

Muurahaishapon neutraloinnin vaikutus tuoreen ja esikuivatun säilörehun laatuun

Eeva Saarisalo¹⁾ ja Seija Jaakkola²⁾

¹⁾MTT, Eläinravitseminen, 31600 Jokioinen (eeva.saarisalo@mtt.fi)

²⁾HY, Kotieläintieteen laitos, Pl 28, 00014 Helsingin yliopisto (seija.jaakkola@helsinki.fi)

Tiivistelmä

Säilörehun hyvä laatu on tärkeää korkealuokkaisen maidon tuottamiseksi. Säilönnässä onnistuminen on oleellista myös taloudelliselta kannalta, sillä huonossa säilörehussa hukataan nurmen viljelyyn käytetyt panokset ja tilalle on hankittava muuta rehua. Säilöntäaineen käyttö varmistaa rehun hyvän käymislaadun. Perinteisesti hyväksi todetun muurahaishapon (MH) haittana on syövyttävyyys. Se on vähentänyt happosäilöntäaineiden käyttöä erityisesti yleistyvässä urakoinnissa. Syövyttävyyttä voidaan vähentää neutraloimalla muurahaishappoa ammoniakilla eli korvaamalla osa muurahaishaposta sen suolalla ammoniumformiaatilla (AF). Ei kuitenkaan ole ollut tarkkaa tietämystä siitä, miten tämä neutralointi vaikuttaa säilöntäprosessiin eri kuiva-ainepitoisuuksissa.

Laboratorio-mittakaavan kokeissa tutkittiin AF:n vaikutusta säilönnän aikana tuoreessa (ka 210 g/kg) ja esikuivatussa (ka 406 g/kg) nurmirehussa. Käsittelyjä oli seitsemän: Painorehu (PR) ilman säilöntäainetta sekä AF:MH-osuudet 0:85 (AF0), 5:80 (AF5), 10:75 (AF10), 20:65 (AF20), 30:55 (AF30) ja 40:45 (AF40). Lisäksi liuoksissa oli 15 % vettä. Annostus oli 6 g/kg rehua eli 5 l/t rehua. Säilönnän aikaisia muutoksia seurattiin avaamalla kaksi siiloa käsittelemä kohti 1, 3, 7, 21 ja 97 päivää säilönnästä.

AF:n lisääntyvä osuus näkyi ensimmäisen viikon aikana hidastuvana pH:n laskuna, mutta silti kaikissa AF-käsittelyissä pH laski selvästi painorehua nopeammin. Tuoreessa rehussa painorehun pH laski AF-rehujen pH:ta alemmas kolmen ja seitsemän päivän välillä säilönnästä, kun esikuivatussa painorehun pH oli säilönnän loppuun asti (97 pv) AF-rehujen pH:ta korkeampi. Suurin AF-määrä (AF40) vähensi muurahaishapon käymistä rajoittavaa vaikutusta erityisesti tuoreessa rehussa, mutta siinäkin käyminen oli rajoittaneempaa kuin painorehussa (Taulukko 1). Muurahaishapon neutralointi ei heikentänyt sen säilöntätehoa, kun käytettiin suositusten mukaista annostusta 5 l/t.

Taulukko 1 Rehujen käymislaatu säilönnän lopussa. Ammoniumtyyppi (NH₃-N): a analysoitu, b analysoitu – säilöntäaineessa lisätty.

TUORE	Säilöntäaine							SEM	Tilastollinen merkitsevyys				
	PR	AF0	AF5	AF10	AF20	AF30	AF40		PR vs AF	AF lin	AF quad	AF cubic	AF quar
pH	4,03	4,07	4,11	4,00	4,04	4,08	4,16	0,008	***	***	***	*	
Sokeri g/kg ka	17	25	23	27	26	27	21	1,0	***	*	**		
Maitohappo g/kg ka	121	71	73	66	71	71	91	1,1	***	***	***	*	**
VFA g/kg ka	35	25	33	24	25	24	34	4,4					
NH ₃ -N g/kg N a)	61	29	54	35	48	64	95	1,1	***	***	***	*	
NH ₃ -N g/kg N b)	61	29	43	15	7	4	11	1,5	***	***	***		
ESIKUIVATTU													
pH	4,46	4,20	4,23	4,27	4,25	4,23	4,27	0,015	***			*	
Sokeri g/kg ka	15	32	34	39	35	22	19	3,9	**	*			
Maitohappo g/kg ka	69	54	52	50	56	57	62	2,9	**	*			
VFA g/kg ka	17	16	16	16	16	17	18	0,5					
NH ₃ -N g/kg N a)	29	17	20	24	33	43	49	1,4		***			
NH ₃ -N g/kg N b)	29	17	15	15	13	13	9	1,6	***	**			

SEM = keskiarvon keskivirhe

Tilastollinen merkitsevyys: * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001

AF lin, quadr, cubic, quart = neutralointiasteen lineaarinen, toisen, kolmannen ja neljännen asteen vaikutus, AF5 ei mukana testissä

Asiasanat

Nurmirehu, säilöntä, säilörehu, muurahaishappo, ammoniumformiaatti, esikuivatus, pH.

Johdanto

Happosäilöntäaineiden syövyttävyyden vähentäminen ja käyttöturvallisuuden parantaminen edellyttää valmistajien neutralointiasteen lisäämistä. Tavoitteena ovat säilöntäaineet, joiden ominaisuuksissa yhdistyvät sekä käyttöturvallisuus että säilöntäteho. Muurahaishapon (MH) neutralointi voidaan tehdä ammoniakilla, jolloin syntyy ammoniumformiaattia (AF). Vapaan muurahaishapon määrä vähenee vastaavasti, samoin kuin välitön happamoittava vaikutus. Ammoniumformiaatin merkityksestä rehun säilönnässä ei ole selvää käsitystä. Määrässä rehussa hapon määrä vaikuttaa selvästi käymisen voimakkuuteen (Jaakkola 1993), kun taas esikuivatussa rehussa veden puute sinänsä rajoittaa käymistä. Tutkimuksessa selvitettiin happopohjaisen säilöntäaineen osittaisen neutraloinnin eli ammoniumformiaatin määrän ja samalla AF/MH -suhteen vaikutusta tuoreen ja pitkälle esikuivatun rehun säilönnässä.

Aineisto ja menetelmät

Raaka-aine ja käsittelyt. Koerehut tehtiin kahdessa eri kuiva-ainepitoisuudessa timotei-nurminatanurmen ensimmäisestä sadosta MTT Jokioisilla vuonna 2003. Nurmi niitettiin niittomurskaimella, minkä jälkeen tuoreen rehun (kuiva-ainetavoite 200 g/kg) raaka-aine oli karholla 1,5 t ja esikuivatun (kuiva-ainetavoite 400 g/kg) 21 t ennen korjuuta ja silppuamista näytesilppurilla.

Säilöntäainekäsittelyitä oli yhteensä 7, joista yksi oli painorehu (PR, ei säilöntäainetta). Muurahaishappoon perustuvissa koeliuoksissa lisättiin asteittain AF:n osuutta seuraavasti: 0, 5, 10, 20, 30 ja 40 %. Vastaavasti MH:n (100 %:na ilmaistu) osuudet olivat 85, 80, 75, 65, 55 ja 45 %. Veden osuus oli kaikissa 15 %. Säilöntäainetta levitettiin sumutuspullolla 6 g/kg laimentamattomana 2 kg ruohoerään.

Rehut tehtiin 120 ml:n minisiiloihin, jotka varastoitiin huoneenlämpötilassa pimeässä. Märempää rehua säilöttiin 85 g/siilo ja kuivempaa 70 g/siilo. Säilöntäaikoja oli yhteensä 5: 1, 3, 7, 21 ja 97 vrk, joille kaikille tehtiin kaksi rinnakkaispulloa eli yhteensä 70 kpl molemmissa kuiva-aineluokissa.

Siiloista mitattiin säilönnän aikainen kaasunmuodostus, joka kuvaa käymisen nopeutta ja määrää eli käymisestä johtuvaa säilöntätappiota. Ensimmäinen mittauskerta oli rehuntekopäivänä. Säilönnän alussa mittaus tehtiin kahdesti päivässä ja mittauskertoja harvennettiin kaasunmuodostuksen mukaan.

Näytteenotto ja analyysit. Koko raaka-aine-erästä otettiin näyte juuri ennen rehun tekoa punnittaessa ruohoa käsittelyjä varten. Näytteestä tehtiin primäärinen kuiva-aine, kuivattiin analyysinäyte sekä pakastettiin erikoisanalyysi- ja puskurikapasiteetinäyte. Näytteistä analysoitiin sekundäärinen kuiva-aine, tuhka, raakavalkuainen (Leco), neutraalidetergenttikuitu (NDF), pelkistävät sokerit, liukoinen N, puskurikapasiteetti ja *in vitro* -sellulaasisulavuus.

Säilöntäaineella käsitellystä ruohosta otettiin näytteeksi siilojen täytöstä yli jäänyt rehu. Näytteestä tehtiin primäärinen kuiva-aine, pH sekä pakastettiin erikoisanalyysinäyte. Näytteistä määritettiin myöhemmin puskurikapasiteetti ja muurahaishappo.

Siilot avattiin 1, 3, 7, 21 ja 97 vuorokauden kuluttua säilönnästä. Jokaisella kerralla avattiin kaksi siiloa/käsittely. Siilo punnittiin, tyhjennettiin ja koko sisältö otettiin näytteeksi. Näytteistä määritettiin heti kuiva-aine ja tyyppi (tuoreesta) ja pakastettiin erikoisanalyysinäyte. Erikoisanalyysinäytteestä määritettiin pH, muurahaishappo, maitohappo, VFA, pelkistävät sokerit, etanoli ja ammonium N.

Tilastollinen testaus. Lopputilanteen (97 vuorokautta) koostumustulokset testattiin SAS-ohjelman GLM-proseduurilla. Käsittelyn vaikutus jaettiin edelleen ortogonaalisiin kontrasteihin: painorehu vs. muut, säilöntäaineen neutraloinnin (ammoniumformiaatin osuus) lineaarinen, toisen, kolmannen ja neljännen asteen käyräviivainen vaikutus (näissä AF5 ei mukana).

Tulokset ja niiden tarkastelu

Raaka-aineen kuiva-ainepitoisuus oli tuoreessa rehussa 210 g/kg ja esikuivatussa 406 g/kg. Sulavuus oli molemmissa erissä erittäin hyvä (D-arvo keskimäärin 738 g/kg). Raakavalkuaispitoisuus oli tuoreessa/esikuivatussa raaka-aineessa 172/180 g/kg ka, sokeripitoisuus 151/137 g/kg ka, puskurikapasiteetti 509/529 mekv/kg ka sekä tuhka 73/82 g/kg ka. Suuri valkuaispitoisuus ja puskurikapasiteetti vaikeuttavat säilöntää, mutta toisaalta säilöttävyyttä edistävän sokerin pitoisuus oli kohtuullisen korkea.

Tuore rehu

Kaasunmuodostus. Painorehu ja AF40-rehu erottuivat muista rehuista sekä säilönnän alkuvaiheessa kaasuntuotannon nopeudessa että kaasun kokonaismäärässä koko säilöntäajalla (Kuvio 1a ja Taulukko 2). Myös AF5:n lopullinen kaasumäärä oli muista happorehuista poikkeava. Näiden kolmen rehun toinen rin-

nakkaissiiloista stabiloitui, mutta toisessa siilossa kaasunmuodostus jatkui kokeen loppuun asti. Muissa rehuissa kaasunmuodostus loppui lähes kokonaan noin neljän viikon kuluttua säilönnästä. AF5 ja AF40 rehujen selvästi tavoitetta pienempi muurahaishappopitoisuus voi olla syy tulokseen.

Kaasuntuotanto alkoi nopeimmin painorehusta ja hitaimmin AF10 ja AF20 -rehuista. Kaasun kokonaismäärä oli painorehussa 20,5 ml/g ka, AF5-rehussa 20,7 ml/g ka ja AF40-rehussa 21,4 ml/g ka. Muiden rehujen keskiarvo oli 16,7 ml/g ka ja niissäkin käsittelyjen väliset erot olivat pieniä. Käsittelyiden vaikutus kaasunmuodostukseen ei ollut tilastollisesti merkitsevää. Painomuutoksen perusteella neutralointiasteen lisääminen suurensi lineaarisesti säilönnän aikaista painohävikkiä (lin $P < 0,05$).

Käymislaatu. Kaikki tuoreet rehut, painorehu mukaan lukien, olivat kokeen lopussa laadultaan hyviä eli pH oli kuiva-ainepitoisuuteen nähden riittävän alhaalla eikä rehuissa esiintynyt virhekäymistä tai liiallista valkuaisen hajoamista. Etikkahapon määrä, keskimäärin 28,1 g/kg ka, oli kuitenkin melko korkea.

Heti säilönnän jälkeen painorehun pH oli muita rehuja korkeampi kolmanteen päivään asti (Kuvio 2). Seitsemäntenä päivänä painorehun pH oli laskenut kaikkien muiden rehujen pH:n alapuolelle. Säilöntäajan lopussa painorehun pH-arvo (4,03) oli muita rehuja keskimäärin alempi (4,08) ($P < 0,001$), mutta numeerinen ero oli hyvin pieni.

Painorehu poikkesi happorehuista selvästi maitohappokäymisen voimakkuudessa. Säilöntäajan lopussa painorehun sokeripitoisuus oli hieman pienempi (17,0 vs. 24,9 g/kg ka) ($P < 0,001$) ja maitohappopitoisuus selvästi suurempi (121,2 vs. 73,8 g/kg ka) ($P < 0,001$) kuin happorehuissa keskimäärin. Raaka-aineen suuri sokeripitoisuus teki mahdolliseksi painorehun voimakkaan maitohappotuotannon. Haihtuvissa rasvahapoissa merkitsevää eroa oli vain voihiappopitoisuudessa, joka oli painorehussa muita rehuja suurempi ($P < 0,05$) vaikkakin numeerisesti hyvin pieni 0,3 vs. 0,2.

Säilönnän ensimmäisten päivien aikana AF40-rehun pH oli muita happorehuja korkeampi ja AF20 ja AF30-rehujen pH:t olivat kaikkein alimmat. Kolme viikkoa säilönnästä happorehujen välillä ei enää ollut eroa pH:ssa.

Säilöntäajan lopussa korjaamaton ammoniumtyypen osuus oli painorehussa suurempi kuin rehuissa AF0-AF20 ja pienempi kuin rehuissa AF30-AF40. Sen sijaan säilöntäaineessa lisätyn ammoniumtyypen perusteella korjattu pitoisuus oli painorehussa selvästi suurempi kuin kaikissa happorehuissa ($P < 0,001$).

Neutralointiasteen lisäys ei vaikuttanut lineaarisesti käymisparametreihin säilöntäajan lopussa. Käyräviivaisuutta aiheuttivat lähinnä AF5 ja AF40 käsittelyt eli tulos vastasi kaasuntuotantutulosta. Näissä rehuissa oli hieman vähemmän sokeria ja AF40-rehussa enemmän maitohappoa kuin muissa happorehuissa. Lisäksi näissä rehuissa muodostui enemmän ammoniakkeja. Etikkahapossa ja VFA:n kokonaismäärässä ei ollut merkitseviä eroja käsittelyiden välillä, mutta määrät olivat suurempia AF5- ja AF40-rehuissa kuin muissa happorehuissa ja samaa tasoa kuin painorehussa.

AF40-rehussa maitohapon osuus hapoista oli 72,8 ja maitohappo/etikkahappo – suhde 2,9 eli samaa tasoa kuin muissa happorehuissa, joissa keskiarvot olivat 72,9 ja 2,8. Sen sijaan AF5-rehussa maitohapon osuus (69,2) oli muita rehuja pienempi. Tämän perusteella AF5:n poikkeavuus liittyi enemmän sekäkäymiseen kuin AF40-rehussa, jossa sen sijaan oli kyse voimakkaammasta käymisestä, jonka korkea säilöntäaineen neutralointiaste ilmeisesti salli.

Ammoniumtyypen korjaamaton pitoisuus lisääntyi AF:n osuuden kasvaessa (lin, quad, $P < 0,001$). Tämä selittyy pääosin säilöntäaineessa lisätyllä ammoniakilla, sillä korjattu pitoisuus puolestaan pieneni AF:n osuuden kasvaessa (lin, quad, $P < 0,001$). Edellä mainittu muita voimakkaampi käyminen AF5- ja AF40-rehuissa näkyi myös muita suurempana korjatun ammoniumtyypen määränä.

Esikuivattu rehu

Kaasunmuodostus. Painorehun kaasunmuodostus alkoi nopeammin ja kaasun määrä oli suurempi ($P < 0,001$) kuin muissa rehuissa (Taulukko 3 ja Kuvio 1b). Happorehuista erottuivat AF30 ja AF40 sekä nopeamman alun että suuremman määrän perusteella. Muiden happorehujen väliset keskinäiset erot olivat sen sijaan hyvin pieniä. Neutralointi kuitenkin lisäsi käyräviivaisesti kaasun määrää (lin $P < 0,001$, quad ja cubic $P < 0,01$). Painomuutoksen perusteella neutralointi lisäsi lineaarisesti painohävikkiä ($P < 0,001$). Toisin kuin tuoreessa rehussa, kaasuntuotanto ei loppunut yhdessäkään rehussa vaan se jatkui hitaasti säilöntäajan loppuun asti. Rehut eivät tämän perusteella stabiloituneet 97 vuorokauden aikana. Tällöin jälkipilaantumisriski kasvaa, mutta sitä ei mitattu tässä kokeessa.

Käymislaatu. Myös kaikki esikuivatut rehut olivat laadultaan hyviä eli pH oli kuiva-ainepitoisuuteen nähden riittävän alhaalla, eikä rehuissa esiintynyt virheikäymistä tai liiallista valkuaisen hajoamista. Etikkahapon määrä oli näissäkin rehuissa melko korkea (keskimäärin 16,3 g/kg ka).

Painorehun pH oli heti säilönnän alussa ja myös koko säilöntäajan selvästi korkeampi kuin happorehujen (Kuvio 2). Säilöntäajan lopussa painorehun pH oli 0,22-yksikköä korkeampi kuin happorehujen (4,24) ($P < 0,001$).

Toisin kuin tuoreessa rehussa käyminen ja muutokset sokeri- ja maitohappopitoisuuksissa jatkuivat esikuivatussa rehussa myös kolmen viikon jälkeen. Kaasunmuodostuksen perusteella käyminen jatkui tasaisesti noin 50 vuorokauden ajan, jonka jälkeen se hidastui jonkin verran. AF30 ja AF40 rehuissa käyminen oli 7-21 päivän välillä nopeampaa kuin kaikissa muissa rehuissa. Tämän vuoksi näiden rehujen pH laski kyseisenä aikana nopeammin kuin muiden happorehujen pH.

Säilöntäajan lopussa painorehu erosi säilöntäaineella käsitellyistä rehuista käymisasteen perusteella eli sen sokeripitoisuus oli pienempi (14,8 vs. 30,1 g/kg ka) ($P < 0,01$) ja maitohappopitoisuus suurempi (68,6 vs. 55,4 g/kg ka) ($P < 0,01$) kuin keskimäärin happorehuissa. Numeerinen ero maitohappopitoisuudessa ei ollut yhtä suuri kuin tuoreessa rehussa. Toisaalta sokeripitoisuudessa ero oli suurempi.

Painorehun ja happorehujen välillä ei ollut merkitseviä eroja VFA-pitoisuuksissa. Etikkahapon pitoisuus oli sama painorehussa ja muissa rehuissa. Painorehussa maitohapon osuus käymishapoista (80,0) ja maitohappo/etikkahappo –suhde (4,1) olivat kuitenkin suuremmat kuin happorehuissa (77,0 ja 3,4) ($P < 0,01$). Säilöntäajan lopussa painorehun etanolipitoisuus oli suurempi kuin happorehujen ($P < 0,01$) ja neutralointiasteen nosto lisäsi pitoisuutta (lin $P < 0,05$).

Korjaamaton ammoniumtyypen osuus oli painorehussa suurempi kuin rehuissa AF0-AF10, mutta pienempi kuin rehuissa AF20-AF40. Sen sijaan säilöntäaineessa lisätyn perusteella korjattu painorehun ammoniakkiluku oli kaikkia AF-rehujä suurempi ($P < 0,001$).

Säilöntäaineen neutralointiasteen vaikutus esikuivatun rehun käymiseen oli selvästi lineaarisempi kuin tuoreessa rehussa. Sokeripitoisuus pieneni ja maitohappo- sekä etanolipitoisuudet suurenivat (lin $P < 0,05$) neutraloinnin lisääntyessä. Numeerisesti AF0-rehun sokeripitoisuudesta (31,5 g/kg ka) poikkesivat kuitenkin vain AF30 (22,4) ja AF40 (18,7). Maitohappopitoisuudessa selvempi ero AF0-rehuun verrattuna (54,2 g/kg ka) syntyi vain AF40-rehussa (62,4). Kaiken kaikkiaan neutralointiasteen vaikutukset olivat suhteellisen vähäisiä.

Korjaamaton ammoniumtyypen osuus suureni (lin $P < 0,001$) ja korjattu pieneni (lin $P < 0,01$) ammoniumformaatin osuuden lisääntyessä säilöntäaineessa. Haihtuvista rasvahapoista voihapon pitoisuus väheni lineaarisesti (lin $P < 0,05$) neutraloinnin lisääntyessä, mutta numeerisesti vaikutus oli hyvin pieni.

Johtopäätökset

Muurahaishapon osittainen neutralointi ei heikentänyt sen säilöntätehoa, kun käytettiin suositusten mukaista annostusta 5 l/t.

Tutkimuksessa saatiin esille neutraloinnin vaikutukset käymisprosessissa. Toisaalta, kun kaikki rehut, painorehu mukaan lukien, olivat säilönnälliseltä laadultaan hyviä, säilöntäaineiden vaikutuksesta virheikäymisen estämisessä ei voi tehdä johtopäätöksiä.

Puhtaaseen muurahaishappoon verrattuna säilöntäaineen neutralointi vaikutti tuoreen rehun käymisprosessiin vasta AF40-tasolla, jolloin rehun pH oli korkeampi ja maitohappokäyminen runsaampaa muihin happorehuihin verrattuna. Painorehuun verrattuna AF40:n maitohappokäyminen oli vähäisempää ja pH korkeampi.

Puhtaaseen muurahaishappoon verrattuna säilöntäaineen neutralointi vaikutti esikuivatun rehun käymisprosessiin AF30 ja AF40-tasoilla, jolloin rehun pH oli säilönnän alussa korkeampi ja käyminen runsaampaa varsinkin AF40 tasolla. Silti myös AF30 ja AF40 rajoittivat käymistä painorehuun verrattuna. Myös alemmat neutralointiasteet hidastuttivat pH:n laskua, mutta lopullinen pH vastasi AF0-rehua.

Kirjallisuus

Jaakkola, S., Huhtanen, P. & Kaunisto, V. 1993. VFA Proportions and microbial synthesis in the rumen of cattle receiving grass silage ensiled with different rates of formic acid. Proceedings of the 10th International Conference on Silage Research, Dublin City University, Ireland, pp. 139-140.

Taulukko 2. Tuoreiden säilörehujen koostumus. Typpipitoisuus ja ammonium N-pitoisuus on ilmoitettu sekä analysoituna että korjattuna säilöntäaineessa lisätyn perusteella.

	Kuiva- aine g/kg	pH	Maito- happo	Sokeri	Etanoli	Etikka- happo	VFA yht.	Muur. happo	Typpi	Typpi korj	NH ₃ -N	NH ₃ -Nk	Kaasu	Painon- muutos
	g/kg ka										% kok-N	ml/g ka	g	
PR	222	4,03	121,2	17,0	14,0	34,4	35,3	0,0	28,3	27,3	60,5	60,5	20,5	0,96
AF0	221	4,07	71,1	25,1	14,8	24,6	25,0	12,0	27,8	27,8	28,5	28,5	17,5	0,83
AF5	221	4,11	73,0	22,5	15,0	32,3	33,2	10,3	27,7	27,4	53,8	43,4	20,7	0,96
AF10	220	4,00	65,8	27,4	8,2	24,1	24,4	15,9	28,9	28,3	35,3	14,6	16,1	0,79
AF20	223	4,04	71,2	26,0	15,9	24,5	24,8	15,6	28,8	27,6	48,4	6,9	16,8	0,86
AF30	225	4,08	71,0	26,8	15,3	24,2	24,4	15,1	29,8	28,0	63,5	3,7	16,3	0,89
AF40	219	4,16	90,8	21,3	17,3	32,5	34,0	9,7	28,9	26,5	94,7	11,2	21,4	1,06
SEM	1,2	0,008	1,08	0,96	0,97	3,96	4,37	0,53	0,47	0,47	1,09	1,52	1,54	0,056
Tilastollinen merkitsevyys														
PR vs. muut		***	***	***				***			***	***		
AF lin		***	***	*	**			*			***	***		*
AF quadr		***	***	**	*			***			***	***		
AF cubic	*	*	*		**						*			
AF quart	*		**		**									

SEM = keskiarvon keskivirhe

Tilastollinen merkitsevyys: * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001

AF lin, quadr, cubic, quart = neutralointiasteen lineaarinen, toisen, kolmannen ja neljännen asteen vaikutus

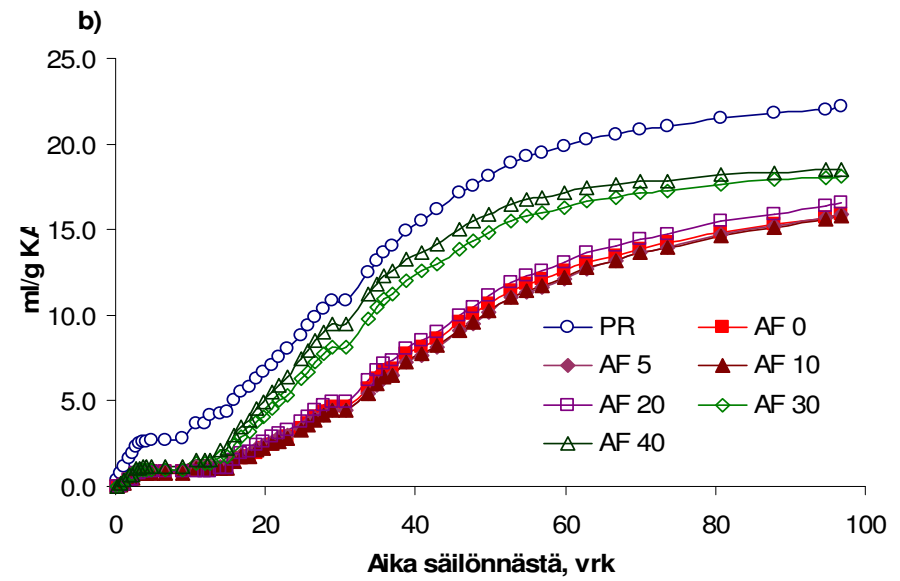
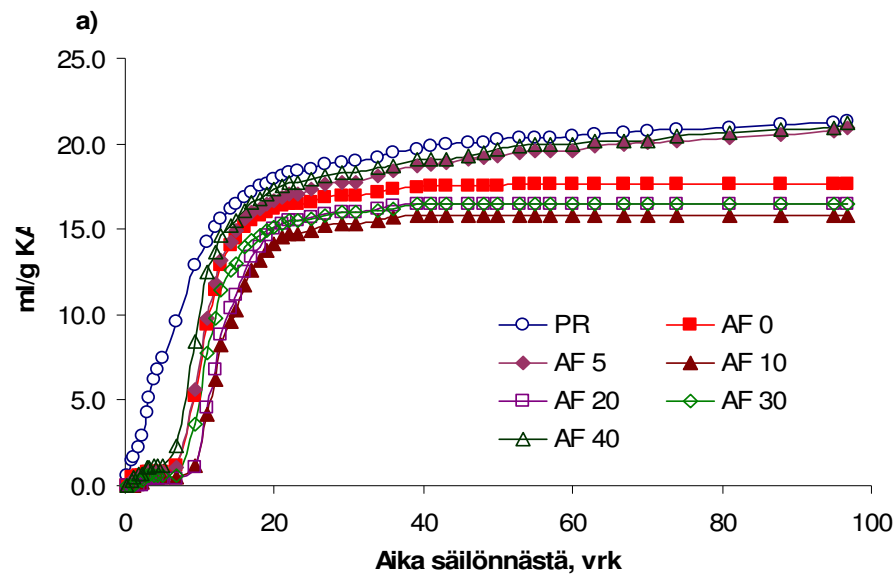
Taulukko 3. Esikuivattujen säilörehujen koostumus. Typpi ja ammonium N-pitoisuus on ilmoitettu sekä analysoituna että korjattuna säilöntäaineessa lisätyn perusteella.

	Kuiva- aine g/kg	pH	Maito- happo	Sokeri	Etanoli	Etikka- happo	VFA yht.	Muur- happo	Typpi	Typpi korj	NH ₃ -N	NH ₃ -Nk	Kaasu, ml/g ka	Painon- muutos g
	g/kg ka										% kok-N			
PR	463	4,46	68,6	14,8	17,6	16,9	17,1	0,0	29,5	29,5	28,6	28,5	22,4	1,37
AF0	469	4,20	54,2	31,5	11,1	16,3	16,6	9,8	28,9	28,9	17,0	16,9	16,2	1,02
AF5	482	4,23	52,1	34,4	9,4	15,3	15,6	10,1	30,3	30,1	19,5	15,0	15,5	0,96
AF10	484	4,27	50,1	39,1	9,4	16,0	16,2	10,4	29,3	29,0	24,4	15,1	15,6	0,99
AF20	471	4,25	56,4	34,7	11,3	15,7	16,1	10,0	29,4	28,8	32,5	13,4	16,5	1,04
AF30	450	4,23	56,9	22,4	14,5	16,7	16,9	10,6	29,0	28,2	43,2	12,8	18,0	1,12
AF40	448	4,27	62,4	18,7	14,5	17,3	17,5	9,6	29,5	28,3	48,8	8,5	18,6	1,15
SEM	9,6	0,015	2,90	3,85	1,29	0,46	0,49	0,29	0,54	0,55	1,37	1,56	0,21	0,020
Tilastollinen merkitsevyys														
PR vs. muut		***	**	**	**			***				***	***	***
AF lin	*		*	*	*						***	**	***	***
AF quadr													**	
AF cubic		*											**	
AF quart													**	

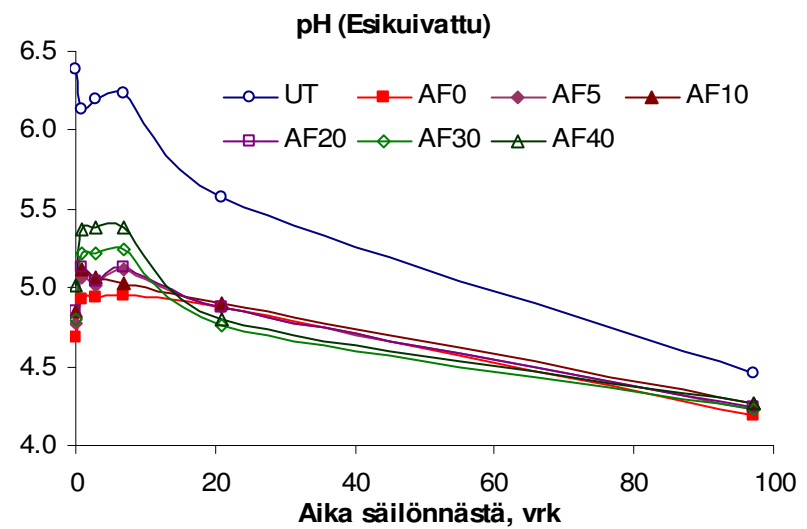
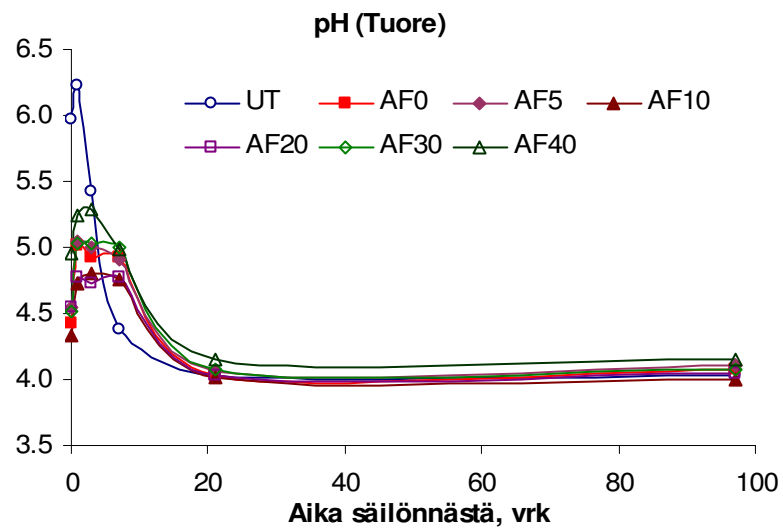
SEM = keskiarvon keskivirhe

Tilastollinen merkitsevyys: * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001

AF lin, quadr, cubic, quart = neutralointiasteen lineaarinen, toisen, kolmannen ja neljännen asteen vaikutus



Kuvio 1. Säilönnän aikainen kaasunmuodostus a) Tuore, b) Esikuivattu.



Kuvio 2. Säilönnän aikainen muutos tuoreen ja esikuivatun rehun pH:ssa.