

## Mustasotilaskärpäsen toukkajauhon (*Hermetia illucens*) aminohappojen sulavuus porsailla

Kirjoittajat: Tiina Kortelainen<sup>1)</sup>, Hilikka Siljander-Rasi<sup>2)</sup>, Mikko Tuori<sup>3)</sup>, Kirsi Partanen<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> Luonnonvarakeskus, Vihreä teknologia, PL 18, 01301 Vantaa [tiina.kortelainen@luke.fi](mailto:tiina.kortelainen@luke.fi)

<sup>2)</sup> Luonnonvarakeskus, Vihreä teknologia, PL 18, 01301 Vantaa [hilikka.siljander-rasi@luke.fi](mailto:hilikka.siljander-rasi@luke.fi)

<sup>3)</sup> Luonnonvarakeskus, Vihreä teknologia, PL 18, 01301 Vantaa

<sup>4)</sup> Nykyinen osoite: Snellmanin Lihanjalostus Oy, Kuusisaarentie 1, 68600 Pietarsaari

### TIIVISTELMÄ

ICOPP -tutkimushankkeessa tehdyn kokeen tavoitteena oli määrittää luonnonmukaisesti tuotetun, EU:ssa sioille toistaiseksi kielletyn eläinperäisen rehuaineen, mustasotilaskärpäsen (*Hermetia illucens*) toukista valmistetun jauhon, aminohappojen standardoitu ohutsuolisulavuus porsailla. Jauhot oli tuotettu FiBL -luomututkimuslaitoksessa Sveitsissä. Kokeessa oli kaksi hiilihydraattipohjaisella alustalla kasvatettua toukkaerää, joista ensimmäisessä rasva oli erotettu mekaanisesti, toisessa heksaaniuutolla. Koe-eläiminä oli 40 risteytysporsasta (alkupaino 17 kg) pariruokinnalla. Koeruokintoja oli viisi: 1) vähäproteiininen rehu aminohappojen endogeenisen perustason erityksen määrittämistä varten, 2) rehu, jossa oli erän 1 toukkajauhoa 10,2 %, 3) rehu, jossa oli erän 1 toukkajauhoa 20,4 %, 4) rehu, jossa oli erän 2 toukkajauhoa 9,3 % ja 5) rehu, jossa oli erän 2 toukkajauhoa 18,6 % rehun kuiva-aineessa (KA). Ryhmien 2–5 rehuissa oli lisäksi heravalkuaisjauhetta 22,9 % rehun KA:ssa. Kokeen lopussa siat lopetettiin aminohappojen ohutsuolisulavuuden määrittämistä varten. Erän 1 toukkajauho sisälsi 629 g raakavalkuaista, 185 g raakarasvaa, 318 g NDF ja 51 g tuhkaa/kg KA. Vastaavat arvot toisen erän toukkajauholla olivat 705 g, 90 g, 287 ja 53 g/kg KA. Hyönteisten sisältämä kuitu on selluloosaa muistuttavaa kitiiniä ja siihen sitoutuneen typen (ADF-N) käyttökelpoisuus on huono. Kokeen toukkajauhojen kokonaistypestä noin 12 % oli ADF-typpeä. Erän 1 toukkajauhossa oli 31,7 g lysiiniä, 24,3 g treoniinia, 12,0 g metioniinia, 3,5 g kystiiniä ja 39,6 g/kg KA valiinia. Vastaavat arvot toisen erän toukkajauholla olivat 37,8 g, 27,4 g, 14,1 g, 3,7 g ja 44,2 g/kg KA. Toukkaerä, toukkajauhon lisäystaso tai porsaiden sukupuoli eivät vaikuttaneet koedieettien aminohappojen näennäiseen ohutsuolisulavuuteen (AID). Mekaanisesti erotetun toukkajauhon (erä 1) standardoidut (SID) aminohappojen ohutsuolisulavuudet olivat suurempia verrattuna heksaaniuutettuun toukkajauhoon (erä 2). Välttämättömien aminohappojen SID oli ensimmäisessä toukkajauhoerässä 81,3 – 94,8 % ja toisessa toukkajauhoerässä 64,0 – 81,8 %. Lysiinin standardoitu ohutsuolisulavuus oli ensimmäisessä toukkajauhoerässä 81,3 %, metioniinin 90,7 %, kystiinin 49,8 %, treoniinin 82,5 % ja valiinin 92,9 %. Vastaavat sulavuudet toisessa toukkajauhoerässä olivat 77,2 %, 81,8 %, -10,8 %, 64,0 % ja 73,6 %. Mustasotilaskärpäsen toukkien käyttö valkuaisrehuna edellyttää rasvan erottamista, koska toukat sisältävät noin 380 g raakarasvaa/kg ka. Mekaaninen rasvan erotus on aminohappojen sulavuudelle edullisempi kuin heksaaniuutto. Kitiiniin sitoutunut käyttökelvoton tyyppi on huomioitava ruokinnan suunnittelussa. Kalajauhoon verrattuna toukkajauhossa on vähemmän välttämättömiä aminohappoja ja niiden sulavuus on huonompi. Toukkajauhon tuotannon kannattavuutta tulisi selvittää.

### Asiasanat:

Sika, porsas, mustasotilaskärpänen, *Hermetia illucens*, toukka, ohutsuolisulavuus, aminohapot

## Johdanto

Ruoantuotannossa on monia haasteita nykypäivänä, kuten maailman jatkuvasti kasvava populaatio, ylikulutus, ilmastonmuutokset ja uusiutumattomien luonnonvarojen loppuminen. Lihankulutus kasvaa, mikä puolestaan lisää tarvetta uusille valkuaislähteille tuotantoeläinten ruokinnassa. Hyönteisiä käytetään jo lemmikkieläinten rehuihin ja hyönteisiä käytetään myös ihmisravinnoksi monissa maissa. EU:n lainsäädäntö ei vielä salli tuotantoeläinten ruokkimista hyönteisistä saatavalla eläinperäisellä prosessoidulla valkuaisella (processed animal protein, PAP). Hyönteisistä peräisin olevaa rasvaa kuitenkin saa käyttää yksimahaisten ruokinnassa. Hyönteisjauholle ei ole mitään kategoriaa rehualueluettelossa (Catalogue of Feed Materials (EC 68/2013)), mutta listaus on olemassa kokonaisille maalla eläville selkärangattomille tai niiden osille, joten hyönteisperäinen valkuainen saattaisi olla mahdollinen raaka-aine tuotantoeläinten ruokinnassa. Monia epäselviä kohtia on vielä auki. Näitä ovat mm. sallittujen epäpuhtauksien, kuten raskasmetallien, maksimipitoisuudet ja tuotantokäytännöt, joilla saadaan hyönteisistä PAP:ia.

BSE-tapausten vuoksi säädökset (EC 999/2001) kielsivät kaiken PAP:n käytön (hydrolysoitu valkuainen on poikkeus) eläinten rehuksi. Poikkeus tehtiin 2013 kalanrehun kohdalla, ja ei-märehtijöistä peräisin olevaa PAP:ia voidaan käyttää kasvatetuille kaloille, jotka päätyvät ihmisravinnoksi. Tämä säädös koskee teurastamon prosessointia ja koska hyönteisillä ei ole samanlaista teurastusprosessia hyönteisistä peräisin oleva PAP on kielletty. Hyönteiset, joita kasvatettaisiin PAP tuotantoa varten, olisivat ”kasvatettuja eläimiä” ja lainsäädäntö asettaa vaatimuksia niiden ruokinnalle. Bioetanolit tuotannon sivutuotteet (mm. vehnäproteiini ja ohrankuoret) löytyvät rehualueluettelosta (Catalogue of feed materials (EC 68/2013)), ja niitä voitaisiin käyttää hyönteisten kasvualustana. Lanta sitä vastoin on kategoriassa ”ei saa käyttää tuotantoeläinten rehuna”.

Huonekärpäsen toukat voivat vähentää lanta-alustan massaa 60 % kymmenessä päivässä, mikä olisi hyödyllistä myös ympäristölle. Kasviperäinen jäte, kotitalousjäte ja lanta olisivat ekologisesti käyttökelpoisia jätteitä hyönteisten kasvattamiseen (Koeleman 2014). Hyönteisistä saatavan PAP:n käyttö tuotantoeläinten ruokinnassa on keskustelussa EU:ssa.

Sekä huonekärpäsen, että sotilaskärpäsen sisältävät laadukasta valkuaisa, jonka on todettu tukevan broilerin normaalia kasvua. Osa raakavalkuaisesta on kitiinimuodossa, mikä on yksimahaisille eläimille käyttökeltvotonta (Finke 2007). Sotilaskärpäsen toukassa on vähemmän valkuaisa ja enemmän rasvaa kuin huonekärpäsen toukassa. Sotilaskärpäsen toukkia on myös helpompi kasvattaa sen koon vuoksi (Newton ym. 1977). Mustasotilaskärpäsen toukkien tuotannossa eduksi on se, että se menestyy hankalissa olosuhteissa (kuivuus, niukka ravinto ja hapenpuute) ja aikuinen mustasotilaskärpäsen ei syö, joten se ei tarvitse erityistä hoitoa eikä se levitä tauteja. Toukat jopa muokkaavat lannan mikrobistoa mahdollisesti jopa alentaen haitallisten bakteerien, kuten *E. colia* ja *Salmonellaa*. On jopa esitetty, että toukat sisältäisivät luonnollista antibioottia. Toukat kuitenkin vaativat lämpimät olosuhteet, mikä voi nostaa kasvatuksen kustannuksia. Elinkierto vaihtelee useista viikoista useisiin kuukausiin riippuen lämpötilasta ja ravinnon laadusta ja määrästä. Mustasotilaskärpäsen toukat sisältävät n. 40–44 % raakavalkuaisa ja paljon rasvaa (15–49 %). Rasvan määrä ja laatu on riippuvainen toukkien ravinnosta. Tuhkapitoisuus on melko korkea, mutta vaihteleva (11–28 %). Toukat sisältävät paljon lysiniä (6–8 % raakavalkuaisesta). Toukkien kuiva-ainepitoisuus on melko korkea 35–45 %, jonka vuoksi ne on helppo kuivata. Toukissa on metioniinia, kystiiniä ja treoniinia kuitenkin niin vähän, että niitä tulee lisätä sikojen rehuun muista rehualueista tasapainoisen ravitsemuksen aikaansaamiseksi. Toukkarehut ovat yhtä maittavia kuin soijarouhe pohjaiset rehut (Makkar ym. 2014). Newton ym. (1977) ehdottavat, että *Hermetia* -jauho on sopiva rehualue-aine sioille, erityisesti sen aminohappokoostumuksen ja kalsiumpitoisuuden ansiosta. Heidän mukaansa 33 %:n lisäystaso, jota he kokeessaan käyttivät, saattaa olla liian suuri, ja *Hermetia* jauhoa voitaisiin paremmin hyväksikäyttää pienemmällä lisäysmäärällä sioille.

Tämän ICOPP-hankkeen tutkimuksen tavoitteena oli määrittää mustasotilaskärpäsen toukista (*Hermetia illucens*) tehdyn jauhon aminohappojen standardoitu ohutsuolisulavuus (standardised ileal digestibility SID) kasvavilla sioilla.

## Aineisto ja menetelmät

### *Koe-eläimet, koemalli ja koerehut*

*Hermetia* -toukkajauho tuli Sveitsistä FiBL:stä (Research Institute of Organic Agriculture, Switzerland) ja se oli tuotettu hiilihydraattipohjaisella, luonnonmukaisella rehulla. Ensimmäisessä erässä rasva oli erotettu mekaanisesti, toisessa erässä heksaaniuutolla. Jauho tutkittiin salmonellan varalta. Kokeessa oli yhteensä 40 vieroitettua 40–49 pv:n ikäistä Risteytys!! n. 17 kiloista (alkupaino) porsasta, joita ruokittiin kahdesti päivässä. Porsaat olivat kahden porsaan karsinoissa, joissa sahanpurua käytettiin kuivikkeena, paitsi kokeen lopussa muutamaa päivää ennen teurastusta kuivikkeet poistettiin ja luiset virikelelut annettiin tilalle. Kokeessa huomioitiin, että osa hyönteisen tyypestä on kiinni kitiinissä, ja siten käyttökelvottomassa muodossa sioille. Tämä ADF-N osa vähennettiin toukkajauhon kokonaistypen määrästä ja dieetit suunniteltiin sisältämään samat määrät tyypeä, joka ei ole peräisin ADF-tyypestä. Koeryhmiä oli 5:

- 1) vähäproteiininen rehu aminohappojen endogeenisen perustason erityksen määrittämistä varten
- 2) 89,8 % tärkkelyspohjainen dieetti, jossa 22,85 % WPC + 10,2 % *Hermetia* jauhoa erästä 1.
- 3) 79,6 % tärkkelyspohjainen dieetti, jossa 22,85 % WPC + 20,4 % *Hermetia* jauhoa erästä 1.
- 4) 90,7 % tärkkelyspohjainen dieetti, 22,85 % WPC + 9,3 % *Hermetia* jauhoa erästä 2.
- 5) 81,4 % tärkkelyspohjainen dieetti, jossa 22,85 % WPC + 18,6 % *Hermetia* jauhoa erästä 2.

Tärkkelyspohjaiset rehut sisälsivät samoja rehuraaka-aineita kuin vähäproteiininen rehu, mutta raakavalkuaisen määrä oli 160 g/kg KA, mikä saavutettiin lisäämällä rehuun heravalkuaistiivistettä (WPC) ja vähentämällä mm. ohratärkkelyksen määrää. Osa tästä tärkkelyspohjaisesta rehusta korvattiin *Hermetia* -jauholla (erän 1 tai 2 jauho koeryhmän mukaan). Tärkkelyspohjainen rehu ja *Hermetia* -jauho punnittiin erikseen ja sekoitettiin. Rehunvaihdot tehtiin portaittain. Viimeinen jakso (2) eli varsinainen koevaihe kesti 8 pv. Titaanidioksidia käytettiin rehuissa merkkiaineena (3 g/kg KA). Rehuista otettiin näytteet jakson 2 lopussa.

Kokeen lopussa (koepäivä 18) siat ruokittiin porrastetusti ja lopetettiin 3,5 tunnin kuluttua viimeisestä ruokinnasta. Vatsaontelo avattiin ja ruokasulaa kerättiin ohutsuolesta (n.50–60 cm matkalta ohutsuolen ja umpisuolen liitoksesta taaksepäin) aminohappojen ohutsuolisulavuuden määrittämistä varten. Titaniumdioksidia käytettiin rehuissa merkkiaineena (3 g/ kg KA). Ruokasulanäytteet pakastettiin ja niistä analysoitiin kuiva-aine, tuhka, aminohapot ja merkkiaine. Koerehujen analysoitu kemiallinen koostumus on esitetty taulukossa 1 sivulla 4.

### *Sulavuuslaskut ja analyysit*

Dieettien aminohappojen näennäinen ohutsuolisulavuus (AID) laskettiin merkkiaineen avulla. Perustason aminohappojen endogeeninen erityksen (g/ kg KA) laskettiin Steinin ym. (2007) mukaan ohutsuolen ruokasulan näytteistä niiltä porsailta, jotka söivät vähäproteiinista rehua. Aminohappojen standardoitu ohutsuolisulavuus laskettiin Steinin ym. (2007) mukaan. Kahden erilaisen *Hermetia* jauhon, sekä perusrehun aminohappojen AID ja SID arvot laskettiin regressiomenetelmällä (Fan ja Sauer 1995) käyttämällä SAS GML proseduuria. Dieettien AID arvot laskettiin MIXED proseduuria käyttäen ja kiinteitä tekijöitä olivat *Hermetia* erä, lisäystaso ja porsaiden sukupuoli. Yhdysvaikutuksia mitattiin *Hermetia* erän ja lisäystason välillä, *Hermetia* erän ja porsaiden sukupuolen välillä ja lisäystason ja porsaiden sukupuolen välillä.

Taulukko 1. Koerehujen analysoitu kemiallinen koostumus, g/kg KA.

	Tärkkelyspohjainen vähäproteiininen rehu	Tärkkelys- pohjainen rehu <sup>1</sup>
Kuiva-aine, g/kg	913	927
Tuhka	40	28
Raakavalkuainen	32	107
Aminohapot, g/kg KA		
<u>Välttämättömät</u>		
Arginiini	0,8	2,6
Histidiini	0,9	2,4
Isoleusiini	1,9	7,1
Leusiini	3,4	12,4
Lysiini	2,8	10,3
Metioniini	1,3	3,2
Fenyylialaniini	1,2	3,9
Treoniini	2,1	7,9
Valiini	1,7	6,8
<u>Ei-välttämättömät</u>		
Alaniini	1,5	5,6
Asparagiinihappo	3,5	12,7
Kystiini	0,6	2,1
Glutamiinihappo	5,4	20,0
Glysiini	0,7	2,3
Prolini	1,9	6,8
Seriini	1,7	6,0
Tyrosiini	0,9	3,2

<sup>1</sup> Käytettiin *Hermetia* jauhon kanssa.

Ryhmä 2: 898 g/kg KA tärkkelyspohjaista rehua + 102 g/kg KA *Hermetia* jauhoa erästä 1

Ryhmä 3: 796 g/kg KA tärkkelyspohjaista rehua + 204 g/kg KA *Hermetia* jauhoa erästä 1

Ryhmä 4: 907 g/kg KA tärkkelyspohjaista rehua + 93 g/kg KA *Hermetia* jauhoa erästä 2

Ryhmä 5: 814 g/kg KA tärkkelyspohjaista rehua + 186 g/kg KA *Hermetia* jauhoa erästä 2

## Tulokset

*Hermetia* jauhon analysoitu kemiallinen koostumus on esitetty taulukossa 2. Mekaanisesti käsitelty (erä 1) *Hermetia* jauho sisälsi enemmän rasvaa (185 g/kg KA) kuin heksaaniuutettu (erä 2) (90 g/kg KA). Erä 1 sisälsi hiukan vähemmän raakavalkuaista kuin erä 2 (629 ja 705 g/kg KA) ja siten myös vähemmän aminohappoja. Glutamiinihapon pitoisuus oli paljon alhaisempi erässä 1 verrattuna erään 2 (64,7 ja 73,0 g/kg KA). Molemmissa erissä kitiiniin sitoutuneen, eli käyttökelvottoman typhen osuus (ADF-N) oli 12g/kg KA.

Taulukko 2. *Hermetia* jauhon analysoitu kemiallinen koostumus, g/kg KA.

	<i>Hermetia</i> jauho mekaaninen erotus	<i>Hermetia</i> jauho heksaani-uutto
Kuiva-aine g/kg	925	906
Tuhka	51	53
Raakavalkuainen	629	705
Raakarasva	185	90
NDF	318	287
ADF	136	143
ADF-N <sup>1</sup>	12	12
Aminohapot, g/kg KA		
<u>Välttämättömät</u>		
Arginiini	30,5	32,0
Histiidiini	18,4	20,8
Isoleusiini	26,9	30,8
Leusiini	43,5	49,5
Lysiini	31,7	37,8
Methioniini	12,0	14,1
Fenyylialaniini	24,1	28,0
Treoniini	24,3	27,4
Valiini	39,6	44,2
<u>Ei-välttämättömät</u>		
Alaniini	39,6	45,6
Asparagiinihappo	57,4	63,5
Kystiini	3,5	3,7
Glutamiinihappo	64,7	73,0
Glysiini	34,3	40,4
Proliini	36,3	41,2
Seriini	27,1	30,1
Tyrosiini	39,7	43,8

<sup>1</sup>ADF-N = Typpi tässä muodossa on eläimelle käyttökelvottomassa muodossa.

Aminohappojen standardoitu ohutsuolisulavuus (SID) on esitetty taulukossa 3. Perusrehun ja *Hermetia* jauhon aminohappojen SID arvot laskettiin regressiomenetelmällä. Mekaanisesti erotetun *Hermetia* jauhon (erä 1) standardoidut (SID) aminohappojen ohutsuolisulavuudet olivat suurempia verrattuna heksaaniuutettuun *Hermetia* jauhoon (erä 2). Välttämättömien aminohappojen SID oli ensimmäisessä *Hermetia* jauhoerässä 81,3 – 94,8 % ja toisessa *Hermetia* jauhoerässä 64,0 – 81,8 %. Kystiinin standardoitu ohutsuolisulavuus oli melko alhainen ensimmäisessä *Hermetia* erässä (49,8 %) ja toisen erän *Hermetia* jauholla kystiinin SID oli negatiivinen.

Taulukko 3. Standardoidut aminohappojen ohutsuolisulavuudet kahdessa erilaisessa *Hermetia* jauhoerässä.

	<i>Hermetia</i> jauho mekaaninen rasvan erotus		<i>Hermetia</i> jauho rasvan heksaani-uutto	
	Keski-arvo	SEM	Keskiarvo	SEM
n	16		16	
<u>Välttämättömät</u>				
Arginiini	94,3	10,71	78,6	7,96
Histidiini	84,4	13,41	73,0	8,53
Isoleusiini	93,2	11,26	76,7	8,42
Leusiini	94,8	12,48	76,1	9,15
Lysiini	81,3	16,81	77,2	10,22
Methioniini	90,7	12,65	81,8	7,75
Fenyylialaniini	94,2	12,41	80,4	7,52
Treoniini	82,5	19,38	64,0	11,73
Valiini	92,9	11,73	73,6	8,88
<u>Ei-välttämättömät</u>				
Alaniini	90,4	12,55	76,1	8,65
Asparagiinihappo	83,7	16,50	59,6	10,28
Kystiini	49,8	62,51	-10,8	28,44
Glutamiinihappo	75,3	25,43	64,9	15,00
Glysiini	78,8	19,56	56,9	15,67
Proliini	86,3	13,34	72,9	8,70
Seriini	86,4	17,60	69,8	9,77
Tyrosiini	100,7	13,51	65,1	11,40

n = eläinten lkm

SEM=keskiarvon keskivirhe

## Tulosten tarkastelu

Tämän kokeen *Hermetia* toukat oli kasvatettu hiilihydraattipohjaisella alustalla. Tuhka- ja rasvapitoisuus olivat hiukan erilaisia verrattuna Kyntäjän ym. (2014) raportin lihaluujauholla ja kotitalousjätteellä (ei sallittuja kasvatusalustoja) kasvatettuihin toukkiin, joista rasva oli eroteltu (tuhka 168 ja rasva 43 g/kg KA lihaluujauhoalustalla, 137 ja 20 g/kg kotitalousjätealustalla ja tässä kokeessa mekaanisesti erotetussa erässä 51 ja 185 g/kg KA ja heksaaniuutetulla erällä 53 ja 90 g/kg KA). Raakavalkuaispitoisuus oli hyvin samankaltainen lihaluujauhoalustalla kasvatetuilla toukilla ja tämän kokeen mekaanisesti erotetulla toukkaerällä (627 ja 629 g/kg KA, vastaavasti). Tämän kokeen heksaaniuutetun toukkaerän raakavalkuaispitoisuus oli suurempi (705 g/kg KA) kuin edellä mainitut sekä kotitalousjätealustalla kasvatettujen toukkien raakavalkuaispitoisuus (659 g/kg KA). Välttämättömien aminohappojen pitoisuudet olivat hyvin samankaltaisia kaikkien kasvatusalustojen kesken (Kyntäjä ym. 2014). De Marco ym. (2015) tutkivat *Hermetia illucens* jauhon näennäistä ohutsuolisulavuutta (apparent ileal digestibility, AID) broilereilla. Kyseisessä tutkimuksessa *Hermetia* jauhossa oli raakavalkuaista vain 369 g/kg KA. Tässä kokeessa *Hermetia* jauhossa oli huomattavasti enemmän raakavalkuaista (mekaanisesti erotellussa erässä 629 ja heksaaniuutetussa erässä 705 g/kg KA). Aminohappojen pitoisuudet olivat siten myös hyvin paljon korkeammat, kystiiniä lukuun ottamatta, tässä kokeessa verrattuna de Marcon ym. (2015) kokeeseen. De Marcon ym. (2015) kokeessa *Hermetia* jauhon välttämättömien aminohappojen pitoisuudet olivat 9,05 – 24 g/kg KA ja tässä kokeessa pitoisuudet olivat 12 – 49,5 g/kg KA. Kystiinin pitoisuus kuitenkin oli tässä kokeessa vain 3,6 g/kg KA, kun de Marcon ym. (2015) kokeessa se oli 13,8 g/kg KA.

Tutkimuksia *Hermetia* jauhon sulavuudesta sioilla ei ole saatavilla. De Marcon ym. (2015) broilerikokeessa välttämättömien aminohappojen keskimääräinen näennäinen ohutsuolisulavuus broilereilla oli 64 %. Tässä kokeessa keskimääräinen välttämättömien aminohappojen AID sioilla oli huomattavasti korkeampi. Mekaanisesti erotetussa toukkajauhoerässä välttämättömien aminohappojen AID oli 88 % (79,3 – 93,2) % ja heksaaniuutetussa toukkajauhoerässä 74 % (61,2 – 79,9) %.

Tässä tutkimuksessa käytetyn *Hermetia* jauhon raakavalkuaispitoisuus oli verrattavissa kalajauhon taulukkoarvoihin. Heksaaniuutetun *Hermetia* jauhon raakarasvapitoisuus oli verrattavissa kalajauhon arvoihin, mutta mekaanisesti erotetun *Hermetia* jauhon raakarasvapitoisuus oli korkeampi kuin kalajauhossa. Tuhkapitoisuus, sekä lysyiini- ja metioniinipitoisuudet olivat *Hermetia* jauhossa kalajauhoa matalampia, kun taas treoniinipitoisuus oli lähellä kalajauhon arvoja. *Hermetia* jauhon kystiinipitoisuus oli selvästi matalampi ja valiinipitoisuus selvästi korkeampi kuin kalajauhossa (CVB 2011, EvaPig 2008). NDF pitoisuuden perusteella arviolta noin kolmasosa *Hermetia* jauhosta on kitiiniä.

Mekaanisesti erotetun *Hermetia* jauhon lysyiinin ja treoniinin standardoitu ohutsuolisulavuus oli jokin verran alhaisempi, verrattuna kalajauhon rehutaulukkoarvoihin, mutta arginiinin, metioniinin, isoleusiinin, valiinin, leusiinin, fenyylialaniinin ja histidiinin arvot olivat samankaltaisia kuin kalajauhon tai jopa korkeampia (CVB 2011, EvaPig 2008). Kun *Hermetia* jauhon aminohappojen sulavuuksia verrattiin kasviperäiseen valkuaiseen, huomataan, että mekaanisesti erotetun *Hermetia* jauhon lähes kaikkien välttämättömien aminohappojen, paitsi treoniinin ja histidiinin, standardoitu ohutsuolisulavuus oli korkeampi kuin soijarouheella. Arginiinin SID oli soijarouheen kaltainen. Mekaanisesti erotetun *Hermetia* jauhon standardoidut aminohappojen ohutsuolisulavuudet ovat yleisesti ottaen korkeampia kuin herneellä (CVB 2011, EvaPig 2008). Kuitenkin, *Hermetia* jauhon kystiinin ohutsuolisulavuus on hyvin alhainen.

## Johtopäätökset

Rasvanerotusmenetelmä vaikuttaa *Hermetia* jauhon aminohappojen näennäiseen ja standardoituun ohutsuolisulavuuteen, sillä sulavuusarvot olivat alhaisempia heksaaniuutetulla *Hermetia* jauholla verrattuna mekaanisesti eroteltuun *Hermetia* jauhoon. Tulokset osoittavat, että *Hermetia* jauho, jossa rasva on mekaanisesti erotettu, tarjoaa hyvin sulavia aminohappoja, jotka voivat parantaa porsaiden luomurehujen aminohappotasapainoa. *Hermetia* jauho voisi monipuolistaa luomutuotannon valkuaislähteitä, mutta *Hermetia* jauhon tuottamisen taloudellisia näkökulmia pitää vielä tutkia.

## Kirjallisuus

- CVB 2011. Chemical compositions and nutritional values of feed materials. Centraal Veevoederbureau: Lelystad, The Netherlands.
- De Marco, D., Martínez, S., Hernandez, F., Madrid, J., Gai, F., Rotolo, L., Belforti, M., Bergero, D., Katz, H., Dabbou, S., Kovitvadi, A., Zoccarato, I., Gasco, L. & Schiavone, A. 2015. Nutritional value of two insect larval meals (*Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens*) for broiler chickens: Apparent nutrient digestibility, apparent ileal amino acid digestibility and apparent metabolizable energy. *Animal Feed Science and Technology* 209: 211–218.
- EC 68/2013 <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:029:0001:0064:EN:PDF> sivut 10, 17 ja 48.
- EC 999/2001 [http://ec.europa.eu/food/fs/afs/marktlab/marktlab14\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/food/fs/afs/marktlab/marktlab14_en.pdf)
- EvaPig 2008. EvaPig® Evaluation of Pig feeds. Energy, amino acids and phosphorus values for pigs. INRA, AFZ, Ajinomoto Eurolysine S.A.S. Viitattu 20.11.2014 [www.evapig.com](http://www.evapig.com)
- Fan, M.Z., Sauer, W.C. 1995. Determination of Apparent ileal amino acid digestibility in peas for pigs with the direct, difference and regression method. *Livestock Production Science* 44:61–72.
- Finke, M.D. 2007. Estimate of Chitin in Raw Whole Insects. *Zoo Biology* 26: 105–115.
- Koeleman, E. 2014. Insects crawling their way into feed regulation. *All About Feed*. 22 (6):18–21.
- Kyntäjä, S., Partanen, K., Siljander-Rasi, H., Jalava, T. 2014. Tables of composition and nutritional values of organically produced feed materials for pigs and poultry. MTT Report 164 (2014). 37 p. ISBN 978-952-487-571-4. Available at: <http://jukuri.mtt.fi/bitstream/handle/10024/484922/mttraportti164.pdf>
- Makkar, H. P.S., Tran, G., Heuzé, V. ja Ankers, P. 2014. Review State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology* 197: 1–33.
- Newton, G.L., Booram, C.V., Barker, R.W. and Hale, O.M. 1977. Dried *Hermetia illucens* Larvae Meal as a Supplement for Swine. *Journal of Animal Science* 44, 395–400.
- Stein, H.H., Sève, B., Fuller, M.F., Moughan, P.J., de Lange, C.F.M. 2007. Invited review: Amino acid bioavailability and digestibility in pig feed ingredients: Terminology and application. *Journal of Animal Science* 85:172–180.