aga gravimeetriselt. Kogu ratsioonikiu sisaldus saadakse neutraalsuhkrute,

uroonhapete ja ligniini summeerimisel. Mõningate seasõotade RK keemiline koostis on toodud tabelis 2. RK koostisse kuulub seega kogu tselluloos, hemitselluloos, pektiin ja ligniin. Samuti sisaldab Uppsala meetodiga määratud RK tanniini, kutiini, proteiini sisaldavaid ühendeid ja Maillard-reaktsiooni produkte, mis analüüsitakse kui ligniini osa. RK hulka kuulub ka ensüümresistentne tärkliis.

Tabel 2. Ratsioonikiu komponentide sisaldus (g/kg kuivaines) mõningates seasõotades
Table 2. Dietary fibre composition (g/kg in dry matter) of some pig feedstuffs (Åman et al., 1988)

Komponent <i>Component</i>	Mais <i>Maize</i>	Nisu <i>Wheat</i>	Oder <i>Barley</i>	Kaer <i>Oats</i>	Sojauba <i>Soya bean</i>	Hernes <i>Pea</i>
Neutraalsuhkrud <i>Neutral sugars :</i>						
Ramnoos / <i>Rhamnose</i>	1	1	1	2	5	3
Arabinoos / <i>Arabinose</i>	17	19	22	16	26	26
Ksüloos / <i>Xylose</i>	23	31	47	73	19	11
Mannoos / <i>Mannose</i>	3	3	4	4	14	3
Galaktoos / <i>Galactose</i>	5	4	3	6	56	13
Glükoos / <i>Glucose</i>	33	37	83	112	70	76
Uroonhapped / <i>Uronic acids</i>	6	3	5	9	38	22
Ligniin / <i>Klason lignin</i>	6	10	22	57	10	10
Ratsioonikiud kokku <i>Total dietary fibre</i>	94	108	187	279	238	164

Ratsioonikiu seeduvus sigade seedekanali erinevates osades

Taimede polüsahhariidid – tärkliis ja tärkliisevabad polüsahhariidid – on sigade ja teiste lihtmaoliste loomade söötmisel üheks tähtsaimaks energiaallikaks. On üldiselt teada, et teraviljades sisalduv tärkliis on hästi seeduv. Enamus katseid sigadega on näidanud, et vähem kui 5% tärkliisest jääb peensooles seedumata (Graham, 1988, Bach Knudsen, Hansen, 1991). Kuigi tärkliis hüdrolüüsivad ensüümid on peensooles olemas, ei leidu seal selliseid ensüüme, mis oleksid võimelised lõhustama tärkliisevabade polüsahhariidide keemilisi sidemeid. Sellelaadsed uurimistööd on näidanud, et keskmiselt 80% tärkliisevabadest polüsahhariididest jääb sigade peensooles seedumata. Seedumatu fraktsioon liigub edasi jämesoolde, kus toimub tärkliisevabade polüsahhariidide mikrobiaalne lõhustamine. Tabelis 3 on näidised toodud nisukliides, hernesest ja suhkrupeedipulbis sisalduvate tärkliisevabade polüsahhariidide seeduvus seedekanali erinevates osades. Selliste polüsahhariidide fermentatsiooni lõpp-produktideks on äädik-, propioon- ja võihape ning süsinikdioksiid, metaan ja vesinik.

Tabel 3. Tärkliisevabades polüsahhariidides (NSP) sisalduvate põhikomponentide seeduvus (%) sigade erinevates (ileal ja faecal) seedekanali osades
Table 3. Ileal- and faecal digestibilities (%) of major non-starch polysaccharide (NSP) residues (Graham et al., 1985)

	Arabinoos <i>Arabinose</i>	Ksüloos <i>Xylose</i>	Galaktoos <i>Galactose</i>	Glükoos <i>Glucose</i>	Uroonhapped <i>Uronic acids</i>	Kogu NSP <i>Total NSP</i>
<u>Põhiratsioon / Basal diet</u> ¹						
<i>Ileal</i>	20,3	10,4	–	27,4	13,9	21,1
<i>Faecal</i>	61,1	24,2	–	45,6	57,7	47,6
<u>Nisukliid / Wheat bran (33%)</u>						
<i>Ileal</i>	7,6	-2,8	–	14,7	14,6	9,8
<i>Faecal</i>	30,6	26,9	–	12,3	28,4	28,8
<u>Hernes / Peas (33%)</u>						
<i>Ileal</i>	19,2	15,3	–	36,1	16,8	29,9
<i>Faecal</i>	63,7	17,6	–	44,3	59,4	47,2
<u>Suhkrupeedipulp / Sugar beet pulp (33%)</u>						
<i>Ileal</i>	45,9	21,7	33,3	35,8	42,4	38,0
<i>Faecal</i>	89,4	21,3	84,7	62,4	92,1	73,4

¹ Põhiratsioon / Basal diet = 26.6% kaer / oats, 26.6% oder / barley, 26.6% nisu / wheat, 6% hernes / peas, 6% sojauba / soybeans, 5% kalajahu / fish meal, 3.2% mineraalained ja vitamiinid / minerals and vitamins

Ratsioonikiu seeduvus on sigade maos väga piiratud, kuid väike osa hemitselluloosist ja pektiinainetest võib siiski alluda mikroobsele fermentatsioonile. Selle intensiivsus sõltub kiudaine tüübist ja lignifitseerumise astmest (Drochner, 1991).

Osaliselt seedunud sööt liigub maost edasi peensoolde, mis on peamiseks toitainete seedumise ja imendumise kohaks. Sööda süsivesikud seeduvad selles seedetrakti osas väga erineval viisil. Monosahhariidid, nagu glükoos ja fruktoos, absorbeeruvad kiiresti mida tõestab ka see, et peensoole lõpuosas on küümuse glükoosisisaldus väga madal (Drochner, 1991). Tähtsaks ehk varupolüsahhariid hüdrolüüsib sigade peensooles pankrease α -amülaasi toimet ja absorbeerub glükoosina.

Tselluloosi lõhustuvus peensooles (mikroobsete ensüümide toimet) on samuti väike. Hemitselluloosil ja pektiinainetel on see näitaja küll pisut parem, kuid siiski limiteeritud. Erinevad katsed on näidanud, et kiufraktsiooni lisamisel või selle kontsentratsiooni tõstmisel ratsioonis võib väheneda tähtsaks, toorproteiini, toorasva ja mineraalainete seeduvus peensooles (Graham, 1988). Sageli on selle põhjuseks toodud asjaolu, et kiudaine, mis esineb põhikomponendina rakukestas ja ümbritseb kapslina rakus paiknevaid toitaineid, tõkestab hüdrolüüsivate ensüümide pääsu raku sisemusse. Süsivesikute seeduvus peensooles sõltub selle fraktsiooni keemilisest koostisest (tähtsaks, suhkrud, tselluloos, hemitselluloos, ligniin jne.), algmaterjalist (teraviljad, rohusöödad, põhk jne.) ja töötlemise viisist (jahvatamine, kuumtöötlus jne.)

Süsivesikute ja teiste toitainete hulk, mis transporditakse peensoolest jämesoolde, sõltub suuresti söödaratsiooni koostisest. Mida suurem on kiudaine sisaldus ratsioonis, seda suurem on ka jämesoolde transporditavate toitainete hulk. Selle põhjuseks on lühenenud transiitaeg (seedekanalil läbimise aeg), mis omakorda lühendab ajaliselt ensümaatilist seedet ja imendumist peensooles (Andersson, 1997). Mida enam on ratsioonis kiudu, seda kiiremini läbib sööt seedekanalit ja seda vähem on sööt allutatud ensüümide toimele.

Tselluloosi fermenteerumine toimub aste-astmelt terminaalsete suhkrute lõhustamisega, mis on aga aeganõudev protsess ja sõltub järgmistest faktoritest:

- 1) transiitajast seedekanalit
- 2) partikli suurusest, keemilisest eeltöötlemisest, tselluloosi tüübist
- 3) tselluloosi siduvuse astmest ligniiniga
- 4) sigade individuaalsetest omadustest, tõust, jne.

Pektiinainete, mille põhikomponendiks on uroonhapped, seeduvus sigade jämesooles on tunduvalt suurem kui tselluloosil. Erinevate katsetulemuste andmetel võib see ulatuda isegi kuni 80...90 protsendini (Drochner, 1991). Kuna jämesooles paiknevad mikroorganismid ei ole võimelised lõhustama ligniini, siis seed seda sööda-komponenti ei omasta.

Kirjandus

- Andersson C. Forages for growing pigs. Swedish University of Agricultural Sciences. – Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Agraria 31. Thesis., 1997.
- Åman P., Graham H., Löwgren W. Dietary fibre in pig feeds. – In Digestive physiology in the pig. (eds.) Buraczewska L., Buraczewski S., Pastuszewska B. and Zebrowska T. Proceedings of the 4th International Seminar held at the Institute of Animal Physiology and Nutrition, Jablonna, Poland, p. 120...127, 1988.
- Bach Knudsen K. E., Hansen I. Gastrointestinal implications in pigs of wheat and oat fractions. – British Journal of Nutrition, vol. 68, p. 451...462, 1991.
- Drochner W. Digestion of carbohydrates in the pig. – In Digestive physiology in pigs. (eds.) Verstegen M. W. A., Huisman J. and den Hartog L. A. Proceedings of the 5th International Symposium on Digestive Physiology in Pigs. Digestive physiology in the pig. EAAP Publication No. 54. Wageningen, Netherlands, 1991.
- Graham H., Åman P., Hesselman K. The effect of wheat bran, whole crop peas and beet pulp on the digestibility of dietary components in a cereal-based pig feed. – In Digestive Physiology in the Pig (eds. Just A., Jørgensen H and Fernandez J. A.). Report 580, National Institute of Animal Science, Copenhagen, Denmark, 1985.
- Graham H. Dietary fiber concentration and assimilation in swine. – ISI Atlas of Science: Animal and Plant Sciences, p. 76...80, 1988.
- Theander O., Åman P., Westerlund E., Andersson R., Pettersson D. Total dietary fiber, determined as neutral sugar residues, uronic acid residues and Klason lignin (The Uppsala Method): Collaborative study. – Journal of AOAC International, vol. 78, No. 4, p. 1030...1044, 1995.

Dietary Fibre in Pig Nutrition

O. Kärt, R. Leming

Summary

Dietary fibre is now defined either from a physiological point of view, as the dietary components resistant to hydrolysis by digestive enzymes, or as a chemical entity, the sum of non-starch polysaccharides and lignin.

At a practical level, fibre is defined by the analytical method used for its measurement. A wide range of methods (crude fibre, ADF, NDF, DF) are available but comparisons between them show major differences (Table 1).

The digestive process of fibrous material in pigs were described. During the course of microbial fermentation fibrous polysaccharides are broken down to short chain fatty acids (acetic-, propionic-, butyric acid) and various gases (CO_2 , CH_4 , H_2). Small amounts of hemicelluloses and pectic substances might be fermented in the stomach. Starch, a storage carbohydrate, can be hydrolysed by pancreatic α -amylase and may, therefore, be digested in the small intestine of pigs and absorbed as glucose. In contrast to starch no enzymes are present in the small intestine which can cleave the bondings in non-starch polysaccharides. To a greater or lesser extent, depending on the fibre source, these structural polysaccharides can be fermented by the microflora in the gastrointestinal tract. This fermentation occurs largely in the caecum and the colon. However, a significant degradation of some dietary fibres can occur prior to the ileum and have a important implications for nutrient assimilation.