

**RUKIIN VAIKUTUKSET MAITOROTUISTEN SONNIEN REHUN
SYÖNTIIN, KASVUUN JA TEURASOMINAISUUKSIIN**

Inkeri Hennola
Maisterintutkielma
Helsingin yliopisto
Maataloustieteiden osasto
Kotieläinten ravitsemus-
tiede
2020

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Laitos — Institution — Department Maataloustieteiden osasto	
Tekijä — Författare — Author Inkeri Hennola			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Rukiin vaikutukset maitorotuisten sonnien rehun syöntiin, kasvuun ja teurasominaisuuksiin			
Oppiaine — Läroämne — Subject Kotieläinten ravitsemustiede			
Työn laji — Arbetets art — Level Maisterintutkielma		Aika — Datum — Month and year Huhtikuu 2020	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 33 s.
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>Rukiin tuotanto ei ole perinteisesti yltänyt kattamaan sen kysyntää Suomessa. Kiinnostusta rukiin viljelyyn heikentää riski leipäviljaksi kelpaamattomista ruiseristä. Suomessa ei ole suositeltu rukiin käyttöä juurikaan kotieläinten ruokinnassa sen huonon maittavuuden sekä haitta-aineiden vuoksi. Rukiin käytöstä nautojen ruokinnassa on hyvin vähän tutkimustuloksia. Nykyiset ruista koskevat ruokintasuositukset perustuvat useita vuosikymmeniä vanhoihin tutkimustuloksiin. Ruislajikkeiden jalostus on kuitenkin muokannut viljojen ravitsemuksellisia arvoja, joten uutta tutkimustietoa uusista lajikkeista tarvitaan.</p> <p>Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää rukiin vaikutuksia maitorotuisten sonnien rehun syöntiin, kasvuun ja teurasominaisuuksiin. Hypoteesina oli, että ruista voidaan käyttää nykyisiä suosituksia enemmän kasvavien nautojen ruokinnassa.</p> <p>Kokeen alussa 80 sonnia jaettiin neljään ryhmään. Koe kesti keskimäärin 232 vuorokautta. Koe-eläimiä ruokittiin seosrehulla, jonka väkirehuprosentti oli 50 %. Väkirehu sisälsi ruista 0, 15, 30 ja 45 % kuiva-aineesta. Väkirehu oli teollista täysrehua ja säilörehu oli laadultaan hyvää 1. sadon timoteinurmisäilörehua (D-arvo = 691 g/kg ka). Kokeen väkirehut vakioitiin energiasisällön mukaan. Koe-eläinten yksilöllistä syöntiä mitattiin, eläimiä punnittiin kokeen aikana ja ruhon laatua mitattiin ultraäänimittauksilla ja teurasutuloksilla.</p> <p>Koe-eläinten keskimääräinen kuiva-aineen syönti oli 10,9 kg/pv. Päiväkasvut olivat kokeen aikana keskimäärin 1537 g/pv. Teurasikä kokeessa oli keskimäärin 484 pv ja teuraspaino 354 kg. Teurasruhojen lihakuus oli keskimäärin EUROP-luokituksen O-luokkaa ja rasvaisuus luokkaa 2. Kokeessa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa koe-eläinten rehun syönnissä tai rehun hyväksikäytössä. Rukiin ei havaittu vaikuttavan koe-eläinten kasvuun. Myöskään teurasiässä, teuraspainossa tai ruhon teuraslaadussa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa koeryhmien välillä.</p> <p>Tulosten perusteella voidaan olettaa, että ruista voidaan käyttää nykyisiä suosituksia enemmän nautojen ruokinnassa. Lisää tutkimusta aiheesta kuitenkin tarvitaan. Tutkimuksessa käytettiin hyvälaatuisia ruista, jossa ei ollut torajyvää tai sen aiheuttamia homemyrkkijä. Ruis on kuitenkin hyvin altis torajyvälle, eikä torajyvän saastuttamaa ruista voida syöttää kotieläimille.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords ruis, sonni, väkirehu, ruokinta, Secale cereale			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Maataloustieteiden osasto			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Tutkimus tehtiin Luonnonvarakeskuksen (Luke) Siikajoen toimipisteessä. Työtä ohjasivat yliopistonlehtori Seija Jaakkola ja tutkimusprofessori Arto Huuskonen (Luke).			

HELSINGIN YLIOPISTO — HELSINGFORS UNIVERSITET — UNIVERSITY OF HELSINKI

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Faculty of Agriculture and Forestry		Laitos — Institution — Department Department of Agricultural Sciences	
Tekijä — Författare — Author Inkeri Hennola			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Effects of rye on feed intake, growth performance and carcass traits of dairy bulls			
Oppiaine — Läroämne — Subject Animal nutrition science			
Työn laji — Arbetets art — Level Master's thesis		Aika — Datum — Month and year April 2020	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 33 p.
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>Production of rye does not usually meet domestic demand in Finland. Interest in cultivation of rye is decreasing because there is a risk that the quality of rye is not suitable for human nutrition. Rye is recommended only in small amounts for animal feeding in Finland because of its poor palatability and antinutritive substances. There are only a few studies using rye for the feeding of cattle. Current feeding recommendations on the use of rye are based on studies from over a decades ago. Plant breeding has modified nutritional values of rye, so more research is needed.</p> <p>The aim of this experiment was to investigate the effects of rye grain on feed intake, growth performance and carcass traits of dairy bulls. The hypothesis was that more rye grain than currently recommended can be used for feeding dairy bulls.</p> <p>Eighty bulls were divided into four groups. The average duration of the experiment was 232 days. The bulls were fed total mixed rations in which the proportion of concentrate was 50%. Concentrate mixtures included rye grain 0, 15, 30 and 45% of dry matter. The concentrate was commercial concentrate mixture, and the grass silage was high quality, first-cut timothy silage (D-value 691 g/kg DM). Concentrate mixtures were isoenergetic. Individual feed intakes were recorded, animals were weighed during the experiment and carcass traits were measured by ultrasound and determined according to slaughter results.</p> <p>The average dry matter intake of the bulls was 10.9 kg/d. The average live weight gain was 1537 g/d. The average slaughter age of the bulls was 484 days and the average carcass weight of the bulls was 354 kg. The average carcass conformation (EUROP) was O (fair), and the fat score was 2. There were no significant differences in feed intake or feed conversion rate. Rye had no effects on growth performance of the bulls. There were no differences in slaughter age, carcass weight or carcass traits among the treatments.</p> <p>Based on the results of this study, rye grain can be used more than is currently recommended for the feeding of bulls. More research is still needed. Rye used in the present experiment was of good quality and did not contain ergot or toxic moulds. Rye is highly susceptible to ergot. Ergot-infected rye cannot be used in the feeding of domestic animals.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords rye, beef bull, concentrate, feeding, Secale cereale			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Department of Agricultural Sciences			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Study was executed in Natural resources institute Finland (Luke), Siikajoki. Supervisors: University Lecturer Seija Jaakkola and Research Professor Arto Huuskonen (Luke).			

SISÄLLYS

LYHENTEET JA SYMBOLIT.....	5
1 JOHDANTO.....	6
2 RUIS NAUTOJEN RUOKINNASSA	7
2.1 Rukiin tuotanto	7
2.2 Rukiin koostumus	7
2.3 Rukiin haitta-aineet	9
2.4 Rukiin vaikutukset rehun syöntiin, kasvuun ja teurastuloksiin	11
3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET.....	13
4 AINEISTO JA MENETELMÄT.....	14
4.1 Tutkimusolosuhteet	14
4.2 Koe-eläimet	14
4.3 Koe-eläinten ruokinta.....	14
4.4 Rehujen analysointi.....	16
4.5 Koe-eläinten punnitus, teurastus ja ruhon laadun määrittäminen	17
4.6 Tulosten laskenta ja tilastollinen testaus.....	18
5 TULOKSET.....	20
5.1 Koeruokintojen kemiallinen koostumus ja rehuarvot sekä säilörehun käymislaatu.....	20
5.2 Rehun syönti.....	21
5.3 Kasvu.....	22
5.4 Teuraslaatu	22
6 TULOSTEN TARKASTELU	24
6.1 Koeruokintojen kemiallinen koostumus ja rehuarvot sekä säilörehun käymislaatu.....	24
6.2 Rehun syönti.....	25
6.3 Kasvu.....	26
6.4 Teuraslaatu	28
7 JOHTOPÄÄTÖKSET	28
8 KIITOKSET	29
LÄHTEET	30

LYHENTEET JA SYMBOLIT

AY	Ayrshire
C1	Kontrolliruokinta jonka väkirehu ei sisältänyt ruista
C2	Ruokinta jonka väkirehu sisälsi 15 % ruista
C3	Ruokinta jonka väkirehu sisälsi 30 % ruista
C4	Ruokinta jonka väkirehu sisälsi 45 % ruista
D-arvo	Sulavaa orgaanista ainetta kuiva-aineessa
HOL	Holstein
HVO	Hajoavan valkuaisen osuus
ka	Kuiva-aine
ME	Muuntokelpoinen energia
NDF	Neutral detergent fibre eli neutraalidetergenttikuitu
OIV	Ohutsuolesta imeytyvä valkuainen
PMR	Partly mixed ration eli täydennetty seosrehu
PUFA	Polyunsaturated fatty acid eli monitydyttymättömät rasvahapot
PVT	Pötsin valkuaiastase
RV	Raakavalkuainen
TMR	Total mixed ration eli seosrehu
TUA	Typettömät uuteaineet
VFA	Haihtuvat rasvahapot

1 JOHDANTO

Rukiin (*Secale cereale* L.) omavaraisuusaste on ollut perinteisesti Suomessa huono eikä tuotanto ole kattanut sen kysyntää (Luke 2020). Kiinnostusta rukiin viljelyyn on heikentänyt leipäviljaksi kelpaamattomien ruiserien käyttökohteiden puuttuminen. Koska ruista ei suositella kotieläinten rehuksi kuin pienissä määrin, ei rehuteollisuus juurikaan vastaanota leipäviljaksi kelpaamatonta ruista. Rukiin laatukriteereistä tärkein on sakoluku, joka laskee korjuun viivästyessä ja tähkäidännän lisääntyessä (VYR 2010). Sakoluvultaan leipäviljaksi kelpaamattomien ruiserien käyttö voi aiheuttaa viljelijälle haasteita, kun rehukäyttöä ei suositella.

Rukiin on osoitettu olevan ravitsemukselliselta arvoltaan jopa parempaa kuin ohra ja lähes samaa luokkaa vehnän kanssa (Spiece 1986, McDonald ym. 2011). Rehukäyttöä kuitenkin rajoittavat rukiin sisältämät haitta-aineet. Ruis sisältää rehun maittavuutta ja tuotantoeläinten kasvua heikentäviä alkyyliresorsinoleja ja arabinoksyylaaneja (Spiece 1986). Lisäksi torajyvä on rukiissa muita viljoja yleisempää (Spiece 1986, McDonald ym. 2011).

Rukiin käytöstä nautojen ruokinnassa löytyy hyvin vähän tutkimustuloksia. Valtaosa saatavilla olevista tutkimuksista on tehty 1970–1980-luvuilla yksimahaisilla. Tämän hetken ruokintasuositukset perustuvatkin rukiin osalta näihin vuosikymmenten takaisiin tutkimustietoihin. Kasvjalostus on kuitenkin kehittynyt vuosikymmenien aikana, joten viljojen ravitsemukselliset koostumukset ovat muuttuneet (Schwarz ym. 2015, Krieg ym. 2017, Meyer ym. 2017). Tämän perusteella ruista voidaan mahdollisesti käyttää totuttua enemmän kotieläinten ruokinnassa.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää rukiin käytön mahdollisuuksia maitorotuisien sonnien ruokinnassa. Kokeessa selvitettiin rukiin vaikutuksia sonnien rehun syöntiin, rehun hyväksikäyttöön, sonnien kasvuun sekä ruhon teuraslaatuun. Tutkimus tehtiin osana Rukiin viljelyn riskien vähentäminen -hanketta, jota rahoitti Kinnusen Mylly Oy sekä Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelmasta 2014–2020.

2 RUIS NAUTOJEN RUOKINNASSA

2.1 Rukiin tuotanto

Rukiin viljely ja kulutus painottuvat maantieteellisesti pohjoiselle pallonpuoliskolle, erityisesti Eurooppaan ja Venäjälle (VYR 2010). Ruis on Suomessa leipävilja ja sen rehu-käyttö on hyvin vähäistä (Luke 2020), sillä ruista ei ole perinteisesti suositeltu kotieläinten rehuksi sen sisältämien haitta-aineiden vuoksi (Spiece 1986). Kansainvälisesti ruis kuitenkin luokitellaan rehuviljaksi (VYR 2010).

Rukiin suurimmat tuottajamaat ovat Saksa, Puola ja Venäjä (FAO 2020). Esimerkiksi vuonna 2017 Saksassa tuotettiin ruista 2,74 miljoonaa tonnia, Puolassa 2,67 miljoonaa tonnia ja Venäjällä 1,55 miljoonaa tonnia (FAO 2020). Suomessa vastaava määrä oli 113 500 tonnia ruista (FAO 2020, Luke 2020). Koska ruis on Euroopassa rehuvilja, rukiin käyttö ja markkinatilanne on Suomessa hyvin erilainen verrattuna muihin maihin (VYR 2010). Esimerkiksi Puolassa tuotetusta rukiista yli 40 % menee rehuikäyttöön, pääasiassa sioille ja nautakarjalle (Pieszka ym. 2015).

Suomessa rukiin viljelyn tavoitteena on leipäviljalaatu. Välillä ongelmaksi on muodostunut leipäviljaksi kelpaamattomien ruiserien käyttö. Mikäli rukiin rehuikäyttö laajenisi myös Suomessa, voisi rehuteollisuus ostaa laajemmassa mittakaavassa ruista. Tällöin rukiin viljelyyn liittyvät riskit vähenisivät ja viljelyn kannattavuus paranisi.

2.2 Rukiin koostumus

Ruis on koostumukseltaan hyvin samanlainen kuin vehnä (McDonald ym. 2011, Luke 2017). Molemmat ovat ohutkuorisista ja sisältävät vähän kuitua, niissä on runsaasti tärkkelystä ja niiden energia-arvot ovat kotimaisissa rehutaulukoidissa samat 13,6 MJ/kg ka (taulukko 1). Vehnän neutraalidetergenttikuidun (NDF) pitoisuus on huomattavasti ruista vielä alhaisempi johtuen sen vielä ohuemmasta kuoresta.

Viljan hehtolitraino kertoo sen energia-arvosta. Ohralla ja kauralla on paksumpi kuori kuin vehnällä ja rukiilla. Sen vuoksi kevyen hehtolitrainon kaura ja ohra sisältävät suhteessa enemmän NDF:ää ja vähemmän tärkkelystä.

Taulukko 1. Rukiin, ohran, kauran ja vehnän kemiallinen koostumus ja rehuarvot (Luke 2017).

	Ruis	Ohra 64–69 kg/hl	Kaura 54–58 kg/hl	Vehnä yli 80 kg/hl
Kuiva-aine, g/kg	860	860	860	860
RV, g/kg ka	110	115	125	133
Raakarasva, g/kg ka	20	22	60	22
Raakakuitu, g/kg ka	28	48	103	23
TUA, g/kg ka	820	786	674	802
NDF, g/kg ka	200	210	280	110
Tärkkelys, g/kg ka	650	610	460	685
Sokeri, g/kg ka	36	20	18	30
Tuhka, g/kg ka	22	29	38	20
ME, MJ/kg ka	13,6	13,2	12,1	13,6
OIV, g/kg ka	94	96	92	96
PVT g/kg ka	–33	–29	–8	–12
HVO	0,85	0,80	0,75	0,85

RV = raakavalkuainen, TUA = typtömät uuteaineet, NDF = neutraalidetergenttikuitu, ME = muuntokelpoinen energia, OIV = ohutsuolesta imeytyvä valkuainen, PVT = pötsin valkuaisstase, HVO = hajoavan valkuaisen osuus

Vertailuun on valittu ohran, kauran ja vehnän hehtolitrainoluokat Ruokaviraston (2020) Viljasadon laatu -tietokannan mukaan. Tietokannan perusteella vuosina 2017–2019 keskimäärin ohran hehtolitraino oli 65,2 kg/hl, kauran hehtolitraino oli 55,3 kg/hl ja vehnän hehtolitraino oli 80,3 kg/hl. Aineisto edustaa sekä viljamarkkinoiden rehu- ja elintarvikeviljan, tilojen välisen viljakaupan sekä tilalla käytettävän viljan laatua. Siten taulukon ohran, kauran ja vehnän arvot on valittu rehu- ja elintarviketaulukon hehtolitrainoluokista ohra 64–69 kg/hl, kaura 54–58 kg/hl ja vehnä yli 80 kg/hl.

Rukiin raakavalkuaispitoisuus on keskimäärin 110 g/kg ka, mikä on hieman pienempi kuin ohran, kauran ja vehnän pitoisuudet. Rukiin valkuaisen koostumus on hieman erilainen kuin vehnän. Ruis sisältää enemmän lysiniä ja vähemmän tryptofaania vehnään verrattuna (McDonald ym. 2011, Luke 2017, Meyer ym. 2017). Valkuaisarvoiltaan rukiin pötsin valkuaisstaseen (PVT) arvo on keskimäärin –33 g/kg ka ja hajoavan valkuaisen osuus (HVO) on noin 0,85.

Ruis sisältää runsaasti, 650 g/kg ka, tärkkelystä. Nopeasti hajoavan tärkkelyksen määrä on tärkeää huomioida nautojen ruokinnan suunnittelussa (Pieszka ym. 2015, Krieg ym. 2017). Rukiin tärkkelyksen hajoamisnopeuden on osoitettu olevan suurempi kuin vehnän ja ohran johtuen niiden erilaisista valkuaiskoostumuksista (Krieg ym. 2017). Rukiin nopeampaan tärkkelyksen hajoamiseen vaikuttavat myös sen sisältämät alkyyliresorsinolit, jotka muuttavat entsyymien aktiivisuutta (Kozubek ja Tyman 1999, Krieg ym. 2017).

Rukiin energia-arvo on hieman parempi kuin ohran ja vehnän. Korkean energiapitoisuutensa perusteella voisi olla mahdollista käyttää ruista enemmänkin nautojen ruokinnassa (Pieszka ym. 2015). Lajikkeen sekä erityisesti viljelyolosuhteiden on kuitenkin osoitettu vaikuttavan merkittävästikin rukiin koostumukseen ja sulavuuteen (Spiece 1986, Hansen ym. 2004, Krieg ym. 2017).

2.3 Rukiin haitta-aineet

Ruista pidetään viljoista huonoiten maittavana, ja sen on uskottu aiheuttavan häiriöitä kotieläinten ruuansulatuksessa (McDonald ym. 2011). Ruis sisältää runsaasti niin kutsuttuja haitta-aineita. Erityisesti ongelmallisina on pidetty sen sisältämiä arabinoksylaaneja, alkyyliresorsinoleja ja torajyvää, joita ruis sisältää enemmän kuin muut viljat (Spiece 1986, Schwartz ym. 2015, Meyer ym. 2017). Rukiin arabinoksylaanien ja alkyyliresorsinolien haitallisuudesta märehäijöille on kuitenkin hyvin ristiriitaisia tutkimustuloksia. Arviot haitallisuudesta perustuvat suurimmaksi osaksi 1970- ja 1980-luvuilla yksimahaisilla tehtyihin tutkimuksiin.

Arabinoksylaanit ovat rukiin soluseinän polysakkarideja (McDonald ym. 2011). Ne ovat rukiin yleisimpiä hemiselluloosapartikkeleja (Spiece 1986). Arabinoksylaanit heikentävät ravintoaineiden sulamista ja imeytymistä ruuansulatuskanavassa, sillä ne lisäävät ruuansulatuskanavan sisällön geeliytymistä (McDonald ym. 2011). Ruuansulatuskanavan viskositeetin noustessa, ruuansulatuselimistön sisällön kulku hidastuu vähentäen syöntiä ja heikentäen sitä kautta myös kasvua (Spiece 1986). Geeliytynyt ruokasula myös heikentää rehun ravintoaineiden sulavuutta ja saatavuutta (Spiece 1986, McDonald ym. 2011). Arabinoksylaanien on uskottu heikentävän myös rehun maittavuutta (Spiece 1986). Arabinoksylaaneja on erityisesti rukiin kuorikerroksessa (Spiece 1986). Toisaalta kuitenkin pötsimikrobien tuottamien pentosanaasien on osoitettu hajottavan

hemiselluloosan arabinoksyylaaneja (Heald 1953), joten haitta-aineiden vaikutukset eivät välttämättä ole niin merkittäviä märehitijöillä.

Alkyyliresorsinolit ovat puolestaan ryhmä fenolisia lipidiyhdisteitä (Kozubek ja Tyman 1999). Ne ovat rakenteeltaan fenolisia renkaita, joissa on kaksi hydroksyyli ryhmää sekä 15–27 hiiltä sisältävä hiiliketju (Kulawinek ja Kozubek 2008). Alkyyliresorsinolit sijaitsevat lähinnä viljan kuorikerroksessa (Spiece 1986, Kulawinek ja Kozubek 2008, Andersson ym. 2014). Ruis ja vehnä sisältävät niitä runsaasti verrattuna muihin viljoihin (Kulawinek ja Kozubek 2008). Rukiissa on alkyyliresorsinoleja vehnääkin enemmän (Andersson ym. 2014). Alkyyliresorsinolien määrä viljassa vaihtelee lajikkeiden välillä ja lisäksi myös ympäristötekijät voivat vaikuttaa niiden määrään (Andersson ym. 2014). Alkyyliresorsinolien on osoitettu erityisesti yksimahaisilla heikentävän rehun maittavuutta ja sulavuutta sekä sitä kautta eläinten kasvua (Spiece 1986).

Lajikkeiden jalostuksen myötä arabinoksyylaanien ja alkyyliresorsinolien määrien on todettu vähentyneen rukiissa huomattavasti. Schwarz ym. (2015) osoittivat alkyyliresorsinolien määrän vähentyneen alle puoleen vuonna 2007 markkinoille tullessa Visello-hybridiruislajikkeessa verrattuna vanhoihin ruislajikkeisiin. Edelleen kuitenkin alkyyliresorsinolien määrä oli rukiissa neljänneksen suurempi kuin ohrassa.

Torajyvä on viljan sienitauti, jota aiheuttavat *Claviceps*-suvun sienet. Euroopassa yleisin laji on *Claviceps purpurea* (EFSA 2017). Torajyvää ilmenee eniten rukiilla, mutta sitä voi esiintyä myös muilla suomalaisilla viljelykasveilla, kuten ohralla, vehnällä ja kauralla (EFSA 2017). Keskeisin keino torjua torajyvää on riittävä viljelykierto sekä sadon oikea-aikainen korjuu (VYR 2010). Euroopan parlamentin ja neuvoston (EY 2002) mukaan rehukäyttöön menevässä rukiissa torajyvää saa olla maksimissaan 1000 mg kilossa ruista.

Torajyvät voivat olla eläimille hengenvaarallisia ja pitkäaikainen vähäinenkin altistus voi johtaa myrkytystilaan eli ergotismiin (McDonald ym. 2011). Torajyvät sisältävät toksisia alkaloideja, ergotamiineja ja sekä niiden johdannaisia (Rouah-Martin ym. 2014, EFSA 2017). Ergotamiinit ja ergometriinit ovat merkittävimpiä torajyvän alkaloideja (McDonald ym. 2011). Niiden on osoitettu aiheuttavan kotieläimille muun muassa verisuonten supistumista ja sitä kautta verenkierron heikkenemistä, luomisia, ripulia, ontumista ja jopa kuolioita (Spiece 1986, McDonald ym. 2011). Torajyvän alkaloidien on osoitettu

vaikuttavan myös hypotalamuksen kautta eläinten lämmönsäätelyyn sekä rehun maittavuuteen (Spiece 1986).

2.4 Rukiin vaikutukset rehun syöntiin, kasvuun ja teurastuloksiin

Suomessa lihanautojen ruokinta perustuu hyvälaatuiseen nurmisäilörehuun. Pelkällä hyvällä säilörehullakin voidaan saavuttaa sonneilla hyviä tuotantotuloksia (Manni ym. 2016). Väkirehua käytetään nautojen ruokinnassa lisäämään eläinten energian ja ravintoaineiden saantia ja sitä kautta parantamaan tuotanto-ominaisuuksia kuten kasvua, lihakuutta ja teuraspainoa (Huuskonen ym. 2006, Huuskonen ym. 2014, Manni ym. 2016). Väkirehu sisältää runsaasti hiilihydraatteja, jotka ovat märehitjän tärkeimpiä energian lähteitä (McDonald ym. 2011).

Ohra on maailmanlaajuisesti suosittu väkirehu kotieläinten ruokinnassa (McDonald ym. 2011). Suomessa sonnien väkirehuna käytetään perinteisesti ohraa ja kauraa (Huuskonen 2009, Huuskonen 2011). Ohran rehuarvo on hieman kauraa parempi, mutta käyttämällä molempia voidaan tasata säilörehun laatuvaihteluja ja varmistaa eläinten riittävä energian saanti (Huuskonen 2009).

Liiallinen väkirehu nautojen ruokinnassa voi aiheuttaa suuresta tärkkelysmäärästä johtuvaa pötsiasidoosia, kun pöstin pH laskee äkillisesti (Pieszka ym. 2015). Erityisen tärkeää tämä on huomioida rukiilla, koska sen tärkkelyksen hajoamisnopeus on muita viljoja suurempi (Krieg ym. 2017). Huuskonen ym. (2014) osoittivat kuitenkin, että jos rehuannoksessa on riittävästi karkearehun kuitua (vähintään 180–200 g/kg ka), ruokinnan väkirehumäärä voidaan nostaa sonneilla korkeaksikin ilman haitallisia vaikutuksia.

Yksi tärkeimmistä kriteereistä sonnien väkirehuruokinnan suunnittelussa on käytettävän viljan hinta (Huuskonen 2009). Naudanlihantuotannossa ruokintakustannukset ovat suurin kuluerä muuttuvissa kustannuksissa (Manni ym. 2006). Väkirehun ollessa kallis ruokinnan komponentti, tulee ruokintastrategia valita siten, että rehukustannukset ja niitä vastaavat tuotantotulokset ovat optimaaliset. Hinta määrittääkin pitkälle sonnien väkirehuruokinnassa käytettävän viljan.

Suomalaisten suositusten mukaan nautojen väkirehu saisi sisältää maksimissaan 20 % ruista (VYR 2010). Ruista ei suositella ollenkaan korkeatuottoisille lehmille (VYR 2010) eikä vasikoille (Karlström ja Mäkinen 2012). Vuosina 2016–2019 rukiin rehukäyttö suomalaisilla tiloilla on vaihdellut 1–2 miljoonan kilon välillä ja kaikki rehukäyttö on Luken (2020) tilastotietokannan mukaan ollut nautakarjan ruokintaan. Rukiin vaikutuksista nautojen rehun syöntiin, kasvuun sekä teurastuloksiin löytyy melko vähän tutkimuksia, joten suositukset ovatkin varsin varovaisia.

Sharma ym. (1981) havaitsivat rukiin vähentävän hieman rehun syöntiä lypsylehmillä, kun väkirehun ohraa korvattiin rukiilla. Kokeessa lehmät saivat väkirehussa ruista 0, 25, 50 ja 75 %. Lehmien maitotuotos ei muuttunut merkitsevästi, mutta koska rasvatuotos väheni hieman, väheni rasvakorjattu maitotuotos merkitsevästi. Myös Spiece (1986) havaitsi, että väkirehun ohran korvaaminen rukiilla heikensi lypsylehmien rehun syöntiä, kun 60 % ohrasta korvattiin rukiilla. Ruis ei kuitenkaan vaikuttanut maitotuotokseen tai maidon rasva-, valkuais-, tai laktoosipitoisuuksiin.

Pieszka ym. (2015) puolestaan vertailivat lypsylehmillä ruokintoja, joiden väkirehussa oli 0, 25 ja 40 % ruista. Rukiilla korvattiin väkirehun vehnää. Kokeessa kaikki koe-eläimet olivat täydennetyllä seosrehuruokinnalla (partial mixed ration, PMR). Saman seosrehun lisäksi eläimet saivat väkirehua väkirehukioskeista. Kokeessa ruis ei vähentänyt lehmien väkirehun tai karkearehun syöntiä. Ruis ei myöskään vaikuttanut lehmien elopainoon, kuntoluokkaan tai maitotuotokseen. Kokeessa rukiin havaittiin jopa parantavan maidon rasvahappokoostumusta.

Sharma ym. (1981) havaitsivat myös, että ruis vähentää vasikoiden rehun syöntiä ja heikentää päiväkasvua. Kokeessa vasikat saivat väkirehun kuiva-aineesta 0, 30, 60, 80 % litistettyä ruista sekä 80 % paahdettua ruista. Ensimmäisen kuuden viikon aikana kaikkien koeryhmien vasikoiden rehun syönnit ja kasvut olivat yhtä suuria, mutta seuraavat 12 viikkoa 60 % ruista saanut ryhmä söi vähemmän ja kasvoi huonommin kuin kontrolliryhmä tai 80 % paahdettua ruista saanut ryhmä. Kokeessa rukiin kasvua heikentävän ominaisuuden havaittiin lieventyvän, kun litistetty ruis korvattiin paahdetulla rukiilla. Tällöin myös rehun maittavuus parani. Sharman ym. (1981) tutkimuksissaan havaitsivat rukiin haitalliset vaikutukset sekä vasikoilla että lypsylehmillä voivat kuitenkin johtua kokeiden rukiin sisältämästä torajyvästä.

Winter (1973, ref. Spiece 1986) ja Winter (1975, ref. Spiece 1986) taas osoittivat, että torajyvätöntä ruista voidaan antaa jopa 80 % härkien väkirehuruokinnassa ilman haitallisia vaikutuksia rehun syöntiin tai rehun käytön tehokkuuteen. Myös Schneider ym. (1990, ref. Meyer ym. 2017) osoittivat, että sonnien väkirehu voi sisältää ruista jopa viisi kiloa päivässä ilman haitallisia vaikutuksia rehun syöntiin tai kasvuun verrattaessa maissi-, ohra- tai vehnäväkirehuruokintoihin.

Pieszka ym. (2011) vertasivat puolestaan sonneilla ruokintoja, jossa oli ruista 0, 20 ja 40 % väkirehun kuiva-aineesta. Kokeessa väkirehun vehnää korvattiin rukiilla. Koeryhmien väliset rehut olivat ravitsemukselliselta arvoltaan, valkuaispitoisuudeltaan ja energiapitoisuudeltaan yhtenevät. Tutkimuksessa havaittiin merkitsevä ero koeryhmien välillä eläinten kasvuissa. Koeryhmä, jossa eläimet saivat väkirehussa ruista 20 % kuiva-aineesta, kasvoi parhaiten. Toiseksi parhaiten kokeessa kasvoi kontrolliryhmä, jonka väkirehussa ei ollut ruista, ja kolmanneksi sijoittui 40 % väkirehun kuiva-aineesta ruista saanut ryhmä. Ruis ei vaikuttanut teurasruhon painoon tai rasvaisuuteen. Rukiin havaittiin kuitenkin parantavan lihan rasvahappokoostumusta lisäämällä monityydyttymättömiä rasvahappoja (PUFA). Kokeessa ruis myös lisäsi lihan E-vitamiinipitoisuutta.

3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää rukiin käytön mahdollisuuksia maitorotuisen sonnien väkirehuruokinnassa. Tutkimuksessa korvattiin väkirehun ohraa ja kauraa asteittain rukiilla ja vertailtiin siten rukiin vaikutuksia sonnien kasvuun, rehun syöntiin, rehun hyväksikäyttöön sekä teurasruhon laatuun. Tutkimuksessa vertailtiin väkirehuruokintoja, jotka sisälsivät ruista 0, 15, 30 ja 45 % kuiva-aineesta. Koerehujen koostumukset muokattiin niin, että rehut olivat energia-arvoltaan samanlaisia. Tällöin koeryhmien väliset mahdolliset erot tuloksissa eivät johtuneet koe-eläinten erilaisista energian saanneista. Väkirehu oli teollista rakeistettua täysrehua.

Hypoteesina oli, että ruista voidaan käyttää nykyisiä suosituksia laajemmin maitorotuisen sonnien ruokinnassa. Rukiin käytöstä lihakarjan tai yleisesti nautojen ruokinnassa löytyi hyvin vähän tuoreita tutkimustuloksia. Lajikkeiden jalostuksen myötä rukiin sisältämien haitta-aineiden ja niiden vaikutusten uskottiin olevan vähentynyt.

4 AINEISTO JA MENETELMÄT

4.1 Tutkimusolosuhteet

Tutkimus tehtiin Luonnonvarakeskuksen Siikajoen toimipisteessä Ruukissa vuonna 2017. Tutkimusnavetta oli pihatto, jossa koe-eläimet olivat ryhmäkarsinoissa. Karsinoiden koko oli 10 × 5 metriä ja kussakin karsinassa oli viisi koe-eläintä. Karsina-alasta puolet oli oljella ja turpeella kuivitettua makuualuetta ja toinen puoli lantakäytävää. Karsinat kuivitettiin ja lantakäytävät tyhjennettiin kokeen aikana joka toinen päivä.

Jokaisessa karsinassa oli yksi vesipiste sekä kaksi eläinten yksilökohtaista syöntiä mittaavaa ruokintakaukaloa. Koe-eläimet tunnistettiin elektronisen korvamerkin perusteella. Sonnien terveydentilaa havainnoitiin koko kokeen ajan. Koe alkoi tammikuussa 2017 ja päättyi syyskuussa 2017.

4.2 Koe-eläimet

Koe-eläiminä olivat 80 maitorotuista sonnia, jotka hankittiin A-Tuottajat Oy:n eläinvälityksen kautta. Sonneista 48 olivat holstein-rotuisia (HOL) ja 32 ayrshireä (AY). Koe-eläimet olivat keskimäärin 250 vuorokauden ikäisiä ruokintakokeen alkaessa ja ne painoivat keskimäärin 320 kg.

Kokeen alussa koe-eläimet jaettiin satunnaisesti neljälle ruokintakäsittelylle niin, että jokaisella koekäsittelyllä oli neljä karsinaa (yhteensä 20 sonnia). Jokaisessa karsinassa oli 3 HOL-sonnia ja 2 AY-sonnia. Ennen koetta pidettiin kahden kuukauden pituinen totutusjakso, jolloin naudat totutettiin ruokintaan ja ympäristöön.

4.3 Koe-eläinten ruokinta

Ruokinta toteutettiin seosrehuna, jota oli tarjolla kaikille koe-eläimille vapaasti (*ad libitum*). Sonnien yksilöllistä syöntiä seurattiin karsinakohtaisella järjestelmällä (GrowSafe, GrowSafe Systems Ltd., Calgary, Kanada). Sonneilla oli vettä vapaasti tarjolla kokeen aikana.

Uusi rehuseos sekoitettiin ja jaettiin päivittäin apevaunulla (Trioliet solomix 1-1200, BW Oldenzaal, Hollanti). Rehu jaettiin kerran päivässä. Seosrehun kuiva-aineesta 50 % oli timoteinurmisäilörehua ja 50 % väkirehua. Väkirehu oli teollista rakeistettua täysrehua, joka valmistettiin rehutehtaalla (Kinnusen Mylly, Utajärvi, Suomi) koetta varten. Kontrolliväkirehu, joka ei sisältänyt ruista, oli kaupallista teollista täysrehua (Mulli-Tähti III, Kinnusen Mylly, Utajärvi, Suomi), jota käytetään normaalisti lihanautojen loppukasvatukseen. Nurmisäilörehu oli laadultaan hyvää timoteisäilörehua.

Timoteinurmisäilörehu korjattiin Luonnonvarakeskuksen tutkimustilan pelloilta Siikajoelta kesäkuussa 2016. Rehu niitettiin niittomurskaimella (Elho 280 Hydro Balance, Oy Elho Production Ab, Pännäinen, Suomi) ja esikuivatettiin 24 tuntia niiton jälkeen. Rehu korjattiin tarkkuussilppurilla (Lely Storm 130P, NHK Group, Hämeenlinna, Suomi). Säilöntäaineena käytettiin muurahaishappopohjaista valmistetta (AIV Ässä, Eastman Chemical Company, Oulu, Suomi), jota annosteltiin 5,8 kiloa tonnille tuoretta rehua. Rehu säilöttiin ilmatiiviisti laakasiiloihin.

Kokeessa käytettyjen väkirehujen koostumus on kuvattu taulukossa 2. Kokeen kontrollirehun pääkomponentit olivat ohra ja kaura. Ruista sisältävissä väkirehuissa ohraa ja kauraa korvattiin rukiilla. Kokeen väkirehut vakioitiin energiasisällön perusteella, jolloin energiapitoisuudet olivat yhtenäiset eri käsittelyissä. Väkirehuissa käytetty ruis ei sisältänyt torajyvää tai mykotoksiineja.

Väkirehut sisälsivät ruista 0 (C1), 15 (C2), 30 (C3) ja 45 % (C4) kuiva-aineesta. Koska ruis sisälsi ohraa enemmän tärkkelystä, rukiin parempaa energia-arvoa korvattiin kasviöljyllisellä väkirehuissa C1, C2 ja C3. Seosrehun väkirehuprosentti oli 50 %. Kokeen seosrehujen ruismäärät olivat siten 0; 7,5; 15 ja 22,5 % kuiva-aineesta.

Taulukko 2. Kokeessa käytettyjen väkirehujen komponenttien osuudet (g/kg ka).

	C1	C2	C3	C4
Ohra	491	356	210	54
Ruis	-	150	300	450
Vehnälese	144	144	144	144
Kaura	130	119	120	130
Rypsirouhe	70	69	67	65
Melassileike	66	66	66	66
Vehnärehujauho	65	65	65	65
Kalsiumkarbonaatti	16	16	16	16
Kasviöljy	8	5	2	-
Natriumkloridi	7	7	7	7
Magnesiumoksidi	2	2	2	2
Esiseos	1	1	1	1

Ruokintojen C1, C2, C3 ja C4 väkirehut sisälsivät ruista 0, 15, 30 ja 45 % kuiva-aineesta.

Esiseos = vitamiinit, kivennäis- ja hivenaineet

4.4 Rehujen analysointi

Säilörehusta kerättiin seosrehun sekoituksen yhteydessä keruunäytteitä, joista tehtiin ruokintajaksoittainen analyysinäyte. Ruokintajaksojen pituudet olivat noin neljä viikkoa. Jokaiselta ruokintajaksolta pakastettiin $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$:ssa kaksi säilörehunäytettä myöhempiä analyysijä varten.

Väkirehuista käytettiin analyysinäytteinä useamman ruokintajakson aikana kerätyistä osanäytteistä yhdistettyä kokonaisnäytettä. Näytteistä analysoitiin kuiva-aine, tuhka, typpi, NDF sekä tärkkelys. Säilörehusta analysoitiin edellä mainittujen lisäksi säilörehun käymislaatua kuvaavat parametrit ja sulavan orgaanisen aineen pitoisuus (D-arvo). Säilörehun säilönnällinen laatu analysoitiin Valion Seinäjoen laboratoriossa, jolloin säilörehusta määritettiin pH, haihtuvat rasvahapot, maito- ja muurahaishappo, sokerit, ammoniakityppi ja liukoinen typpi Valiolla käytössä olevalla puristenestetitruukseen pohjautuvalla laatumäärittelyksellä (Moisio ja Heikonen 1989).

Rehujen kemialliset koostumukset analysoitiin Luonnonvarakeskuksen Jokioisten laboratoriossa. Rehuista analysoitiin primaarinen kuiva-aine kuivattamalla näytteet

lämpökaapissa 105 °C:ssa 24 tuntia. Säilörehun kuiva-aine korjattiin haihtuvien aineiden, eli maitohapon, haihtuvien rasvahappojen, muurahaishapon ja ammoniakkin, osalta Huidan ym. (1986) menetelmällä. Näytteiden tuhka määritettiin polttamalla näytettä 600 °C:ssa kaksi tuntia. Tuhkan avulla laskettiin orgaanisen aineen pitoisuus vähentämällä määritetty tuhka kuiva-aineen määrästä.

Raakavalkuainen määritettiin Dumas-menetelmällä typpianalysaattorilla (Leco FP-428 N Analyser, Leco Corporation, St. Joseph, MO, USA). NDF määritettiin Van Soestin ym. (1991) menetelmää käyttäen, tärkkelys Salon ja Salmen (1968) kuvaamalla tavalla ja raakasva AOAC:n (2012) kuvaamalla tavalla. Säilörehun D-arvo määritettiin Huhtasen ym. (2006) mukaan.

4.5 Koe-eläinten punnitus, teurastus ja ruhon laadun määrittäminen

Sonnit punnittiin vaa'alla (Tru-Test EziWeigh7, Tru-Test Group, Auckland, Uusi-Seelanti) kokeen alussa, kokeen aikana viisi kertaa ja kokeen lopussa. Kokeen alussa ja lopussa sonnit punnittiin kahteen kertaan peräkkäisinä päivinä ja tuloksina käytettiin punnitustulosten keskiarvoa.

Kokeessa tavoiteltiin teuraspainoa 350–360 kg ja koe-eläimet teurastettiin elopainon perusteella. Eläimet teurastettiin kahdessa erässä. Teurastus tehtiin kaupallisen käytännön mukaisesti (EY 2006) Atria Oy:n teurastamolla Kauhajoella. Pintarasvan paksuus, lihasen sisäisen rasvan osuus, selkälihaksen paksuus ja selkälihaksen pinta-ala mitattiin ulträänilaitteella (Esaote MyLabOne Vet6, Maastricht, Alankomaat) päivää ennen teurastusta. Teuraspaino määritettiin ruuansulatuskanavan, sisäelinten, hännän, nahan, jalkojen, pään ja sisälmysrasvan poistamisen jälkeen.

Ruhon laatu määritettiin lihakkuuden ja rasvaisuuden perusteella EUROP-luokituksella. EUROP-luokituksessa E tarkoittaa lihakkuudeltaan erinomaista ja P heikkoa ruhoa (EY 2006). Luokkia oli yhteensä 15 (E+, E, E-, U+, U, U-, R+, R, R-, O+, O, O-, P+, P ja P-). EUROP-luokat numeroitiin tilastollista käsittelyä varten 1–15, jossa 15 vastaa parasta E+-luokitusta. Rasvaluokituksen asteikkona oli 1–5, jolloin 5 tarkoitti erittäin rasvaista ruhoa ja 1 hyvin ohutta rasvakerrosta tai ei rasvakerrosta ollenkaan.

4.6 Tulosten laskenta ja tilastollinen testaus

Eläinten energian, valkuaisen, kuidun ja tärkkelyksen saannit laskettiin rehun syöntimäärän ja rehujen ravintoainesisällön perusteella jokaisella koeruokinnalla.

Säilörehun syönti-indeksi laskettiin rehuanalyysin tulosten perusteella Huhtasen ym. (2007) kaavalla:

$$\begin{aligned} \text{Säilörehun syönti-indeksi} = & 100 + 10 \times [(D\text{-arvo} - 680) \times 0,017 - (\text{hapot} - 80) \times 0,0128 \\ & + (0,0198 \times (\text{ka} - 250) - 0,00002364 \times (\text{ka}^2 - 250^2)) - 0,44 \times \text{jälkisatosäilörehun osuus} \\ & + 4,13 \times \text{palkokasvien osuus} - 2,58 \times \text{palkokasvien osuus}^2 + 5,90 \times \text{kokoviljasäilörehun osuus} \\ & - 6,14 \times \text{kokoviljasäilörehun osuus}^2 - 0,002 \times (\text{kuitu} - 550)], \end{aligned}$$

jossa jälkisato-, palkokasvi- ja kokoviljasäilörehujen osuus vaihtelee välillä 0–1, D-arvo = sulava orgaaninen aine (g/kg ka), hapot = maitohappo + VFA (g/kg ka), ka = säilörehun kuiva-aine (g/kg), kuitu = säilörehun NDF-pitoisuus (g/kg ka)

Väkirehun muuntokelpoinen energia laskettiin kaavalla (Luke 2017):

$$\text{ME (MJ/kg ka)} = (15,2 \times \text{srv} + 34,2 \times \text{srr} + 12,7 \times \text{srk} + 15,9 \times \text{stua}) / 1000$$

jossa srv = sulava raakavalkuainen (g/kg ka), srr = sulava raakarasva (g/kg ka), srk = sulava raakakuitu (g/kg ka), stua = sulavat typettömät uuteaineet (g/kg ka).

Säilörehun ME-arvo laskettiin kaavalla:

$$\text{ME (MJ/kg ka)} = 0,016 \times D\text{-arvo (Luke 2017)}.$$

Valkuaisarvot laskettiin Luonnonvarakeskuksen rehutaulukoissa ja ruokintasuosituksissa (2017) kuvatulla tavalla:

$$\text{OIV} = \text{OIV}_{\text{mv}} + \text{OIV}_{\text{ov}}$$

$$\text{PVT} = \text{hv} - \text{mv}$$

$$\text{OIV}_{\text{mv}} = \text{ahmv} \times \text{smv} \times \text{mv}$$

$$\text{mv} = 152 \times (D\text{-arvo} - \text{ov}) / 1000$$

$$\text{hv} = \text{hvo} \times \text{rv}$$

$$\text{ov} = \text{rv} - \text{hv} = (1 - \text{hvo}) \times \text{rv}$$

Kaavoissa: OIV = ohutsuolesta imeytyvä valkuainen (g/kg ka), PVT = pötsin valkuaiaste (g/kg ka), mv = mikrobivalkuaisen tuotanto (g/kg kg), hv = hajoava valkuainen (g/kg ka), ov = ohitusvalkuainen (g/kg ka), OIVmv = ohutsuolesta imeytyvä mikrobivalkuainen, OIVov = ohutsuolesta imeytyvä ohitusvalkuainen, D-arvo = sulava orgaaninen aine (g/kg ka), hvo = hajoavan valkuaisen osuus, rv = raakavalkuainen (g/kg ka), ahmv = aminohappojen osuus mikrobivalkuaisesta (vakio on 0,75), smv = mikrobivalkuaisen osuus (vakio on 0,85) ja sov = ohitusvalkuaisen sulavuus (vakio on 0,82).

Koe-eläinten päiväkasvut laskettiin kaavalla:

päiväkasvu = (koe-eläinten paino kokeen alussa – koe-eläinten paino kokeen lopussa) / kokeen kasvatuspäivät.

Nettokasvu määritettiin kaavalla:

nettokasvu = (teuraspaino – kokeen alun ruhopaino) / kasvatuspäivät.

Kokeen alun ruhopaino määritettiin kaavalla:

ruhopaino = elopaino / 2

ja teurasprosentti laskettiin kaavalla:

teurasprosentti = eläimen ruhopaino / kokeen lopun elopaino × 100.

Tulosten tilastollinen testaus tehtiin varianssianalyysillä SAS-ohjelmistolla GLM-proseduurilla (versio 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Kokeen tulokset testattiin käyttämällä tilastollista mallia:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \theta_{ik} + \beta_{x_{ij}} + e_{ijk}$$

jossa μ = yleiskeskisarvo, e_{ijkl} = virhetermi, α = ruokintakäsittelyn kiinteä vaikutus, θ_{ik} = karsinan vaikutus.

Eläinten elopainoa kokeen alussa käytettiin kovariaattina, $\beta_{x_{ij}}$, mallissa testattaessa syöntiä, ravintoaineiden saantia, kasvua ja rehun hyväksikäyttöä kuvaavia muuttujia. Teuraspainoa käytettiin kovariaattina teuras tulosten, eli teurasprosentin, ruhon lihakkuuden, ruhon rasvaisuuden ja ultraäänimittausten, testauksessa. Rukiin osuuden vaikutus testattiin ortogonaalisin kontrastein seuraavilla vertailuilla: L = rukiin lisäämisen lineaarinen vaikutus, Q = rukiin lisäämisen toisen asteen vaikutus.

5 TULOKSET

5.1 Koeruokintojen kemiallinen koostumus ja rehuarvot sekä säilörehun käymislaatu

Kokeen väkirehujen sekä säilörehun kemiallinen koostumus ja rehuarvot on kuvattu taulukossa 3. Rasvapitoisuus oli matalin eniten ruista sisältävässä väkirehussa. Muissa väkirehuissa rukiin parempaa energia-arvoa korvattiin kasviöljylisällä. Väkirehujen NDF-pitoisuudet vaihtelivat välillä 253–275 g/kg ka, säilörehun NDF-pitoisuus oli 560 g/kg ka. Väkirehujen tärkkelysmäärät vaihtelivat välillä 369–404 g/kg ka. Säilörehun D-arvo oli 691 g/kg ka ja syönti-indeksi oli 102. Säilörehun säilönnällinen laatu on kuvattu taulukossa 4.

Taulukko 3. Kokeessa käytettyjen rehujen kemiallinen koostumus ja rehuarvot.

	Väkirehut				Säilörehu
	C1	C2	C3	C4	
Kuiva-aine (g/kg)	879	875	878	878	244
Orgaaninen aine (g/kg ka)	939	939	940	944	948
Raakavalkuainen (g/kg ka)	142	148	142	140	138
Raakarasva (g/kg ka)	37	36	31	30	41
NDF (g/kg ka)	253	260	258	275	560
Tärkkelys (g/kg ka)	369	373	391	404	9
ME (MJ/kg ka)	12,4	12,4	12,4	12,4	11,1
OIV (g/kg a)	96	96	96	96	82
PVT (g/kg ka)	5	5	5	5	16
Säilörehun syönti-indeksi	-	-	-	-	102
Säilörehun D-arvo (g/kg ka)	-	-	-	-	691

Ruokintojen C1, C2, C3 ja C4 väkirehut sisälsivät ruista 0, 15, 30 ja 45 % kuiva-aineesta.

NDF = neutraalidetergenttikuitu, ME = muuntokelpoinen energia, OIV = ohutsuolesta imeytyvä valkuainen, PVT = pötsin valkuaiastase, D-arvo = sulava orgaaninen aine

Taulukko 4. Säilörehun säilönnällinen laatu.

pH	3,78
Haihtuvat rasvahapot (g/kg ka)	14
Maito- ja muurahaishappo (g/kg ka)	52
Sokerit (g/kg ka)	64
Ammoniakkityppi (g/kg N)	44
Liukoinen typpi (g/kg N)	464

5.2 Rehun syönti

Ruokintakoe kesti keskimäärin 234 vuorokautta (taulukko 5). Keskimääräinen kuiva-aineen syönti koe-eläimillä oli 10,9 kiloa päivässä. Kuiva-aineen syönti väheni hieman rukiin määrän lisääntyessä, mutta koeryhmien välinen kuiva-aineen syönti ei kuitenkaan eronnut tilastollisesti merkitsevästi (lineaarinen vaikutus $P=0,15$). Rukiin osuuden suurentaminen vähensi raakavalkuaisen saantia suuntaa-antavasti (lineaarisuus $P=0,06$). Muuntokelpoisen energian saanti kokeen aikana oli keskimäärin 127,3 MJ päivässä. Raakavalkuaisen saanti oli keskimäärin 1522 g/pv ja OIV:n saanti 965 g/pv.

Taulukko 5. Koe-eläinten rehun syönti sekä ravintoaineiden saanti.

	Ruokinta				S.E.M	P-arvot	
	C1	C2	C3	C4		L	Q
Eläinten lukumäärä	19	20	17	20			
Kokeen kesto, pv	239	233	231	223	3,6	0,221	0,195
Syönti							
ka (kg/pv)	11,1	10,9	10,9	10,5	0,29	0,152	0,592
ka (g/metab. ep-kg)	104	103	105	99	2,8	0,309	0,279
ME (MJ/pv)	130	128	128	123	3,4	0,149	0,598
rv (g/pv)	1552	1559	1520	1457	40,0	0,061	0,356
OIV (g/pv)	985	973	970	933	25,5	0,146	0,602
NDF (g/pv)	4470	4454	4474	4351	118,9	0,509	0,634
Tärkkelys (g/pv)	2092	2102	2204	2164	56,2	0,190	0,642

Ruokintojen C1, C2, C3 ja C4 väkirehu sisälsi ruista 0, 15, 30 ja 45 % kuiva-aineesta.

S.E.M = keskiarvon keskivirhe, L = rukiin lisäämisen lineaarinen vaikutus, Q = rukiin lisäämisen toisen asteen vaikutus, ka = kuiva-aine, ep = elopaino, ME = muuntokelpoinen energia, rv = raakavalkuainen, OIV = ohutsuolesta imeytyvä valkuainen, NDF = neutraalidetergenttikuitu

5.3 Kasvu

Koe-eläinten päiväkasvut olivat kokeessa keskimäärin 1537 g/pv (taulukko 6). Nettokasvut puolestaan olivat keskimäärin 831 g/pv. Rukiin määrän rehussa ei havaittu vaikuttavan merkittävästi koe-eläinten päiväkasvuun tai nettokasvuun. Ruis ei myöskään vaikuttanut merkittävästi rehun hyväksikäyttöön.

Taulukko 6. Koe-eläinten kasvu sekä rehun hyväksikäyttö.

	Ruokinta				S.E.M	P-arvot	
	C1	C2	C3	C4		L	Q
Päiväkasvu (g/pv)	1544	1549	1511	1545	35,6	0,773	0,651
Nettokasvu (g/pv)	835	835	825	828	23	0,824	0,950
Rehun hyväksikäyttö							
kg ka/ep kasvu-kg	7,2	7,0	7,2	6,8	0,25	0,543	0,402
MJ/ep kasvu-kg	84	83	85	80	3,0	0,537	0,406
g rv/ep kasvu-kg	1005	1006	1006	943	35,2	0,346	0,263
kg ka/lihap. kasvu-kg	13,3	13,1	13,2	12,7	0,53	0,690	0,659
MJ/kg lihap. kasvu-kg	156	153	155	148	6,2	0,685	0,663
g rv/kg lihap. kasvu-kg	1859	1868	1843	1759	72,9	0,483	0,486

Ruokintojen C1, C2, C3 ja C4 väkirehut sisälsivät ruista 0, 15, 30 ja 45 % kuiva-aineesta. S.E.M = keskiarvon keskivirhe, L = rukiin lisäämisen lineaarinen vaikutus, Q = rukiin lisäämisen toisen asteen vaikutus, Päiväkasvu = elopainon kasvu, Nettokasvu = ruhopainon kasvu, ka = kuiva-aine, ep = elopaino, lihap. = lihapaino, rv = raakavalkuainen

5.4 Teuraslaatu

Koe-eläinten teurasikä oli keskimäärin 484 päivää (taulukko 7). Teuraspaino oli keskimäärin 354 kg. Ruhon lihakkuusluokka oli keskimäärin 5,1, joka vastaa EUROP-luokituksen O-luokkaa. Rukiin ei havaittu vaikuttavan merkittävästi teuraspainoon, teurasprosenttiin tai ruhon laatuun.

Taulukko 7. Koe-eläinten elopainon muutos, teurasikä ja teuraslaatu.

	Ruokinta				S.E.M.	P-arvot	
	C1	C2	C3	C4		L	Q
Eläinten lukumäärä	19	20	17	20			
Elopaino kokeen alussa, kg	321	321	315	322	8,7	0,984	0,686
Elopaino kokeen lopussa, kg	690	682	664	682	7,8	0,193	0,085
Teurasikä, pv	490	481	482	483	3,6	0,202	0,135
Teuraspaino, kg	360	355	348	354	5,1	0,272	0,281
Teurasprosentti, g/kg	521	520	524	519	3,7	0,889	0,508
Ruhon lihakkuus, EUROP	5,2	5,0	5,1	5,0	0,10	0,266	0,847
Ruhon rasvaisuus, EUROP	2,3	2,2	2,3	2,1	0,12	0,344	0,767
Ultraäänimittaukset							
Pintarasvan paksuus, mm	3,0	3,1	2,9	2,9	0,20	0,603	0,892
Lihaksen sisäinen rasva, %	3,0	2,8	2,8	2,8	0,21	0,434	0,389
Selkälihaksen paksuus, cm	6,8	6,8	6,8	6,7	0,12	0,374	0,535
Selkälihaksen pinta-ala, cm ²	73	70	69	72	1,8	0,522	0,088

Ruokintojen C1, C2, C3 ja C4 väkirehut sisälsivät ruista 0, 15, 30 ja 45 %.

S.E.M = keskiarvon keskivirhe, L = rukiin lisäämisen lineaarinen vaikutus, Q = rukiin lisäämisen toisen asteen vaikutus

6 TULOSTEN TARKASTELU

6.1 Koeruokintojen kemiallinen koostumus ja rehuarvot sekä säilörehun käymislaatu

Kokeessa käytetty säilörehu oli säilönnälliseltä laadultaan hyvää. Säilörehun sulavuus oli hyvä (D-arvo 691 g/kg ka). Kontrolliväkirehussa C1 oli suurin raakarasvapitoisuus, sillä siihen oli lisätty eniten öljyä kompensoimaan rukiin parempaa energia-arvoa. Vastaavasti C4 väkirehun rasvapitoisuus oli pienin. Kaikkien väkirehujen energiapitoisuudet olivat öljylisäyksen vuoksi yhtä suuret, 12,4 MJ/kg ka.

Säilörehusta peräisin olevan NDF:n pitoisuus oli seosrehussa 280 g/kg ka ja seosrehun NDF-pitoisuus puolestaan oli 407–418 g/kg ka. Suomalaisten suositusten mukaan lypsy-lehmillä koko rehuannoksessa tulee olla karkearehusta peräisin olevaa kuitua (NDF) 250 g/kg ka (Kajava ym. 2016). Tosin Kajava ym. (2016) osoittivat, että karkearehun kuitupitoisuus voi olla jopa hieman nykyisiä suosituksia matalampi ilman haitallisia vaikutuksia nautojen terveyteen. Kasvavien lihanautojen osalta Huuskonen ym. (2014) raportoivat, että noin 200 g/kg ka olisi riittävä määrä karkearehun NDF:ää turvaamaan eläinten normaalit pötsitoiminnot. Näiden perusteella rehuannoksen NDF-pitoisuus oli tässä kokeessa riittävällä tasolla.

Seosrehujen NDF-pitoisuus oli suurin eniten ruista sisältävässä ruokinnassa ja vähäisin kontrollissa. Rehun riittävä kuitupitoisuus parantaa pötsin puskuroidintykyä happamoitumista vastaan lisäämällä märehmistä ja estäen siten pötsiasidoosia (Jorgensen ym. 2007, Kajava ym. 2016). Ruokinnan väkirehun osuuden ollessa suuri voidaan rehun kuitupitoisuutta lisäämällä ennaltaehkäistä liiallisesta tärkkelysmäärästä johtuvia terveysongelmia (Jorgensen ym. 2007). Rukiin tärkkelyksen on osoitettu olevan nopeammin hajoavaa kuin vehnän tai ohran tärkkelyksen (Krieg ym. 2017), joten ruokintojen riittävä kuitupitoisuus on ruista sisältävissä ruokinnoissa erityisen tärkeää.

Tärkkelyksen pitoisuus ruokinnoissa vaihteli välillä 189–207 g/kg ka. Suomalaisten suositusten mukaan tärkkelystä saisi olla lypsylehmien rehuannoksessa maksimissaan 250 g/kg ka (Kajava ym. 2016), eli kokeen ruokintojen tärkkelysmäärät olivat suositusten mukaiset. Toisaalta Huuskonen ym. (2014) havaitsivat, että sonneilla seosrehun

tärkkelysmäärä voi olla jopa 400 g/kg ka ilman terveysongelmia. Tämän kokeen ruokinnoissa tärkkelyksen määrä lisääntyi hieman, kun rukiin määrä lisääntyi.

6.2 Rehun syönti

Rukiin ei havaittu vaikuttavan merkitsevästi sonnien rehun kuiva-aineen syöntiin tai ravintoaineiden saantiin. Myöskään Pieszka ym. (2015) eivät havainneet väkirehun vehnän korvaamisen rukiilla vaikuttavan lypsylehmien rehun syöntiin.

Kuiva-aineen syönti vaihteli tämän kokeen koeryhmissä välillä 10,5–11,1 kg/pv. Eniten ruista saanut ryhmä söi kokeessa vähiten, mutta ero ei kuitenkaan ollut merkitsevä (lineaarisuus $P=0,15$). Rukiin on uskottu olevan huonosti maittava vilja (Spiece 1986, McDonald ym. 2011), mutta tämän tutkimuksen rehun syöntien perusteella ei voida olettaa, että ruis maittaisi sonneille huonommin kuin ohra ja kaura. Tosin maittavuutta on vaikea määrittää, eikä se tarkoita ainoastaan rehun syöntiä (McDonald ym. 2011).

Kokeen kaikki väkirehut sisälsivät melassileikettä. Teollisten väkirehujen maittavuutta voidaan parantaa teollisuuden sivutuotteilla kuten melassilla. Seosrehuruokinnan etuna on, että ruokinnassa voidaan käyttää erilaisia huonomminkin maittavia komponentteja. Huuskonen (2011) kuitenkin osoitti, ettei rehun syönnissä ollut eroa sonnien loppukasvatuksen aikana seosrehun sisältäessä joko teollista täysrehua tai tavallista litistettyä ohraa.

Nautojen rehun syönnissä ei ole myöskään havaittu eroja, kun väkirehun ohraa on korvattu kauralla (Huuskonen 2009) tai vehnällä (Drennan ym. 2006, Doepel ym. 2009). Samoin Dion ja Seoane (1992) eivät havainneet väkirehun maissin, ohran, vehnän ja kauran välillä merkitseviä eroja härkien rehun syönnissä.

NDF:n saanti oli tässä kokeessa keskimäärin 4437 g/pv, eikä rukiin osuuden lisääminen vaikuttanut merkitsevästi NDF:n saantiin. Rukiin lisäyksen ei myöskään havaittu vaikuttavan merkitsevästi tärkkelyksen saantiin. Raakavalkuaisen saannin havaittiin vähenevän suuntaa-antavasti, kun rukiin määrä rehussa kasvoi. Todennäköisesti suuntaa-antavuus johtui C4 ruokinnan numeerisesti pienemmästä kuiva-aineen syönnistä.

Rukiin raakavalkuaispitoisuus on alhaisempi kuin ohran tai kauran. Raakavalkuaispitoisuus väheni myös ruista sisältävissä väkirehuissa, kun rukiin määrää lisättiin. Kontrollissa oli kuitenkin sama raakavalkuaispitoisuus kuin 30 % ruista sisältävässä väkirehussa. Rukiin ei kuitenkaan havaittu vaikuttavan merkittävästi OIV:n saantiin. On osoitettu, että yli 200 kg painoisilla sonneilla pötsin mikrobivalkuainen riittää tyydyttämään eläinten aminohappotarpeen (Huuskonen 2009, Luke 2017, Meyer ym. 2017). Tämänkään vuoksi pienet suuntaa-antavat erot raakavalkuaisen saannissa eivät vaikuttaneet kokeen tuloksiin.

6.3 Kasvu

Rukiin ei havaittu vaikuttavan koe-eläinten kasvuun. Päiväkasvut, nettokasvut, teurasiät tai elopainot eivät eronneet toisistaan merkittävästi koeryhmien välillä, kun rukiilla korvattiin väkirehun ohraa ja kauraa. Tulos on ristiriidassa Pieszkan ym. (2011) tutkimuksen kanssa, jossa havaittiin, että 20 % ruista sonnien väkirehussa on optimaalinen määrä ja saavuttaa parhaimmat tulokset.

Energian saannin on osoitettu olevan nautojen kasvuun eniten vaikuttava tekijä (Huuskonen ja Huhtanen 2015). Tässä tutkimuksessa sonnien energian saanti oli keskimäärin 127 MJ/pv, eikä se eronnut merkittävästi koeryhmien välillä. Useissa tutkimuksissa (Dion ja Seoane 1992, Huuskonen ym. 2007a, Huuskonen ym. 2007b, Jorgensen ym. 2007, Huuskonen 2009, Huuskonen ja Huhtanen 2015) on osoitettu, että väkirehusta riippumatta, rehujen energia-arvojen ollessa samat, nautojen kasvut eivät eroa merkittävästi. Heikomman energiarvon rehun syönti lisää yleensä rehun kokonaissyöntiä, kun naudat pyrkivät energettisellä syönnin säätelyllä korvaamaan heikompa rehuarvoa (Huuskonen ym. 2007a, Jorgensen ym. 2007, Huuskonen 2009). Huonomman rehuarvon kompensoiminen lisää syömällä on mahdollista, kunnes pötsin täyteisyydestä tulee rajoittava tekijä.

Huuskonen ym. (2007b) havaitsivat, että ohran korvaaminen enemmän NDF:ää ja vähemmän tärkkelystä sisältävällä ohrarehulla ei vaikuttanut sonnien kasvuun, kun ohraa korvattiin ohrarehulla 25 tai 50 % väkirehun kuiva-aineesta. Kun ohrasta korvattiin 75 % ohrarehulla, kasvutulokset kuitenkin heikkenivät selvästi. Kokeessa havaittiin, etteivät sonnit pystyneet 75 % ohrarehutasolla (NDF 525 g/kg ka) korvaamaan vähentynyttä energiasaantiaan energettisellä syönnin säätelyllä. Drennan ym. (2006) taas havaitsivat, että

väkirehun ohran korvaaminen vehnällä, jossa oli ohraa suurempi tärkkelyspitoisuus ja alhaisempi kuitupitoisuus, ei vaikuttanut härkien EUROP-luokituksen rasvaisuuteen, lihakkuuteen tai kasvuun.

Tässä tutkimuksessa sonnien kasvutulokset olivat parempia kuin suomalaisten sonnien keskimääräiset teurastulokset. Huuskosen (2014) selvityksen mukaan keskimääräinen teurasikä suomalaisilla tiloilla on holsteinilla 587 päivää ja ayrshirellä 592 päivää (taulukko 8). Teuraspainot suomalaisilla tiloilla ovat AY-sonneilla keskimäärin 330 kg ja HOL-sonneilla 333 kg.

Taulukko 8. Kokeen teurastulosten vertailu suomalaisten teurassonnien keskimääräisiin teurastietoihin (Huuskonen 2014).

	Koe keskimäärin	AY keskimäärin	HOL keskimäärin
Teurasikä, päivää	484	592	587
Teuraspaino, kg	354	330	333
Ruhon lihakuus, EUROP	5,1	4,7	4,1
Ruhon rasvaisuus, EUROP	2,2	2,4	2,4

AY = ayrshire, HOL = holstein

Tässä tutkimuksessa kaikissa koeryhmissä saavutettiin korkeammat teuraspainot (348–360 kg) kuin keskimäärin suomalaisissa sonnikasvattamoissa, vaikka teurasiät olivat matalampia (481–490 pv). Tulos on kuitenkin odotettu, sillä suomalaisissa koeolosuhteissa saavutetaan keskimäärin kymmenen prosenttia suuremmat ruhon teuraspainot verrattuna tavallisiin tuotanto-olosuhteisiin suomalaisilla lihakarjatiljoilla (Huuskonen 2014). Erot tutkimusolosuhteissa ja tuotanto-olosuhteissa saaduissa teurastuloksissa johtuvat todennäköisesti erilaisista ruokintastrategioista ja eläinten olosuhteista (Huuskonen 2014).

Rukiin ei havaittu vaikuttavan kokeessa rehun hyväksikäyttöön. Tämän tutkimuksen perusteella maitorotuisten sonnien ruokinnassa voidaan käyttää ruista jopa 45 % väkirehun kuiva-aineesta, väkirehuprosentin ollessa 50 %, eikä sonnien kasvu heikkene verrattaessa ohra- ja kaurapohjaiseen väkirehuruokintaan.

6.4 Teuraslaatu

Tässä tutkimuksessa kontrollirehua saaneet sonnit olivat teuraspainoltaan hieman isompia ja ruhon lihakkuudelta hieman parempia kuin ruista saaneet sonnit, mutta merkitsevää vaikutusta rukiin lisäämisellä ruokintaan ei kuitenkaan havaittu. Koeryhmien välillä ei havaittu merkitsevää eroa myöskään teurasprosentissa tai ruhon rasvaisuudessa, kun rukiin määrä ruokinnassa lisääntyi. Rukiin ei havaittu myöskään vaikuttavan ultraääniteknikalla mitattuihin pintarasvan paksuuksiin, lihaksen sisäisen rasvan määriin, selkälihaksen paksuuksiin tai selkälihaksen pinta-aloihin. Tulos on yhtenevä Pieszka ym. (2011) kanssa, jotka havaitsivat lisäksi rukiin lisäävän lihan E-vitamiinipitoisuutta ja parantavan lihan rasvahappokoostumusta. Myöskään aiemmissä tutkimuksissa ruokinnan NDF-pitoisuuden tai väkirehutyypin ei ole osoitettu vaikuttavan sonnien lihakkuuteen (Drennan ym. 2006, Huuskonen ym. 2008, Huuskonen 2009).

Verrattaessa kokeen teurastuloksia keskimääräisiin tuloksiin suomalaisilla tiloilla (Huuskonen 2014) havaittiin, että kaikki koeryhmät olivat keskimäärin ruhon lihakkuudelta ja rasvaisuudelta EUROP-luokituksen mukaan parempia kuin ayrshiren ja holsteinin keskimääräiset teurastulokset suomalaisilla teurastamoilla (taulukko 8).

Sonnien energian saannit olivat koeryhmien välillä yhtenevät, joten mahdolliset erot koeryhmien välillä rehun syönnissä, kasvussa tai teurastuloksessa olisivat johtuneet rukiin sisältämistä ainesosista kuten haitta-aineista. Tämän kokeen perusteella ei havaittu näiden haitta-aineiden vaikuttavan maitorotuisten sonnien rehun syöntiin, kasvuun tai teurastuloksiin.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän tutkimuksen tulosten perusteella voidaan olettaa, että ruista voidaan käyttää nykyisiä suosituksia enemmän maitorotuisten sonnien ruokinnassa. Tutkimuksessa havaittiin, ettei ruis vaikuttanut sonnien kasvuun, rehun syöntiin, rehun hyväksikäyttöön eikä teuraspainoon tai teuraslaatuun edes silloin, kun väkirehun ohrasta ja kaurasta 45 % oli korvattu rukiilla. Koe toteutettiin seosrehuruokinnalla väkirehuprosentin ollessa 50 %.

Kokeessa ei havaittu viitteitä siitä, että rukiin haitta-aineet olisivat heikentäneet rehun maittavuutta tai huonontaneet maitorotuisten sonnien rehun syöntiä, sonnien kasvua tai teurastuloksia. On kuitenkin tärkeä huomioida, että tässä tutkimuksessa käytettiin hyvälaatuista torajyvätöntä ruista. Torajyvä on hyvin haitallista kotieläimille ja todennäköisesti vanhoissa tutkimuksissa rukiin haitalliset vaikutukset ovat johtuneet osittain käytetyn rukiin sisältämästä torajyvästä.

Kokeen väkirehut olivat rakeistettuja teollisia täysrehuja. Rakeistamalla voidaan teoriassa parantaa rehun maittavuutta verrattuna litistettyyn viljaan, sillä rakeistettuun rehuun voidaan lisätä maittavuutta parantavia ainesosia kuten melassia. On myös mahdollista, että rakeistaminen on heikentänyt rukiin haitta-aineiden vaikutuksia.

Ensisijaisesti ruis tulee melko varmasti jatkossakin oleman Suomessa leipävilja paremman hinnan vuoksi. Tämän tutkimuksen perusteella rehuteollisuus voisi kuitenkin ostaa ruista enemmän myös rehukäyttöön. Sonnikasvatuksessa väkirehun valinnassa erittäin keskeistä on väkirehun hinta, joten useimmiten sonnikasvattamoilla käytetäänkin kotoisia rehuja. Mikäli ruista haluttaisiin käyttää suoraan tilojen kotoisissa rehuseoksissa, tarvitaan lisää tutkimusta selvittämään vastaako tämän tutkimuksen tulokset rakeistetulla ruisrehulla tavallisen litistetyn rukiin vaikutuksia sonnien rehun syöntiin, kasvuun ja teurastuloksiin.

8 KIITOKSET

Haluan kiittää yliopistonlehtori Seija Jaakkolaa sekä tutkimusprofessori Arto Huuskosta työni ohjaamisesta. Kiitokset myös tuesta puolisolteni Jyrille. Erityiskiitos pojalleni Artturille kärsivällisyydestä, jonka ansiosta työn tekeminen oli mahdollista.

LÄHTEET

- Andersson, A. A. M., Dimberg, L., Åman, P. & Landberg, R. 2014. Review: Recent findings on certain bioactive components in whole grain wheat. *Journal of Cereal Science* 59: 294–311.
- AOAC 2012. Official methods of analysis of AOAC International. (toim.) Latimer, G. 19. painos. Arlington, VA: Association of Analytical Chemists 1. 298 s.
- Dion, S. & Seoane, J. R. 1992. Nutritive value of corn, barley, wheat and oats fed with medium quality hay to fattening steers. *Canadian Journal of Animal Science* 72: 367–373.
- Doepel, L., Cox, A. & Hayirli, A. 2009. Effects of increasing amounts of dietary wheat on performance and ruminal fermentation of Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 92: 3825–3832.
- Drennan, M. J., McGee, M. & Moloney, A. P. 2006. The effect of cereal type and feeding frequency on intake, rumen fermentation, digestibility, growth and carcass traits of finishing steers offered a grass silage-based diet. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 45: 135–147.
- EFSA 2017. Arcella, D., Gomez Ruiz J. A., Innocenti M. L. & Roldan, R. Scientific report on human and animal dietary exposure to ergot alkaloids. *EFSA Journal* 15: 4902. 53 s.
- EY 2002. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi haitallisista aineista eläinten rehussa 2002/32/EY. Annettu 7.5.2002. Euroopan unionin virallinen lehti L140: 10–22. Julkaistu 30.5.2002. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:02002L0032-20191128&from=FI>. Viitattu 27.2.2020.
- EY 2006. Neuvoston asetus yhteisön täysikasvuisten nautaeläinten ruhojen luokittelusta. Asetus no 1183/2006. Annettu 24.7.2006. Euroopan unionin virallinen lehti L214: 1–6. Julkaistu 4.8.2006. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2006/1183/oj>. Viitattu 21.1.2019.
- FAO 2020. FAOstat. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Vienna, Austria. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Saatavilla: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Viitattu 21.1.2020.
- Hansen, H. B., Møller, B., Andersen, S.B., Jørgensen, J. R. & Hansen Å. 2004. Grain characteristics, chemical composition, and functional properties of rye (*Secale cereal* L.) as influenced by genotype and harvest year. *Journal of Agricultural and Food chemistry* 52: 2282–2291.

- Heald, P. J. 1953. The fermentation of xylans in the rumen of sheep. *British Journal of Nutrition* 7: 124.
- Huhtanen, P., Nousiainen, J. & Rinne, M. 2006. Recent developments in forage evaluation with special reference to practical applications. *Agricultural and Food Science* 3: 293–323.
- Huhtanen, P., Rinne, M. & Nousiainen, J. 2007. Evaluation of the factors affecting silage intake of dairy cows: a revision of the relative silage dry-matter intake index. *The Animal Consortium* 1: 758–770.
- Huida, L., Väätäinen, 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.
- Huuskonen, A. & Huhtanen, P. 2015. The development of a model to predict BW gain of growing cattle fed grass silage-based diets. *Animal* 9: 1329–1340.
- Huuskonen, A. 2009. The effect of cereal type (barley versus oats) and rapeseed meal supplementation on the performance of growing and finishing dairy bulls offered grass silage-based diets. *Livestock Science* 112: 53–62.
- Huuskonen, A. 2011. Effects of barley grain compared to commercial concentrate or rapeseed meal supplementation on performance of growing dairy bulls offered grass silage-based diet. *Agricultural and Food Science* 20: 191–205.
- Huuskonen, A. 2014. A comparison of Nordic Red, Holstein-Friesian and Finnish native cattle bulls for beef production and carcass traits. *Agricultural and Food Science* 23: 159–164.
- Huuskonen, A., Khalili, H. & Joki-Tokola, E. 2008. Inclusion of barley fibre and barley protein in a total mixed ration for growing dairy bulls. *Acta Agriculture Scandinavica Section A* 58: 37–44.
- Huuskonen, A., Joki-Tokola, E. & Rantanen, A. 2007a. Ohrarehun ja ohravalkuaisrehun käyttö sonnien seosrehuruokinnassa. Teoksessa: Täykkelys-etanoliteollisuuden sivutuotteet lihanautojen seosrehuruokinnassa. *Maa- ja elintarviketalous* 98: 13–31.
- Huuskonen, A., Khalili, H. & Joki-Tokola, E. 2006. Effects of three different concentrate proportions and rapeseed meal supplement to grass silage on animal performance of dairy-breed bulls with TMR feeding. *Livestock Science* 110: 154–165.
- Huuskonen, A., Khalili, H. & Joki-Tokola, E. 2007b. Effects of replacing different proportions of barley grain by barley fibre on performance of dairy bulls. *Agricultural and Food Science* 16: 232–244.

- Huuskonen, A., Pesonen, M. & Joki-Tokola, E. 2014. Effects of supplementary concentrate level and separate or total mixed ration feeding on performance of growing dairy bulls. *Agricultural and Food Science* 23: 257–265.
- Kajava, S., Palmio, A., Sairanen, A. & Rinne, M. 2016. Intensiivisen ruokinnan vaikutus lehmän pötsin pH-tasapainoon. Teoksessa: Palmio, A., Niskanen, O., Kajava, S., Kykkänen, S., Hyrkäs, M., Sairanen, A. *Kestävä karjatalous. KESTO-maidon- ja nurmentuotannon tutkimuksen tuloksia*. Helsinki: Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 53/216. s. 54–68.
- Karlström, T. & Mäkinen, I. 2012. Ruokitaan hyvää kasvua. Teoksessa: Huhtamäki, T. (toim.) *Vasikasta huippulypsylehmäksi*. Hämeenlinna: Tieto tuottamaan 137. s.39–40.
- Krieg, J., Seifried, N., Steingass, H & Rodehutschord, M. 2017. In situ and in vitro ruminal starch degradation of grains from different rye, triticale and barley genotypes. *The Animal Consortium* 1–9.
- Kulawinek, M. & Kozubek, A. 2008. Quantitative determination of alkylresorcinols in cereal grains: independence of the length of the aliphatic side chain. *Journal of Food Lipids* 5: 251–261.
- Luke 2017. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset. Luonnonvarakeskus. Viitattu 20.1.2020. Saatavilla: <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Rehutaulukot>.
- Luke 2020. Luonnonvarakeskus Tilastotietokanta. Viitattu 20.1.2020. Saatavilla: <https://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/>.
- Manni, K., Rinne, M. & Huuskonen, A. 2016. Väkiheruokinnan vaikutus maitorotuisien sonnien kasvu- ja teurasominaisuuksiin. Teoksessa: Alakukku, L., Schulman, N. & Puhakainen, T. (toim.). *Maataloustieteen päivät 2016*. Helsinki: Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote no 32. s. 64.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A. & Wilkinson, R. G. 2011. *Animal Nutrition*. 7. painos. Harlow, UK: Pearson Education Limited. 692 s.
- Meyer, A., von Gagern, W., Schwarz, T., Pieszka, M., Łopuszańska-Rusek, M., Kamyczek, M. & Heuer, C. H. 2017. Rye in pig and cattle feed. KWS Lochow GmbH. Bergen. Saksa. 27 s.
- Moisio, T. & Heikonen, M. 1989. A titration method for silage assessment. *Animal Feed Science and Technology* 22: 341–353.
- Pieszka, M., Kamyczek, M., Łopuszańska-Rusek, M. & Migdał, W. 2011. Assessment of suitability for use of hybrid rye by KWS Lochów Polska sp. z o.o. for fattening of

- young beef cattle. Final report on an experiment conducted for KWS Lochów Polska Sp. z o.o. Julkaisematon. Saatavilla: https://pdfs.semanticscholar.org/b87c/8858293ce8a7cf4f777916f92e214dffdf91.pdf?_ga=2.94353885.1379670062.1585653283-154325636.1576177940.
- Pieszka, M., Kamyzek, M., Rudzki, B., Łopuszańska-Rusek, M. & Pieszka, M. 2015. Evaluation of the usefulness of hybrid rye in feeding polish hosltein-friesian dairy cows in early lactation. *Annals of Animal Science* Vol. 15: 929–943.
- Rouah-Martin, E., Maho, W., Mehta, J., De Saeger, S., Covaci, A., Van Dorst, B., Blust, R. & Robbens, J. 2014. Aptamer-Based Extraction of Ergot Alkaloids from Ergot Contaminated Rye Feed. *Advances in Bioscience and Biotechnology* 5: 692–698.
- Ruokavirasto 2020. Viljasadon laatu -tietokanta. Viitattu 24.1.2020. Saatavilla: <https://avointieto.ruokavirasto.fi/#/kasvi/viljasadon-laatu>.
- Salo, M-L. & Salmi, M. 1968. Determination of starch by the amyloglucosidase method. *Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland* 40: 38–45.
- Schneider, M., Baldeweg, P., u. Flachowsky, G. 1990. Untersuchungen zum Einsatz von Mais, Roggen, Gerste bzw. Weizen als Konzentrat in der Mastrinderfütterung. *Tierzucht* 44: 178–179
- Schwarz, T., Kuleta, W., Turek, A., Tuz, R., Nowicki, J., Rudzki, B. & Bartlewski, P. M. 2015. Assessing the efficiency of using a modern hybrid rye cultivar for pig fattening, with emphasis on production costs and carcass quality. *Animal Production Science* 55: 467–473.
- Sharma, H. R., Ingalls, J. R., McKirdy, J. A. & Sanford, L. M. 1981. Evaluation of rye grain in the diets of young holstein calves and lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 64: 441–448.
- Spiece, K. L. 1986. The effect of feeding processed rye grain to lactating dairy cattle and the effect of rye bran and flour fractions on ruminal flow and gastrointestinal function. PhD Thesis. University of Manitoba. 256 s.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B. & Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74: 3583–3597.
- Winter, K. A. 1973. Rye grain in high energy steer rations. *Canadex Livestock* #42060.
- Winter, K. A. 1975. Rye for growing steers. *Canadex Livestock* #42060.
- VYR 2010. Rukiin viljelyopas. Viitattu 20.1.2020. Saatavilla: <https://www.vyr.fi/rukiin-viljelyopas/rukiin-viljelyopas/>.