

Sianrehujen rehuarvojärjestelmät Pohjoismaissa: voiko rehuarvoja muuntaa järjestelmästä toiseen?

Rehuarvo kuvaa rehun energia- ja valkuaisarvoa sikojen ruokinnassa. Euroopassa on käytössä useita erilaisia sianrehujen energia-arvojärjestelmiä ja myös muutama erilainen valkuaisarvojärjestelmä. Suomeen tuodaan sekä rehuja että eläinainesta muista Euroopan maista. Erilaisten energia- ja valkuaisarvojärjestelmien vuoksi rehujen ravintoarvon ja sikojen ruokintasuositusten vertaaminen on vaikeaa. Rehuarvojen ja ruokintasuositusten vertaamiseksi energia- ja valkuaisarvoja olisi muutettava rehuarvojärjestelmästä toiseen. Se ei kuitenkaan ole yksiselitteistä, koska eri rehuarvojärjestelmät ovat periaatteiltaan erilaisia ja ne myös arvottavat eri rehuaineita erilailla.

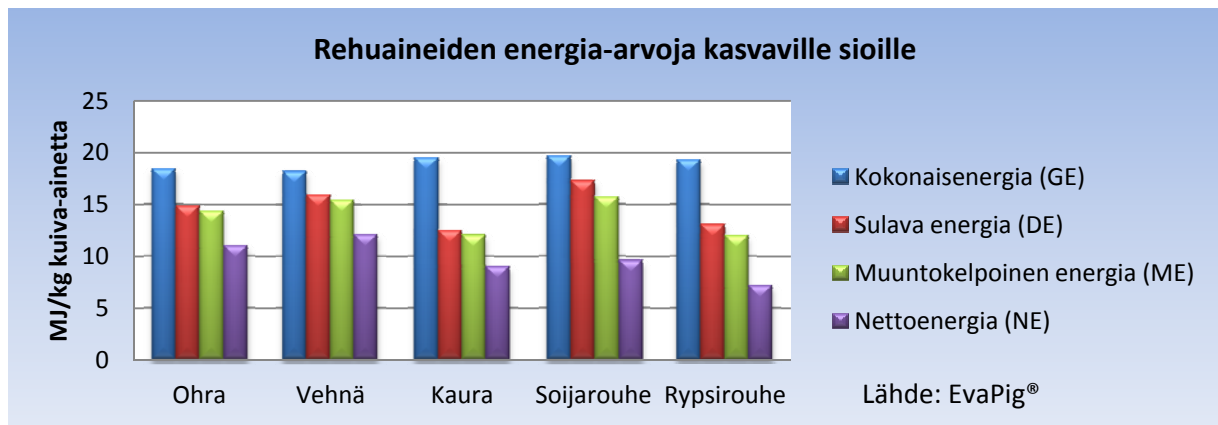
Tässä kirjoituksessa kuvataan lyhyesti Pohjoismaissa käytettävien sianrehujen energia- ja valkuaisarvojärjestelmien periaatteet ja annetaan joitakin neuvoja Ruotsissa, Norjassa ja Tanskassa käytettävien rehuarvojen muuttamiseksi Suomen rehuarvojärjestelmän mukaiseksi (MTT 2012). Koska Pohjoismaiden käyttämät rehuarvojärjestelmät ovat periaatteiltaan erilaisia, eivät muunto-ohjeiden avulla lasketut rehuarvot ja ruokintasuositukset ole tarkkoja vaan likiarvoja. Aina muuntaminen ei ole yhtälöiden tai muuntokertoimien avulla edes mahdollista.

Energia-arvojärjestelmien periaatteet

Rehujen ravintoaineiden sisältämä kokonaisenergiämäärä eli bruttoenergiapitoisuus (**GE**, *gross energy*) määritetään pommikalorimetrillä mittaamalla rehun polttamisessa vapautuva energiamäärä. Kokonaisenergiapitoisuus voidaan myös laskea rehun ravintoainekoostumuksesta. Eri rehuaineiden sisältämät ravintoaineet eivät kuitenkaan sula ja imeydy sian ruuansulatuskanavassa yhtä hyvin, minkä vuoksi kokonaisenergiapitoisuus kuvaa huonosti rehuaineiden energia-arvojen eroavuuksia.

Kun rehun kokonaisenergiasta vähennetään sotaan erittyvien sulamattomien ravintoaineiden energia, saadaan rehun sulavan energian pitoisuus (**DE**, *digestible energy*). Kaikki sulavien ravintoaineiden sisältämä energia ei tule käytetyksi elimistössä energian lähteenä. Osa rehun sisältämästä energiasta menetetään virtsaan ja suolistokaasuina. Kun rehun sulavasta energiasta vähennetään virtsaan erittynyt energia, saadaan rehun muuntokelpoisen energian pitoisuus (**ME**, *metabolizable energy*). Suolistokaasujen energiaa ei rehun muuntokelpoisen energian määrittämisessä yleensä huomioida sioilla, koska sen merkitys on vähäinen ja energiahävikki on vaikeasti mitattavissa.

Osa muuntokelpoisesta rehun energiasta hukataan lämpönä, kun ravintoaineita muutetaan elimistössä aineenvaihduntareaktioissa tarvittaviin muotoihin. Kun nämä muuntumistappiot vähennetään rehun muuntokelpoisen energian määrästä, saadaan rehun nettoenergiapitoisuus (**NE**, *net energy*). Muuntumistappiot eivät ole vakioita, vaan vaihtelevat eläimestä ja rehun ominaisuuksista riippuen. Keskimäärin nettoenergia on 75 % muuntokelpoisesta energiasta. Seuraavasta kuviosta nähdään, miten viljojen ja soija- ja rypsiroouheen kokonaisenergiapitoisuuksien erot ovat pienempiä kuin erot sulavan ja muuntokelpoisen energian pitoisuudessa. Rehujen energia-arvojen erot ovat selvimmät nettoenergiana mitattuina. Rehun sisältämä nettoenergia on eläimen kasvuun, lisääntymiseen, lämmönsäätelyyn ja liikkumiseen käytettävissä olevaa energiaa, ja sitä pidetään parhaana rehujen energia-arvon mittana sioilla.



Euroopassa on käytössä useita erilaisia sianrehujen energia- ja valkuaisarvojärjestelmiä. Rehuarvojärjestelmä on hyvä, kun se kuvaa tarkasti sekä rehujen tuotantopotentiaalia että sikojen ravinnontarvetta eri tuotantovaiheissa. Sen pitäisi myös olla fysiologisesti järkeen käypä ja loogisesti johdettu. Erilaisista määrittämis- ja laskentaperusteista johtuen eri maiden rehutaulukoissa olevat rehujen energia- ja valkuaisarvot ja ruokintasuositukset eivät ole suoraan verrannollisia toisiinsa. Ruokintasuosituksia verrattaessa on tunnettava niissä käytetyn energia- ja valkuaisarvojärjestelmän periaatteet.

Rehun energia-arvo määritetään sulavana energiana mm. Sveitsissä, muuntokelpoisena energiana mm. Saksassa ja Espanjassa, ja nettoenergiana mm. Ranskassa, Alankomaissa ja Suomessa. Eri maiden käyttämät nettoenergiaan perustuvat energia-arvojärjestelmät eivät ole samanlaisia. Eroavuuksia on nettoenergia-arvon määrittämis- ja laskentatavoissa ja siinä, miten eri ravintoaineita on arvioitu energia-arvojen laskennassa. Tanskan rehuarvojärjestelmän perustana on ns. fysiologinen energia, jossa energia-arvo määräytyy ravintoaineiden elimistön aineenvaihdunnassa tuottaman ATP-määrän perusteella. Fysiologinen energia on lähellä nettoenergiaa.

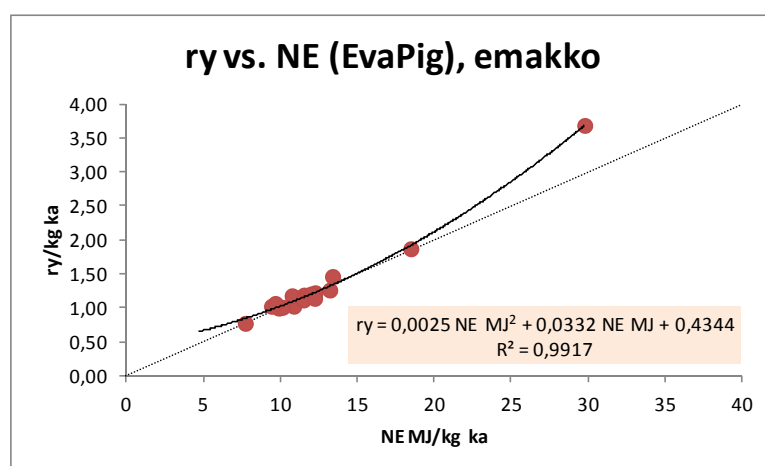
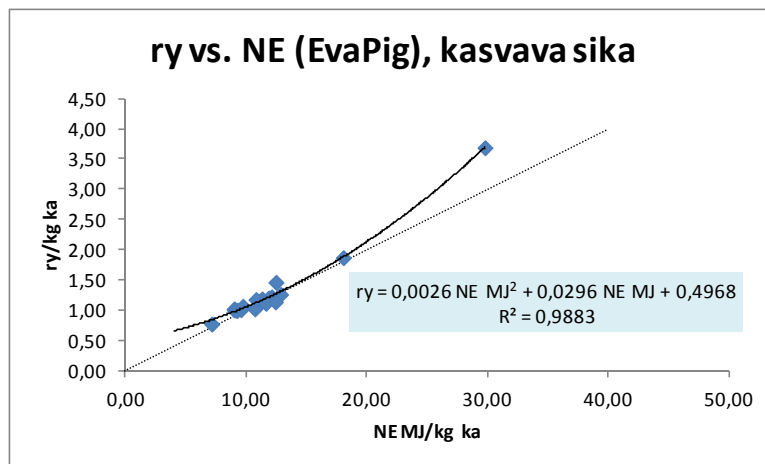
Pohjoismaissa käytettävät sianrehujen energia-arvojärjestelmät

Suomessa käytettävä sianrehujen nettoenergiajärjestelmä perustuu Alankomaissa 1990-luvun alussa käytössä olleeseen alun perin saksalaiseen yhtälöihin perustuvaan energia-arvojärjestelmään (CVB 1990), ja se otettiin meillä käyttöön vuonna 1995 (Tuori ym. 1995). Rehun nettoenergia-arvo lasketaan megajouleina sulavien ravintoaineiden pitoisuuksista käyttäen niille seuraavia energiakertoimia: sulava raakavalkuainen 10,5 kJ/g, sulava raakarasva 36,1 kJ/g, sulava raakakuitu 6,3 kJ/g ja sulavat tyypettömät uuteaineet 12,4 kJ/g. Rehuille, jossa on sokereita yli 90 g/kg kuiva-ainetta, tehdään sokerikorjaus ($- 0,63 \text{ kJ} \times \text{sokeripitoisuus}$). Lisäksi osalle rehuaineista, kuten vehnälle ja joillekin sivutuoterehuille on poikkeusyhtälöitä (CVB 1991, 1992). Rehuyksikköarvo saadaan jakamalla rehun nettoenergiapitoisuus megajouleina 9,3:lla (1 ry = 9,3 MJ NE). Samoja energia-arvoja käytetään kaikissa tuotantovaiheissa, vaikka sian kyky sulattaa rehun ravintoaineita, erityisesti kuitua, paranee sian kasvaessa porsaasta aikuiseksi.

Ruotsissa on käytössä Ranskan nettoenergiaan perustuva energia-arvojärjestelmä (Noblet ym. 2003, <http://www.zootechne.fr/fr/ouvrages-et-logiciels.html>). Siinä rehun nettoenergia-arvon laskennassa tarvittava muuntumistappio (lasketaan NE/ME suhteen avulla) perustuu respiraatiokammioissa tehtyihin määrittäksiin. Koska rehuaineen sisältämien ravintoaineiden sulavuus ei ole vakio, vaan riippuvainen ravintoaineen pitoisuudesta rehussa, Ranskan rehutaulukoissa ei ole annettu rehujen ravintoaineille sulavuuskertoimia. Sekä rehun kokonaisenergiapitoisuus että energian sulavuus estimoidaan rehun ravintoainekoostumuksen perusteella, ja muuntokelpoisen ja nettoenergian pitoisuudet lasketaan sulavan energian pitoisuudesta rehuaineikohtaisten muuntosuhteiden (ME/DE, ME/NE) avulla. Eniten käytetyille

rehuaineille on sekä omat regressioyhtälöt energian sulavuuden estimoimiseksi että omat muuntosuhteet muuntokelpoisen ja nettoenergiapitoisuuden laskemiseksi. Muille rehuaineille käytetään yleiskaavaa. Ranskan nettoenergiaan perustuva rehuarvojärjestelmä huomioi sen, että aikuisten sikojen ruuansulatuskapasiteetti on parempi kuin nuorten, ja rehujen nettoenergia-arvot lasketaan erikseen kasvaville sioille ja emakoille.

Ranskan rehuarvojärjestelmän laskentaperusteet ovat varsin monimutkaiset, ja laskennassa tarvitaan erilaisia rehuaineittain vaihtuvia yhtälöitä ja muuntosuhteita. Rehuarvojen laskemisen helpottamiseksi on olemassa EvaPig®-ohjelma, joka on ladattavissa ilmaiseksi osoitteesta: www.evapig.com. Ohjelmassa on useita kieliversioita ja laskennassa käytettäviä yksiköitä voidaan vaihtaa (% tai g rehusta tai rehun kuiva-aineesta) käyttäjän mieltymyksen mukaiseksi. Seuraavissa kuvioissa on esitetty Suomen rehuyksikön ja EvaPig®-ohjelmalla laskettujen nettoenergia-arvojen välinen yhteys kasvavilla sioilla ja emakoilla. Kuvion yhtälöiden avulla Ruotsin megajoulet nettoenergiaa voidaan karkeasti muuntaa rehuyksiköiksi. Regressioyhtälön poikkeaminen pisteiviivasta osoittaa näiden energia-arvojärjestelmien arvottavan rehuaineita hieman erilailla. Energia-arvojen ero on suurin kasviöljyn energia-arvossa.



Ruotsin rehutaulukot ja sikojen ruokintasuositukset löytyvät osoitteesta:

<http://www.slu.se/sv/fakulteter/vh/institutioner/institutionen-for-husdjurens-utfodring-och-var/verktyg/fodertabeller/fodertabell-for-gris/>

Norjassa ei ylläpidetä kansallisia rehutaulukoita, ja elinkeinon toimijat ovat hankkineet käyttöönsä Alankomaiden rehuarvojärjestelmän (<http://www.pdv.nl/nederland/Voederwaardering/>). Siinä rehun nettoenergia-arvo lasketaan sulavan raakavalkuaisen, sulavan raakarasvan, tärkkelyksen,

sokerien ja sulavien ei-tärkkelyspolysakkaridien energiakertoimien avulla. Energia-arvon laskemisen yleiskaavassa on myös kertoimet maitohapon ja haihtuvien rasvahappojen pitoisuuksille niitä sisältäville rehuaineille. Norjan rehuyksikkö FEn (ja Alankomaiden EW) on suuruudeltaan 8,8 MJ NE.

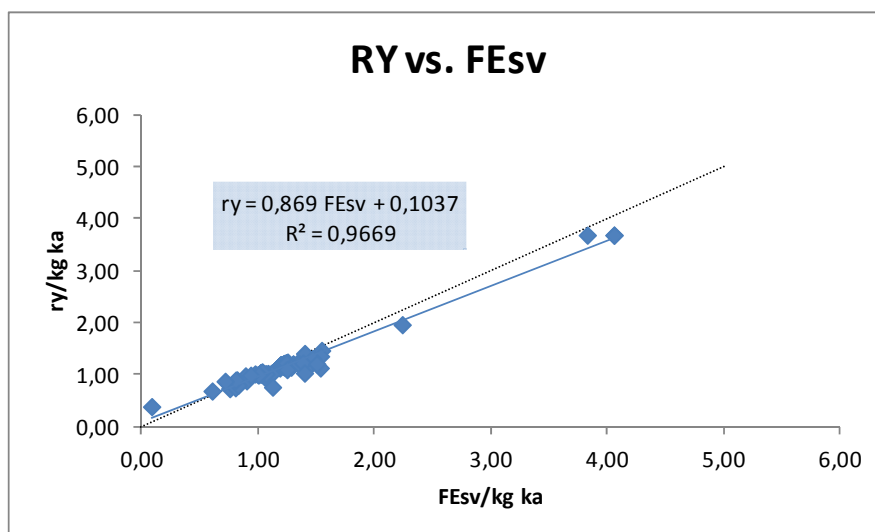
Alankomaiden energia-arvojärjestelmässä nettoenergia-arvon laskennassa tarvittavat sulavuuskertoimet on annettu rehutaulukoissa. Koska rehuaineen koostumus vaikuttaa sen sisältämien ravintoaineiden sulavuuteen, sulavuuskertoimet voidaan myös estimoida rehun koostumuksesta taulukossa annettujen yhtälöiden avulla. Koska Alankomaiden rehutaulukot ovat maksullisia, energia-arvojärjestelmien vertaamiseen tarvittavia rehujen koostumustietoja ja energia-arvoja ei ollut käytettävissä. Karkea rehuyksiköiden muunnos voitaneen tehdä seuraavasti: $RY = FEn \times 8,8 / 9,3$. Muunnoksen luotettavuudesta ei ole mitään arviota.

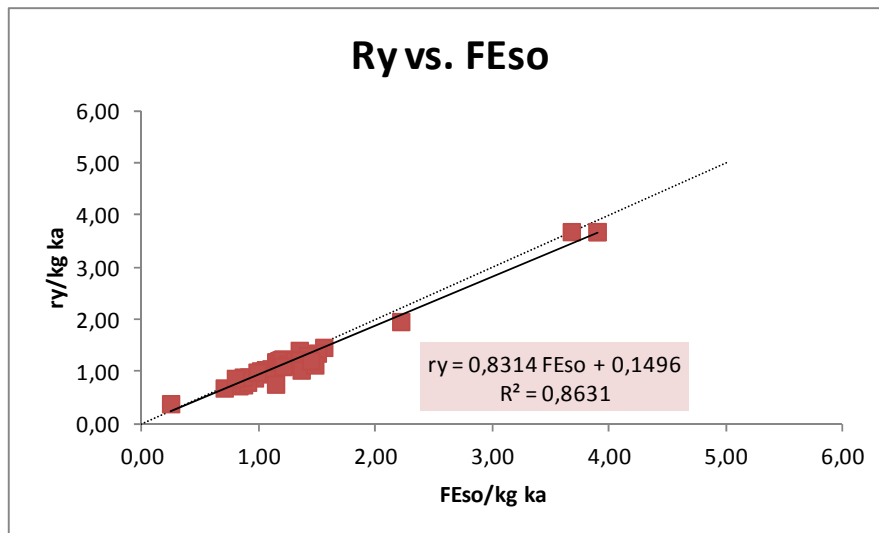
Norjalaisten sikojen ruokintasuosituksia löytyy mm. osoitteesta:

<http://www.felleskjopet.no/landbruk/For/For-til-gris/Sider/default.aspx>

Tanskassa on käytössä energia-arvojärjestelmä, jossa rehuaineen energiapitoisuus lasketaan ns. fysiologisena energiana eli rehun ravintoaineiden potentiaalina tuottaa ATP:tä elimistössä (<http://vsp.lf.dk/Viden/Foder/Raavarer/Fodervurdering.aspx>). Käytännössä energia-arvot lasketaan ravintoainekoostumuksen ja entsyymaattisesti määritettyjen orgaanisen aineen ja typen *in vitro* -sulavuuden perusteella. Kasvaville sioille ja emakoille on omat rehuyksiköt, ja niiden ero tulee siitä, että emakoilla fermentoituvien hiilihydraattien energia-arvo on suurempi kuin kasvavilla sioilla (9,0 vs. 7,0 kJ/g ka). Kasvavien sikojen rehuyksikkö FEsv on suuruudeltaan 7,38 MJ ja emakoiden rehuyksikkö FEso 7,70 MJ fysiologista energiaa. Rehuyksiköt on skaalattu niin, että kevätohran FEsv on sama kuin FEso.

Seuraavissa kuvioissa on Tanskan rehutaulukoissa (<http://vsp.lf.dk/Viden/Foder/Raavarer.aspx>) olevien rehuaineiden energia-arvojen (FEsv ja FEso) ja Suomen rehuyksikön välinen yhteys. Suomen rehuyksikköarvot on laskettu käyttäen rehuaineille Tanskan rehutaulukoiden koostumustietoja ja Suomen rehutaulukoiden sulavuuskertoimia ja laskentaperusteita. Kuvion yhtälöiden avulla Tanskan rehuyksiköt voidaan karkeasti muuntaa meidän rehuyksiköiksi. Tässäkin regressioyhtälön kulmakerotoimien poikkeaminen pisteiviivasta osoittaa näiden energia-arvojärjestelmien arvottavan rehuaineita hieman erilailla.





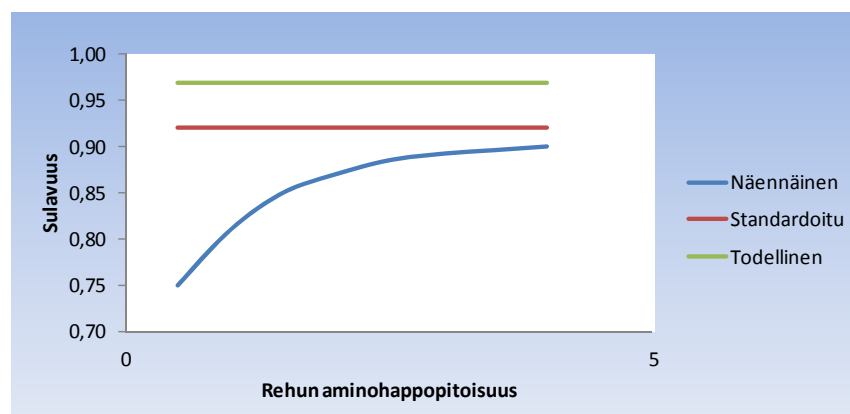
Tanskalaisten sikojen ruokintasuositukset löytyvät osoitteesta:

<http://vsp.lf.dk/Viden/Foder/Naeringsstoffer/Normer%20for%20naeringsstoffer.aspx>

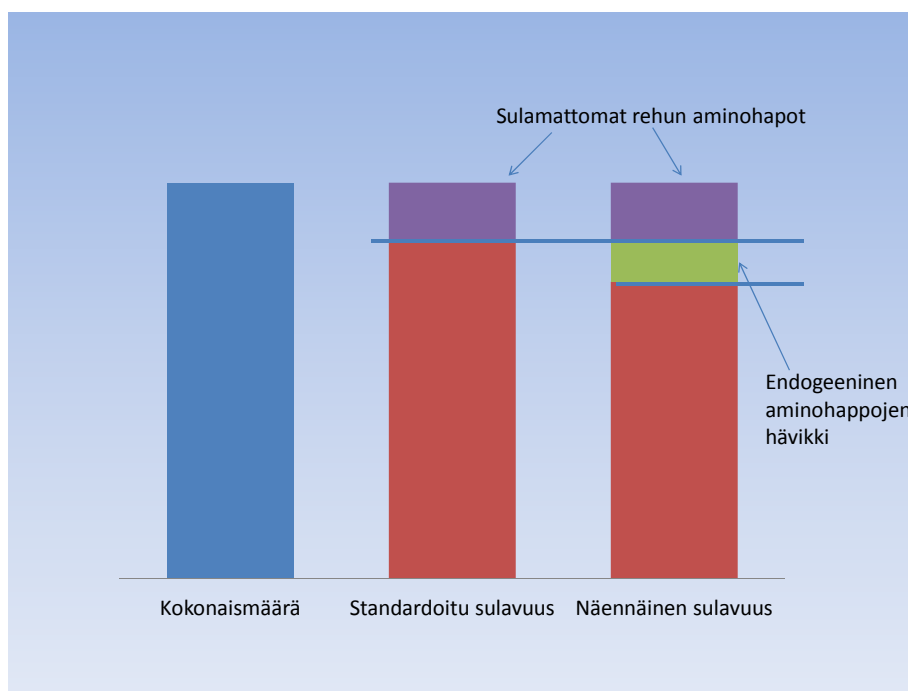
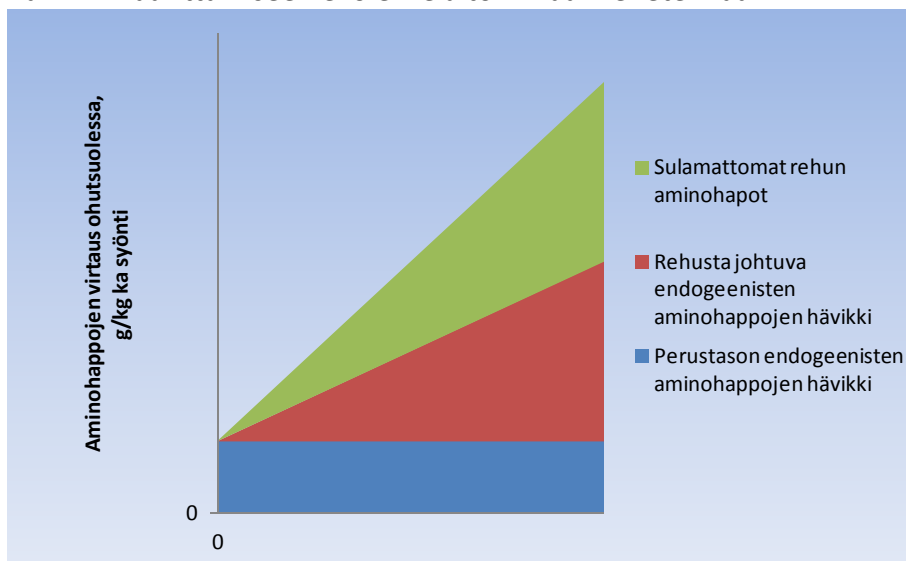
Näennäinen ja standardoitu aminohappojen ohutsuolisulavuus

Sianrehujen valkuaisarvo ilmoitetaan useimmissa Euroopan maissa ohutsuolessa sulavina aminohappoina. Suomessa aminohappojen ohutsuolisulavuus on ns. näennäinen sulavuus. Sen määrittämisessä ei ole huomioitu ohutsuolen ruokasulan sisältämiä eläimestä ja suoliston mikrobeista peräisin olevia ns. endogeenisiä aminohappoja. Niiden määrä riippuu mm. eläimen tuotantovaiheesta, syödyistä rehun kuiva-aineen määrästä ja endogeenista erityistä lisäävistä rehun ominaisuuksista, kuten kuidun ja haitta-aineiden pitoisuuksista. Sian syömän rehun valkuaisen ja aminohappojen pitoisuus vaikuttaa endogeenisen hävikin määrään ja siten myös näennäiseen sulavuuteen. Vaikutus on suurin määrittäessä viljojen aminohappojen ohutsuolisulavuuksia. Sulavuusmäärittämisessä rehun valkuaispitoisuuden tulisi olla vähintään 16 %, jotta endogeenisen hävikin vaikutus näennäiseen sulavuuteen olisi mahdollisimman pieni. Myös yksittäisten aminohappojen pitoisuuksien tulisi ylittää tietyn vähimmäistason.

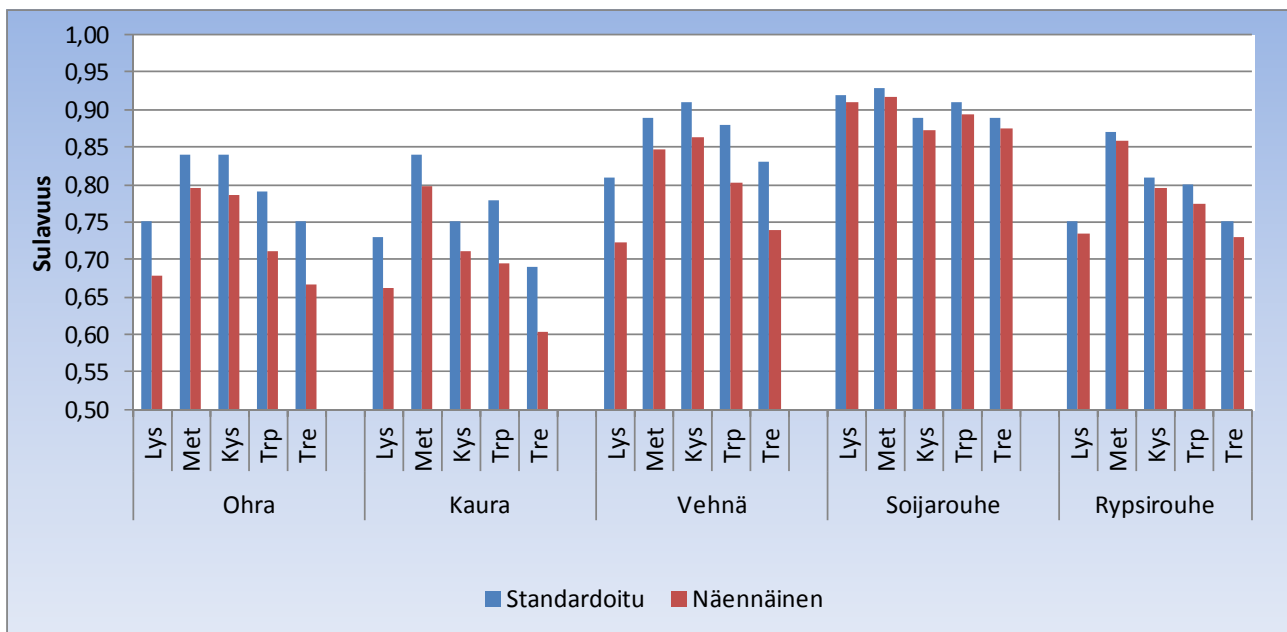
Kun aminohappojen näennäinen sulavuus korjataan ruokasulassa olevan eläimestä ja rehun kuiva-aineen syöntimäärästä johtuvan perustason endogeenisten aminohappojen hävikin suhteen, saadaan standardoidut aminohappojen sulavuudet. Standardoidut sulavuuskertoimet ovat suurempia kuin näennäiset sulavuuskertoimet. Jos sulavuuden laskennassa huomioidaan myös rehuaineen ominaisuuksista johtuva spesifi endogeenisten aminohappojen hävikki, saadaan rehun todellinen aminohappojen sulavuus. Seuraavassa kuviossa on esitetty näennäisen, standardoidun ja todellisen sulavuuden erot ja riippuvuus rehun aminohappopitoisuudesta.



Aminohappojen ohutsuolisulavuuksien standardoinnin perusteet on kuvattu seuraavissa kuvioissa. Perustason endogeenisten aminohappojen hävikki määritetään syöttämällä sialle proteiinitonta rehua tai vain vähän täysin sulavaa valkuaista sisältävää rehua. Rehun ominaisuuksista johtuvan endogeenisen hävikin määrittämiseen ei ole vielä toimivaa menetelmää.



Standardoituja sulavuuskertoimia käytettäessä rehuaineiden sulavien aminohappojen pitoisuudet summautuvat paremmin rehuseoksen sulavien aminohappojen pitoisuudeksi verrattuna näennäisten sulavuuksia käyttöön. Seuraavasta kuviosta nähdään, että tärkeimpien aminohappojen standardoidun ja näennäisen ohutsuolisulavuuden erotus tai suhde ei ole vakio vaan vaihtelee rehuaineiden ja aminohappojen välillä. Sen vuoksi rehuainekohtaisia muuntokertoimia ei voida käyttää.



Rehaineiden sisältämien aminohappojen standardoituja sulavuuskertoimia on EvaPig®-ohjelmassa. Siinä ei ole kuitenkaan annettu aminohappojen näennäisiä ohutsuolisulavuuksia. Ne löytyvät INRA:n kehittämästä InraPorc®-ohjelmasta (<http://w3.rennes.inra.fr/inraporc/>). InraPorc®-ohjelman suppeaa versiota voi käyttää ilmaiseksi, ja siinä on nähtävissä rehujen koostumustiedot, energia-arvot ja sulavuuskertoimet.

Lähteet:

CVB 1990. Apparent ileal digestible amino acids in feedstuffs for pigs (in Dutch). Centraal veevoederbureau, Lelystad, Netherlands.

CVB 1991, 1992. Veevoedertabel. Gegevens over chemische samenstelling, verteerbaarheid en voederwaarde van voedermiddelen. Centraal veevoederbureau, Lelystad, Netherlands. Juni 1991, Mai 1992.

MTT 2012. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset [verkkójulkaisu]. Jokioinen: MTT Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. [viitattu 28.11.2012]. Saatavissa: <http://www.mtt.fi/rehutaulukot>.

Noblet, J., Bontems, V., Tran, G. 2003. Estimation de la valeur énergétique des aliments pour le porc. INRA Production Animales 16, 197 – 210.

Tuori, M., Kaustell, K., Valaja, J., Aimonen, E., Saarisalo, E., Huhtanen, P. 1995. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset : märehitijät - siat - siipikarja - turkiseläimet - hevoset. 99 p. (Helsingin yliopisto, kotieläintieteen laitos, Kasvintuotannon tarkastuskeskus, maatalouskemian osasto, Maatalouden tutkimuskeskus, kotieläintuotannon tutkimuslaitos).

Kirjoittaja:

Kirsi Partanen

Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT

Kotieläintuotannon tutkimus

Sähköposti: etunimi.sukunimi@mtt.fi

Päivitetty 28.11.2012