

Valkolupiinin soveltuvuus säilörehuksi

Walter König¹, Marjukka Lamminen¹, Emilia König¹, Kirsten Weiss², Tero T. Tuomivirta³, Sonia Sanz Muñoz³, Hannu Fritze³, Kari Elo¹, Laura Puhakka¹, Aila Vanhatalo¹ ja Seija Jaakkola¹

¹⁾ Maataloustieteiden laitos, PL 28, Koetilantie 5, 00014 Helsingin yliopisto, etunimi.sukunimi@helsinki.fi

²⁾ U Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät, Invalidenstraße 42, 10115 Berlin, Germany

³⁾ Luonnonvarakeskus, Jokiniemenkuja 1, 01370 Vantaa, etunimi.sukunimi@luke.fi

Valkolupiini (*Lupinus albus*) on palkovilja, joka sopii monipuolistamaan karjatilan viljelykiertoa ja palkokasvivalikoimaa. Pyrittäessä hyödyntämään typensitojakasveja toimiva kasvinvuorotus ja maan kasvukunnon ylläpito edellyttävät useiden eri kasvilajien käyttöä ja uusienkin kasvilajien käyttöönottoa. Valkolupiinin kasvu-aika on pitkä, joten Suomessa se soveltuu pääasiassa vain kokoviljasäilörehuksi. Toistaiseksi valkolupiinin viljelyä rajoittaa suuri siemenkustannus. Vuonna 2011 verrattiin valkolupiini-, härkäpapu- ja rehuhernekasvustojen sadon ja koostumuksen kehitystä heinä-elokuun aikana. Valkolupiinin ja kevätvehnän seoksesta tehtiin koerehuja elokuun loppupuolella 2013 ja 2014 laboratoriosiiloihin ja 2014 laakasiiloon. Tavoitteena oli selvittää sopiva korjuuaste ja säilöntäaine (muura-haishappo, biologinen säilöntäaine, natrium nitriitti/heksamiini-seos) valkolupiinin säilöntään. Lisäksi tutkittiin kasvustojen haitta-aineita sekä esikuivatuksen ja valkolupiini-kevätvehnän seossuhteen vaikutuksia rehun käymislaatuun ja klostridipitoisuuteen.

Valkolupiinin kuiva-ainepitoisuus kehitysastekokeessa pysyi koko seuranta-ajan hyvin pienenä. Myös säilöntäkokeissa valkolupiini oli niittohetkellä märkää (140-160 g/kg). Suuri tuoresato ja valkuaispitoisuus (160-200 g/kg ka) osoittivat, että valkolupiinista on mahdollista saada vähintään sama kuiva-aine- ja raakavalkuaissato kuin härkäpavusta. Valkolupiinin pienen kuiva-ainepitoisuuden aiheuttamia ongelmia voi vähentää esikuivaamalla ja viljelemällä sitä seoksena esimerkiksi myöhään kehitettyvän kevätvehnä-lajikkeen kanssa.

Ensimmäisen säilöntäkokeen valkolupiini-vehnäsäilörehuissa oli klostridiongelma vaikka rehu korjattiin puhtaana ilman näkyvää maakontaminaatiota. Painorehujen käymislaatu oli erittäin huono, sillä voi-happo- ja ammoniakkipitoisuudet olivat suuria. *Clostridium perfringens*, *C.tyrobutyricum*, *C. sporogenes* ja *C.butyricum* määritettiin qPCR:n avulla. Klostridilajeista *C.tyrobutyricum* löytyi eniten, mutta määrä ei ollut yhteydessä voi-happopitoisuuden kanssa. Kaikki säilöntäainekäsittelyt paransivat rehujen laatua, mutta natriumnitriittiä ja heksamiinia sisältäneellä valmisteella saavutettiin paremmat säilöntätulokset kuin muilla säilöntäaineilla. Toisessa säilöntäkokeessa valkolupiini-vehnäkasvustoa esikuivattiin kuiva-ainepitoisuuden lisäämiseksi (140 => 240 g/kg). Tässä kokeessa vain muutamissa rehuissa esiintyi pieniä määriä klostriideja. Kaikissa rehussa voi- ja etikkahappopitoisuudet olivat pieniä ja pH alhainen. Sen sijaan ammoniakkitypen osuudet olivat suuria lukuun ottamatta muura-haishapporehuja, joissa annostus oli 4 tai 6 litraa happoa (100 %)/t rehua. Heksamiinin lisäys natriumnitriittipohjaiseen säilöntäaineeseen ei pienentänyt ammoniumtypen määrää eli heksamiini ei tämän kokeen perusteella tuo lisähyötyä valkuaisen hajoamisen estämiseen.

Tehdyt kokeet osoittavat valkolupiinin soveltuvan säilörehun tuotantoon. Tulosten perusteella säilöntäaineet parantavat valkolupiinirehun laatua selvästi.

Johdanto

Eri kasvilajien viljely ja uusienkin kasvilajien käyttöönotto on tarpeen toimivan kasvinvuorotuksen ja maan hyvän kasvukunnon ylläpitämiseksi. Valkolupiini (*Lupinus albus*) on palkovilja, jota on tois-
taiseksi viljelty Suomessa lähinnä tutkimustarkoituksissa. Eri puolilla maailmaa valkolupiinin siemeniä
käytetään sekä ihmisten että eläinten ravintona. Valkolupiinin käytetään myös viherlannoitteena ja kar-
kearehuna. Pitkän kasvuajan takia valkolupiini ei ehdi tuleentua puitavaksi Suomen olosuhteissa, mutta
se soveltuu kokoviljasäilörehun raaka-aineeksi ja samalla monipuolistamaan palkokasvivalikoimaa
(Stoddard ym. 2011, Nykänen ym. 2012). Kasvuston kehitysaste ja ominaisuudet säilörehun korjuuhet-
kellä ovat oleellisia tekijöitä, jotka vaikuttavat sekä sadon määrään että ruokinnalliseen arvoon. Säilöt-
tävyyyden kannalta kasvin tärkeitä ominaisuuksia ovat kuiva-aine- ja sokeripitoisuus sekä puskurikapasi-
teetti (McDonald ym. 1991). Palkokasvien korren, palkojen ja siementen osuudet muuttuvat kasvin
kehittyessä. Tämä vaikuttaa kokoviljasäilörehun koostumukseen ja rehuarvoon, kun rehu korjataan pal-
kujen jo muodostuttua. Valkolupiinin siemenessä on runsaasti valkuaista ja myös melko suuri öljypitoi-
suus, kun taas herneen ja härkäpavun siemenessä on runsaasti tärkkelystä. Seoskasvustojen kohdalla on
otettava huomioon eri kasvilajien osuudet ja niiden vaikutus viljelyssä, rehun korjuussa ja säilönnässä
sekä ruokinnassa.

Tehdyn koesarjan tavoitteena oli tutkia valkolupiinikasvuston säilöttävyysominaisuuksia ja valko-
lupiinisäilörehun koostumukseen ja säilönnälliseen laatuun vaikuttavia tekijöitä. Tutkittavina olivat val-
kolupiinikasvuston kehitysrytmi, seossuhde kevävehnän kanssa ja erityyppiset säilöntäaineet. Tutki-
mukset ovat osa Keste- ja KotiPalko-hankkeita.

Aineisto ja menetelmät

Kasvustojen kehitysastenäytteet

Tutkimuksessa verrattiin valkolupiinikasvuston kehitystä ja koostumusmuutoksia härkäpapu- ja herne-
kasvustoihin toisen tutkimuksen (Lizarazo ym.) yhteydessä. Valkolupiini (*Lupinus albus*, Ludic, 369
kg/ha), härkäpapu (*Vicia faba* L. Kontu, 180 kg/ha) ja herne (*Pisum sativum* L., Rocket, 240 kg/ha)
kylvettiin 13.5.2011. Lannoitusmäärät (N-P-K, 16-7-13) olivat valkolupiinille 120 kg/ha, härkäpavulle
125 kg/ha ja herneelle 188 kg/ha. Kasvustojen määrän ja laadun kehitystä seurattiin ottamalla koeru-
duilta 6-7 kertaa näytteet 7-10 päivän välein kasvustojen kukintavaiheen alusta lähtien.

Jokaisesta kasvilajista otettiin kaksi kehikollista (50 x 50 cm) näytettä kolmelta koeruudulta. Yhden
koeruudun näytteet yhdistettiin, jonka jälkeen näytteet analysoitiin koeruuduittain. Näytteen niittokor-
keus oli 8 cm. Kaikista näytteistä määritettiin kuiva-aine, tuhka, raakavalkuainen ja NDF. Tärkkelys,
D-arvo (*in vitro* –sellulaasimenetelmä), sulamaton NDF (iNDF), puskurikapasiteetti ja haitta-aine lupani-
niini määritettiin kunkin kasvilajin näytesarjan ensimmäisestä, keskimmäisestä ja viimeisestä näyt-
teestä.

Säilöntäkokeet

Kesällä 2012 tehdyssä ensimmäisessä laboratoriomittakaavan kokeessa tutkittiin valkolupiinin ja kevä-
vehnän seossuhteen vaikutusta säilörehun käymislaatuun ja klostridipitoisuuteen kahdessa kasvuston
kehitysvaiheessa. Seoksissa oli joko 33 % (seos 1) tai 66 % (seos 2) valkolupiinia tuoreesta massasta.
Säilöntäainekäsittelyt olivat painorehu, muurahaihappona (4 l/t, 100 % happona) (MH), natriumnitriitin
ja heksamiinin seos (NaHe) sekä maitohappobakteerivalmiste (LAB). Käymislaatatulokset on esitetty
aikaisemmin (König ym. 2014a), joten tässä julkaisussa esitetään vain koeruhujen klostridipitoisuudet.
Klostridimääritykset tehtiin Luonnonvarakeskuksessa PCR-menetelmällä, jonka analyysitulokset sisältää
sekä vegetatiiviset bakteerit että itiöt (König ym. 2014b). Näytteistä määritettiin *Clostridium perfrin-*
gens, *C. tyrobutyricum*, *C. sporogens* ja *C. butyricum*.

Toisessa säilöntäkokeessa kesällä 2014 käytettiin 19.5. kylvetyn valkolupiinin (Feodora, 200
kg/ha) ja kevävehnän (Amaretto, 80 kg/ha) seoskasvustoa. Lannoitteena oli karjanlanta edellisena syk-
synä ja typpilannoite keväällä (yhteensä 50 kg N/ha). Kasvustosta niitettiin 13 viikkoa valkolupiiniin

kylvön jälkeen kaksi rehuerää. Valkolupiinin palot olivat tällöin virheitä. Siemenet täyttivät 75 % palkojen väliseiniä välisestä tilasta ja osassa paloista koko tilan (kehitysasteet 4,3 - 4,4, Dracup ja Kirby 1996). Vehnä oli taikinatuleentumisvaiheessa. Säilötyssä seoksessa valkolupiinin osuus oli noin 80 % tuoreesta massasta eli enemmän kuin ensimmäisessä kokeessa. Ensimmäinen rehuerä tehtiin tuoreena heti niiton jälkeen. Toista rehuerää esikuivattiin noin 48 tuntia. Kasviseokset silputtiin ennen säilöntää laboratoriosilppurilla. Säilöntä-ainekäsittelyt olivat kontrolli (PR, ei säilöntäainetta), muurahaishapon kolme annostustasoa 2 (MH2), 4 (MH4) ja 6 (MH6) l/t (100 %:na muurahaishappona), natriumnitriitti 900 g/t (NaHe0) sekä seokset natriumnitriitti 900 g/t + heksamiini 300 g/t (NaHe300) ja natriumnitriitti 900 g/t + heksamiini 600 g/t (NaHe600). Koerhut säilöttiin 1,5 litran lasisiiloihin kolmena toistona. Siilot avattiin 100 päivää säilönnän jälkeen, jolloin niistä otettiin näytteet kemiallisiin analyyseihin sekä aerobisen stabiilisuuden ja klostridien määrittämiseen. Rehuista analysoitiin kuiva-aine, pH, tuhka, typpi, vesiliukoiset hiilihydraatit (sokeri) ja ammoniumtyppi Helsingin yliopistossa sekä maitohappo, haihtuvat rasvahapot ja alkoholit Saksassa Berliinin yliopistossa. Aerobinen stabiilisuus määritettiin samoin kuin ensimmäisessä kokeessa (König ym. 2014b). Klostridit määritettiin Luonnonvarakeskuksessa samalla menetelmällä kuin ensimmäisessä kokeessa (König ym. 2014b).

Tulosten tilastollinen testaus tehtiin kahdessa osassa. Ensimmäisessä osassa selvitettiin muurahaishapon annostustason vaikutusta rehun laatuun. Toisessa osassa testattiin natriumnitriitin ja heksamiinin vaikutusta rehun laatuun sekä lisäksi heksamiinin merkitystä säilöntäaineseoksessa. Molemmissa osissa käytettiin samoja painorehujä kontrolloina. Käymislaatatulokset testattiin varianssianalyyseillä (SAS 9.3:n Mixed-malli) ja käsittelyiden neliosumma jaettiin seuraaviin ortogonaalisiin kontrasteihin: Osa 1: PR vs MH-käsittelyt (1), MH-tason lineaarinen vaikutus (2), MH-tason 2. asteen vaikutus (3), esikuivatuksen vaikutus (KA) sekä yhdysvaikutukset 1 x KA, 2 x KA ja 3 x KA. Osa 2: PR vs NaHe-käsittelyt (1), heksamiinin määrän lineaarinen vaikutus (2), heksamiinin määrän 2. asteen vaikutus (3), esikuivatuksen vaikutus (KA) sekä yhdysvaikutukset 1 x KA, 2 x KA ja 3 x KA.

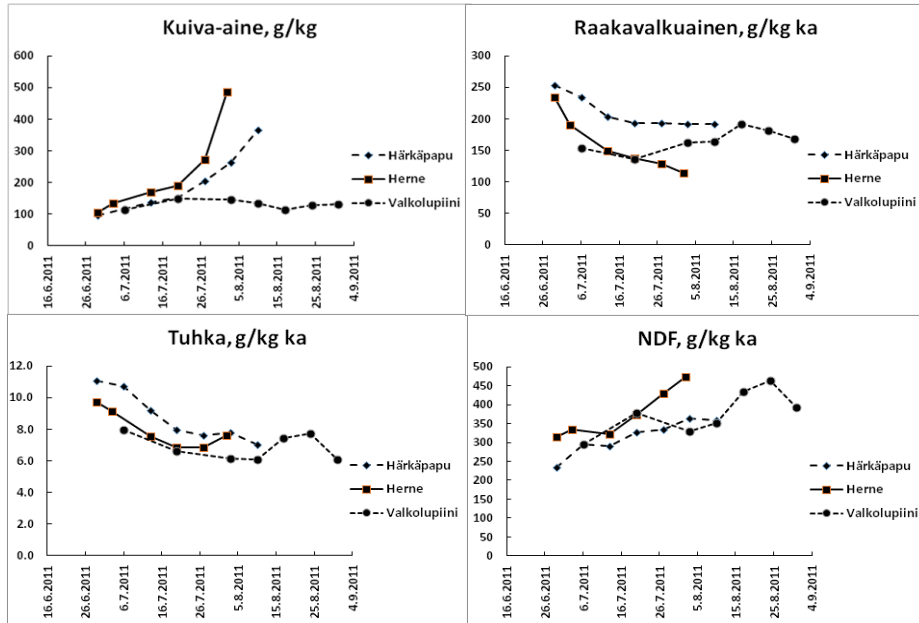
Tulokset ja tulosten tarkastelu

Kasvustojen kehitysasteenäytteet

Kesän 2011 kasvustoseurannassa valkolupiinikasvusto ja lupiinin palot olivat viimeisellä näytekerroilla (31.8., 110 pv kylvöstä) edelleen vihreitä ja kasvu jatkui. Kasvusto alkoi kuitenkin lakoontua, joka olisi vaikeuttanut sadonkorjuuta. Sen sijaan sekä härkäpapu (10.8., 89 pv) että herne (3.8., 82 pv) olivat viimeisillä näytekerroilla ohittaneet sopivan säilörehuvaiheen. Härkäpavun pavut olivat tummanruskeita ja siemenet kuivia ja kovia. Samoin hernekasvusto ja lähes kaikki herneen palot olivat kuivia ja keltaisia. Tässä vaiheessa säilörehun korjuu olisi aiheuttanut varisemistappioita. Herneen ja härkäpavun kuiva-ainesato (noin 10 000 kg/ha) ei enää lisääntynyt viimeisillä näytekerroilla. Valkolupiinin sato jatkoi suoraviivaista lisääntymistä kaikilla näytekerroilla ollen viimeisellä kerralla noin 10 700 kg ka/ha.

Valkolupiinin kuiva-ainepitoisuus pysyi koko seuranta-ajan hyvin pienenä toisin kuin muiden palkoviljojen (kuva 1). Palkoviljojen raakavalkuaispitoisuus vaihteli 140–200 g/kg ka ja NDF pitoisuus 350–450 g/kg ka. Valkolupiinin raakavalkuaispitoisuus vaihteli eri kehitysvaiheissa 137–192 g/kg ka ja tärkkelyspitoisuus on selvästi pienempi kuin härkäpapu- ja hernekasvuston (taulukko 1). Sulamattoman kuidun suurempi pitoisuus herneessä selittää herneen huonompaa D-arvoa (662–653 g/kg ka) verrattuna härkäpapuun (723–702 g/kg ka) ja valkolupiiniin (750–695 g/kg ka). Valkolupiinikasvuston lupaniinipitoisuus ei muuttunut suuresti kasvuston kehittyessä, mutta puskurikapasiteetti pieneni kukintavaiheen alun jälkeen kuten myös härkäpavun ja herneen puskurikapasiteetti.

Valkolupiinin korjuun siirto myöhäisemmäksi kasvuston kehittyessä lisää sadon määrää ja sulamattoman kuidun pitoisuutta sekä pienentää D-arvoa ja puskurikapasiteettia. Lupiinin raakavalkuaispitoisuus on suuri, mikä on otettava huomioon ruokinnassa. Sen sijaan valkolupiinin tärkkelyspitoisuus on selvästi pienempi kuin herne- ja härkäpapurehujen.



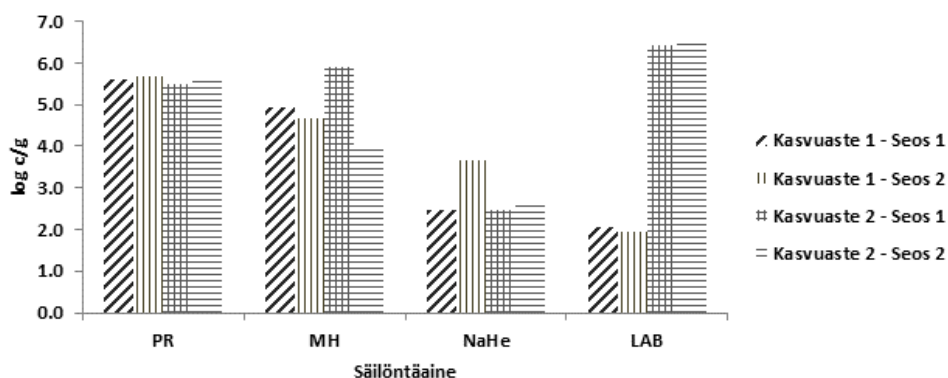
Kuva 1. Valkolupiini-, härkäpapu- ja hernekasvustojen kuiva-aine-, tuhka-, raakavalkuais- ja NDF-pitoisuuksien kehitys kukinnan alkuvaiheen jälkeen vuonna 2011.

Säilöntäkokeet

Ensimmäisessä säilöntäkokeessa esiintyi erityisesti painorehuissa voimakasta voi happokäymistä, joka viittasi raaka-aineen klostridi-itiökontaminaatioon (König ym. 2014a). Mikrobianalyysi vahvisti, että osassa rehuista oli runsaasti klostrideja (kuva 2). Neljästä määritetystä klostridilajista *C. tyrobutyricum* esiintyi eniten. Klostridien lisääntymisen oli voimakasta varsinkin painorehussa, jossa klostridipitoisuus oli keskimäärin suurempi kuin muissa rehuissa (vähintään $p < 0,10$) lukuun ottamatta myöhemmän kasvuasteen lupiini- ja NaHe-rehua. Maitohappobakteereilla säilötyn LAB-rehun klostridipitoisuus oli keskimäärin MH- ja NaHe-rehuja suurempi myöhäisemmän kasvuasteen rehuissa ($p < 0,05$), mutta aikaisemmassa kehitysvaiheessa LAB-rehujen klostridipitoisuus oli pienempi ($p < 0,10$). MH-rehun klostridipitoisuus oli suurempi kuin NaHe-rehun ($p < 0,05$) lukuun ottamatta aikaisen kasvuasteen lupiini- ja NaHe-rehua. Kokeen tulokset osoittivat, että voi hapon määrä rehuissa ei kuvaa hyvin klostridien määrää. Jossain rehuissa oli vähän voi happoa, mutta hyvin paljon klostrideja.

Taulukko 1. Valkolupiini-, härkäpapu- ja hernekasvuston koostumuksen ja *in vitro* D-arvon (g/kg ka) sekä puskurikapasiteetin (mekv/kg ka) kehitys kukinnan alkuvaiheen jälkeen vuonna 2011.

	Tärkkelys	ADF	ADL	iNDF	Lupa- niini	D-arvo	Puskuri- kapasiteetti
Valkolupiini							
6.7.2011	48	210	9,9	56	0,30	750	703
10.8.2011	39	252	17,7	125	0,29	700	622
31.8.2011	37	280	21,7	129	0,31	695	623
Härkäpapu							
29.6.2011	41	170	33,1	55		723	805
20.7.2011	90	213	39,4	100		694	662
10.8.2011	181	241	29,8	111		702	665
Herne							
29.6.2011	36	175	36,6	138		662	914
13.7.2011	87	215	16,0	143		686	697
2.8.2011	160	301	26,2	173		653	762



Kuva 2. Säilöntäaineen vaikutus neljän klostridilajin yhteispitoisuuteen valkolupiini-kevävehnäsäilörehussa. PR=painorehu, MH=muurahaishappo, NaHe=natriumnitriitin+ heksamiini, LAB=maitohappobakteeri (säilöntäkoel 1).

Kesän 2014 säilöntäkokeessa tuoreena säilötty valkolupiini-kevävehnä oli erittäin märkää kuiva-ainepitoisuuden ollessa vain 150 g/kg (taulukko 2). Esikuivatuksen avulla kuiva-ainepitoisuudeksi saatiin 240 g/kg. Esikuivatus lisäsi selvästi liukoisen typen osuutta rehumassassa jo ennen säilöntää. Tuoreen ja esikuivatun raaka-aineen raakavalkuaisen, NDF:n ja tärkkelyksen pitoisuuksissa oli jonkin verran eroa johtuen todennäköisesti kasvilajien osuuksien vaihtelusta rehuerissä ja/tai esikuivatuksen aiheuttamista muutoksista.

Muurahaishappokäsittelyt paransivat säilörehun laatua painorehuun verrattuna vaikkakin kaikkien koerehujen pH:t olivat alle 4,0:n (taulukko 3). Muurahaishappo vähensi maito- ja etikkahappokäymistä ja sen johdosta jäännössokerin pitoisuus oli MH-rehuissa painorehua suurempi ($p < 0,001$). Muurahaishappo esti myös valkuaisen hajoamista ammoniakiksi ($p < 0,001$). Hapon annostustason vaikutukset olivat käyräviivaisia, sillä vaikutukset käymisessä näkyivät selkeästi vasta happoannostusten ollessa 4 tai 6 l/t. Vaikutukset olivat suuruudeltaan myös jonkin verran erilaisia tuoreessa ja esikuivatussa rehussa. Säilöntäainekäsittelyt eivät vaikuttaneet merkittävästi voihappopitoisuuteen. Voihappoa esiintyi rehuissa erittäin vähän eikä pitoisuus ylittänyt missään rehussa hyvän laadun rajaa.

Natriumnitriitti-heksamiini säilöntäaineiden käyttö paransi merkittävästi rehun laatua kaikkien laatuksien mukaan lukuun ottamatta voihappoa, jota ei esiintynyt rehuissa juuri ollenkaan (taulukko 4). Heksamiinin lisäys ei parantanut rehujen laatua. Heksamiinin osuuden lisääminen NaHe-säilöntäaineessa nosti lineaarisesti rehun pH:ta, vähensi maitohappopitoisuutta ja lisäsi ammoniakityypen osuutta ($p < 0,001$). Kun ammoniakkitulos korjattiin säilöntäaineen mukana lisätyn typen perusteella, ei heksamiinin lisäys vaikuttanut ammoniakityypen osuuteen. Koska NaHe-rehuissa oli vain vähän voihappoa, ammoniumtyyppi oli todennäköisesti peräisin proteolyttisten entsyymien toiminnasta. Heksamiini ei vaikuttanut tuoreen rehun sokeripitoisuuteen, mutta se lisäsi jäännössokerin pitoisuutta selvästi esikuivatussa rehussa (yhdysvaikutus $p < 0,001$).

Rehuissa esiintyi erittäin vähän klostrideja. Kaikkien rehujen aerobinen stabiilisuus oli myös erittäin hyvä, sillä rehut eivät lämmenneet testissä.

Taulukko 2. Valkolupiini-kevävehnäseoksen ja kokonaisen valkolupiinin koostumus ja muita tietoja säilöntäkokeessa 2 vuonna 2014 (g/kg ka, jos ei muuta mainittu).

	Valkolupiini-vehnäseos		Valkolupiini koko kasvi
	Tuore	Esikuivattu	
Kuiva-aine, g/kg	150	240	136
Tuhka	73,9	70,4	66,4
Raakavalkuainen	171	151	200
NDF	437	499	411
Tärkkelys	52,7	87,6	20,9
Sokeri	115	111	255
Liukoinen N, g/kg N	487	669	678
D-arvo	650	643	663
Puskurikapasiteetti, mekv/kg ka	703	630	
Fermentaatiokerroin	31	38	

Raaka-aineen mikrobinen laatu klostridien suhteen oli hyvä molemmissa säilöntäkokeissa, mutta ensimmäisessä kokeessa painorehun ja muurahaishapolla käsiteltyjen säilörehujen klostridimäärät olivat kuitenkin suuria. Hyvin pienikin määrä klostrideja voi pilata rehun, jos olosuhteet rehussa eivät estä niiden toimintaa. Ensimmäisen kokeen rehujen laatu oli huono vaikka raaka-aineiden fermentaatioker- toimet olivat suurempia kuin toisessa kokeessa. Tämän perusteella raaka-aineen säilöttävyysominaisuu- det (kuiva-aine, sokeri ja puskurikapasiteetti) eivät aina ennusta oikein säilörehun lopullista laatua.

Nitriitti on tunnetusti tehokas estämään klostridien kasvua. Tehdyissä säilöntäkokeissa natriumnitriittiä sisältävät säilöntäaineet toimivat parhaiten riippumatta raaka-aineen kuiva-aine- tai sokeripitoisuudesta. Sen sijaan heksamiinin lisäys ei tuonut lisähyötyä säilörehun laadulle. Muurahaishapon huono menes- tyminen ensimmäisessä kokeessa saattoi johtua siitä, että käymisen alkuvaiheessa ei syntynyt tarpeeksi nitriittiä rehun nitraatista muun bakteeritoiminnan kautta. Rehun nitraatista muodostui mahdollisesti en- sisijaisesti ammoniakkia ja neutraloivat kaasut voivat joko nostaa pH:ta tai ainakin estää nopean pH:n laskun rehussa (Spoelstra 1983). Tästä saattoi johtua muurahaishapporehujen korkeat pH-arvot.

Johtopäätökset

Valkolupiini on potentiaalinen säilörehun raaka-aine Suomessa. Sen voi korjata säilörehuksi useissa eri kehitysvaiheissa, mutta korjuun siirtäminen myöhäisemmäksi lisää sadon määrää. Kehitysasteen vai- kutus säilönnälliseen laatuun ei ollut yksiselitteinen. Seosviljely vehnän kanssa lisää säilöttävän raaka- aineen kuiva-ainepitoisuutta ja parantaa periaatteessa kasvimateriaalin säilöttävyysominaisuuksia. En- simmäisessä säilöntäkokeessa vehnän osuus seoksessa oli suurempi kuin toisessa kokeessa, mutta rehu- jen laatu oli silti selvästi huonompi. Säilöntäkokeet osoittivat, että vehnän käyttö seoksena valkolupiinin kanssa ei ole edellytys hyvälle käymislaadulle vaikka siitä voikin olla viljelyssä, rehunkorjuussa ja pu- ristenestetappioiden estämisessä etua. Rehun kuiva-ainepitoisuuden lisääminen vähentää puristenesten määrää, mutta kokeessa se ei parantanut erityisesti käymislaatua vaan ennemminkin lisäsi ammoniak- kitypen osuutta. Rehun hyvän laadun kannalta on oleellista säilöntäaineen käyttö ja säilöntäaineen omi- naisuudet erityisesti silloin, kun rehun raaka-aineessa on klostrideja. Säilöntäaineiden käyttö paransi valkolupiinisäilörehujen laatua. Natriumnitriitti sisältävällä säilöntäaineilla saatiin kokeissa hyviä tu- loksia. Heksamiinin käyttö natriumnitriitin kanssa ei parantanut laatua.

Kirjallisuus

- Dracup, M. & Kirby, E. J. M.** 1996. Lupin development guide. University of Western Australia Press. 97 p.
- König, W., Puhakka, L., Lamminen, M., Weiss, K., Vanhatalo, A & Jaakkola, S.** 2014a. Kehitysasteen ja säilöntäaineen vaikutus valkolupiini-vehnäsäilörehun käymislaatuun ja aerobiseen stabiilisuuteen. Maataloustie- teen Päivät 2014 [verkkojulkaisu]. Suomen Maataloustieteellisen Seuran julkaisuja no 30. Toim. Mikko Hakojärvi ja Nina Schulman. Julkaistu 9.1.2014. Saatavilla Internetissä: www.smts.fi. ISBN 978-951-9041-58-2.
- König, W., Lamminen, M., Weiss, K., Tuomivirta, T. T. Sanz Muñoz, S., Fritze, H., Elo, K., Puhakka, L., Vanhatalo, A & Jaakkola, S.** 2014b. The effect of silage additive on fermentation quality, clostridia and aerobic stability of a white lupin-wheat silage. Nordic Forage Seminar 10.-11.6.2014, Uppsala.
- McDonald, P., Henderson, A R. & Heron, S. J. E.** 1991. *The Biochemistry of Silage*. 2nd edition. Chalcombe Publications, Marlow, UK. 340 p.
- Nykänen, A. ym.** 2012. Typpi- ja valkuaisomavaraisuuden lisääminen palkokasveja tehokkaasti hyödyntämällä. MTT Raportti 59. MoniPalko-hankkeen loppuraportti.
- Spoelstra, S. F.** 1983. Inhibition of clostridial growth by nitrate during the early phase of silage fermentation. J. Sci. Food Agric. 1983, 34, 145-152
- Stoddard, F., Mäkelä, P., Santanen, A., Egilmez, P., Seleiman, M. F., Lizarazo Torres, C., Räfså, T., Hartikainen, H. & Yli-Halla, M.** 2011. Valkolupiinista on moneksi. Maaseudun tiede. 68, 2: 12

Taulukko 3. Tuoreen ja esikuivatun valkolupiini-kevätehnäsäilörehun käymislaatu, kun säilöntäaineena muurahaishapon eri annostustasot (säilöntäkoe 2).

	Tuore				Esikuivattu				SEM	Tilastollinen merkitsevyys						
	PR	MH2	MH4	MH6	PR	MH2	MH4	MH6		PR vs MH (1)	MH Lin (2)	MH Q (3)	KA	KA x (1)	KA x (2)	KA x (3)
Kuiva-aine, g/kg	140	137	143	135	219	217	222	236	3,6		0,027		<0,001		0,013	
pH	3,83	3,79	3,75	4,02	3,92	3,80	3,94	3,90	0,112							
Sokeri	16	36	208	182	22	28	135	34	9,8	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
Maitohappo	120,2	97,4	0,0	0,0	91,8	75,2	0,0	44,8	1,30	<0,001	<0,001	<0,001		<0,001	<0,001	<0,001
Etikkahappo	23,9	16,6	8,8	9,9	18,5	15,4	6,8	13,0	0,68	<0,001	<0,001	<0,001	0,012	<0,001	0,007	0,025
Voihappo	0,2	0,0	0,0	0,4	0,1	0,1	3,2	1,6	1,15							
Etanoli	14,3	17,8	1,5	5,5	7,2	7,0	1,4	9,8	1,87	0,033	0,022	<0,001	0,020		0,001	
Amm.-N, g/kg N	138	103	50	57	157	133	71	99	9,3	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001			

PR, painorehu; MH2, MH4, MH6, muurahaishappoa 2, 4, 6 litraa/t (100 %:na); KA, esikuivatuksen vaikutus

Taulukko 4. Tuoreen ja esikuivatun valkolupiini-kevätehnäsäilörehun käymislaatu, kun säilöntäaineina natriumnitriitti ja heksamiini (säilöntäkoe 2).

	Tuore				Esikuivattu				SEM	Tilastollinen merkitsevyys						
	PR	Na He0	Na He300	Na He600	PR	Na He0	Na He300	Na He600		PR vs NaHe (1)	He Lin (2)	He Q (3)	KA	KA x (1)	KA x (2)	KA x (3)
Kuiva-aine, g/kg	140	154	156	138	219	235	231	217	4,7	0,034	0,003		<0,001			
pH	3,83	3,86	3,95	4,08	3,92	3,94	4,03	4,18	0,022	<0,001	<0,001		<0,001			
Sokeri	16	11	14	19	22	20	31	58	1,7	<0,001	<0,001	0,010	<0,001	<0,001	<0,001	
Maitohappo	120	119	111	102	92	86	82	72	3,0	0,001	<0,001		<0,001			
Etikkahappo	23,9	19,3	22,1	25,3	18,5	17,3	16,8	14,4	0,78	0,006		<0,001		<0,001		
Voihappo	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,0	0,4	0,18							
Etanoli	14,3	6,7	9,7	18,2	7,2	2,7	2,1	3,1	0,34	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,006	<0,001	0,004
Amm.-N, g/kg N	138	141	175	203	157	136	156	176	4,6	<0,001	<0,001		0,028	<0,001	0,025	
Amm.-N, g/kg N *	138	89	83	89	157	101	96	98	3,7	<0,001			<0,001			

PR, painorehu; NaHe0, natriumnitriitti 900 g/t; NaHe300, natriumnitriitti 900 g/t + heksamiini 300 g/t; NaHe600, natriumnitriitti 900 g/t+ heksamiini 600 g/t