

## Rehun muurahaishappo- ja bentsoehappolisäysten vaikutukset lihasioilla

Hilkka Siljander-Rasi<sup>1)</sup>, Maija Karhapää<sup>1)</sup>, Sini Perttilä<sup>1)</sup>, Jarmo Valaja<sup>2)</sup>, Taina Jalava<sup>2)</sup>, Eija Valkonen<sup>2)</sup>, Eija Venäläinen<sup>2)</sup> ja Hsin-Yi Chen<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>MTT Sikatalous, Tervämäentie 179, 05840 Hyvinkää, [hilkka.siljander-rasi@mtt.fi](mailto:hilkka.siljander-rasi@mtt.fi)

<sup>2)</sup>MTT Eläinravitseminen, 31600 Jokioinen, [jarmo.valaja@mtt.fi](mailto:jarmo.valaja@mtt.fi)

<sup>3)</sup>Kemira, Helsinki

### Tiivistelmä

Rehuun lisätty muurahaishappo on parantanut sikojen kasvua pienillä käyttömäärillä (6-8 g/kg). Haihtuvan ja pistävän hajuisen nestemäisen muurahaishapon käsittelyä helpottamaan on kehitetty ammonoituja happotuotteita. Muurahaishapon tehokkuutta on pyritty parantamaan muilla orgaanisilla hapoilla. Bentsoehappo on kiinnostava, koska kasvua edistävän ja sulavuutta parantavan vaikutuksen lisäksi sen lisäys rehuun on alentanut lietelannan pH:ta. Kun lannan pH alenee, ammoniakkipäästöt vähenevät ammoniumtypen pidättyessä lantaan.

Tutkimuksessa selvitettiin, kuinka ammonoidun nestemäisen tai kiinteän muurahaishappovalmisteiden korvaaminen bentsoehapolla vaikuttaa lihasikojen tuotantotuloksiin, ravintoaineiden kokonaissulavuuteen, typen hyväksikäyttöön ja ammoniakkin haihtumiseen lietelannasta.

Tutkimukseen sisältyi sulavuus- ja tasekoe sekä kasvatuskoe. Tasekokeessa oli 8 leikkaa (alkupaino 38,5 kg). Koeruokintoja oli 8 ja koejaksoja 6 (cyclic change-over-koemalli). Kasvatuskokeessa oli 320 lihasikaa (alkupaino 25,2 kg). Karsinoissa oli neljä sikaa, kaksi imisää ja kaksi leikkaa. Molemmissa kokeissa ammonoidun happovalmiste (6 g/kg nestemäistä tai 12 g/kg kiinteää valmistetta) muurahaishaposta korvattiin rehuissa bentsoehapolla 0, 25, 50 tai 100 %. Kontrollirehuna oli happoja sisältämätön rehu. Alku- ja loppukasvatusrehut olivat ohra-soijapohjaisia ja rakeistettuja. Sulavuuskokeessa siat saivat alkukasvatusrehuja 85 g ka/kg W<sup>0,75</sup>. Kasvatuskokeessa siat saivat 1,4–3,2 ry päivässä.

Nestemäisen happovalmisteiden korvaaminen bentsoehapolla paransi suoraviivaisesti orgaanisen aineen ja raakavalkuaisen sulavuutta ( $p < 0,05$ ) ja kiinteän valmisteen korvaaminen bentsoehapolla paransi lisäksi kuiva-aineen, raakaravun ja raakahiilihydraattien sulavuutta ( $P < 0,01$ ). Kontrolliruokintaan verrattuna bentsoehappo paransi vain raakahiilihydraattien sulavuutta. Näiden ravintoaineiden sulavuus oli parempi nestemäistä kuin kiinteää happovalmistetta käytettäessä. Typen pidättymisessä ei ollut eroja kontrolliruokinnan ja happoja sisältäneiden ruokintojen välillä. Kiinteää happovalmistetta saaneet siat joivat vettä ja erittivät virtsaa enemmän kuin nestemäistä valmistetta saaneet siat ( $P < 0,001$ ). Bentsoehapolla ei ollut selkeitä vaikutuksia virtsan pH-arvoon. Lietelannan ammoniumtypen määrässä ei havaittu eroa ruokintojen välillä.

Nestemäisen happovalmisteiden korvaaminen bentsoehapolla paransi suoraviivaisesti sikojen rehuhyötysuhdetta alkukasvatuksessa ( $p < 0,05$ ). Bentsoehapon käyttö ei vaikuttanut koko kasvatuskauden tuotantotuloksiin. Happoja sisältäneillä ruokinnoilla sikojen tuotantotulokset eivät poikenneet kontrollirehulla ruokittujen tuloksista, eikä eroja nestemäisen ja kiinteän happovalmisteiden välillä havaittu.

Tutkimuksessa ei juuri saavutettu etua muurahaishappovalmisteiden korvaamisesta bentsoehapolla. Kiinteää happovalmistetta käytettäessä huonompi ravintoaineiden sulavuus ja veden juonnin lisäys saattoi johtua kantaja-aineen (piidioksidi) suuresta sidontakyvystä.

Asiasanat: lihasika, muurahaishappo, bentsoehappo, ruokinta, sulavuus, typpi, ammoniakki

## Johdanto

Rehuun lisätty muurahaishappo on parantanut lihasikojen kasvua ja rehuhyötysuhdetta sekä ravintoaineiden sulavuutta, mm. aminohappojen ohutsuolisulavuutta (Partanen & Mroz 1999). Muurahaishappo on tehokasta pienemmällä käyttömäärillä (6-8 g/kg) kuin muut orgaaniset hapot (Partanen 2001). Haihtuvan ja pistävän hajuisen nestemäisen muurahaishapon käsittelyä helpottamaan on kehitetty osittain ammonoituja happotuotteita. Happo voidaan käsittelyn helpottamiseksi myös imeyttää kanta-aineeseen, kuten piidioksidiin (silika).

Muurahaishapon tehokkuutta on myös pyritty parantamaan muilla orgaanisilla hapoilla. Bentsoehappo on tässä mielessä kiinnostava, koska sen antimikrobinen vaikutus koli- ja maitohappobakteereihin on ollut *in vitro*-kokeissa suurempi kuin muurahaishapon (Knarreborg ym. 2002). Bentsoehapon lisäys (10 g/kg) rehuun on parantanut sikojen kasvua ja rehuhyötysuhdetta (Van der Peet-Schwering ym. 1998). Kalsiumbentsoaatin käyttö (24 g/kg) on parantanut useiden aminohappojen ohutsuolisulavuutta sekä orgaanisen aineen, tuhkan ja energian kokonaissulavuutta (Mroz ym. 2000). Bentsoehapon tai kalsiumbentsoaatin lisäys rehuun on myös alentanut virtsan ja liotelannan pH:ta. Kun lannan pH alenee, ammoniakkipäästöt vähenevät ammoniumtypen pidentyessä lantaan.

Tässä tutkimuksessa selvitettiin, kuinka ammonoidun nestemäisen tai kiinteän muurahaishappovalmisteiden korvaaminen bentsoehapolla vaikuttaa lihasikojen tuotantotuloksiin, ravintoaineiden kokonaissulavuuteen, typen hyväksikäyttöön ja ammoniakkin haihtumiseen liotelannasta.

## Aineisto ja menetelmät

Sulavuus- ja tasekokeessa oli kahdeksan leikkosikaa, jotka olivat maatais- ja yorkshirerodun risteytyksiä. Ne painoivat kokeen alussa 38,5 kg (s.d. 1,85). Ne olivat kokeen ajan yksilökarsinoissa (1,43 x 1,23 m), joiden lattia oli muoviritilää. Koemallina oli 8 x 6 cyclic change-over, jossa oli kahdeksan koerhua ja kuusi koejaksoa. Jakson pituus oli 10 päivää, joista kuusi oli valmistuskautta ja neljänä tehtiin sonnan ja virtsan kokonaiskeruu. Sonta kerättiin sian peräaukon ympärille kiinnitettyyn muovipussiin ja säilytettiin -20° C:ssa. Virtsa kerättiin jäähauteessa pidettyihin pulloihin, jotka tyhjennettiin kahdesti päivässä. Virtsa jaettiin kahteen osanäytteeseen, joista toiseen lisättiin 10 M suolahappoa. Näytteet säilytettiin -20° C:ssa.

Kasvatuskokeessa oli 320 lihasikaa, joista 30 % oli maatais- tai yorkshirerotuisia, 59 % näiden risteytyksiä ja 11 % duroc-risteytyksiä. Siat olivat neljän sian karsinoissa, kaksi leikkoo ja kaksi imisää kussakin karsinassa. Karsinat arvottiin kahdeksaan koekäsittelyyn.

Molemmissa kokeissa käytettiin ammonoituja muurahaishappovalmisteita (AMMFOR 99 S 10, Kemira Oyj, Helsinki). Nestemäinen valmiste sisälsi muurahaishappoa 620 g/kg, ammoniumformiaattia 370 g/kg ja vettä 10 g/kg. Kiinteä valmiste sisälsi muurahaishappoa 400 g/kg, ammoniumformiaattia 240 g/kg, piidioksidia 350 g/kg ja vettä 10 g/kg. Kaikkiaan nestemäisessä valmisteessa oli muurahaishappoa 880 g/kg ja kiinteässä 570 g/kg. Koerhua oli kahdeksan. Nestemäistä valmistetta lisättiin rehuun 6 g/kg ja kiinteää 12 g/kg, tavoitteena oli saada rehuihin sama määrä muurahaishappoa. Molempien valmisteiden muurahaishaposta korvattiin bentsoehapolla 25 tai 50 % eli 1,5 tai 3,0 g/kg. Yhteen koerhuun lisättiin ainoastaan bentsoehappoa 6 g/kg. Lisäksi kokeessa oli kontrollirehu, johon ei lisätty happoja.

Kontrollirehu sisälsi alku- ja loppukasvatuksessa ohraa 804 ja 883 g/kg, soijarouhetta 162 ja 87 g/kg, L-lysiini-hydrokloridia 3,7 ja 2,9 g/kg, L-treoniinia 1,0 ja 0,5 g/kg, ruokintakalkkia 7,7 ja 7,4 g/kg ja monokalsiumfosfaattia 7,3 ja 6,2 g/kg. Molemmat rehut sisälsivät 13 g/kg kivennäisvitamiiniseosta ja alkukasvatusrehu lisäksi 0,7 g/kg DL-metioniinia. Hapovalmisteilla korvattiin seosten ohraa ja soijarouhetta. Kaikki rehut täyttivät sikojen ravintoaineiden tarvesuosituksen (MTT 2004). Seokset rakeistettiin läpimitaltaan 4 mm:n rakeiksi. Sulavuuskokeessa siat saivat alkukasvatusrehua 85 g/kg  $W^{0.75}$ . Kasvatuskokeessa siat saivat 1,4–3,2 ry päivässä. Alkukasvatusrehua annettiin 33 päivän ajan. Siat ruokittiin kahdesti päivässä ja rehut kostutettiin vedellä (vesi:rehu 1-2:1).

Kasvatuskokeen siat lähetettiin teuraaksi keskimäärin 110,3 kg:n (s.d. 1,41) painoisina. Teurastamalla ruhoista mitattiin lihaprocentin määrittämiseksi Hennessy GP-laitteella kylkivilavan paksuus 8 cm ruhon keskiviivasta viimeisen kylkivilaan takaa (S1) ja 6 cm ruhon keskiviivasta 3. ja 4. kylkivilaan välistä (S2) sekä ulkofileen paksuus samasta kohdasta kuin S2 (lihasmitta).

Sulavuuskokeessa mitattiin virtsan pH kahdesti päivässä. Kullakin jaksolla ammoniumtypen haihtumista mitattiin epäsuorasti huoneenlämmössä säilytetystä virtsan ja sonnan seoksesta, josta otet-

tiin näytteet 0, 1, 2, 3, 6 ja 24 tunnin kuluttua ja määritettiin urea ja ammoniumtyppi. Kasvatuskokeen rehuista määritettiin kuiva-aine kerran kuukaudessa (103 °C, 16 h). Sulavuus- ja kasvatuskokeen rehut analysoitiin erikseen MTT:n eläinravitsemuksen laboratoriossa. Bentsoehappo määritettiin nestekromatografisesti Kuopion kaupungin elintarvikelaboratoriossa (Nordic Committee on Food Analysis 1997).

Aineistot analysoitiin tilastollisesti SAS-ohjelmistolla. Sulavuus- ja tasekokeen (6 havaintoa/käsittely) mallissa olivat koekäsittelyn, jakson ja eläimen vaikutukset. Kasvatuskokeessa havaintoyksikkönä oli karsina (10 havaintoa/käsittely) ja mallissa koekäsittelyn vaikutus. Muurahaishappovalmisteiden korvaamista bentsoehapolla tarkasteltiin polynomikontrastein (korvauksen suoraviivainen sekä 2. ja 3. asteen käyräviivainen vaikutus). Kontrastin avulla verrattiin myös nestemäisen ja kiinteän muurahaishappovalmisteiden vaikutuksia. Koekäsittelyjä verrattiin pareittain kontrollikäsittelyyn Dunnettin testillä.

## Tulokset ja tulosten tarkastelu

### *Rehujen kemiallinen koostumus*

Alkukasvatusrehujen raakavalkuais- ja lysiinipitoisuus vaihteli enemmän kuin loppukasvatusrehujen. Kiinteää muurahaishappovalmistetta sisältäneiden rehujen muurahaishappopitoisuus oli suurempi kuin nestemäistä muurahaishappovalmistetta sisältäneiden. Systemaattisen eron syynä on todennäköisesti, että kiinteän valmisteen muurahaishapon määrä arvioitiin liian pieneksi. Bentsoehapon lisäykset olivat suunnitellun mukaiset (Taulukko 1). Sekä nestemäisen että kiinteän muurahaishappovalmisteiden lisäys laski rehun pH:ta keskimäärin 0,7 yksikköä ja pelkän bentsoehapon lisäys keskimäärin 0,4 yksikköä.

Taulukko 1. Koerehujen suunnitellut ja analysoidut muurahaishappo- ja bentsoehappopitoisuudet.

Rehu	1	2	3	4	5	6	7	8
AMMFOR 99 S 10 (nestemäinen), g/kg	-	6,0	4,5	3,0	-	-	-	-
AMMFOR 99 S 10 (kiinteä), g/kg	-	-	-	-	12,0	9,0	6,0	-
Bentsoehappo, g/kg	-	-	1,5	3,0	-	1,5	3,0	6,0
Muurahaishappo, g/kg ka								
Alkukasvatusrehu, sulavuuskoe		4,2	3,4	2,4	6,3	4,9	3,4	
Alkukasvatusrehu, kasvatuskoe		5,2	3,7	4,3	6,2	5,1	3,4	
Loppukasvatusrehu, kasvatuskoe		5,4	4,1	2,8	6,7	5,0	3,5	
Bentsoehappo, g/kg ka								
Alkukasvatusrehu, sulavuuskoe			1,7	3,1		1,4	2,7	6,4
Alkukasvatusrehu, kasvatuskoe			1,8	3,2		1,4	2,8	6,7
Loppukasvatusrehu, kasvatuskoe			1,7	3,3		1,5	3,0	6,2

### *Sulavuus- ja tasekoe*

Nestemäisen muurahaishappovalmisteiden korvaus bentsoehapolla paransi orgaanisen aineen ja raakavalkuaisen kokonaissulavuutta ( $p < 0,05$ , taulukko 2). Kiinteän muurahaishappotuotteen korvaaminen bentsoehapolla paransi näiden lisäksi kuiva-aineen ( $p < 0,001$ ), raakarasvan ( $p < 0,01$ ) ja raakahiilihydraattien ( $p < 0,001$ ) sulavuutta. Kontrolliruokintaan verrattuna raakahiilihydraattien sulavuus parani korvattaessa nestemäisen muurahaishappovalmisteiden haposta 25 tai 50 % bentsoehapolla tai lisättäessä rehuun ainoastaan bentsoehappoa ( $p < 0,05$ ). Happoja sisältäneiden rehujen muiden ravintoaineiden sulavuus ei poikennut kontrollirehusta. Mroz ym. (2000) havaitsivat kalsiumbentsoaatin (24 g/kg) parantavan kuiva-aineen, energian ja tuhkan sulavuutta. Muissa tutkimuksissa myös muurahaishappo on parantanut ravintoaineiden sulavuutta (Partanen 2001).

Kuiva-aineen, orgaanisen aineen, raakavalkuaisen, raakarasvan ja raakahiilihydraattien sulavuus oli kiinteää happotuotetta käytettäessä huonompi kuin nestemäistä happotuotetta käytettäessä ( $p < 0,001$ ). Tässä kokeessa hapon kantaja-aineena käytetyn piidioksidin on myös aikaisemmin havaittu huonontavan ravintoaineiden sulavuutta (Mosenthin ym. 1992). Huokoinen piidioksidi saattaa pidättää itseensä ravintoaineita ja siten estää niiden imeytymisen.

Rehun bentsoehappolisäyksillä ei ollut selkeitä vaikutuksia sikojen typen hyväksikäyttöön. Typeä pidättyi sikoihin enemmän käytettäessä kiinteää kuin nestemäistä happovalmistetta ( $p < 0,05$ ). Happoja sisältäneitä rehuja saaneiden sikojen typen hyväksikäyttö ei kuitenkaan poikennut kontrolliryhmän tuloksista. Osa typen hyväksikäytön eroista saattoi myös johtua rehun valkuaispitoisuuden vaihtelusta.

Kiinteää happovalmistetta saaneet siat joivat enemmän vettä ( $p<0,001$ ) ja erittivät virtsaa ( $p<0,001$ ) kuin nestemäistä happovalmistetta saaneet siat. Syynä saattoi olla piidioksidin suuri vedensidontakyky. Virtsan määrän lisääntyminen ei ole käytännössä toivottavaa, koska se lisää lietelannan määrää.

Ammoniakin haihtumista mitattiin epäsuorasti virtsan ja lannan seoksesta. Koekäsittelyt eivät vaikuttaneet urean ja ammoniumtyypen määrään seoksessa 24 h:n aikana. Bentsoehapon käytöllä ei ollut selkeää vaikutusta virtsan pH-arvoihin, ja suurimmalla käyttötasolla (6 g/kg) pH oli sama kuin kontrolliruokinnalla. Aikaisemmissa tutkimuksissa, joissa bentsoehappo on alentanut virtsan pH:ta ja estänyt ammoniakin haihtumista lietelannasta, hapon käyttömäärät ovat olleet suurempia (Mroz ym. 2000, van der Peet-Schwering ym. 1998). Nestemäistä happotuotetta käytettäessä virtsan pH oli matalampi kuin kiinteää tuotetta käytettäessä ( $p<0,001$ ). Kontrolliruokintaan verrattuna virtsan pH oli matalampi ainoastaan, kun nestemäisestä muurahaishaposta korvattiin 50 % bentsoehapolla.

### ***Kasvatuskoe***

Sikojen terveys ja ruokahalu olivat kokeen aikana hyvät. Ne kasvoivat keskimäärin 978 g (s.d. 44,7) päivässä. Alkukasvatuksessa, joka kesti 33 päivää, parani sikojen rehuhyötysuhde ( $p<0,05$ ) ja päiväkasvu ( $p=0,07$ ) suoraviivaisesti korvattaessa nestemäistä muurahaishappovalmistetta bentsoehapolla. Loppukasvatuksessa tai koko kasvatuskaudella bentsoehapon lisäykset eivät vaikuttaneet sikojen tuotantotuloksiin. Hapvoja sisältäneitä rehuja saaneiden sikojen kasvu- ja rehunkäyttö ei myöskään poikennut kontrolliryhmän tuloksista missään kasvatuksen vaiheessa.

Kiinteän ja nestemäisen muurahaishappovalmisteen vaikutus sikojen tuotantotuloksiin oli samanlainen alkukasvatuksen aikana. Loppukasvatuksessa kiinteää happovalmistetta saaneet siat kuluttivat enemmän rehun kuiva-ainetta kasvukiloa kohti kuin nestemäistä valmistetta saaneet ( $p<0,05$ ), mutta rehuysiköiden kulutuksessa ero oli pienempi ( $p=0,10$ ). Sikojen loppukasvatuksen päiväkasvu oli kuitenkin hiukan huonompi ( $p=0,07$ ) kiinteää valmistetta käytettäessä. Syynä eroihin saattoi olla ravintoainneiden huonompi sulavuus kiinteää happotuotetta käytettäessä.

Yhtä pienten bentsoehappomäärien käytöstä kuin tässä kokeessa on vähän tutkimustuloksia. Tilakoikeissa bentsoehappolisäys (5 g/kg) on parantanut lihasikojen kasvua happoa sisältämättömään rehuun verrattuna, ja alkukasvatuksessa rehuhyötysuhdetta antibioottista rehun lisäainetta sisältäneeseen ruokintaan verrattuna. Kun bentsoehappoa lisättiin 15 g/kg rehua, sen käyttö ei vaikuttanut sikojen tuotantotuloksiin (Mellor 2004). Van der Peet-Schweringin ym. (1998) tutkimuksessa bentsoehapon vaikutus lihasikojen kasvuun ja rehuhyötysuhteeseen oli käyräviivainen, ja paras tulos saavutettiin käytettäessä bentsoehappoa 10 g/kg rehua.

Aikaisemmissa tutkimuksissa rehun muurahaishappolisäyksistä on ollut suurin hyöty sikojen alkukasvatuksessa (Øverland ym. 2000, Siljander-Rasi ym. 1998). Hyvissä ympäristöolosuhteissa ilman happolisäyksiä ruokitut siat pystyvät kompensoimaan huonomman alkukasvun myöhemmin (Siljander-Rasi ym. 1998). Kun hygieniassa on puutteita ja useilta eri tiloilta tulleita sikoja sekoitetaan keskenään, muurahaishapon käytöstä on hyötyä myös loppukasvatuksessa (Partanen ym. 2002). Tämä tutkimus tehtiin yhdistelmäsiikalassa melko hyvissä olosuhteissa, eikä hapojen käytöstä saatu etuja.

Rehussa organisia hapvoja saaneiden sikojen teuraslaatu oli samanlainen kuin kontrollirehulla ruokittujen sikojen. Aikaisemmissakaan tutkimuksissa orgaanisten hapojen käyttö ei ole vaikuttanut sikojen teuraslaatuun (Siljander-Rasi ym. 1998, Partanen ym. 2002). Kiinteän happotuotteen korvaaminen bentsoehapolla huononsi sikojen ruhon lihasprosenttia suoraviivaisesti ( $P=0,07$ ).

### ***Johtopäätökset***

Tulostemme perusteella muurahaishappovalmisteiden korvaamisesta bentsoehapolla lihasikojen rehusa ei ollut merkittävää hyötyä. Vaikka valmisteiden korvaaminen bentsoehapolla paransikin useiden ravintoaineiden sulavuutta, eroja ilman happolisäyksiä ruokittuun kontrolliryhmään oli varsin vähän. Vaikutukset virtsan pH-arvoihin olivat vähäisemmät kuin aikaisemmissa tutkimuksissa. Rehun happolisäykset eivät myöskään vaikuttaneet lietelannan ammoniumtyypen ja urean määrään. Sikojen kasvua ja rehuhyötysuhdetta paransi ainoastaan nestemäisen muurahaishappotuotteen korvaus bentsoehapolla alkukasvatuksessa, mutta ero ei näkynyt koko kasvatuskauden tuloksissa. Todennäköisesti tässä tutkimuksessa käytetyt rehun bentsoehappolisäykset olivat liian pieniä.

Nestemäisen ja kiinteän happovalmisteen erona oli kiinteässä valmisteessa käytetty piidioksidi eli silika, jonka huokoinen rakenne sitoo tehokkaasti erilaisia molekyylejä. Piidioksidin määrä kiinteää

Taulukko 2. Muurahaish- ja bentsoehappolisäysten vaikutus rehun sulavuuteen, valkuaisen hyväksikäyttöön ja virtsan happamuuteen.

Rehu	1	2	3	4	5	6	7	8	SEM	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
AMMFOR 99 S 10 (nestemäinen), g/kg	-	6,0	4,5	3,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AMMFOR 99 S 10 (kiinteä), g/kg	-	-	-	-	12,0	9,0	6,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzoic acid, g/kg	-	-	1,5	3,0	-	1,5	3,0	6,0	-	-	-	-	-	-	-	-
N	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Kokonaissulavuus, %	85,1	85,3	86,0	86,3	84,4	84,4	84,7	86,5	0,36	*	*	*	***	*	*	***
Orgaaninen aine	83,6	83,0	83,4	83,3	82,7	83,5	82,6	85,1	0,65	*	*	*	*	*	*	***
Raakavalkuainen	58,7	58,2	60,2	62,3	54,1	52,7	56,2	58,9	1,6	*	*	*	**	*	*	***
Raakarvas	86,8	87,2	87,8	88,0	86,0	85,9	86,5	88,1	0,29	0	0	*	***	0	*	***
Raakahiilihydraatit	29,7	28,7	29,2	26,3	29,2	31,8	28,7	30,9	0,90	*	*	*	*	*	*	*
N pidättyminen, g/pv	6,5	6,1	6,2	5,3	6,9	7,2	6,5	6,2	0,11	***	***	***	***	***	**	***
Virtsan pH	8348	8152	8087	7729	8886	9638	9025	9154	355,0	*	0	0	0	0	0	***
Veden juonti, g/pv	73,8	73,1	72,2	70,9	73,7	75,2	74,7	73,9	1,11	0	0	0	0	0	0	*
Veden erityys, % saadusta																

Kontrastivertailut: C1: bentsoehappokorvauksen suoraviivainen vaikutus nestemäistä muurahaishappovalmistetta käytettäessä, C2: bentsoehappokorvauksen 2. asteen käyräviivainen vaikutus nestemäistä happovalmistetta käytettäessä, C3: bentsoehappokorvauksen 3. asteen käyräviivainen vaikutus nestemäistä happovalmistetta käytettäessä, C4: bentsoehappokorvauksen suoraviivainen vaikutus kiinteää happovalmistetta käytettäessä, C5: bentsoehappokorvauksen 2. asteen käyräviivainen vaikutus kiinteää happovalmistetta käytettäessä, C6: bentsoehappokorvauksen 3. asteen käyräviivainen vaikutus kiinteää happovalmistetta käytettäessä, C7: nestemäinen muurahaishappovalmiste vs. kiinteä muurahaishappovalmiste.

Taulukko 3. Muurahais- ja bentsoehappolisäysten vaikutus sikojen kasvuun, rehunkäyttöön ja teurasominaisuuksiin.

Rehu	1	2	3	4	5	6	7	8	SEM	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
AMMFOR 99 S 10 (nestemäinen), g/kg	-	0,60	0,45	0,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AMMFOR 99 S 10 (kiinteä), g/kg	-	-	-	-	1,20	0,90	0,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bentsoehappo, g/kg	-	-	0,15	0,30	-	0,15	0,30	0,60	-	-	-	-	-	-	-	-
N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
<u>Päiväkasvu, g</u>																
Alkukasvatus	910	883	943	926	948	917	913	955	23,88	0						
Loppukasvatus	998	1043	1018	1025	992	1013	1006	1003	16,76							0
Koko koe	965	980	989	985	975	975	970	984	14,58							
Kasvatuksen kesto, d	89,9	87,4	86,7	86,9	87,8	88,0	88,2	87,3	1,41							
<u>Rehun kulutus, kg ka/sika</u>																
Alkukasvatus	54,0	54,4	54,3	54,2	54,7	54,3	54,2	54,8	0,42							
Loppukasvatus	149,6	141,4	142,2	141,7	144,3	146,3	145,2	142,2	3,30							
Koko koe	203,5	195,9	196,5	195,9	199,0	200,7	199,4	197,1	3,13							
<u>Rehuhyötysuhde, ry/kg</u>																
Alkukasvatus	2,01	2,08	1,93	1,96	1,91	1,98	1,99	1,91	0,05	*						
Loppukasvatus	2,95	2,81	2,91	2,86	2,96	2,90	2,90	2,90	0,04							0
Koko koe	2,61	2,55	2,55	2,53	2,58	2,57	2,58	2,53	0,04							
<u>Teuraslaatu</u>																
Teuraspaino, kg	83,0	82,1	82,9	82,9	82,8	82,9	83,0	83,2	0,46							
Teurasstappio, %	24,9	25,1	25,0	24,8	24,7	25,1	24,7	24,8	0,27							
Ruhon liha, %	59,3	59,3	59,2	58,9	59,6	58,9	58,8	58,8	0,30							0

Kontrastivertailut: katso taulukko 2.

valmistetta sisältäneissä rehuissa oli 2,1-4,1 g/kg. Tässä tutkimuksessa havaittiin kiinteää happovalmistetta käytettäessä huonompi ravintoaineiden sulavuus, suurempi veden juonti ja virtsan erityys sekä jonkin verran huonompi loppukasvatuksen kasvu ja rehuhyötysuhde kuin nestemäistä valmistetta käytettäessä. Hapojen kantaja-aineiden ominaisuuksiin olisi tämän perusteella kiinnitettävä huomiota.

### Kirjallisuus

- Knarreborg, A., Miquel, N., Granli, T. & Jensen, B.B.** 2002. Establishment and application of an in vitro methodology to study the effects of organic acids on coliform and lactic acid bacteria in the proximal part of the gastrointestinal tract of piglets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 131-140.
- Mellor, S.** 2004. Common acidifier has some surprises in store. *Feed Mix* 12 (1): 28-30.
- Mosenthin, R., Sauer W., Ahrens, F., De Lange, C. & Bornholdt, U.** 1992. Effect of dietary supplements of propionic acid, siliceous earth or a combination of these on the energy, protein and amino acid digestibilities and concentrations of microbial metabolites in the digestive tract of growing pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 37: 245-255.
- Mroz, Z., Jongbloed, A.W., Partanen, K., Vreman, K., Kemme, P. & Kogut, J.** 2000. The effects of calcium benzoate in diets with or without organic acids on dietary buffering capacity, apparent digestibility, retention of nutrients, and manure characteristics in swine. *J. Anim. Sci.* 78: 2622-2632.
- MTT** 2004. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset 2004. Helsinki: Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. MTT:n selvityksiä 86.
- Nordic Committee on Food Analysis** 1997. Benzoic acid, sorbic acid and p-hydroxybenzoic acid esters. Liquid chromatographic determination in foods. *Nordic Committee on Food Analysis* 124, 2nd Ed.
- Øverland, M., Granli, T., Kjos, N.P., Fjetland, O., Steien, S.H. & Stockstad, M.** 2000. Effect of dietary formates on growth performance, carcass traits, sensory quality, intestinal microflora, and stomach alterations in growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 78: 1875-1884.
- Partanen, K. & Mroz, Z.** 1999. Organic acids for performance enhancement in pig diets. *Nutr. Res. Rev.* 12: 117-145.
- Partanen, K.** 2001. Organic acids – their efficacy and modes of action in pigs. In: *Gut Environment in Pigs*. Nottingham University Press, Nottingham. Workshop on ‘Feed additives and probiotics as an alternative to antibiotics as growth promoters’ in connection with the 8<sup>th</sup> Symposium on Digestive Physiology in Pigs. 17 p.
- Partanen, K., Siljander-Rasi, H., Alaviuhkola, T., Suomi, K. & Fossi, M.** 2002. Performance of growing-finishing pigs fed medium- or high-fibre diets supplemented with avilamycin, formic-acid or formic-acid-sorbate blend. *Livest. Prod. Sci.* 73: 139-152.
- Siljander-Rasi, H., Alaviuhkola, T. & Suomi, K.** 1998. Carbadox, formic acid and potato fibre as feed additives for growing pigs. *J. Anim. Feed Sci.* 7: 205-209.
- Van der Peet-Schwering, C.M.C., Verdoes, N. & Plagge, J.G.** 1999. Influence of benzoic acid in the diet on performance and urine pH of growing-finishing pigs. Research report P 5.8, Research Institute for Pig Husbandry, Rosmalen. 24 p.