

## Seleenilisiä säilörehuun säilöntäaineen mukana

Arja Seppälä<sup>1)</sup>, Yolanda Madrid Albarran<sup>2)</sup>, Harri Miettinen<sup>3)</sup>, Maria Palomo Sigüero<sup>2)</sup>, Elina Juutinen<sup>1,4)</sup> ja Marketta Rinne<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>MTT Kotieläintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen, etunimi.sukunimi@mtt.fi

<sup>2)</sup>Departamento de Química Analítica, Facultad de Ciencias Químicas, Ciudad Universitaria, Madrid, Spain, ymadrid@quim.ucm.es

<sup>3)</sup>Kemira Oyj, nykyinen yhteystieto: homiETTinen@gmail.com

<sup>4)</sup>nykyinen yhteystieto: elina.juutinen@atria.fi

### Tiivistelmä

Kotieläinten riittävästä seleeninsaannista joudutaan huolehtimaan tilakohtaisesti, sillä Suomen maaperässä on niukasti seleeniä. Läheskään aina rehuja ei ole tuotettu lannoitteilla, joihin seleeniä on lisätty eikä kotieläintuottaja pysty aina suoraan vaikuttamaan ostamansa rehun lannoituskäytäntöön. Vaikka suoranaiset seleeninpuutosoireet ovat nykyisin tiloilla harvinaisia, seleenilisien käyttöön motivoivat tutkimustulokset riittävän seleeninsaannin terveyttä edistävästä vaikutuksista. Ruokinnassa seleenin lisäämisen erityinen haaste on oikean annostuksen varmistaminen, sillä liian suuri seleeniannos johtaa helposti myrkytyksiin. Erityisen haasteellista optimaalisen seleenilisen antaminen on eläinryhmille, jotka saavat lähes ainoastaan säilörehua, kuten hiehot ja ummessa olevat lehmät.

Säilörehun säilöntäaine annostellaan suuttimilla rehuvirtaan korjuukoneessa. Annostelun tasaisuus on tärkeää säilönnän onnistumisen kannalta. Säilöntäaineen annostelun yhteydessä on mahdollista lisätä rehuun myös seleeniä, sillä seleeninlisäysmäärä on niin pieni, että se voidaan lisätä happosäilöntäaineeseen lopputuotteen annostelusuositusta muuttamatta. Seleenin lisääminen säilöntäaineeseen voidaan tehdä tehdasolosuhteissa valvotusti ja turvallisesti.

Säilöntäkokeessa todennettiin, että säilöntäaineeseen (AIV Ässä, Kemira Oyj) lisätty natriumselenaatti säilyi rehussa. Säilöttävä nurmi oli timoteinurminatakasvuston toinen sato, jota oli kyseisellä kasvukaudella lannoitettu seleenittömällä väkilannoitteella. Kasvusto niitettiin niittomurskaimella ja korjattiin tarkkuussilppurilla ilman säilöntäainetta. Säilöntäainekäsittelyt (Ässä + selenaatti 0,05 %; Ässä + selenaatti 0,005 %; Ässä + selenaatti 0,001 %; vesi + selenaatti 0,005 %; ei säilöntäainetta) lisättiin rehueriin laboratoriossa ja kutakin käsittelyä kohden rehua säilöttiin kolmeen 12 l siiloon. Siilot avattiin 107 päivän säilöntäjakson jälkeen.

Säilöntäaineessa annosteltu natriumselenaatti säilyi rehuissa säilöntäprosessin ajan. Seleenin muuttumista orgaaniseen muotoon ei havaittu. Tulosten perusteella natriumselenaatti ei vaikuttanut säilöntätulokseen, mutta AIV Ässä rajoitti käymistä ja valkuaisen hajoamista säilönnän aikana ilman säilöntäainetta säilöttyihin rehuihin verrattuna.

Säilörehun säilöntäaineeseen lisättävän seleenin määrää rajaavat tuotteen käyttösuositus ja nurmirehun seleenipitoisuus, sillä rehun seleenipitoisuus ei saa ylittää sallittua pitoisuutta (0,5 mg/kg rehussa, jonka kosteus on 12 %, MMM 43/2005). Nämä rajat huomioiden säilöntäaineeseen voidaan lisätä seleeniä määrä, joka varmistaa ummessa olevan lehmän riittävän seleenin saannin säilörehusta myös tilanteessa, jossa nurmi ei ole saanut seleenilannoitusta.

**Asiasanat:** seleeni, säilörehu, säilöntäaine

## Johdanto

Seleeni on välttämätön ihmisten ja eläinten terveydelle. Se on mukana monissa aineenvaihdunnan reaktiossa, esim. kilpirauhashormonin metaboliassa ja elimistön puolustusjärjestelmässä (Brown ja Arthur 2001). Monilla alueilla maailmassa (esim. Euroopassa ja Kiinassa) maaperän seleeni on heikosti kasvien saatavilla ja näin ollen näillä alueilla tuotetun rehun ja ruuan seleenipitoisuus on luonnostaan alhainen (Johnson ym. 2009). Näillä alueilla onkin todettu seleeninpuutosoireita kuten lihasrappeumaa eläimillä ja nk. Keshan tautia, sydänlihaksen rappeumaa, ihmisillä (Johnson ym. 2009). Euroopan väestöllä on yleisesti alhainen seleenitaso (Johnson ym. 2009). Paremmalla seleeninsaannilla on havaittu myönteisiä terveysvaikutuksia liittyen immuunivasteeseen, syöpäriskiä ja kilpirauhasen vajaatoimintaan (Rayman 2008). Markkinoilla onkin runsaasti erilaisia seleenillä rikastettuja tuotteita, mutta niiden käyttöön sisältyy liikasaannin vaara, jos lisäseleeniä saadaan samanaikaisesti monista lähteistä (Rayman 2008). Seleenin turvallisen saannin ja myrkyllisen annoksen välinen ero on muita hivenaineita pienempi. Siksi riittävä perusravinnon seleenipitoisuus olisi ravintolisiä turvallisempi vaihtoehto väestön seleeninsaannin turvaamisessa.

Suomessa seleeniä on lisätty keinolannoitteisiin vuodesta 1984 alkaen. Tämän seurauksena rehujen seleenipitoisuus nousi keskimäärin kymmenkertaiseksi ja naudoilla lihasrappeuman esiintyminen on vähentynyt merkittävästi (esim. vuonna 1994 oli 2846 lihasrappeumatapausta ja 2009 enää 140 tapausta, Euroola ym. 2011). Huolimatta 30-vuotisesta seleenilannoitteiden käytöstä, kasveille käyttökelpoisen seleenin määrä maaperässä ei ole merkittävästi muuttunut (Euroola ym. 2011) ja näin ollen eläinten ja ihmisten riittävän ja turvallisen seleeninsaannin varmistamisen haaste on edelleen olemassa.

Kaikki markkinoilla olevat lannoitevalmisteet eivät sisällä seleeniä, eikä väkilannoitteiden käyttö ole luomutuotannossa sallittua. Kotieläintuottaja ei useimmiten edes tiedä ostorehujen viljelyssä käytettyjen lannoitteiden ravinnesisältöjä. Esim. ilman lannoiteseleeniä tuotetun säilörehun seleenipitoisuus on vain kymmenesosa seleenilannoitteella tuotetun rehun pitoisuudesta (Euroola ym. 2011) eikä ole riittävä tyydyttämään eläinten seleenintarvetta (0,1 mg Se/kg ka, MTT 2013). Luomumaidon seleenipitoisuus on alhaisempi (0,15 mg/kg ka) kuin tavanomaisesti tuotetun maidon (0,23 mg/kg ka) (Euroola ym. 2011) kertoen siitä, että erityisesti luomutuotannossa on tarve lisätä eläinten seleeninsaantia. Vaikka vakavat seleeninpuutosoireet ovat varsin harvinaisia nykyisin (Euroola ym. 2011), lievemmät puutosoireet saattavat jäädä yhdistämättä seleenin puutteeseen – kuten vastasyntyneen lihasheikkous, hidastunut kasvu, ripuli ja heikentynyt hedelmällisyys (Koller ja Exon 1986).

Nykyistä suositusta (0,1 mg Se/kg ka, MTT 2013) korkeampaa (0,3 mg Se/kg ka, NRC 2001) seleeninsaantia on suositeltu lypsylehmille utareterveyttä parantamaan (Jukola ym. 1996). Seleeni- E-vitamiinitäydennyksellä pystyttiin pienentämään utaretulehdustapausten määrää 30 %:lla ja solumaitoa (maidontuotantokauden aikana keskimäärin yli 200 000 somaattista solua /ml) lypsävien lehmien lukumäärää lähes 70 %:lla (Smith ym. 1985). Myös Giadinis ym. (2011) havaitsivat, että lampaanmaitoa tuottavilla tiloilla, joilla utaretulehduksia oli paljon (> 10 %:lla eläimistä) oli uuhilla alhaisemmat veren seleeni- ja A-vitamiinipitoisuudet kuin tiloilla, joilla kliinisiä utaretulehduksia oli vähän (< 3 %:lla eläimistä). Giadinis ym. (2011) ehdottaakin, että uuhien seleenistatusta voitaisiin hyödyntää utaretulehdukseen sairastumisen riskimittarina. Lehmillä utaretulehduksen hinnaksi on arvioitu 270-670 €/sairastapaus (Heikkilä ym. 2010), joten ennaltaehkäisevillä toimenpiteillä on vankat taloudelliset perusteet.

Tilanteessa, jossa perusrehujen seleenipitoisuus on alhainen, seleeniä lisätään tyypillisesti kivennäisrehuihin. Kivennäisrehujen koostumus ja annosteluosuus tulisi suunnitella vastaamaan perusrehujen alhaiseen seleenipitoisuuteen. Lisäksi kivennäisrehun syönnin tulisi olla tasaista. Ryhmäruokintatilanteissa tämä ei välttämättä toteudu. Erityisesti ummessa olevat lehmät, emolehmät ja uuhet ovat pääosin pelkällä karkearehuruokinnalla, jota täydennetään kivennäisrehulla. Jos kivennäisrehua on tarjolla ryhmälle vapaasti, voi tasainen, riittävä ja turvallinen seleeninsaanti jokaiselle yksilölle olla haaste.

Säilörehun säilöntäainetta lisätään säilöntävaiheessa tasaisesti säilörehuun tyypillisesti tuotteesta riippuen 3-6 l/t. Tässä yhteydessä on mahdollista täydentää myös rehun hivenainekoostumusta ja varmistaa seleenin tasainen levittyminen rehuun ja näin karjan turvallinen seleeninsaanti myös tilanteessa, jossa lannoiteseleeni ei ole riittävä ratkaisu. Säilöntäkokeessa muurahaishappopohjaiseen

säilöntäaineeseen lisättiin natriumselenaattia ja tutkittiin selenaatin säilyminen säilöntäprosessissa sekä selvitettiin sopiva selenaatin lisäystaso.

### Aineisto ja menetelmät

Säilöntäkokeen nurmenviljely ja säilöntä tehtiin MTT:llä Jokioisilla kesällä 2011. Timotei-nurminatakasvusto oli lannoitettu kyseisenä kesänä seleenittömällä keinolannoitteilla (kasvukauden alussa Ural-lannoitteella (250 kg/ha 22-7, N-P) ja ensimmäisen sadon korjuun jälkeen Cemagro-lannoitteella (350 kg/ha 26-2-4-5 N-P-K-S). Kasvuston toinen sato niitettiin 2. elokuuta, esikuivattiin kolme tuntia ja korjattiin tarkkuussilppurilla ilman säilöntäainetta. Korjattu kasvimassa kuljetettiin välittömästi laboratorioon säilöttäväksi.

Silputtua nurmirehua punnittiin viisi 25 kg erää, joihin säilöntäainekäsittelyt (Taulukko 1) levitettiin tasaisesti. Kutakin käsittelyä kohden täytettiin (7 kg rehua/siilo) ja tiivistettiin kolme 12 l pleksiäsiiloa. Siilot peitettiin ja painotettiin heti täytön jälkeen. Siiloja säilytettiin huoneenlämmössä 107 vuorokautta, jonka jälkeen ne avattiin ja rehut analysoitiin.

**Taulukko 1.** Säilöntäainekäsittelyt. Annostelutaso 6 g/kg.

Käsittelyn lyhenne	Käsittely*	Seleenin lisäystaso nurmirehulle	
		Natriumselenaatti, mg/kg	Se, mg/kg
Kontrolli	ei säilöntäainetta	-	-
W.005	vesi + 0,005 % natriumselenaattia	0,3	0,125
Ä.001	AIV Ässä + 0,001 % natriumselenaattia	0,06	0,025
Ä.005	AIV Ässä + 0,005 % natriumselenaattia	0,3	0,125
Ä.05	AIV Ässä + 0,05 % natriumselenaattia	3,0	1,254

\*AIV Ässän koostumus: 590 g muurahaishappoa, 200 g propionihappoa, 45 g ammoniumformiaattia, 25 g bensoehappoa/sorbaattia and 140 g vettä/kg.

### Analyysit rehuista

Raaka-aineen koostumus ja rehujen säilönnällinen laatu analysoitiin MTT:n laboratoriossa. Kuiva-aine määritettiin kuivaamalla 105°C:ssa 16 tuntia. Tuhka määritettiin AOAC:n menetelmällä (1990, method 942.05). Raaka-aineen tyyppi määritettiin Dumas-menetelmällä (AOAC method 968.06) käyttäen Leco FP 428 analysaattoria. Raakavalkuaispitoisuus laskettiin kertomalla typpipitoisuus 6,25:llä. Kuitu määritettiin Van Soestin ym. (1991) menetelmällä käyttäen natriumsulfiittia ilman amylaasia ja tulos esitetään ilman tuhkaa. Raaka-aineen pepsiini-sellulaasiliukoisuus määritettiin Huhtasen ym. (2006) mukaan.

Säilörehujen haihtuvat rasvahapot määritettiin Huhtasen ym. (1998) mukaan, maitohappo Haackerin ym. (1983) mukaan, vesiliukoiset hiilihydraatit Somogyin (1945) ja ammoniumtyppi McGulloughin (1967) mukaan. Säilörehujen kuiva-ainepitoisuuteen tehtiin korjaus haihtuvien aineosion pitoisuuksilla Huidan ym. (1986) mukaan.

Säilörehun raaka-aineen ja säilörehujen seleenipitoisuus ja seleenityypit määritettiin Espanjassa (Departamento de Química Analítica, Facultad de Ciencias Químicas, Ciudad Universitaria, Madrid). Kokonaiseleenin määrittämistä varten punnittiin 50 mg kuivaa näytettä ja lisättiin 1 ml 65 %:sta typpihappoa ja 0,3 ml 35 % vetyperoksidia. Näytettä inkuboitiin 100-130 °C:ssa yhteensä 25 minuuttia mikroaaltouunilla. Inkubaation jälkeen ekstraktiin lisättiin vettä siten, että kokonaisvolyymiksi tuli 12 ml. Seleenimääritys tehtiin ICP-MS (Inductively coupled plasma mass spectrometry) massaspektometrillä (HP 7700 Agilent, United States), määritetyt isotoopit olivat <sup>76</sup>Se, <sup>77</sup>Se, <sup>78</sup>Se, <sup>80</sup>Se ja <sup>82</sup>Se. Määritys tehtiin kolmena rinnakkaisena määrittäksenä.

Eri seleeniyhdisteiden osuuden määrittämiseksi säilörehunäytteet hydrolysoitiin entsyymaattisesti proteaasilla (2 min sonikaatio, 3 ml puskuroitua Tris-HCl (30mM, pH 7.5) ja 0,020 mg proteaasi XIV). Näin pystyttiin erottamaan 95 % näytteen sisältämästä seleenistä. Hydrolyysin jälkeen neste erotettiin sentrifugilla (11000 rpm, 15 min) ja suodattamalla (0,20µm nailonsuodatin). Supernatantti analysoitiin ICP-massaspektometriin kytketyllä ioninvaihtokromatografilla. Seleenin pitoisuus määritettiin mittaamalla <sup>77</sup>Se-, <sup>78</sup>Se- ja <sup>82</sup>Se-isotooppien pitoisuudet. Näytteiden kromatogrammeja verrattiin

standardiin, jossa mukana olivat seleenikysteini ( $\text{SeCys}_2$ ), seleenimetioniinikysteini ( $\text{SeMeSeCys}$ ), Se (IV), seleenimetioniini (SeMet) ja Se (VI).

Tilastolliset analyysit tehtiin SAS GLM-proseduurilla. Käsittelyjen vaikutusta rehujen käymislaatuun ja seleenipitoisuuteen testattiin varianssianalyysillä ja käsittelykeskiarvojen välisten erojen merkitsevyyttä mitattiin Tukeyn testillä.

## Tulokset

### *Raaka-aineen koostumus*

Säilötyn esikuivatun nurmiraaka-aineen kuiva-ainepitoisuus oli 283 g/kg, tuhkapitoisuus 113 g/kg ka, raakavalkuainen 175 g/kg ka, sokeri 147 g/kg ka, NDF 536 g/kg ka ja D-arvo oli 667 g/kg ka. Koostumukseltaan raaka-aine vastasi tyypillistä toisen sadon säilörehunurmea.

### *Rehujen säilönnällinen laatu*

AIV Ässä rajoitti käymistä riippumatta seleeninlisäydestä (Taulukko 2). AIV Ässä -rehut olivat hyviä laadultaan mitattuna ammoniakkipitoisuudella (ammonium-N < 60 g/kg kokonais-N), sokeripitoisuudella (> 50 g/kg ka) ja haihtuvien rasvahappojen pitoisuudella (< 20 g/kg ka). Ä.001 ja Ä.05 rehujen maitohappopitoisuus oli korkeahko happosäilötylle rehulle (optimi happosäilötylle rehulle 35-60 g/kg ka) ja pH-arvo oli juuri ja juuri hyvän rehun rajalla huomioiden rehun kuiva-ainepitoisuus (Moisio ja Heikonen 1992). Sen sijaan ilman säilöntäainetta tehdyt rehut (kontrolli ja W.005) olivat varsin puhtaasti maitohappokäyneitä rehuja, mutta näiden rehujen sokeripitoisuus oli alhainen ja valkuainen hajonnut pidemmälle kuin AIV Ässä -rehuissa. Myös haihtuvien rasvahappojen kokonaisuus ylitti hyvän rehun raja-arvon. Käymistä oli tapahtunut varsin runsaasti myös maitohapon määrällä mitattuna (> 80 g/kg ka). Säilörehun käymislaadun kriteerit on esitetty ARTTURI®-verkkopalvelussa (Artturi 2013), Lisätyllä seleenillä ei näyttänyt olevan vaikutusta käymiseen, sillä kontrolli ja W.005 eivät poikenneet toisistaan. AIV Ässä -rehuissa sen sijaan korkeimmalla seleenitasolla käyminen oli rajoittuneempaa, sokereita oli jäljellä enemmän ja rehuissa oli propionihappoa enemmän kuin muissa rehuissa.

**Taulukko 2.** Säilörehujen käymislaatu.

Käsittely	Kuiva- aine, g/kg	pH	Maito- happo	Etikka- happo	Propioni- happo	VFA4- VFA6*	Sokeri	Ammonium -N, g/kg N
Kontrolli	288	4,20 <sup>b</sup>	99,7 <sup>a</sup>	21,18 <sup>a</sup>	0,21 <sup>c</sup>	0,28	14,0 <sup>c</sup>	65,2 <sup>a</sup>
W.005	288	4,20 <sup>b</sup>	97,8 <sup>a</sup>	21,07 <sup>a</sup>	0,15 <sup>c</sup>	0,33	14,1 <sup>c</sup>	69,0 <sup>a</sup>
Ä.001	279	4,30 <sup>a</sup>	61,2 <sup>b</sup>	9,65 <sup>b</sup>	2,94 <sup>b</sup>	0,16	62,4 <sup>b</sup>	20,8 <sup>b</sup>
Ä.005	289	4,27 <sup>ab</sup>	66,5 <sup>b</sup>	9,51 <sup>b</sup>	2,89 <sup>b</sup>	0,13	60,5 <sup>b</sup>	16,4 <sup>b</sup>
Ä.05	288	4,32 <sup>a</sup>	41,2 <sup>c</sup>	9,29 <sup>b</sup>	4,14 <sup>a</sup>	0,40	80,1 <sup>a</sup>	28,0 <sup>b</sup>
Keskihajonta	0,8	0,018	2,29	0,458	0,211	0,087	2,38	3,64
Käsittelyjen vaikutus		***	***	***	***		***	***

\* VFA4-VFA6 = voi-, isovoi-, valeriaana-, isovaleriaana- ja kapronihapon yhteismäärä

Jos käsittelyn vaikutus on tilastollisesti merkitsevä, niin saman sarakkeen keskiarvot poikkeavat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ( $p < 0,05$ ) mikäli niillä ei ole samaa yläindeksiä.

### *Rehujen seleenipitoisuudet*

Ilman säilöntäaineessa lisättyä seleeniä rehun seleenipitoisuus oli vain 0,069 mg/kg ka (Taulukko 3), joka on selvästi nautojen tai lampaiden seleenintarvetta (0,1 mg Se/kg ka, MTT 2013) pienempi. Alimmalla seleeninlisäydestä saavutettiin sellainen rehun seleenipitoisuus, ettei puutosoireita enää ole odotettavissa. Keskimmaisella annostustasolla saavutettiin pitoisuus, joka on 65 % korkeampi kuin NRC:n suositus lypsylehmien seleeninsaannille (0,3 mg/kg ka, NRC 2001) mutta kuitenkin pienempi kuin korkein sallittu seleenipitoisuus rehussa (0,568 mg/kg ka, kun sallittu pitoisuus eläimen koko rehuannoksessa on 0,5 mg/kg olettaen 12 % kuiva-ainepitoisuuden, MMM 43/2005). Korkein lisäyso oli 7,4-kertainen korkeimpaan sallittuun pitoisuuteen verrattuna.

Tässä kokeessa ei havaittu selenaanin muuttumista käymisen aikana orgaaniseen muotoon ja valtaosa kokonaisseleenistä oli näytteissä selenaatina. Rehuun säilöntäaineena lisätty seleeni vastasi hyvin (korrelaation 99 %) mitattuja seleenipitoisuuksia. Ainoa poikkeus oli vesi, johon oli lisätty seleeniä 0,005 %, jossa mitatut seleenipitoisuudet olivat korkeammat kuin mitä säilöntäaineen mukana rehuun oli seleeniä annosteltu.

**Taulukko 3.** Tulokset rehujen kokonaisseleenimäärityksestä ja seleenityypityksestä (mg/kg ka), jossa ainoa havaittu seleeninmuoto oli selenatti.

Käsittely	Kokonaisseleenin määrittäminen		Seleenityypityksen tulokset	
	Se	Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub>	Se	Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub>
Kontrolli	0,069 <sup>A</sup>	0,167 <sup>A</sup>	0,000 <sup>A</sup>	0,000 <sup>A</sup>
W.005	0,920 <sup>B</sup>	1,899 <sup>C</sup>	0,667 <sup>A</sup>	1,547 <sup>B</sup>
Ä.001	0,159 <sup>A</sup>	0,388 <sup>AB</sup>	0,156 <sup>A</sup>	0,373 <sup>A</sup>
Ä.005	0,496 <sup>AB</sup>	1,192 <sup>BC</sup>	0,486 <sup>A</sup>	1,174 <sup>A</sup>
Ä.05	4,199 <sup>C</sup>	10,033 <sup>D</sup>	4,457 <sup>B</sup>	10,290 <sup>C</sup>
Keskihajonta	0,125	0,190	0,193	0,332

Saman sarakkeen keskiarvot poikkeavat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ( $p < 0.05$ ), jos niillä ei ole samaa yläindeksiä.

### Tulosten tarkastelu

EU:ssa rehulisäaineiksi sallitut seleeniyhdisteet ovat natriumseleniitti, natriumselenaatti ja tietyn *Saccharomyces cerevisiae* -kannan tuottamat orgaaniset seleeniyhdisteet (EFSA 2008). Näistä orgaanisiin happoihin lisättäväksi soveltui vain natriumselenaatti, sillä natriumseleniitti vapauttaa myrkyllisiä kaasuja reagoidessaan happojen kanssa (Acros Organics 2009) ja proteiinit saostuvat alhaisessa pH:ssa.

Säilöntäprosessin aikana ei havaittu selenaanin muuttumista orgaaniseen muotoon. Maitohappokäymisen aikaista epäorgaanisen seleenin biotransformaatiota orgaaniseksi seleeniyhdisteiksi onkin havaittu vain jos lähtöaineena on ollut seleniitti (Alzate ym. 2007).

Optimaalisen seleenilisäyksen löytämiseksi laskettiin seleenilisäyksiä eri skenaarioissa. Seleeniä rikastettua säilöntäainetta tulee voida käyttää turvallisesti, vaikka ei olisi tietoa onko nurmea lannoitettu seleenillä vai ei. Jos oletetaan, että nurmessa on seleenilannoituksen vuoksi korkea seleenipitoisuus (0,37 mg/kg ka, Eurola 2011), voidaan seleeniä lisätä enintään 0,198 mg/kg nurmen kuiva-ainetta, joka vastaa säilöntäaineessa enintään 0,0015 % natriumselenaattia, kun ainetta annostellaan 5 l/t ja rehun kuiva-ainepitoisuus on 200 g/kg. Toisaalta seleenilisäyksen tulisi olla minimissään sellainen, että seleenillä lannoittamattomasta nurmirehusta saadaan säilöntäainelisäyksen myötä sellaista rehua, jolla seleeninpuutosoireita ei ole odotettavissa. Tällaisen nurmirehun luontainen seleenipitoisuus voi olla esim. 0,03 mg/kg ka (Eurola 2011), ja siihen pitäisi lisätä 0,07 mg seleeniä/kg ka. Tähän päästään lisäämällä säilöntäaineeseen natriumselenaattia 0,0011 %, kun oletetaan annostustaso 5 l/t ja rehun kuiva-ainepitoisuus 400 g/kg. Kun säilöntäainetta annostellaan ohjeen mukaisesti 5 l/t (eli 6 g/kg), voidaan säilöntäaineeseen lisätä 0,0011 % - 0,0015 % natriumselenaattia. Tämä taso on riittävä estämään puutosoireet ja samalla se on turvallinen kaikissa tilanteissa.

### Johtopäätökset

Natriumselenaatin lisääminen muurahaishappopohjaiseen säilöntäaineeseen on hallittu ja turvallinen tapa annostella seleeniä tasaisesti koko karjalle perusrehussa. Seleenilisäyksiä voidaan valita siten, että tuote on seleenipitoisuuden osalta turvallinen käyttää sekä luomutilalla, seleenittömiä lannoitteita käyttävällä tilalla että seleenilannoitteita käyttävillä tiloilla.

## Kirjallisuus

- Acros Organics** 2009. Material Safety Data Sheet, Sodium Selenite, Anhydrous, 44-46% Se. [http://www.chemdb-portal.cn/fisher\\_msds\\_pdf/10102-18-8\\_EN.pdf](http://www.chemdb-portal.cn/fisher_msds_pdf/10102-18-8_EN.pdf) (Viitattu 27.4.2012).
- Alzate, A., Cañas, B., Pérez-Munguía, S., Hernández Mendoza, H. C., Pérez-Conde, M. C., Gutiérrez, A.M. & Cámara, C.** 2007. Evaluation of the inorganic selenium biotransformation in selenium enriched yogurt by HPLC/ICP-MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55: 9776-9783.
- AOAC**, 1990. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Inc., Arlington, VA. 1298 p. ISBN 0-935584-42-0
- Artturi**, 2013. ARTTURI@-verkkopalvelu. Saatavilla: [www.artturi.fi](http://www.artturi.fi).
- Brown, K.M. & Arthur, J.R.** 2001. Selenium, selenoproteins and human health: a review. *Public Health Nutrition*: 4(2B), 593-599
- EFSA**, 2008. Selected trace and ultratrace elements: Biological role, content in feed and requirements in animal nutrition – Elements for risk assessment. (Van Paemel, M., Dierick, N., Janssens, G., Fievez, V. & De Smet, S.) Question No EFSA-Q-2008-04990. <http://www.efsa.europa.eu/en/supporting/pub/68e.html>
- Eurola, M., Alfthan, G., Ekholm, P., Root, T., Suoniitty, T., Venäläinen, E.-R. & Ylivainio, K.** 2011. Seleenityöryhmän raportti 2011. MTT Raportti 35: 34 s.
- Giadinis, N.D., Panousis, N., Petridou, E.J.; Siarkou, V.I., Lafi, S.Q., Pourliotis, K., Hatzopoulou, E. & Fthenakis, G.C.** 2011. Selenium, vitamin E and vitamin A blood concentrations in dairy sheep flocks with increased or low clinical mastitis incidence. *Small ruminant research* 95: 193-196.
- Haacker, K., Block, H.J. & Weissbach, F.** 1983. Zur kolorimetrischen Milchsäurebestimmung in Silagen mit p-Hydroxydiphenyl. [On the colorimetric determination of lactic acid in silages with p-hydroxydiphenyl]. *Archiv für Tierernährung*, 33: 505-512.
- Heikkilä, A-M., Nousiainen, J. & Pyörälä, S.** 2010. Kallis utaretlehdus. In: Toim. Anneli Hopponen. Maataloustieteen Päivät 2010, 12.-13.1.2010 Viikki, Helsinki. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote 26: 4 p. <http://www.smts.fi/jul2010/esite2010/089.pdf>
- Huhtanen, P.J., Blauwiel, R. & Saastamoinen, I.** 1998. Effects of intraruminal infusions of propionate and butyrate with two different protein supplements on milk production and blood metabolites in dairy cows receiving grass silage based diet. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 77: 213-222.
- Huhtanen, P., Nousiainen, J. & Rinne, M.** 2006. Recent developments in forage evaluation with special reference to practical applications. *Agricultural and Food Science* 15: 293-323.
- Huida, L., Väättäin, H. & Lampila, M.** 1986. Comparison of dry matter contents in grass silages as determined by oven drying and gas chromatographic water analysis. *Annales Agriculturae Fenniae* 25: 215-230.
- Johnson, C.C., Fordyce, F.M. & Rayman, M.P.** 2010. Factors controlling the distribution of selenium in the environment and their impact on health and nutrition. *Proceedings of the Nutrition Society*, 69, 119-132
- Jukola, E., Hakkarainen, J., Saloniemi, H. & Sankari, S.** 1986. Blood Selenium, Vitamin E, Vitamin A, and  $\beta$ -Carotene Concentrations and Udder Health, Fertility Treatments, and Fertility. *Journal of Dairy Science* 79: 838-845.
- McCullough, H.** 1967. The determination of ammonia in whole blood by direct colorimetric method. *Clinica Chimica Acta* 17: 297-304.
- Koller, L.D. & Exon, J.H.** 1986. The two faces of selenium – deficiency and toxicity – are similar in animals and man. *Canadian Journal Veterinary Research* 50: 297-306.
- MMM** 43/2005. Maa- ja metsätalousministeriön asetus rehun lisäaineista ASETUS nro 43/05 Liite 1. Valmistajakohtaisesti hyväksyttävät sekä jakelu- ja käyttörajoitusten alaiset lisäaineet.
- Moisio, T. ja Heikonen, M. 1992. AIV-rehun perusteet. Kirjayhtymä Oy. Helsinki.
- MTT**, 2013. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset. [https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Rehutaulukot/Ruokintasuositukset/Marehtijat/nautakarjan\\_hivenainesuositukset](https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Rehutaulukot/Ruokintasuositukset/Marehtijat/nautakarjan_hivenainesuositukset) (Viitattu 13.11.2013)
- NRC**, 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition, National Research Council, Washington D.C.
- Rayman, M.P.** 2008. Food-chain selenium and human health: emphasis on intake. Review Article. *British Journal of Nutrition* 100: 254-268.
- Somogyi, M.** 1945. A new reagent for the determination of sugars. *Journal of Biological Chemistry* 160: 61-68.
- Smith, K.L., Hogan, J.S. & Weiss, W.P.** 1997. Dietary vitamin E and selenium affect mastitis and milk quality. *Journal Animal Science* 75:1659-1665.
- Smith K.L., Conrad H. R., Amiet B.A. & Todhunter, D.A.** 1985. Incidence of environmental mastitis as influenced by dietary vitamin-E and selenium *Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte*: 37: 482-486 (ref. Smith et al. 1997).
- 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. *Journal of Dairy Science*, 74: 3583-3597.