

## Väkirehun kasviöljyn ja E-vitamiinin vaikutus naudanlihan koostumukseen

Merja Manninen<sup>1)</sup>, Merja Holma<sup>2)</sup>, Lauri Jauhainen<sup>1)</sup> ja Marjatta Suvitie<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> MTT, 31600 Jokioinen, merja.manninen@mtt.fi

<sup>2)</sup> Rehuraisio Oy, 21201 Raisio, merja.holma@raisiogroup.com

<sup>3)</sup> MTT, 71750 Maaninka, marjatta.suvitie@mtt.fi

### Johdanto

Konjugoituneen linolihapon lähteitä ovat märehitjyperäiset tuotteet. CLA:n positiiviset vaikutukset ravitsemuksessa ovat hyvin tunnettuja. Sen on todettu mm. ehkäisevän syöpää ja sydän- ja verisuonitauteja (Ip ym. 1994, Lee ym. 1994). Lihan CLA-pitoisuus on noussut lisäämällä ruokintaan kasviperäisiä öljyjä (Enser ym. 1999, Griinari ym. 2000). Naudanlihassa cis-9,trans-11-isomeerin osuus kokonais-CLA:sta on noin 60% (Shantha ym. 1994). Linolihappo muuttuu pötsissä CLA:ksi, josta osa pääsee kudoksiin saakka, osa muuttuu pötsissä välivaiheiden kautta tyydyttyneeksi steariinihapoksi. Monitydyttymättömien rasvahappojen lisääntyessä lihassa riskinä on, että etenkin varastoitaessa lihan hapettumisherkyys kasvaa. Hapettuminen voi aiheuttaa ongelmia naudanlihaa prosessoitaessa ja varastoitaessa: raa'an lihan väri muuttuu ruskehtavaksi ja lihan tuoksu voi kehittyä epämiellyttäväksi. Pitkään varastoidussa lihassa voi ilmetä myös makuvirheitä. Rehun E-vitamiinilisäyksellä on useissa kokeissa (mm. Sheeny ym. 1997) voitu estää tai hidastaa rasvan hapettumista. Lisäksi E-vitamiini on parantanut lihan väriä. Tämä tutkimus selvitti väkirehun soijaöljylisän, E-vitamiinilisän ja niiden molempien vaikutusta naudanlihan rasvahappokoostumukseen, lihan aistinvaraiseen laatuun sekä lihan värimuutoksiin. Sonnit saivat säilörehua vapaasti ja täysrehua 2,0-4,0 kg KA/d. Teuraspainotavoite oli 350 kg.

### Aineisto ja menetelmät

#### *Eläinaines, tuotanto-olosuhteet, rehut ja ruokinta*

Kokeessa oli 32 5.3.-28.4.2000 MTT:n emolehmänavetalla syntynyttä hf-sonnivasikkaa, isinä hf-sonnit Teristen Jesse (13), Koskis Noak (11) ja Thorsvik Kentauri (8). Koe alkoi 12.10.2000, jolloin sonnit olivat keskimäärin 6,5 kk ja 291 kg. Sonnit olivat neljän eläimen karsinoissa ja ne punnittiin neljän viikon välein. Rehuina olivat nurmisäilörehu (SR) ja neljä täysrehua: kontrolli (K), soijaöljypitoinen (S), E-vitamiinipitoinen (E) ja molempia sisältävä rehu (SE). E-vitamiinilisäys K- ja S-rehuihin oli 25 ja E- ja SE-rehuihin 375 mg/kg. Soijaöljyä S- ja SE-rehuihin lisättiin 4%, kun kaupallisessa mullinrehussa se on noin 1%. Timotei-nurminata-apila-kasvusto (60-30-10%) kaadettiin 19.-21.6.2000 niittomurskaimella, esikuivattiin ja paalattiin. Säilöntään käytettiin AIV 2 Plus -liuosta 5 l/t. Eläimet saivat SR ja vettä vapaasti ja väkirehua ensimmäiset 55 d 2,0 (Al), seuraavat 56 d 3,0 (Ke) ja loppukasvatuksen (keskimäärin 114 d) ajan 4,0 kg KA/eläin/d (Lo). Rehut analysoitiin MMT:n eläinravitsemuksen laboratoriossa. SR:sta analysoitiin kuiva-aine (KA), tuhka, raakaproteiini, NDF-kuitu (Van Soest ym. 1991) ja OA:n *in vitro* -sellulaasisulavuus (Friedel 1990). Täysrehun rehuarvo laskettiin raaka-ainekoostumuksen perusteella (Tuori ym. 2000) ja E-vitamiinipitoisuus määritettiin MTT:n Kemian laboratoriossa nestekromatografilla.

#### *Teurastus, ruhon ja lihan laatu*

Sonnit teurastettiin Kiteen opetusteurastamossa ja ruhot EUROP-luokitettiin. Ulkofileestä määritettiin loppu-pH 36-48 h teurastuksesta. Ulkofileestä leikattiin 30 cm:n pala, joka toimitettiin LTK:een aistinvaraiseen arvosteluun, konsistenssi- ja värimääritykseen (0, 5, 10, 15, 20, 30 d). Myoglobiinipitoisuus mitattiin kahdesti (0 ja 30 d). Näytettä raakakypsytettiin 14 d + 2±1 °C ennen pakastusta. Ulkofileen proteiini- ja rasvapitoisuus määritettiin MTT:n Eläinravitsemuksella ja E-vitamiinipitoisuus MTT:n Kemian laboratoriossa nestekromatografilla. Jauhelihan raaka-aineeksi leikattiin niskapalaa 2 kg ja rasvaa 0,5 kg, jotka vakumoitettiin, pakastettiin ja toimitettiin LTK:een. Raaka-aineista tehtiin jauheliha tavoitteena 15 % rasvapitoisuus. Jauhelihan väri määritettiin 4 kertaa (0, 5, 10 ja 15 d) ja myoglobiini kerran (0 d). Eläinkohtaisista ulkofilenäytteistä ja karsinakohtaisesti yhdistetyistä jauhelihanäytteistä määritettiin rasvapitoisuus Buchi -uuttolaitteella Raisio Yhtymän tutkimuslaboratoriossa. Rasvahapot analysoitiin kaasukromatografilla metyyliestereinä (Bannon ym. 1982, AOCS Ce 1c-89). Tulokset laskettiin yksittäisten rasvahappojen osuutena (%) kokonaisrasvahapoista.

**Tilastollinen käsittely**

Koe suoritettiin satunnaistettujen täydellisten lohkojen koasetelman mukaisesti eli eläimet jaettiin kokeen alussa elopainon perusteella kahteen lohkoon. Lohkon sisällä eläimet jaettiin satunnaisesti neljään karsinaan (a 4 eläintä), joihin jokaiseen kohdistettiin yksi neljästä käsittelystä. Aineisto analysoitiin tilastollisesti satunnaistettujen lohkojen varianssianalyysin avulla ottamalla ruokintoja testattaessa virhetermiksi ruokinta x karsina -yhdysvaikutus, mikä toimi myös jäännösvirheenä, kun kustakin karsinasta oli vain yksi havainto tai mittaus. Kun mittaukset oli tehty eläimittäin, malli sisälsi ruokinta x karsina -yhdysvaikutuksen lisäksi myös erillisen jäännösvirheen, jota ei kuitenkaan käytetty testauksessa virheterminä. Tilastollinen analysointi suoritettiin SAS-ohjelmistolla (1999, versio 8.2).

**Tulokset ja tulosten tarkastelu**

Koe kesti keskimäärin 225 d. Eläinten terveys oli moitteeton. SR:n KA-pitoisuus oli 231 g ja D-arvo 69,7%. KA-kilo sisälsi raakavalkuaista 166 g ja OIV:sta 85 g. Säilönnällinen laatu oli hyvä ja pH 4,01. K- ja E-rehujen energiapitoisuus oli 1,05 ja S- ja SE-rehujen 1,12 RY/kg KA. K- ja E-rehut sisälsivät rasvaa 31 ja 33 ja S- ja SE-rehut 72 ja 74 g/kg KA. K- ja S-rehujen E-vitamiinipitoisuus oli 22,7 ja E- ja SE-rehujen 349,3 ja 318,5 mg/kg KA. Eläinten syönti ja ravintoaineiden saanti oli yhdenmukainen (Taulukko 1). Kokeen aikana kasvu oli keskimäärin 1557 ja loppujaksolla peräti 1684 g/d. E-sonnit rasvoituivat SE-sonneja vähemmän ( $p < 0,10$ , 2,9 vs. 3,4).

**Taulukko 1. Sonniin syönti ja energian saanti (n=8), kasvu, teurastulokset ja rehun muuntosuhde (n=32).**

Ruokinta	K	S	E	SE	SEM <sup>2</sup>	Merkitsevyys <sup>1</sup>				
						KvsS	KvsE	KvsSE	SvsSE	EvsSE
Kg KA, Säilörehu	5,30	5,21	5,42	5,20	0,246					
Väkirehu	3,28	3,25	3,23	3,26	0,037		*			
Yhteensä	8,59	8,46	8,65	8,46	0,213					
RY	8,49	8,60	8,55	8,60	0,203					
Raakavalkuainen, g	1566	1532	1571	1543	36,5					
NDF, g	3422	3300	3433	3334	103,8	o				
OIV, g	847	824	852	824	17,5	o		o		*
Paino kokeen lopussa, kg	636	641	640	638	3,5					
Teuraspaino, kg	349	350	348	352	2,6					
<i>Ikä kokeen lopussa</i>	433	421	417	421	4,3					
<i>Kasvu, g/d</i>										
Al	1318	1397	1251	1337	78,1					
Ke	1468	1558	1676	1556	80,6					
Lo	1576	1742	1769	1651	100,1					
Kokeen aikana	1486	1596	1599	1547	51,6					
Nettokasvu <sup>3</sup>	879	936	927	920	31,5					
Teuras-%	55,0	54,7	54,4	55,1	0,15					
Lihakkuus <sup>4</sup>	7,6	7,4	6,4	7,4	0,20		o			
Rasvaisuus <sup>5</sup>	3,3	3,1	2,9	3,4	0,09					o
<i>Rehun muuntosuhde</i>										
Kg KA/lisäkasvu-kg	5,80	5,34	5,47	5,48	0,198					
Kg KA/nettokasvu-kg	9,80	9,10	9,43	9,24	0,369					
RY/lisäkasvu-kg	5,73	5,43	5,40	5,57	0,196					
RY/nettokasvu-kg	9,69	9,25	9,32	9,40	0,366					

<sup>1</sup> o  $p < 0,10$ ; \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ . <sup>2</sup> Keskiarvon keskivirhe (Standard error of mean).

<sup>3</sup> Nettokasvua laskettaessa alkupainon teuras-%:na käytetty 50. <sup>4</sup> EUROP-luokitus: O+=6, R-=7, R=8, R+=9.

<sup>5</sup> EUROP-luokitus: 2=vähäinen, 3=keskinkertainen, 4=rasvainen.

Ulkofileen proteiini- ja rasvapitoisuus oli keskimäärin 835 ja 141 g/kg KA (Taulukko 2). Väkirehun E-vitamiinilisäys nosti lihan E-vitamiinipitoisuutta selvästi ollen parhaimmillaan yli kaksinkertainen ( $p < 0,01$ , K vs. SE). Ulkofileen aistinvaraisessa arvostelussa näytteet arvioitiin normaaleiksi, ainoastaan SE-lihan mehukkuus oli hieman parempi kuin E-lihan ( $p < 0,10$ , 5,1 vs. 4,3). Ulkofileen myoglobiinipitoisuus oli sulatuspäivänä keskimäärin 6,9 mg/g ja kuukautta myöhemmin se oli alentunut todennäköisimmin valuman johdosta 1,5 mg/g. Tuoreen jauhelihan myoglobiinipitoisuus valmistuspäivänä oli keskimäärin 6,2 mg/g mikä on naudanlihalle normaali taso. 30 päivän kuluttua myoglobiini oli alentunut merkittävästi. Tässä yhteydessä olisi ollut hyödyllistä määrittää lihan valuma. Ulkofileen loppu-pH oli keskimäärin 5,6 ja kaikkien ruhojen ulkofileen loppu-pH oli alle 6,00 eli tervalihaprosentti oli 0.

**Taulukko 2. Ulkofileen koostumus (n=8), aistinvarainen laatu (n=32) ja myoglobiinipitoisuus (n=32).**

Ruokinta	K	S	E	SE	SEM <sup>2</sup>	Merkitsevyys <sup>1</sup>				
						KvsS	KvsE	KvsSE	SvsSE	EvsSE
Prim. KA, g/kg	261	262	263	266	5,4					
Proteiini, g/kg KA	842	837	844	818	21,4					
Raakarvasva, g/kg KA	131	138	134	161	19,9					
E-vit. tuoreessa, mg/100g	0,14	0,15	0,24	0,31	0,011	**	**	**	*	
Ulkofileen laatuanalyysit, aistinvarainen arvio <sup>3</sup>										
Mureus	4,9	5,2	5,0	5,1	0,21					
Mehukkuus	4,8	4,7	4,3	5,1	0,14					o
Maku	4,9	4,7	5,0	5,1	0,08					
Konsistenssi <sup>4</sup>	9,45	8,73	9,17	8,76	na <sup>5</sup>					
Myoglobiini 0 d, mg/g	7,3	6,7	7,0	6,7	0,22					
Myoglobiini 30 d, mg/g	5,8	5,5	5,5	5,0	0,90					
Ulkofileen pH <sub>24</sub>	5,5	5,6	5,6	5,7	0,03					

<sup>1</sup> o p<0,10; \* p<0,05; \*\* p<0,01; \*\*\* p<0,001. <sup>2</sup> Keskiarvon keskivirhe (Standard error of mean).

<sup>3</sup> Aistinvarainen arvio: asteikko 1-7, esim. 7=erittäin murea...1=erittäin sitkeä, 5=normaali.

<sup>4</sup> Vastus lihapalaa leikatessa, normaali 8-10, sitkeä >10. <sup>5</sup> Not available.

Rehun E-vitamiinilisäys ei vaikuttanut ulkofileen ja jauhelihan vaaleus- eli L-arvoihin (Taulukko 3). Alussa (0 d) ulkofile luokiteltiin tummahkoksi (38,3) muuttuen viimeiseen mittausajankohtaan mennessä normaaliksi (44,5), mihin todennäköisimmin vaikutti valuman myötä poistunut myoglobiini. Jauhelihan L-arvot pysyivät eri mittausajankohtina tasaisina ja käytännössä jauheliha hyvin tummana (0 d:50,9 → 15 d:52,5). Naudanlihan luokittelu L-arvojen perusteella on kuitenkin melko epäluotettavaa, sillä selvää raja-arvoa ei ole olemassa. Naudanlihan väriin eli tummuuteen vaikuttavat mm. lihan hapetusaste, naudan rotu, sukupuoli ja ikä. Kontrollien korkeimman myoglobiinipitoisuuden johdosta niiden ulkofile oli tummin (pienin L\*-arvo) ja punaisin (suurin a\*-arvo). Valuman määrittäminen olisi voinut selvittää lihan värimuutoksia varastoinnin jälkeen.

**Taulukko 3. Ulkofileen (n=32) ja jauhelihan (n=8) väri.**

Ruokinta	K	S	E	SE	SEM <sup>2</sup>	Merkitsevyys <sup>1</sup>				
						KvsS	KvsE	KvsSE	SvsSE	EvsSE
Ulkofileen vaaleus (L) <sup>3</sup> , d										
0	36,8	39,4	38,2	38,9	0,57					
5	40,9	41,5	41,7	41,6	0,79					
10	42,1	43,7	43,4	43,4	0,52-0,56					
15	42,6	42,4	42,8	44,6	1,09					
20	43,4	43,9	43,7	45,1	0,83					
30	44,0	44,2	44,3	45,5	1,13					
Ulkofileen punaisuus (a+) <sup>4</sup> , d										
0	24,8	25,8	26,1	26,0	0,81					
5	27,9	27,4	28,4	28,4	0,96					
10	29,0	28,3	27,3	29,4	1,43-1,54					
15	28,4	27,3	26,6	27,3	1,34					
20	27,5	26,1	26,1	26,7	0,37					
30	26,9	25,5	24,8	25,4	0,88					
Jauhelihan vaaleus (L) <sup>3</sup> , d										
0	50,7	50,4	51,7	50,6	0,85					
5	50,0	49,9	50,6	52,4	1,50					
10	54,0	52,7	54,2	52,4	0,84			o		*
15	52,4	51,7	52,2	53,5	0,73					
Jauhelihan punaisuus (a+) <sup>4</sup> , d										
0	23,3	26,3	25,4	25,9	1,36					
5	29,4	29,3	29,5	29,1	1,23					
10	30,7	30,7	30,2	30,5	0,81					
15	30,5	30,0	29,1	29,1	0,48					

<sup>1</sup> o p<0,10; \* p<0,05; \*\* p<0,01; \*\*\* p<0,001. <sup>2</sup> Keskiarvon keskivirhe (Standard error of mean).

<sup>3</sup> Normaali arvo 39-54, mahdollisesti tervaliha L<34. <sup>4</sup> Myoglobiinin arvo, mitä korkeampi, sitä punaisempi.

Soijaöljylisä muutti sekä ulkofileen että jauhelihan rasvahappokoostumusta huomattavasti. Tyydytty-

neiden rasvahappojen määrä väheni ja tyydyttymättömien lisääntyi. Soijaöljy lisäsi C18:1 trans – rasvahappojen osuutta kokonaisrasvahapoista K- ja E-rasvahappokoostumukseen verrattuna merkitsevästi sekä ulkofileen että jauhelihan kohdalla (Taulukko 4). Ulkofileessä CLA:n osuus rasvahapoista oli S-ruokinnalla suuntaa antavasti korkeampi kuin K-ruokinnalla ( $p < 0,10$ , 0,92 vs. 0,53). S- ja SE-jauhelihan rasvahappokoostumuksesta CLA:n osuus oli K-jauhelihan koostumukseen verrattuna merkitsevästi ( $p < 0,05$ , 1,15 ja 1,20 vs. 0,83) suurempi, myös SE:n CLA-pitoisuus poikkesi merkitsevästi E:n pitoisuudesta ( $p < 0,05$ , 1,20 vs. 0,76).

**Taulukko 4. Ulkofileen (UF) ja jauhelihan (JL) rasvahappokoostumus, % kokonaismäärästä (n=8).**

Ruokinta	K	S	E	SE	SEM <sup>2</sup>	Merkitsevyys <sup>1</sup>				
						KvsS	KvsE	KvsSE	SvsSE	EvsSE
UF, C 18:0	18,66	18,26	17,68	17,48	0,566			o		
C 18:1trans	2,82	5,14	2,62	5,27	0,176	**		**		***
C 18:1cis	35,49	34,15	35,21	35,18	0,324	*			o	
C 18:2cis	3,99	4,45	4,07	3,25	0,356				o	
C 18:2konj	0,53	0,92	0,61	0,84	0,105	o				
JL, C 18:0	19,20	18,92	18,95	17,67	0,553					
C 18:1 trans	3,24	5,63	3,30	5,47	0,219	**		**		**
C 18:1 cis	33,16	33,12	33,04	34,22	0,607					
C 18:2 cis	1,55	1,73	1,50	1,74	0,104					
C 18:2 konj	0,83	1,15	0,76	1,20	0,072	*		*		*

<sup>1</sup> o  $p < 0,10$ ; \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ . <sup>2</sup> Keskiarvon keskivirhe (Standard error of mean).

### Johtopäätökset:

Väkirehun kasviöljylisäys muutti lihan rasvahappokoostumusta terveellisempään suuntaan eli lisäsi tyydyttymättömien rasvahappojen osuutta kokonaismäärästä. Soijaöljy lisäsi CLA:n osuutta rasvahapoista jauhelihasissa merkitsevästi ja kokolihasissa lievästi. Täysrehun E-vitamiini nosti lihan vitamiinitasoa, mutta ei vaikuttanut lihan värin pysyvyyteen myoglobiini- ja väriarvojen perusteella, todennäköisesti pakastuksen ja sulatuksen aiheuttaman valuman johdosta. Eläinten kasvu maltillisella väkirehuruokinnalla, keskimäärin 38 % kuiva-aineen syönnistä, ja hyvälaatuisella karkearehulla oli erinomainen ja osoitti hyvän karkearehun merkityksen lihanaudan kasvatuksessa.

*Kiitokset MTT:n emolehmänavetan ja Kiteen opetusteurastamon henkilökunnalle kokeen huolellisesta toteutuksesta. Dosentti Markku Honkavaaralle kiitos tuloksista käydyistä hyödyllisistä keskusteluista.*

### Kirjallisuus:

- AOCS Official methods Ce 1c-89 (surplus 1997).** Fatty acid composition by GLC cis,cis and trans isomers. In: AOCS Official methods, 5th Ed. 1998.
- Bannon, C.D., Breen, G.J., Craske, J.D., Hai, N.T., Harper, N.L. & O'Rourke, K.L.** 1982. Analysis of fatty acid methyl esters with high accuracy and reliability. *J. Chrom.* 247: 71-89.
- Enser, M., Scollan, N.D., Choi, N.J., Kurt, E., Hallett, K. & Wood, J.D.** 1999. Effect of dietary lipid on the content of conjugated linoleic acid (CLA) in beef muscle. *Anim. Sci.* 69: 143-146.
- Griinari, M., Hissa, K. & Ryhänen, E.-L.** 2000. Dietary sunfloweroil increases conjugated linolenic acid (CLA) concentration in beef. *J. Dairy Sci.* 83: Suppl.1:276.
- Friedel, K.** 1990. Die Schätzung des energetischen Futterwertes von Grobfutter mit Hilfe einer Cellulasemethode. [The estimation of the energetic feeding value of roughages by means of cellulase method]. *Wissenschaftliche Zeitung Universität Rostock, N-Reihe* 39, 78-86.
- Ip, C., Singh, M., Thompson, H.J. & Scimeca, J.A.** 1994. Conjugated linoleic acid suppresses mammary carcinogenesis and proliferative activity of the mammary gland in the rat. *Cancer Res.* 54: 1212-1215.
- Lee, K. N., Kritchevsky, D. & Pariza, M. W.** 1994. Conjugated linoleic acid and atherosclerosis in rabbits. *Atherosclerosis* 108: 19-25.
- SAS.** 1999. SAS/STAT User's Guide, Version 8, Cary, NC: SAS Institute Inc. 3809 p.
- Shantha, N.C., Crum, A.D. & Decker, E.A.** 1994. Evaluation of conjugated linoleic acid concentrations in cooked beef. *J. Agric. Food Chem.* 42: 1757-1760.
- Sheeny, P.J.A., Morrissey, P.A., Buckley, D.J. & Wen, J.** 1997. Effects of vitamins in the feed on meat quality in farm animals: Vitamin E. *Recent Advances in Animal Nutrition.* Ed. Garnsworthy, P.C & Wiseman, J. p.3-27.
- Tuori, M., Kaustell, K., Valaja, J., Aimonen, E., Saarisalo, E. & Huhtanen, P.** 2000. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset. Helsinki. 88 p.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. & Lewis, B.A.** 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.