



Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 97/2022

Ruokinnallisilla vaihtoehtoilla resilienssiä kotieläintuotantoon

Sini Perttilä, Heidi Högel, Kaisa Kuoppala, Olli Niskanen ja Marketta Rinne

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 97/2022

Ruokinnallisilla vaihtoehtoilla resilienssiä kotieläintuotantoon

Sini Perttilä, Heidi Högel,
Kaisa Kuoppala, Olli Niskanen ja Marketta Rinne

Viittausohje:

Perttilä, S., Högel, H., Kuoppala, K., Niskanen, O. & Rinne, M. 2022. Ruokinnallisilla vaihtoehtoilla resilienssiä kotieläintuotantoon. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 97/2022. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 95 s.

Sini Perttilä ORCID ID, <https://orcid.org/0000-0002-4992-9369>



ISBN 978-952-380-555-2 (Painettu)

ISBN 978-952-380-556-9 (Verkkojulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkojulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-556-9>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Sini Perttilä, Heidi Högel, Kaisa Kuoppala, Olli Niskanen ja Marketta Rinne

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2022

Julkaisuvuosi: 2022

Kannen kuva: Sini Perttilä

Painopaikka ja julkaisumyynänti: PunaMusta Oy, <http://luke.omapumu.com/fi>

Tiivistelmä

Rehujen tuotannon katovuosien riskit kasvavat säävaihtelujen lisääntyessä ilmastonmuutoksen myötä samaan aikaan kun tuotantopanosmarkkinoiden epävakaudet lisääntyvät. Markkinoiden epävakaudesta aiheutuva viljojen ja muiden rehujen hintojen vaihtelu ja jopa saatavuushaasteet aiheuttavat kotieläintiloilla suuria muutoksia tuotantokustannuksissa. Poikkeuksia rehuhooltoon voivat aiheuttaa myös muut kriisit, jotka korostavat huoltovarmuuden ja omavaraisuuden tärkeyttä. Mahdolliset toimenpiteet kriisin sattuessa riippuvat kriisin tyypistä, laajuudesta ja syvyydestä. Ratkaisumalleja tulisi pohtia esimerkiksi raaka-ainepulaan, raaka-aineiden laatuun sekä markkinoiden toimintaan.

Tähän selvitykseen on koottu kirjallisuudesta löytyvien tietojen pohjalta käytännön tietoa kotieläintilojen huoltovarmuuden lisäämiseksi: tietoa viljojen käytöstä kotieläinten ruokinnassa, viljan ja muiden rehuaineiden laadun merkityksestä ja huomioimisesta ruokinnassa sekä mahdollisuuksista rehujen laatuvaatimusten laskemiseen eri tuotantosunnissa sekä vaihtoehtoista rehuaineista ja niiden käytöstä huomioiden erityisesti kotimaiset valkuaislähteet. Selvityksessä on pyritty huomioimaan rehulainsäädäntö, ruokinnalliset tekijät, taloudelliset seikat, eläinten hyvinvointi sekä elintarviketurvallisuus ja -laatu.

Rehuraaka-ainevalikoimaa voidaan monipuolistaa ottamalla mukaan pieniäkin eriä ja paikallisia vaihtoehtoja niin rehuteollisuudessa kuin tiloillakin. Oheistuotteiden ja uusien rehujen käyttöä voidaan lisätä prosessiteknologian ja lainsäädännön rajoissa. Uusia rehuvaihtoehtoja on tullut erityisesti valkuaisrehupuolelle, joista merkittävää potentiaalia omaavat PAP (processed animal protein) ja hamppu. Energiarehupuolella viljojen syyslajikkeet, ruis ja ruisvehnä kiinnostavat, mutta niiden rehukäyttö, rehuarvot ja käyttökelpoisuus vaativat vielä lisää selvitystä. Myös uusien oheistuotteiden kuten esimerkiksi perunan ja vihannes- ja juurestuotannon oheistuotteiden ja nurmen sekä karkearehujen monipuolisempaa käyttöä on syytä pohtia.

Kriisitilanteessa voi tulla tarve ottaa käyttöön laajemmin raaka-aineita ja tuotantopanosia, joiden käyttöä rajoitetaan lainsäädännöllisesti, kuten esimerkiksi eläinperäiset käsitellyt sivutuotteet (PAP). Laatuun liittyvien rajoitusten lievennykset voivat koskea esimerkiksi muuntogeenisyyttä, kasvinsuojeluainejäämiä, hometoksiineja tai muita haitallisia aineita sisältäviä tuotteita.

Omavaraisuuden kasvattaminen parantaa toimintamahdollisuuksia myös kriisitilanteessa. Kriisin varalle on tuontiriippuvuuden vähentämiseksi pohdittava valmiiksi korvaavia ratkaisuja. Valkuaisomavaraisuuden kasvattaminen on vartenotettava keino, mutta valkuaisomavaraisuuden lisääminen vaatii valkuaisrehuvalikoiman monipuolistamista, valkuaiskasvien (erityisesti herne ja härkäpapu) viljelyvarmuuden jalostamista sekä ratkaisuja rypsin ja rapsin kasvinsuojeluun. Lisää tietoa tarvitaan myös rehujen kohdentamisesta eri eläinryhmille, viljalajikkeiden eroista rehukäytössä sekä rehuksien aminohappoprofiilin muokkausmahdollisuuksista.

Suomessa kasvatettavat siat ja siipikarja ovat geneettisiltä ominaisuuksiltaan erittäin tehokkaasti hyvissä tuotanto-olosuhteissa tuottavia, minkä takia niiden vaatimukset rehuvalkuaisen määrän ja laadun suhteen ovat suuret. Riippuvuutta soijan käytöstä on vähennetty ja kotimaisten valkuaiskasvien viljelyä pyritään kasvattamaan, mikä parantaa omavaraisuutta myös kriisitilanteita ajatellen. Herne, härkäpapu, PAP, hamppu, peruna, rypsi ja rapsi monipuolistavat valkuaisrehuvalikoimaa. Yksimahaisten valkuaisrehuvalikoimaa voidaan vielä monipuolistaa ja rehun valkuaisen hyväksikäyttöä edelleen parantaa.

Märehtijöitä voidaan ruokkia hyvin monenlaisilla rehustusvaihtoehdoilla ja silti tyydyttää niiden ravitsemukselliset tarpeet, ruoansulauksen ja aineenvaihdunnan toiminta, terveys, hedelmälli-

syys, lajinmukainen käyttäytyminen ja hyvinvointi. Karkearehun ja väkirehun osuuksia rehuanoksessa voidaan muuttaa paljonkin riippuen rehujen saatavuudesta ja hinnasta. Jos karkearehusta on pulaa, sitä voidaan korvata väkirehua lisäämällä, mutta pötsin normaalin toiminnan varmistamiseksi riittävästä kuidun saannista on huolehdittava. Karkearehupulaa voidaan helpottaa korjaamalla mm. puitavaksi tarkoitettu viljakasvusto kokoviljasäilörehuksi. Eri rehuntuotantomuotojen yhtäaikainen käyttö hajauttaa riskejä mm. kasvukauden säähän liittyen. Myös alus- ja kerääjäkasveja voidaan hyödyntää tarvittaessa syksyllä tuoreena, laitumena tai säilörehuksi. Yleisesti ottaen nurmiseosten monipuolistamisella voidaan nurmien sadontuotantoa varmistaa vaihtelevissa sääolosuhteissa.

Kotieläintuottajien ja kasvinviljelytilojen tulisi lisätä yhteistyötä viljelykiertojen monipuolistamiseksi ja lannan ravinteiden parhaaksi hyödyntämiseksi. Typensitojakasveja käyttämällä typilannoitusta voidaan vähentää ja saavuttaa silti hyvä sadon valkuaispitoisuus ja runsas sato. Näillä tekijöillä on positiivinen vaikutus satovarmuuteen ja rehujen saatavuuteen.

Kotieläinten ruokinnan uusien vaihtoehtojen käyttöönotto vaatii tiettyä ennakkoluulottomuutta, jonka pohjalle tarvitaan systemaattista tietoa rehuraaka-aineiden ominaisuuksista ja niiden vaikutuksista rehujen syöntiin, sulavuuteen, aineenvaihduntaan ja tuotantoon. Tämän selvityksen tarkoitus on koota tietoa näistä aiheista ja identifioida jatkotutkimusten tarpeita.

Asiasanat: rehu, ruokinta, sika, siipikarja, nauta, märehtijä, kriisi, omavaraisuus, valkuaisrehu, oheistuote, huoltovarmuus

Sisällys

1. Tausta	7
1.1. Sikojen ja siipikarjan ruokinnan lähtökohdat.....	8
1.2. Märehtijöiden ruokinnan lähtökohdat.....	11
1.3. Rehuraaka-aineiden markkinat.....	12
2. Rehut ja niiden käyttö	14
2.1. Rehulainsäädäntö	14
2.2. Energiarehut.....	15
2.2.1. Viljat	15
2.2.2. Kasviöljyt	21
2.3. Valkuaisrehut	21
2.3.1. Soijarehut.....	22
2.3.2. Rypsi- ja rapsirehut	23
2.3.3. Palkoviljat.....	24
2.3.4. Muut valkuaisrehut	25
2.4. Elintarviketeollisuuden oheistuotteet.....	29
2.4.1. Meijeriteollisuuden sivutuotteet.....	30
2.4.2. Eläinperäiset sivutuotteet	30
2.4.3. Nestemäiset rehuraaka-aineet	33
2.4.4. Muut oheistuotteet.....	35
2.5. Karkearehut	36
2.5.1. Yksimahaiset	36
2.5.2. Märehtijät	37
2.6. Teolliset rehut.....	38
2.6.1. Täysrehut ja täydennysrehut.....	38
2.6.2. Lisäaineet	39
3. Laatu	40
3.1. Sadon laatu ja määrä.....	40
3.2. Rehujen laatu.....	44
3.3. Lainsäädäntö rehujen haitallisiin ja kiellettyihin aineisiin liittyen.....	44
3.4. Poikkeava koostumus.....	45
3.4.1. Ravintoaineet	45
3.4.2. Haitalliset aineet; dioksiini, raskasmetallit	45
3.4.3. Kasvinsuojeluainejäämät	45
3.5. Kasveissa luontaisesti esiintyvät haitta-aineet.....	47

3.6.	Hometoksiinit.....	49
3.6.1.	Mykotoksiinien vaikutusten vähentäjät	52
3.7.	Rehuhygienia, tautiriski ja zoonoosit	53
3.8.	Elintarviketurvallisuus ja -laatu	53
4.	Vaihtoehtoiset toimintatavat	55
4.1.	Rehujen kohdentaminen.....	55
4.2.	Rehuannoksen koostumuksen muuttaminen	57
4.2.1.	Yksimahaiset	57
4.2.2.	Märehtijät	58
4.3.	Uudet tai vähemmän käytetyt rehuaineet.....	62
4.4.	Rehuaineiden laatu kriisitilanteissa	67
4.5.	Eläinmäärä	68
4.6.	Uudet tuontikanavat.....	69
4.7.	Omavaraisuus.....	69
5.	Toimenpide-ehdotukset.....	71
5.1.	Siat ja siipikarja	72
5.2.	Märehtijät.....	73
	Viitteet.....	75

1. Tausta

Säävaihtelujen lisääntyessä ilmastonmuutoksen myötä katovuosien riskit kasvavat samaan aikaan kuin tuotantopanosmarkkinoiden epävakaudet lisääntyvät. Markkinoiden epävakaudesta aiheutuva viljojen ja muiden rehujen hintojen vaihtelu ja jopa saatavuushaasteet aiheuttavat kotieläintiloilla suuria muutoksia tuotantokustannuksissa. Hinta- ja saatavuushaasteiden jatkuessa pidempään tilojen kannattavuus eli toiminnan jatkuvuus ja eläinten hyvinvointi ovat vaarassa. Normaalisti käytössä olevien rehuraaka-aineiden saatavuudesta voi tulla puutetta, niiden ravitsemuksellinen laatu voi olla totuttua huonompi ja hintataso ylivoimaisen korkea. Ratkaisuja ruokintaan voidaan hakea uusista ja vähemmän käytetyistä rehuista (mukaan lukien erilaiset teollisuuden oheistuotteet), rehujen laatuvaatimuksista tinkimisestä sekä rehujen käyttömäärien muutoksista. Näistä kaikista tarvitaan lisää tietoa ennen käytännön toimiin ryhtymistä. Poikkeuksia rehuhuoltoon voivat aiheuttaa myös muut kriisit, kuten valitettavasti viime vuosina on jouduttu toteamaan (Covid-19-pandemia, Venäjän hyökkäys Ukrainaan), jotka korostavat myös huoltovarmuuden ja omavaraisuuden tärkeyttä.

Selvityksen tarkoituksena on tuottaa kirjallisuudesta löytyvien tietojen pohjalta käytännön tietoa kotieläintilojen huoltovarmuuden lisäämiseksi: viljojen käytöstä (mukaan lukien ruis ja ruisvehnä) kotieläinten ruokinnassa, viljan ja muiden rehuaineiden laadun merkityksestä ja huomioidemisesta ruokinnassa sekä mahdollisuuksista rehujen laatuvaatimuksista joustamiseen eri tuotantosuosunnissa, eri eläinlajeille ja ikäryhmille, sekä vaihtoehtoisista rehuaineista ja niiden käytöstä huomioiden erityisesti kotimaiset valkuaislähteet. Selvityksessä pyritään huomioimaan rehulainsäädäntö, ruokinnalliset tekijät, taloudelliset seikat, eläinten hyvinvointi ja elintarviketurvallisuus ja -laatu.

Rehukustannus muodostaa noin 50 % kotieläintalouden tuotantokustannuksista tuotantosuosunnasta riippuen. Rehujen hinta ja vaikutus eläinten kasvuun, hedelmällisyyteen tai tuotantoon ovat oleellisia tuloksen tekijöitä. Ruokinnan suunnittelussa huomioidaan rehujen hinta, laatu ja tuotantovaikutus kuten rehun kokonaiskulutus ja rehuhyötysuhde. Rehujen tulee täyttää eläimen ravintoaineiden tarve kaikissa tuotantovaiheissa. Rehujen valinta on tilakohtaista ja se perustuu ajantasaiseen tietoon tilalla tuotettujen ja ulkopuolelta hankittujen rehujen koostumuksesta ja rehuarvoista. Rehujen hinnat suhteessa niiden ravintoarvoon ja tuotantovaikutukseen ovat valintaperusteena, kun haetaan taloudellista optimia. Hyvään lopputulokseen voidaan kuitenkin päästä useilla eri ruokintavaihtoehdoilla.

Kannattavan tuotannon edellytys on, että lopputuotteiden hinta ja tuotannon kustannukset ovat oikeissa suhteissa toisiinsa nähden. Alhaiset tuottajahinnat edellyttävät edullista ruokintaa tai mm. tukia tuotannolle. Hintavertailussa on tarkasteltava ruokinnalla saavutettavaa lopputulosta eikä vain toteutuvan rehuannoksen hintaa. Jalostava teollisuus voi asettaa vaatimuksia ruokinnalle. Lisäksi rehut ovat osa kotieläintuotteiden imagoa, sillä voidaan ajatella, että eläin on sitä mitä se syö. Salmonella ja muut zoonootit, lääkkeitä käyttävät, antibiootit, hormonit, soijan käyttö, kokonaisen viljan käyttö, nurmivaltainen märehäntäjien ruokinta ym. ovat hyviä esimerkkejä myös kuluttajien keskuudessa kotieläintuotannon imagoon liittyvästä käynnissä olevasta keskustelusta, joista osa on negatiivisia ja osa positiivisia.

Tuotantoeläinten ruokinnan suunnittelun lähtökohtana on valittu ruokintastrategia. Ruokintastrategian valintaan vaikuttavat tilakohtaiset tekijät kuten tuotannolle asetetut tavoitteet, työvoiman ja peltoalan määrä, käytössä oleva teknologia ja tuotantorakennukset, toimintaympäristön tekijät kuten lainsäädäntö ja tukipäätökset sekä kuluttajan ja jalostavan teollisuuden vaatimukset. Ruokintastrategian valintaan vaikuttavat myös eläinten hyvinvoinnin parantamiseksi ja ympäristövaikutusten minimoimiseksi asetetut tavoitteet.

Kotieläintilalla on useimmiten peltoa rehuntuotannon tarpeisiin. Jo ympäristöluvan saaminen edellyttää, että omaa tai sopimuksin varmistettua lannanlevitysalaa on riittävästi. Pellon käytön kannattavuuteen vaikuttavat pellon lopputuotteiden arvo ja tuotantotuet (tukipolitiikka). Viljelykierto on usein rehuntuotantoa säätelevä tekijä. Sika- ja siipikarjatilalla viljelykierto on usein liian yksipuolinen (tyypillisesti pelkkää rehuviljaa) nurmien ja erikoiskasvientuotannon puuttuessa. Palkokasvien viljely on kuitenkin lisääntynyt ja tuonut vaihtelua myös sika- ja siipikarjatiloiden viljelykiertoon. Märehtijätuotannossa viljellään nurmirehua säilörehuksi, kuivaheinäksi ja laitumeksi sekä viljaa rehuksi. Jotkut nautakarjatilat viljelevät lisäksi palkoviljoja ja nurmissa käytetään jonkun verran nurmipalkokasveja. Nurmipalkokasvit (apilat ja mailaset) ovat luomunurmissa biologisen typensidontakykynsä takia välttämättömiä.

Kotieläinten ruokinta, erityisesti rehuannoksen typpi- ja fosforipitoisuus ja valkuaisen laatu, on yksi hyvin keskeinen tekijä, joka vaikuttaa lannan ravinnepitoisuuksiin ja ammoniakkipäästöihin. Ruokinnassa käytetään erilaisia rehujen raaka-aineita ja rehuseosten koostumus vaihtelee eläinten eri tuotanto- ja ikävaiheissa. Ruokinnan vaiheistaminen säästää kalliita valkuais- ja kivennäisrehuja ja vähentää lantaan erittyvien ravinteiden määrää. Mitä useampaan vaiheeseen ja erilaiseen koostumukseen sikojen ja siipikarjan ruokinta voidaan jakaa, sitä paremmin rehujen sisältämät ravintoaineet eläin käyttää hyödyksi ja sitä vähemmän päätyy lantaan. Rehujen pääraaka-aineiden valinnalla (ravintoaineiden sulavuus) voidaan vaikuttaa sonnan määrään. Lisäksi rehuseoksen rakeistaminen yksimahaisten ruokinnassa lisää yleensä sulavuutta ja helpottaa ruokinnan teknistä toteutusta vähentäen hävikkiä. Typen erityistä yksimahaisten kotieläinten eli sikojen ja siipikarjan ruokinnassa voidaan vähentää puhtaiden aminohappojen käytöllä ja fosforin erityistä fytaasi-entsyymien käytöllä, mikä onkin yleistä teollisissa rehuissa.

Ruokintalaitteet asettavat haasteita rehun laadulle ja käyttökelpoisuudelle. Ruokintaketjun tulee toimia moitteettomasti siten, että rehujen laatu säilyy hyvänä, rehujen jauhatus ja sekoitus sujuvat ongelmitta ja valmistettu seos kulkee ruokintalaitteistossa tasalaatuisena rehunjakolaitteelle asti. Esimerkiksi murskesäilötyn viljan käyttöä yksimahaissa on rajoittanut se, että käytössä oleva teknologia ei toimi kosteamman ja murskatun viljan käsittelyssä ja rehun jaossa. Jatkuva taloudellinen kriisi sika- ja siipikarjatilalla on myös estänyt investointien teon tilanteen muuttamiseksi. Erityisesti siipikarja on tarkka rehun ulkonäöstä. Linnut syövät mieluiten suhteellisen kovaa ja selkeistä partikkeleista koostuvaa rehua, mikä asettaa vaatimuksia rehun laadulle.

1.1. Sikojen ja siipikarjan ruokinnan lähtökohdat

Erilaisia sikojen ja siipikarjan ruokintastrategioita ovat täysrehuruokinta, viljan täydentäminen kaupallisilla täydennysrehuilla tai tilasekoitus, jossa komponenttiruokinnassa rehuseokset valmistetaan tilalla käyttäen erilaisia rehuraaka-aineita eli komponentteja kuten viljaa, valkuaisrehuja, oheistuotteita sekä niiden täydentämiseen tarkoitettuja täydennysrehuja. Sikojen liemirehuruokinnassa käytetään alkoholi- ja meijeriteollisuuden oheistuotteita, joiden saatavuus ratkaisee niiden käyttökelpoisuuden (esim. rahdin hinta). Oheistuotteet ovat osa liemirehuseoksia viljan ja täydennysrehujen kanssa tai komponenttiruokinnassa.

Eri ruokintamenetelmien tuotantovaikutus riippuu eniten siitä, kuinka tarkasti eläinten ravinnontarvevaatimukset eri tuotantovaiheissa pystytään täyttämään. Lisäksi mm. syöntikyky, rotuominaisuudet, veden saanti, olosuhteet ja rehun annostelun tiheys vaikuttavat eläimen ravinnontarpeen tyydyttymiseen. Yleisin yksimahaisten ruokintatapa on täydentää viljaa teollisella täydennysrehulla. Raaka-aineiden hinnat vaikuttavat suuresti siihen, mikä ruokintastrategia on milloinkin edullisin. Paras hyöty ruokintalaitteistosta saadaan, jos ruokintatapaa on helppo

vaihtaa rehuaineiden hintojen muutosten mukaan esimerkiksi viljaan ja täydennysrehun perustuvalta ruokinnalta komponenttiruokinnalle tai täysrehuruokinnalle tai päinvastoin. Valittu tuotantotason tavoite (esim. päiväkasvu) voi myös edellyttää rehuseoksilta erityisominaisuuksia. Tuotantomuotona yhdistelmäsiikala verrattuna porsastuotanto- tai lihasikalaan edellyttää ruokintastrategialta eri asioita. Eläntilan ja siellä pidettävien eläinten ryhmäkokoa, osastojen kerta- tai jatkuvatäydyttäisyys ja vaiheruokinnan mahdollisuudet vaikuttavat myös ruokintastrategian valintaan.

Lihaskojen ja broilereiden loppukasvatuksessa tulee huomioida rehujen vaikutus ruhon ja lihan laatuun. Ruhon lihakuus ja ruhon eri osien suhteet ovat tärkeä tekijä taloudellisen optimin ja kasvatukselle riittävän korvauksen saamiseksi. Lihan leikkauksen ja jatkojalostuksen on onnistuttava. Ruhon koostumukseen ja lihan laatuun vaikutetaan ruokinnalla ja kasvatusolosuhteilla. Myös kananmunien laatu ja koostumus riippuvat suuresti ruokinnan onnistumisesta. Kananmuna on vielä lihaa herkempi myös ulkopuolelta tuleville vaikutteille, jotka voivat aiheuttaa laatu- ja makuvirheitä myös säilytyksen ja kuljetuksen aikana.

Yleisesti yksimahaiset syövät energiantarpeensa täyttämiseksi. Kun energiantarve on täynnä, rehun syönti vähenee, vaikka muista ravintoaineista olisi vielä pulaa. Eläimen kannalta ruokinnan täytyy ravita, tehdä kylläiseksi ja mahdollistaa sosiaalinen syöntikäyttäytyminen. Kylläisyyden tunteen täyttäminen huomioidaan erityisesti tiineiden emakoiden, kalkkunoiden ja emobroilereiden ruokinnassa (sopivia rehuja mm. kauran kuori, kaura, juurikasleike, leseet ja karkearehut). Vastaavasti taas imettävillä emakoilla on tärkeää huomioida ruokinnassa ummetuksen välttäminen, joten imettävälle emakoille sopivat sokerijuurikasleike, pellavapuriste ja -rouhe ruokintaa täydentämään. Lisäksi imettävät emakot laihtuvat helposti, joten rehuseoksen tulee sisältää runsaasti energiaa (samoin kuin siipikarjalla) öljyn, vehnän, kuoritun kauran, kylmäpuristetun rypsin tai sokerilisien (melassi, sokeri) avulla.

Porsaiden ja untuvikkojen rehuille on eniten laatuvaatimuksia kuten valkuaisen aminohappokoostumus sekä tarkemmat käytännön hygieniavaatimukset. Nuoret eläimet ja imettävät emakot ovat herkempiä rehujen laatuvaihtelulle ja -virheille. Myös hedelmällisyys kärsii esimerkiksi rehujen sisältämistä hometoksiineista, minkä vuoksi homeisten viljojen syöttöä erityisesti tiineytettäville emakoille, karjuille, muniville kanoille ja emokalkkunoille ja -broilereille tulee välttää. Lihaskojen loppukasvatuksessa rasvoittumisen välttämiseksi rehun ravintosisältöä rajoitetaan. Vanhemmat lihasiat eivät ole rehun laadun suhteen yhtä vaativia kuin nuoremmat. Myös tiineet emakot tulevat toimeen vähemmän ravintoaineita sisältävällä rehulla, kunhan rehun täyttävyydestä huolehditaan.

Luonnonvarakeskuksen Sian- ja broilerinlihan ympäristökilpailukyky- eli SBYM-hankkeessa (<https://www.luke.fi/fi/projektit/sbym>) kerättiin vuosina 2018–2020 sika- ja broileritiloilta sekä rehutehtailta ruokinta- ja rehutietoja suomalaisen sian- ja broilerinlihan hiili- ja vesijalanjäljen määrittämiseksi. Laskentaa varten määritetty keskimääräinen lihasikojen rehuaineiden kulutus osuuksina kuiva-aineesta on esitetty Taulukossa 1. Sikatilojen rehustuksissa on paljon eroja tilojen välillä, joten taulukko ei vastaa mitään varsinaista ruokintaa, vaan kuvaa rehuraaka-aineiden käyttöä keskimäärin. Broileritiloilla ruokinta on yhdenmukaisempaa tilojen välillä ja vaihtelua on vähemmän, joten taulukossa 2 esitetyt rehuraaka-aineiden kulutukset vastaavat paremmin varsinaista ruokintaa. SBYM-hankkeen haastatteluissa kartoitettiin myös tilojen pääasiassa käyttämät valkuaislähteet. Sikatiloista 45 %:lla pääasiallinen valkuaislähte oli ohravalkuaisrehu (OVR), kaupallinen valkuais täydennysrehu 40 %:lla, härkäpapu tai herne 12 %:lla, soija 2 %:lla ja täysrehu 1 %:lla tiloista.

Sioilla ruokinnan pääkomponentti on ohra ja sen jakeet (Taulukko 1). Broilereilla ruokinnan perustana ovat vehnä sekä kuorittu kaura (Taulukko 2). Osa linnuille tarjotusta vehnästä annetaan kokojyvänä (noin 20 %). Broilereiden rehustus perustuu vielä pitkälti soijan käyttöön valkuaislähteenä (Taulukko 2).

Taulukko 1. Pääasiallisen valkuaisen keskimääräisillä osuuksilla painotettu keskimääräinen lihasikojen rehuannos. Lähde: SBYM-hanke, Luonnonvarakeskus.

Rehuraaka-aine	% kuiva-aineesta
Ohra ja jakeet	71,7
Vehnä ja jakeet	9,2
Härkäpapu	4,5
Soijarouhe ja -proteiini	3,5
Auringonkukkarouhe	3,1
Mäski	2,1
Rypsi/rapsirouhe ja -puriste	2,1
Esiseokset, kivennäiset, aminohapot	1,8
Meijerisivutuotteet	1,3
Kaura ja jakeet	0,5
Rypsiöljy	0,3
Herne	0,02

Taulukko 2. Broilereiden rehuissa (teollinen rehu ja vehnä) käytettävät raaka-aineet keskimäärin käyttöpainossa. Lähde: SBYM-hanke, Luonnonvarakeskus.

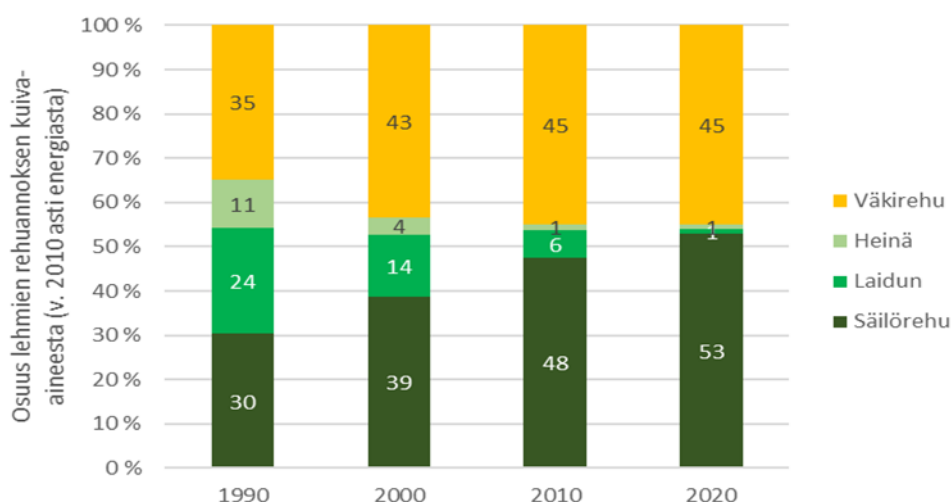
Rehuraaka-aine	% käyttöpainosta
Vehnä	45
Kuorittu kaura	27
Soijarouhe ja -proteiini	17
Herne ja härkäpapu	3,9
Maissi	1,3
Muut kasvipäriset raaka-aineet	3,0
Kivennäiset	1,8
Esiseokset ja aminohapot	1,5

1.2. Märehtijöiden ruokinnan lähtökohdat

Märehtijöiden ruoansulatusfysiologia poikkeaa täysin yksimahaisten kotieläinten vastaavasta, minkä takia myös rehuihin ja ruokintaan liittyvät käytännöt ovat hyvin erityyppisiä. Märehtijän pötsissä mikrobit fermentoivat anaerobisissa oloissa rehuksien kuitua ja samalla myös muita rehujen ainesosia (valkuainen, tärkkelys, sokerit). Märehtijän käyttöön tulee mikrobin aineenvaihdunnan lopputuotteita eli haihtuvia rasvahappoja (tärkeimpinä etikka-, propioni- ja voi-happo) sekä alempaan ruoansulatuskanavaan virtaavaa mikrobimassaa, joka on märehtijän tärkein valkuaisen lähde. Kun ruokitaan märehtijää, ruokitaankin ensi sijassa pötsin mikrobistoa.

Jotta pötsin olosuhteet pysyvät otollisina mikrobitoiminnalle ja sitä kautta lehmän terveydelle ja hyvinvoinnille, on riittävä kuidun saanti välttämätöntä. Luonnontilaiset märehtijät syövät pelkkää karkearehua, mutta Suomen intensiivisessä kotieläintaloudessa käytettäessä geneettiseltä potentiaailtaan korkeatuottoisia / nopeasti kasvavia eläimiä, rehuannosta täydennetään väkirehulla taloudellisen tuloksen parantamiseksi. Märehtijät ovat kuitenkin varsin joustavia ja rehuannoksen karkearehun ja väkirehun suhdetta voidaan muuttaa varsin paljon, jos siihen on taloudellisia, rehujen saatavuuteen liittyviä tai muita perusteita. Pötsin toiminnan kannalta myös rehujen laadulla (karkearehujen sulavuus, väkirehukomponenttien kuitupitoisuus) on merkitystä eikä pelkästään sillä, onko kyseessä karkea- vai väkirehu.

Märehtijöiden rehuannos koostuu karkearehuista (tyypillisesti nurmisäilörehu, laidun, kokoviljasäilörehut, heinä, olki) ja väkirehuista (jyvät, siemenet, pavut ja niistä prosessoidut tuotteet, elintarviketeollisuuden oheistuotteet yms.). Eläimille syötettävä rehuannos koostetaan eri komponenteista huomioiden eläinten ravitsemukselliset tarpeet ja rehuannoksen hinta. Rehustuksen koostumuksessa pitkällä aikavälillä näkyy tiettyjä trendejä, erityisesti nurmisäilörehun osuuden selkeä kasvu muiden nurmirehun käyttömuotojen eli kuivan heinän ja laidunnurmen osalta (Kuva 1). Tuotosseurantalehmät söivät v. 2021 keskimäärin 8800 kg kuiva-ainetta/lehmä/vuosi, josta karkearehua 54 % ja väkirehua 46 %. Väkirehusta yli puolet (54 %) oli viljaa, valkuaiästäydennysrehuja ja oheistuotteita oli yhteensä n. 42 % ja loput kivennäisiä ja erikoisrehuja (ProAgria 2022).



Kuva 1. Eri rehuaineiden keskimääräisten osuuksien kehitys lypsävien lehmien rehuannoksessa Suomessa. Lähde: [ProAgria tuotosseurannan tulokset](#).

1.3. Rehuraaka-aineiden markkinat

Viljojen ja muiden keskeisten rehuraaka-aineiden kysyntä globaalisti kasvaa vuosittain väestönkasvun ja vaurastumisen seurauksena, kun kotieläintuotteiden kysyntä kasvaa. Kasvavan kysynnän tyydyttäminen vaatii joka vuosi kohtuullisen hyvän globaalien sadon. Kuivuus tai muut ongelmat jollakin maailman päätuotantoalueista aiheuttavat aina markkinahäiriöitä ja hintojen nousua. Globaalit viljamarkkinat ovat kuitenkin välttyneet suuremmilta kriiseiltä viimeisimpinä vuosina hyvien tai vähintään kohtuullisten satovuosien sekä myös huomattavasti kasvaneen varastoinnin ansiosta. Vakaus voi kuitenkin järkkäyä, kuten kaudella 2021/2022 tapahtui. Tällöin viljojen globaalitasetta olivat rasittaneet jo valmiiksi alhaiset varastot, kuivuus Lähi-Idän alueella sekä merkittävässä viljantuotantomaa Argentiinassa. Venäjän hyökkäys Ukrainaan niukan globaalitaseen tilanteessa aiheuttikin vilja- ja valkuaiskasvimarkkinoilla ennennäkemättömän rajun hintojen nousun.

Globaali hintataso välittyy myös Suomen hintoihin, mutta ensisijaisesti hintataso ja keskeisimpien rehujen saatavuus määräytyvät kotimarkkinoiden tilanteen perusteella. Tärkeimpiä maailmanmarkkinoilla vaihdettavia hyödykkeitä, joiden hintasuhteet vaikuttavat teollisten rehujen saatavuuteen ja hinnoitteluun myös Suomessa, ovat vehnä, maissi ja soija. Laajassa mittakavassa raaka-aineiden hintakehitykseen vaikuttavat myös yleiset odotukset, valuuttojen kurssi- muutokset, kauppapolitiikka, yleispoliittinen tilanne, sijoittajien toiminta, tullit ja vientirajoitteet sekä tilanne muilla raaka-ainemarkkinoilla kuten öljy, kaasu, mineraalit yms. Pidemmällä aikavälillä hintaan vaikuttavia tekijöitä ovat väestönkasvu ja elintason kohoaminen kehittyvissä maissa, yleinen maailmantalouden kehitys, ilmastonmuutoksen vaikutus maataloustuotantoon ja sen sijoittumiseen, biopolttoaineiden tuotanto sekä maatalous-, ympäristö-, energia- ja kauppapolitiikka.

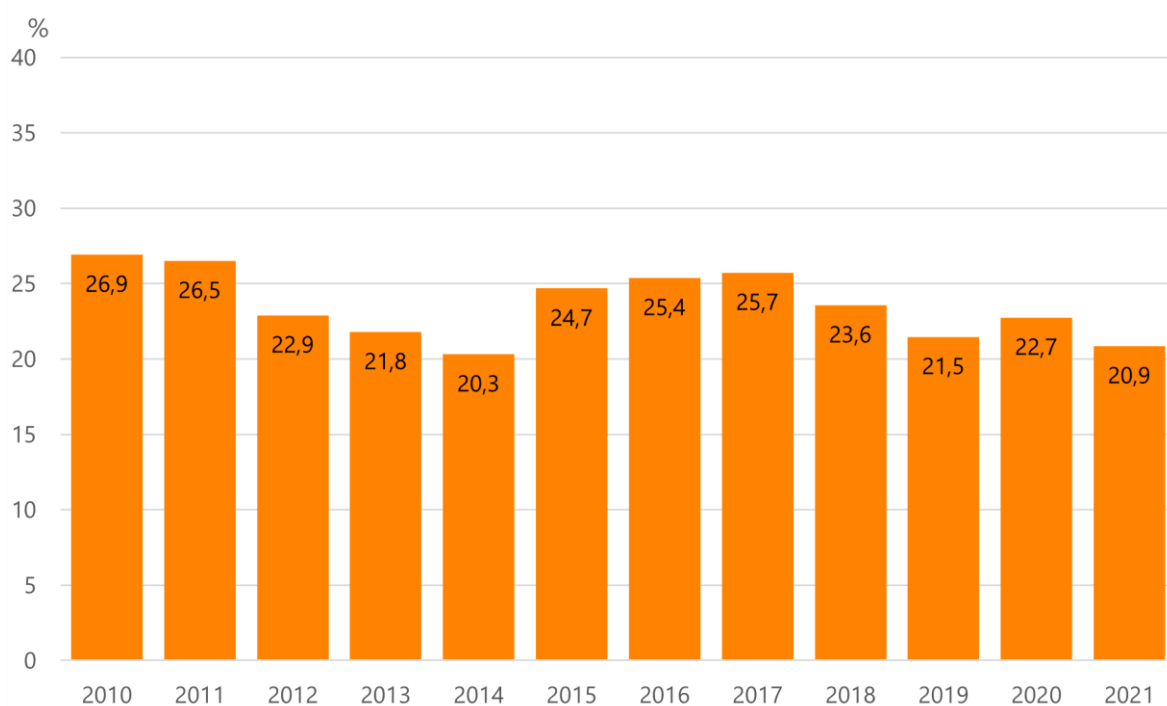
Kotimaan viljatase kertoo kysynnän ja tarjonnan suhteesta Suomessa. Kotimaisen kysynnän määrään ja vaihteluun vaikuttavat maatilojen ja teollisuuden viljan käyttö ja ostojen ajankohdallinen sijoittuminen. Sekä maatilat että kauppa ja teollisuus varastoivat viljaa, kukin omien tarpeidensa mukaan. Myös Huoltovarmuuskeskuksen viljavarastoilla on oma tärkeä roolinsa koko yhteiskunnan kannalta. Tyypillisesti viljatase Suomessa on positiivinen ja viljaa viedään ulos maasta. Tase voi kuitenkin kääntyä heikon sadon vuosina negatiiviseksi ainakin joidenkin viljalajien osalta.

Yleisesti kotieläintiloilla teollisten rehujen ja viljelykustannusten hintasuhteet suuntaavat jonkin verran pellon käyttöä. Lajikevalinnat ja jo viljelyaikaiset toimenpiteet suuntaavat viljelykasvien sadon joko elintarvike- tai rehukäyttöön. Myös lainsäädäntö säätelee kasvien viljelytoimenpiteitä, jolloin jo kasvukauden alussa valitut toimintatavat suuntaavat tulevan sadon käyttöä. Normaalitylanteessa elintarvikekäyttöön viljellystä sadosta saa yleensä paremman hinnan kuin rehukasveista, jolloin kasvinviljelytiloilla ensisijaisesti tavoitellaan elintarvikelaatuista satoa. Rehukasvien viljelyn (kylvösiemen, lannoitus, kasvinsuojelu, konekustannus, työkustannus, pellon ja ojituksen kustannus, rakennuskustannus, yleiskustannukset ja muut muuttuvat kulut) ja rehun (ostohinta, jauhatus, säilytys, työkustannus, konekustannus jne.) kustannukset vaihtelevat tilakohtaisesti ja vaikuttavat rehuseoksen koostumuksen valintaan. Kustannuslaskelmien avulla voidaan hahmottaa mihin on järkevää panostaa ja mihin kustannussäästöt kannattaa kohdistaa sekä millä hintatasolla kustannukset saadaan katettua. Kustannustason tunteminen yhdessä hintojen kiinnittämisen mahdollisuuksien kanssa auttavat riskienhallinnassa, kun toimintaympäristö ja hinnat ovat epävarmoja.

Täydennysvalkuaisen osalta Suomi on vahvasti riippuvainen tuonnista. Suomen valkuais- täydennysrehujen markkinoilla öljykasveista etenkin rypsin ja rapsin sekä soijan rooli on merkit-

tävä. Soijapavun ja auringonkukan tuotanto Suomessa ei ole mahdollista pohjoisten kasvuolosuhteiden takia. Soijapapua ja soijarouhetta tuodaan maahan ennen kaikkea yksimahaisten eläinten ruokintaan. Suomen oma öljykasvituotanto käsittää rypsin ja rapsin. Enimmillään niitä tuotettiin Suomessa 2000-luvun lopussa ja 2010-luvun alussa. Epäonnistuneet sadot, tuholais- torjunnan työteliäisyys ja Suomen kahdesta puristamosta toisen sulkeminen ovat vähentäneet rypsin ja rapsin viljelyntoaa heikentäen samalla myös kotimaisen rehuvalkuaisen saatavuutta.

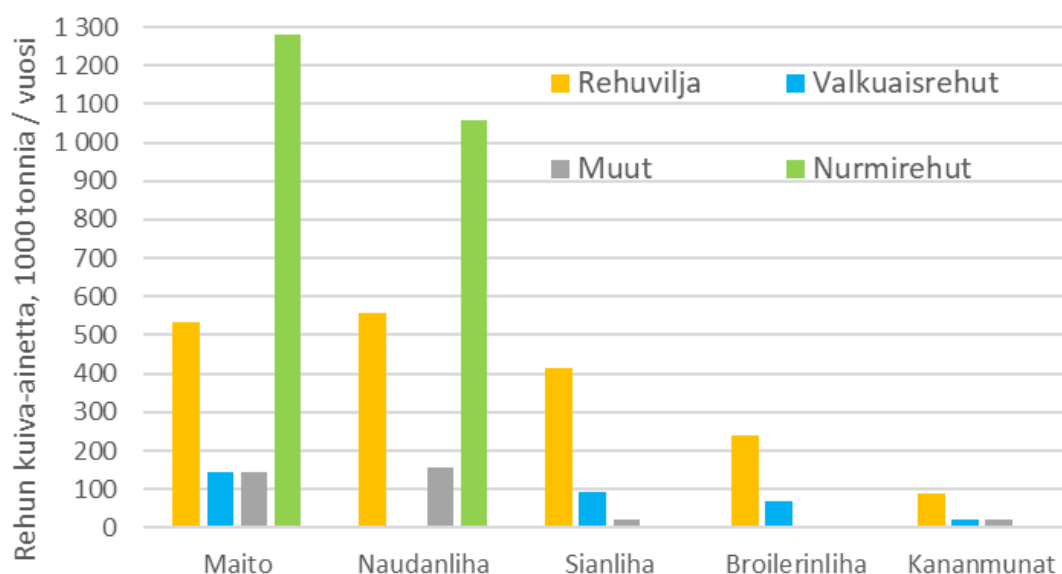
Valkuaistäydennysrehujen omavaraisuusaste lasketaan öljykasvien rouheista ja puristeista sekä rehuksi käytetyistä palkokasveista kotimainen tuotanto ja tuonti huomioiden. Lisäksi mukana ovat teollisuuden oheistuotteet, joista valkuaisen kannalta merkittävin on tärkkelys-etanolituotannon ohravalkuainen. Myös erilaisista elintarviketeollisuuden oheistuotteista ja tähteistä valmistetun polttoaine-etanolin prosesseissa syntyvä rankki on mukana laskelmassa. Valkuaistäydennysrehujen omavaraisuus on viime vuosina ollut reilun 20 prosentin luokkaa (Kuva 2).



Kuva 2. Valkuaistäydennysrehujen omavaraisuus, 2010–2021. Lähde: Jansik (2022a).

2. Rehut ja niiden käyttö

Luken tilastoissa on tietoja rehujen tuotannosta ja käytöstä (stat.luke.fi). Niitä arvioidaan myös mm. Luken viranomaistyönä tehtävässä erityyslaskennassa, jota käytetään monien viranomais-tietojen pohjana (mm. kasvihuonekaasuinventaarior). Treform-hankkeessa on kartoitettu eri tuotantoeläinlajien rehunkulutusta lähtien eläinten tuotantoon tarvittavien rehujen tarpeesta ja alustavat määrät on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Rehujen kulutus eri kotieläintuotteiden tuottamiseen Suomessa vuonna 2021. Alustava laskelma Treform-projektista (Rinne & Ayanfe, julkaisematon).

2.1. Rehulainsäädäntö

Keskeinen rehulainsäädäntö löytyy [Ruokaviraston](#) sivuilta. Rehulla tarkoitetaan tuotantoeläinten, lemmikkieläinten tai luonnoneläinten ruokintaan tarkoitettua tuotetta kuten rehuainetta, rehuseosta, rehun lisäainetta tai esiseosta. Myös elintarviketuotannon oheistuotteina syntyvät ja eläinten ravinnoksi käytettävät tuotteet ovat rehuja. EU:n rehuaineluettelossa on lueteltu kukin rehuainetta koskevat vaatimukset (EU N:o [68/2013](#)).

Rehut vaikuttavat osaltaan elintarviketurvallisuuteen, joten niiden on oltava turvallisia ja jäljitettävissä. Rehu ei ole turvallinen, jos se vaikuttaa haitallisesti eläinten terveyteen tai eläimestä tuotettu elintarvike ei ole rehun vuoksi ihmisravintona turvallista. Rehu ei saa aiheuttaa haittaa myöskään ympäristölle. Euroopan unionin ja sitä täydentävän kansallisen rehulainsäädännön tarkoituksena on osaltaan varmistaa elintarviketurvallisuutta. Haitallisten aineiden suurimmista sallituista pitoisuuksista rehuissa säädetään EU direktiivissä [2002/32/EY](#) ja siihen myöhemmin tehdyissä muutoksissa.

Kansallisen rehulainsäädännön perusta on Rehulaki MMM [1263/2020](#) ja laki rehulain muuttamisesta MMM [18/2022](#). Euroopan Unionin rehuja koskevia asetuksia ovat mm. asetus rehujen markkinoille saattamisesta ja käytöstä (EY N:o [767/2009](#)), asetus rehuhygieniasta koskevista vaatimuksista (rehuhygienia-asetus) (EY N:o [183/2005](#)) ja asetus eläinten ruokinnassa käytettävistä lisäaineista (EY N:o [1831/2003](#)).

Rehuhygienia-asetuksen (EY N:o 183/2005) mukaan koko rehuketjun alkutuotanto mukaan luki on rekisteröidyttävä rehualan toimijoiksi. Rekisteröinnin tarkoitus on taata rehuketjun jäljitettävyys. Rekisteröityminen on toiminnan edellytys rehua tuottaville, sekoittaville ja/tai käytäville sekä varastoiville viljelijöille ja kotieläintuottajille sekä kalankasvattajille (MMM [1266/2020](#)). Rehujen käyttäjien on varmistuttava siitä, että rehut on hankittu rekisteröidyltä rehualan toimijoilta. Osalta rehualan toimijoista edellytetään rekisteröinnin lisäksi hyväksyntää joko rehuhygienia-asetuksen tai jonkin muun säädöksen perusteella. Hyväksyntävaatimus voi liittyä tiettyihin lisäaineisiin tai niitä sisältäviin tuotteisiin, lääkereluihin, eläimistä saataviin sivutuotteisiin tai kalajauhon käyttöön elintarviketuotantoeläimille tarkoitettujen eläinten rehujen valmistuksessa.

Rehun lisäaineiden tai esiseosten käyttö oman tilaseoksen (ei koske säilörehun lisäaineita) valmistuksessa edellyttää rekisteröitymistä rehun valmistajaksi. Tiettyjen lisäaineiden tai esiseosten käyttö rehun valmistuksessa edellyttää hyväksyntää. Lisäksi toimijan on rekisteröidyttävä eräiden eläinvalkuaisista sisältävien rehujen tai maitopohjaisten tuotteiden käyttäjiksi elintarviketuotantoeläinten ruokinnassa.

Rehualan toimija vastaa aina markkinoille saattamansa rehun turvallisuudesta. Ruokavirasto varmistaa rehujen laatua valvomalla, tarkastamalla ja analysoimalla maahantuotuja, kotimaassa valmistettuja sekä markkinoilla olevia rehuja. Lisäksi Ruokavirasto valvoo rehualan toimijoita tarkastuskäynnein. Rehuketjun valvonnan tarkoituksena on varmistaa, että rehut ovat turvallisia ja käyttötarkoitukseensa soveltuvia ja että ne täyttävät lainsäädännön vaatimukset. Valvontaa tehdään vuosittain laadittavan valvontasuunnitelman mukaisesti (Ruokavirasto 2022).

Rehuarvotyö on viranomaistyötä; Rehulain (MMM 1263/2020) mukaan rehuaineista ja rehuseoksista ilmoitettavien energia- ja valkuaisarvojen tulee perustua Luonnonvarakeskuksen (Luke) julkaisemiin laskentaperusteisiin, jollei Euroopan unionin lainsäädännössä muuta säädetä. Luke vastaa Rehutaulukoiden ja ruokintasuositusten ylläpidosta.

2.2. Energiarehut

2.2.1. Viljat

Vilja on yksimahaisten ruokinnan perusraaka-aine ja tärkeä energiarehu märehijöille. Suomessa viljan pintikosteus on huomattavasti suurempi kuin keskimäärin muissa maissa ja vilja on kuivattava varastointia varten kuivurissa. Vilja voidaan kuivata joko käyttäen lämmintä tai kylmää ilmaa. Kuivalle viljalle löytyy hehtolitrainon ja raakavalkuaismäärän avulla muut koostumustiedot rehutaulukosta ja sille voidaan laskea valkuais- ja energia-arvot. Tuoresäilöntä eli viljan säilöminen tuoreena pintikosteana, joko kokonaisina jyvänä tai murskattuina jyvänä, ilman kuivausta on kilpailukykyinen vaihtoehto, mutta ruokinnan perustaminen tuoresäilötyn viljan käyttöön vaatii erilaisia käsittelyyn ja rehun jakoon liittyviä erikoisjärjestelyitä ja tekniikkaa kuin kuiva vilja. Tuoresäilötty ohra on ravintoarvoltaan verrattavissa kuivattuun ohraan (Perttilä ym. 2001a). Märehijöille tuoresäilötty vilja sopii hyvin esimerkiksi seosrehun komponentiksi.

Viljan tai viljapohjaisten oheistuotteiden osuus sikojen ja siipikarjan seoksesta on noin 45–85 % (Taulukot 1 ja 2). Suositukset eri viljalajien enimmäiskäyttömäärästä sikojen ruokinnassa esitetään taulukossa 3. Viljat jauhetaan ennen rehuseokseen sekoittamista. Siipikarjalle käytetään myös osa viljasta kokonaisina jyvänä. Viljasta yksimahaiset saavat tarvitsemastaan energiasta 80 % ja valkuaisestakin puolet. Viljan osuus lypsylehmän ruokinnassa on noin viidennes rehuanoksen kuiva-aineesta sellaisenaan ja väkirehuseoksissa on viljaa mukana eri määriä riippuen

seoksen tyypistä. Märehtijöille kuivaa viljaa ei voi syöttää kokonaisina jyvinä vaan se käytetään tavallisesti karkeana rouheena tai litistettynä.

Taulukko 3. Suositukset eri viljalajien enimmäiskäyttömääristä sikojen ruokinnassa, % rehusta. Lähde: Yliaho 2005.

	Porsaat alle 25 kg	Lihasiat alle 55 kg	Lihasiat yli 55 kg	Tiineet emakot	Imettävät emakot
Ohra	≤ 30 %	ei rajoitusta	ei rajoitusta	ei rajoitusta	ei rajoitusta
Kaura	≤ 15 %	≤ 40 %	≤ 40 %	ei rajoitusta	≤ 40 %
Kuorittu kaura	≤ 25 %	≤ 15 %	ei suositella	ei suositella	≤ 25 %
Vehnä	ei rajoitusta	ei rajoitusta	ei rajoitusta	≤ 15 %	ei rajoitusta
Ruisvehnä	≤ 40 %	≤ 60 %	≤ 60 %	≤ 40 %	≤ 40 %
Ruis	ei suositella	≤ 30 %	≤ 30 %	≤ 30 %	ei suositella

Viljan valkuaista täydennetään ruokinnassa valkuaistäydennys- ja kivennäisrehuilla sekä yksimahaisten ruokinnassa myös synteettisillä aminohapoilla. Omaa viljaa käytettäessä pitää huomioida eri viljalajikkeiden erilaiset ominaisuudet. Kotieläimille käytettävän viljan ominaisuudet ovat erilaiset kuin esimerkiksi maltaaksi kasvatettavan ohran. Viljan on hyvä sisältää tarpeeksi valkuaista energiastakaan tinkimättä. Viljan laadulta edellytetään myös paljon erityisesti käytettäessä viljaa nuorten tai tiineiden eläinten ruokintaan.

Viljan käyttö kokonaisina jyvinä siipikarjalle

Siipikarjalle käytetään kokonaista viljaa muun rehun joukossa. Määrään vaikuttaa parven lintulaji ja ikä sekä tuotantomuoto. Luken tutkimuksissa 50 % kokonaista vehnää sisältävällä rehuseoksella on päästy samoihin tuotantotuloksiin ja halvempaan rehukustannukseen kuin 20 % kokonaista vehnää sisältävällä rehuseoksella (Venäläinen ym. 2007). Kokonaisten jyvien määrällä voidaan säädellä lintujen kasvua esimerkiksi emolinnuilla. Kokonaiset jyvät lisäävät myös kuidun määrää rehuseoksessa ja toimivat hyvinvointia edistävästi eikä lisäyksen ole havaittu vaikuttavan lintujen tuotantotuloksiin heikentävästi (Preston ym. 2000, Plavnik ym. 2002, Amerah & Ravindran 2008, Amerah ym. 2011, Tari ym. 2022). Kokonaisten, tilalla tuotettujen jyvien käyttäminen ruokinnassa myös vähentää viljan kuljetus- ja jauhatuskustannuksia. Yleensä käytetty kokojyvä on vehnää, mutta myös muiden kokojyvien kuten ohran käyttöä on tutkittu (Venäläinen ym. 2007). Ruisvehnän käyttö kokojyvänä heikensi syöntiä ja painonkehitystä, mutta rehuhyötysuhteessa tai kuolleisuudessa ei havaittu muutoksia (Klicevisiute ym. 2013).

Ohra

Ohra (*Hordeum vulgare*) on maittava vilja, jossa on hyvä valkuais- ja energiasuhde ja riittävästi kuitua (Taulukko 4). Ohra on tärkkelyksen ja energian lähde rehuseoksissa. Hehtolitrapaino (hlp) kuvaa hyvin kuitupitoisuutta ja energia-arvoa, mutta huonosti valkuais- ja aminohappopitoisuutta. Hlp ei myöskään vaikuta aminohappojen sulavuuteen siipikarjalla (Perttilä ym. 2001b). Ohraa voi käyttää yksimahaisille porsaita ja nuoria lintuja lukuun ottamatta ainoana rehuviljana. Märehtijöillä ohra on yleisimmin käytetty vilja väkirehuseoksissa ja se voi olla myös ainoana viljana rehuannoksessa.

Ohran sisältämä liukoinen beetaglukaani rajoittaa sen käyttöä broilereilla, sillä etenkin nuorilla linnuilla beetaglukaanin on havaittu aiheuttavan ulosteen tahmaisuuksia sekä ruokasulan visko-

siteetin lisääntymistä, mikä heikentää ravintoaineiden sulavuutta. Tähän voidaan kuitenkin vaikuttaa entsyymien (beetaglukaanasi) käytöllä (Salih ym. 1991, Fuente ym. 1995, Józefiak ym. 2006, Karunaratne ym. 2021). Uusimpien tutkimusten mukaan ohraa voidaan käyttää siipikarjan rehussa 25–35 % kasvatusvaiheesta riippuen (Perera ym. 2019, Toghyani ym. 2022). Myös ohran jauhatustason vaikutusta on tutkittu broilereilla. Tarin ym. (2022) mukaan karkeasti jauhetun ohran käytöllä saavutettiin paremmat tuotantotulokset ensimmäisen kolmen viikon kasvatuskauden aikana kuin hienoksi jauhetulla ohralla. Siolla jauhatuskarkeuden vaikutusta on tutkittu Suomessa useissa tutkimuksissa (Siljander-Rasi 2000, Karhapää 2013).

Kaura

Kauran (*Avena sativa*) energia-arvo on pienempi ja kuitupitoisuus huomattavasti suurempi kuin muiden viljojen (Taulukko 4). Runsaampi kuoripitoisuus verrattuna muihin viljoihin selittää kauran energia-arvoa paremmin kuin hehtolitraino. Aminohappokoostumus kaurassa on viljoista paras ja se sisältää välttämättömiä rasvahappoja. Märehtijöille kaura sopii hyvin ja sitä käytetään yleisesti ohran kanssa seoksena. Kauran käyttöä märehtijöiden rehussa voi rajoittaa sen rasvan määrä, jos rehuannoksessa on muutenkin paljon rasvaa sisältäviä rehuaineita. Runsas kasvuravinnan määrä pehmentää hieman maidon rasvaa.

Pikkuporsaille kauran käyttöä rajoittaa kuitupitoisuus, ja lihasikojen loppukasvatusvaiheessa kauran käyttöä vähennetään sen tyydyttämättömien rasvahappojen silavaa pehmentävän vaikutuksen vuoksi. Käytännössä kauran käyttömäärää rajoittaa kauran huono kulkeutuminen kuljettimissa, ruokintalaitteiston putkistoissa ja myllyissä sekä herkkä lajittuminen sekoitussäiliössä. Kuorittu kauran energia-arvo on parempi kuin vehnän ja kuoriminen parantaa myös kauran maistavuutta. Jauhamisen jälkeen kuorittu kaura härskiintyy helposti ja se tulee siksi käyttää nopeasti. Kuorittu kaura on arvokasta rehua ja siksi sen käyttö on rajoitettu nuorelle siipikarjalle, pikkuporsaille ja nuorille lihasioille sekä imettäville emakoille. Kauran kuorta voi käyttää tiineille emakoille kylläisyyden tunnetta lisäämään sekä virikerehuna, mutta rehuseokseen sitä ei sellaisenaan kannata lisätä huonon kulkeutumisen ja lajittumisen vuoksi, vaan kauran kuori tarjoillaan erikseen. Jauhettuna (2–3 mm seula) kauran kuoren varastointi, kuljettaminen ja rehuseokseen sekoittuminen on huomattavasti parempaa (Kaaro ym. 2012, Siljander-Rasi ym. 2006). Kauran kuoren käyttöä voivat kuitenkin haitata mahdolliset mykotoksiinit. Kaura on viljoista herkin *Fusarium*-tartunnalle ja korkeille toksiinipitoisuuksille (Hietaniemi 2016) ja ne sijaitsevat pääosin kauran kuorella.

Tutkimuksissa siipikarjan rehuseoksessa kauralla on korvattu onnistuneesti vehnä jopa kokonaan (Józefiak ym. 2006). Scholeyn ym. (2020) tutkimuksessa kuorittua kauraa lisättiin broilerin rehustukseen 30 % onnistuneesti. Kauran kuoret sisältävät runsaasti sulamatonta kuitua, erityisesti selluloosaa ja ksylaaneja (Lopez-Guisa ym. 1988). Kauran kuorien lisäämisellä siipikarjan ruokintaan on havaittu olevan positiivisia vaikutuksia kivipiiran kehitykseen ja ravinteiden sulavuuteen ja sitä kautta tuotantotuloksiin (González-Alvarado ym. 2008, Jiménez-Moreno ym. 2009, 2010, 2013a, 2013b, 2019; Adewole ym. 2020, Scholey ym. 2020). Kohtuullisen (<10 %) kauran kuoren määrän voidaan tutkimusten perusteella arvioida olevan eduksi tuotantotuloksille (Jiménez-Moreno ym. 2013a, 2013b, 2019; Adewole ym. 2020, Scholey ym. 2020), mutta suuremmat määrät ovat vähentäneet syöntiä; todennäköisesti korkean kuitupitoisuuden vuoksi. Munintakanoilla kuidun lisääminen ruokintaan kauran kuoria käyttämällä on havaittu vähentävän höyhenten nokkimista ja kannibalismia (Van Krimpen ym. 2005).

Vehnä

Vehnässä (*Triticum aestivum*) on paljon tärkkelystä ja vähän kuitua ja sen valkuaispitoisuus on viljoista korkein (Taulukko 4). Vehnä on siipikarjan perusvilja. Vehnän käyttöä sikojen rehuseoksessa rajoittaa sen energia-valkuaisuhde ja usein myös ohraa kalliimpi hinta. Se sopii nostaamaan rehuseoksen energiaväkevyyttä esimerkiksi nuorille lihasioille ja imettäville emakoille. Vehnässä on vähän kuitua ja liian pieneksi jauhettuna se lisää sikojen mahahaavan riskiä. Märehtijöille vehnä sopii hyvin, mutta sitä käytetään vähemmän kuin ohraa ja kauraa.

Ruisvehnä

Ruisvehnä (*Triticale*) muistuttaa enemmän vehnää kuin ruista. Sen satoisuus on parempi kuin vehnällä ja ravintosisältö parempi kuin rukiilla. Se sopii käytettäväksi siipikarjalle, sioille ja märehtijöille. Ruisvehnä on viljana verrattain uusi eikä sen käyttö rehuviljana ole yleistynyt.

Tutkimusten mukaan ruisvehnän ei-tärkkelyspolysakkaridisältö vastaa muita rehuviljoja ja on lähempänä vehnää kuin ruista (McGoverin ym. 2011, Mendes ym. 2013). Ruisvehnän ravintosisältö vaihtelee paljon lajikkeiden välillä; mm. raakavalkuainen vaihtelee lajikkeittain 90–200 g/kg ka (McGoverin ym. 2011, Langó ym. 2017). Osa lajikkeista kuitenkin sisältää suhteellisen paljon lysiiniä muihin rehuviljoihin verrattuna (Mossé ym. 1988, Stallknecht ym. 1996, Rodehutschord ym. 2016), mikä tekee siitä kiinnostavan yksimahaisten ruokinnassa. Nykyiset ruisvehnälajikkeet soveltuvat hyvin siipikarjalle ja niillä tehdyissä tutkimuksissa ruisvehnää on sisällytetty siipikarjan rehuun onnistuneesti yli 40 % (Boros 1999, Çiftci ym. 2003, Pourreza ym. 2007, Zarghi & Golian, 2009, Mendes ym. 2013, Widodo ym. 2018, Lim ym. 2021). Käytetyllä lajikkeella on kuitenkin merkitystä, sillä erilaisen ravintosisällön lisäksi aminohappojen sulavuuksien on havaittu vaihtelevan lajikkeittain (Ravindran ym. 2005, Siegert ym. 2017, Zuber ym. 2016). Tämän vuoksi viljeltävää lajiketta ei pitäisikään valita pelkästään viljelyominaisuuksien perusteella (Siljander-Rasi ym. 1998).

Sioilla sulavuuskokeessa määritettiin kahden ruisvehnälajikkeiden Ulrikan ja Morenon sekä Viivi-ohran rehuarvo 90-luvun lopussa (Siljander-Rasi ym. 1998). Moreno- ja Ulrika- ruisvehnät sisälsivät vähemmän raakavalkuaista ja -kuitua ja enemmän tärkkelystä kuin ohra. Sioille tärkeimpien aminohappojen osuus ruisvehnän ja ohran valkuaisesta oli lähes samanlainen. Ruisvehnän lysiinin ohutsuolisulavuus oli noin 5 %-yksikköä parempi kuin ohran. Ruisvehnän energia-arvo oli 5 % parempi kuin ohran, mutta sioille tärkeimpiä sulavia aminohappoja energiaa kohti oli hiukan vähemmän kuin ohrassa. Ruisvehnälajikkeiden rehuarvossa ei ollut suuria eroja. Ruisvehnät maittoivat sioille hyvin. Tutkimuksen perusteella käytännön ruokinnassa ohrasta voidaan korvata ruisvehnällä puolet ja jopa enemmänkin. Ruisvehnää sisältävän rehuseoksen aminohappokoostumusta suhteessa energiamäärään voidaan täydentää sopivilla valkuaisäydennyksillä. Tuotantokokeessa (Siljander-Rasi ym. 1998), kun viljojen hinta laskettiin samaksi, paras katetuotto saatiin korvattaessa 25–75 % ohrasta Moreno-ruisvehnällä. Suurempi katetuotto osoitti, että ruisvehnästä olisi voitu maksaa ohraa parempaa hintaa.

Ruis

Ruis (*Secale cereale*) on kemialliselta koostumukseltaan ja energia-arvoltaan muiden viljojen veroinen (Taulukko 4). Sen käyttömahdollisuuksia rehuksi heikentävät haitta-aineet, jotka huoventavat maittavuutta ja sulavuutta sekä yksimahaisilla että märehtijöillä.

Rukiin käyttöä suositeltiin aikaisemmin sioista vain lihasioille ja tiineille emakoille rukiin sisältämien maittavuutta ja ravintoaineiden sulavuutta heikentävien haitta-aineiden kuten arabinoksyylaaniin ja pentosaaniin vuoksi. Märehtijöille käyttöä rajoittaa rukiin maittavuus, joten

sitä ei suositella käytettäväksi suuria määriä. Rukiissa voi myös olla sienitautien aiheuttamia torajyviä, joiden sisältämät alkaloidit ovat myrkyllisiä eläimille ja ihmisille. Rukiista on kuitenkin tullut markkinoille uusia rehukäyttöön sopivia hybridilajikkeita, joiden haitta-ainepitoisuudet ovat pienempiä (Stein ym. 2016, Grabiński ym. 2021) ja jotka sopivat talvenkestävyyden vuoksi Suomenkin kasvatusolosuhteisiin ja ovat satoisia (Schwarz ym. 2015). Rukiin käytöstä sioilla ja siipikarjalla onkin nyt tehty uusia tutkimuksia ulkomailla.

Broilereilla tehdyissä tutkimuksissa rehuun lisätty ruis (20–30 %) ei vaikuttanut heikentävästi tuotantotuloksiin eikä lihan laatuun (Arczewska-Wlosek ym. 2019, El-Wahab ym. 2020, Milczarek ym. 2020, Donaldson ym. 2021, Janiszewski ym. 2021). Munintakanoilla tehdyissä tutkimuksissa rukiin on havaittu joissain tutkimuksissa heikentävän hyvin lievästi munintaprosenttia (<2 %), mutta yleisesti sillä ei ollut vaikutuksia tuotantotuloksiin (Bederska-Łojewska ym. 2019, Węsierska ym. 2019, Muszyński ym. 2020). Munan laatuun rukiin käyttö on vaikuttanut hieman keltuaisen väriä heikentävästi, mutta munan rasvahappoprofiilia parantavasti (Bederska-Łojewska ym. 2019, Węsierska ym. 2019). Lajikevalinnalla on kuitenkin merkitystä ruokinnan onnistumiseen, koska niin aminohappo- kuin haitta-ainemäärät vaihtelevat paljon ruislajikkeittain (Shewry, 2007; Bach Knudsen, 2014; Bederska-Łojewska ym. 2019). Tarvitaankin lisää tietoa Suomessa käytössä olevista lajikkeista ja niiden sopivuudesta sikojen ja siipikarjan ruokintaan.

Lihasikojen ruokinnassa hybridirukiilla on tutkimuksissa korvattu jopa kaikki vilja ilman merkittävää tuotantotulosten heikentymistä (Smit ym. 2019, McGhee ym. 2021). Maltillisilla lisäyksillä (<50 % ohrasta korvattu rukiilla) on saavutettu hyviä tuotantotuloksia ja saatu kasvatettua ruhojen laatua ja arvoa (Schwarz ym. 2015). Porsailla rukiin maltillisella sisällyttämisellä (<45 %) rehuun ei ole havaittu merkittäviä muutoksia tuotantotuloksiin ja sen on havaittu vähentävän porsasripulin esiintyvyyttä (McGhee & Stein 2021b). Chuppavan ym. (2020) tutkimuksessa porsaiden ruokinnassa käytettiin lähes 70 % ruista eikä porsaiden kasvussa havaittu eroja ryhmien välillä. Emakoilla tehdyissä tutkimuksissa rukiin sisällyttämistä rehuun on tutkittu niin tiineyden kuin imetyksen aikana. Tiineysrehuissa ruista on sisällytetty rehuihin onnistuneesti porsastuotannon heikentymättä 60 % ja imetyskaudella 35 % (Sørensen & Krogsdahl 2017, McGhee & Stein 2021a).

Maissi

Maissia (*Zea mays*) käytetään Keski- ja Etelä-Euroopassa ja Euroopan ulkopuolella yleisesti kotieläinten (yksimahaisten ja märehitijät) rehuseoksissa tärkeimpänä energian lähteenä. Suomessa kasvukauden pituus ei riitä jyväsadon saamiseksi, joten maissi on täysin tuonnin varassa. Maissi on maittavaa ja hyvin sulavaa ja se sisältää runsaasti energiaa. Maississa on myös runsaasti linolihappoa, joka vaikuttaa munakokoon ja rasvan laatuun (Taulukko 4).

Taulukko 4. Viljojen ravintosisältö. Lähde: Luke Rehutaulukot (Luke 2022).

	Ohra	Kaura	Vehnä	Ruis	Ruisvehnä	Maissi
Raakavalkuainen, g/kg ka	119	127	133	110	106	100
Raakarasva, g/kg ka	22	60	22	20	26	46
Raakakuitu, g/kg ka	54	109	23	28	26	24
NDF, g/kg ka	210	290	110	200	190	110
Tärkkelys, g/kg ka	600	440	675	650	625	710
Sokerit, g/kg ka	20	18	30	36	55	12
Tuhka, g/kg ka	29	38	20	22	22	15
Kalsium, g/kg ka	0,3	0,5	0,3	0,4	0,6	0,3
Fosfori, g/kg ka	3,6	3,5	3,7	3,9	3,7	3,1
Aminohappokoostumus						
Lys, g/kg ka	4,0	5,3	3,7	4,1	3,8	2,8
Tre, g/kg ka	3,9	4,4	4,0	3,5	3,5	3,8
Met, g/kg ka	2,0	2,2	2,1	1,8	1,8	2,3
Met+Kys, g/kg ka	5,0	5,7	5,0	4,0	4,8	4,4
Val, g/kg ka	6,1	6,9	6,0	5,1	5,3	5,0
Rasvahappokoostumus						
Linolihappo, g/kg ka	12	19	12	10	12	20
Energia, MJ/kg ka						
ME, siipikarja	13,1	12,6	14,7	12,1	14,4	15,9
NE, kasvava sika	10,98	10,01	12,42	11,15	11,72	12,93
NE, aikuinen sika	11,20	10,28	12,52	11,44	11,89	13,25
ME, märehtijät	13,2	12,1	13,6	13,6	13,7	14,5

Muut viljat

Ulkomaisilla erikoiskasveilla ei liene potentiaalia tuotantoeläinten rehuna vähäisten viljelyalojen ja vaativien kasvatusolosuhteiden vuoksi, vaikka koostumuksen perusteella ne käyttöön sopisivatkin. Niiden käyttö tuotantoeläimille voi tulla kysymykseen poikkeustapauksissa, jos esim. joku erä ei täytä elintarvikekäytön laatuvaatimuksia, mutta soveltuu silti rehukäyttöön.

Riisi (*Oryza sativa*) on maapallon tärkeimpiä viljalajeja. Sitä viljellään melkein kaikissa lämpimissä maissa. Parhaiten se menestyy monsuuni-ilmastossa, minkä vuoksi se on varsinkin Etelä- ja Itä-Aasiassa tärkein viljalaji. Riisi on pääasiassa ihmisravintoa ja 60 % maapallon väestöstä käyttää riisiä pääasiallisena ravintoaineiden lähteenä. Rehuksi käytetään riisin prosessoinnin oheistuotteita kuten riisin kuorinnassa syntyvää riisilesettä. Riisillä on hyvä energia-arvo, mutta se ei ole potentiaalinen rehu Suomessa tuotantoeläimille. Lemmikkieläinten rehuissa riisi on yleinen raaka-aine.

Tattari (*Fagopyrum esculentum*) on luontaisesti gluteenitonta. Sitä käytetään pääasiassa ihmisravinnoksi. Kotimainen tuotanto on pientä. **Hirssi** (*Panicum miliaceum*) on luontaisesti gluteeniton vilja, jota Afrikassa käytetään ihmisravintona ja Pohjois- ja Etelä-Amerikassa myös rehuna. **Durra** (*Sorghum bicolor*) on maissin, riisin, vehnän ja ohran jälkeen eniten viljelty vilja maailmassa ja sen vuotuinen sato on noin 70 miljoonaa tonnia. Sitä viljellään Afrikan ja Aasian kuumilla alueilla ja käytetään pääasiassa ihmisravinnoksi. **Amarantti** (*Amaranthaceae cruentus*) on luontaisesti gluteeniton, inkojen ikivanha hyötykasvi, jonka sekä siemenet että lehdet ovat syötäviä.

- ✓ Ruisvehnän ja rukiin käyttöä rehuseoksissa voidaan lisätä.
- ✓ Uusien lajikkeiden rehuarvoista tarvitaan lisää tietoa.

2.2.2. Kasviöljyt

Rypsi-, rapsi-, soija- ja palmuöljyä käytetään usein kaupallisten väkirehuseosten pelletöintiprosessissa sidosaineena ja lisäksi niillä voidaan nostaa rehuseoksen energia-arvoa (osa öljystä rehuseoksessa ja osa ruiskutetaan pellettien pintaan). Yksimahaisilla öljyä käytettäessä rehuseokseen on myös lisättävä E-vitamiinivalmistetta. Öljyjen käyttöä rajoittaa niiden rasvaa pehmentävä vaikutus.

Siipikarjan elimistö ei pysty muodostamaan kaikkia rasvahappoja ja siksi esimerkiksi linoli- ja linoleenihappoja on saatava rehuista päivittäin. Hyviä linoli- ja linoleenihapon lähteitä ovat kala, pellava, maissi ja kaura.

Märehtijöille kasviöljyjä voidaan tiettyyn määrään asti käyttää lisäämään rehuannoksen energiapitoisuutta. Liiallinen määrä haittaa pötsimikrobien toimintaa ja heikentää kuidun sulavuutta. Kasviöljyisiä ruokinnassa muuttaa maidon rasvan koostumusta pehmeämmäksi. Rasvalisäyksillä on saatu vähennettyä pötsimikrobien metaanin tuotantoa.

2.3. Valkuaisrehut

Valkuaisrehut ovat paljon raakavalkuaista sisältäviä rehuja kuten rypsi- ja rapsirehut, soijarehut, palkokasvit, muut kasvi- ja eläinperäiset tuotteet. Rypsin, rapsin ja soijan siemeniä ei käytetä rehuna sellaisenaan, vaan niistä poistetaan siementen sisältämä kasviöljy joko puristamalla (puristeet) tai uuttamalla (rouheet). Soijarehujen valmistuksessa käytetään lisäksi kuumennuskäsittelyä haitta-aineiden poistamiseen.

Sikojen rehuseoksessa viljan valkuaista täydennetään valkuaisrehuilla, joiden osuus seoksesta on 5–25 % (Taulukko 5). Soijarouheen käyttö rehuna on vähentynyt asteittain vuoden 2010 jälkeen, mutta rypsi- ja rapsirouheen tuonti on lisääntynyt voimakkaasti nautakarjatilojen (ja suuren osan sikatiloista) siirryttyä soijattomaan tuotantoon (Latvala ym. 2021). Laajassa käytössä olleiden peittäusaineiden kieltö EU:ssa ja suuret tuholaispaineet ovat luoneet epävarmuutta ja vähentäneet rypsin/rapsin viljelyhalukkuutta kotimaassa, mikä on johtanut viljelypinta-alojen merkittävään laskuun. Öljykasvien satotaso ei myöskään ole kehittynyt toivotulla tavalla. Märehtijöistä valkuaisrehuja käytetään lypsylehmiä, pienten vasikoiden, alle 200 kg painavien lihanautojen, ja imettävien uuhien rehuannoksissa viljan ja karkearehun ohella. Siipikarjan rehuseoksissa valkuaisrehujen osuus on 10–45 %. Soijarouhe on edelleen siipikarjan käytetyin valkuaislähte, mutta härkävavun, herneen sekä rypsi-, rapsi- ja auringonkukkarouheen

käyttöä lisäämällä soijan käyttöä on saatu vähennettyä. Sikojen pääasialliset valkuaisrehut olivat tiloille tehtyjen haastattelujen perusteella 45 % OVR-liemi, 42 % teolliset valmisteet, 12 % kotimaiset palkokasvit ja 2 % soija. Teolliset valmisteet sisältävät pääosin kotimaista ja ulkomaista rypsiä ja muita kotimaisia valkuaisrehuja (herne, härkäpapu, peruna).

Valkuaistäydennysrehujen/valkuaisrehujen valintaan ja käyttöön vaikuttavat niiden koostumus, valkuaisen sulavuus ja niiden sisältämät haitta-aineet (Taulukko 6). Kotimaisten valkuaiskasvien viljelyvarmuus on myös heikompi kuin viljojen, mikä aiheuttaa saatavuuteen vaihtelua. Myös uusien valkuaisrehujen tutkimus on lisääntynyt (esimerkiksi hampupuriste, prosessoidut eläinproteiinit, hyönteisrehut ja yksisoluproteiini), mutta niiden käyttöä rajoittaa saatavuus, hinta tai lainsäädäntö sekä tiedon puute rehuarvoista ja rehukäyttömahdollisuuksista. Kotimaisten valkuaisrehujen ja uusien valkuaisrehujen laajamittainen käyttö edellyttää viljelyvarmuuden kehittämistä ja viljelytekniikoiden sekä rehukäytön tutkimusta.

Taulukko 5. Suositukset eri rehuaineiden enimmäiskäyttömääristä sikojen ruokinnassa.

Lähde: Yliaho (2005) ja MTT:n tutkimukset.

Rehuaine	Porsaat alle 25 kg	Lihasiat, kasvavat ensikot ja karjut		Tiineet emakot	Imettä- vät emakot	Huomioitavaa
		Alle 55 kg	Yli 55 kg			
Rehuaineen suurin käyttömäärä rehussa, %						
Soijaruuhe	10	25	20	15	25	Sopii ainoaksi valkuaisrehuksi lihasioille ja emakoille
Soijapuriste	10	15	15	18	27	Sopii ainoaksi valkuaisrehuksi emakoille
Rypsiaruuhe	7	22	22	20	20	Sopii ainoaksi valkuaisrehuksi yli 55-kg lihasioille ja tiineille emakoille
Rypsiapuriste	7	10	10	15	25	Sopii ainoaksi valkuaisrehuksi emakoille
Herne	10	25	30	10–15	10–15	
Härkäpapu	10	20	25	10	10	
Sinilupiini	10	20	20	15	10–15	
Kalajauho	7	ei suositella	ei suositella	5	7	
Kasviöljy ¹⁾	10	10	5	5	10	
Keitetty peruna	10	30	40	20	20	
Vehnäleseet	10	10	20	20	10	
Sokerijuuri-kasleike	10	10	20	60	10	

¹⁾ Kasviöljyn käyttömäärä, % energiasta.

2.3.1. Soijarehut

Soijarehut ovat maailman mittakaavassa tärkeimpiä sikojen ja siipikarjan valkuaisrehuja. Soijan aminohappokoostumus vastaa erinomaisesti yksimahaisten aminohappotarpeeseen. Maailmalla soijapohjaisia rehuja käytetään paljon myös märehijöille. Suomessa soijapohjaisten rehujen käyttö lopetettiin lypsylehmillä v. 2018 Valion tuotantosopimuksissa, jonka jälkeen myös

muussa maidon ja naudanlihan tuotannossa on soijan käyttö lähes täysin lopetettu. Suuressa osassa sikojen rehuja soija on korvattu muilla valkuaisrehuilla ja myös siipikarjan rehustukseen tutkitaan soijaa korvaavia vaihtoehtoja. Porsaita lukuun ottamatta soijarouhe ja -puriste voivat olla sikojen ja siipikarjan ainoana valkuais täydennysrehuaineina. Pikkuporsaille käytetään soijaproteiinia, jonka haitta-ainemäärät ovat vähäisempiä.

2.3.2. Rypsi- ja rapsirehut

Rypsin ja rapsin kokonaisten siementen sulavuus on sioilla ja siipikarjalla heikohko ja ne ovat pikemminkin energia- kuin valkuaisrehuja suuren rasvapitoisuutensa vuoksi. Rypsi- ja rapsituotteita käytetään laajasti valkuais täydennysrehuaineina. Tuotteet syntyvät, kun siemenistä erotetaan öljy lämmin- tai kylmäpuristuksessa tai uuttamalla. Rouheen rasvapitoisuus on alle 50 g/kg ka ja lämpökäsitellyn puristeen noin 100 g/ka ka. Kylmäpuristuksessa jää tuotteeseen eniten öljyä (raakarasva 248 g/kg ka (Luke Rehutaulukot)) mikä rajoittaa tuotteen käyttöä lihasioille. Kasviöljyn sisältämällä tyydyttämättömällä rasvahapoilla on vaikutusta silavan kiinteyteen ja rasvan säilymiseen pakkasvarastoinnin aikana (härskiintyminen). Osittain härskiintymistä voidaan ehkäistä lisäämällä rehuun E-vitamiinia, joka ehkäisee rasvan hapettumista.

Rypsirehuissa on runsaasti rikkipitoisia aminohappoja ja fosforia (Taulukko 6). Ne sisältävät kuitenkin suhteellisen vähän arginiinia (Taulukko 6), jota siipikarjan on saatava ravinnosta, koska niiden elimistö ei pysty muodostamaan arginiinia itse. Rypsi- ja rapsirehujen valkuaisen sulavuutta heikentävät etenkin öljypuristuksessa ja sen jälkeisissä lämpö- ja uuttoprosesseissa muodostuvat Maillardin reaktion tuotteet. Lisäksi rypsi- ja rapsirehuissa on glukosinolaatteja, tanniineja sekä runsaasti kuitua, jotka heikentävät ravintoaineiden sulavuutta ja tuotantotuloksia. Glukosinolaattien määrää on kuitenkin saatu tehokkaasti vähennettyä kasvinjalostuksella (00-lajikkeet) (Khajali & Slominski 2012, Kuoppala 2017).

Lihasioilla rypsi- ja rapsirehujen käyttöä on vältelty niiden korkean kuitupitoisuuden, alhaisten aminohappopitoisuuksien ja glukosinolaattien vuoksi. Uudemmissa lajikkeilla tehdyissä tutkimuksissa 25–30 % rypsirehujen sisällyttäminen vieroitusikäisten porsaiden ja lihasikojen rehustukseen ei kuitenkaan ole heikentänyt tuotantotuloksia (King ym. 2001, Parr ym. 2015, Grabež ym. 2020). Hiljattain julkaistussa meta-analyysissä tarkasteltiin vieroitusikäisillä porsailta ja lihasioilla tehtyjä ruokintatutkimuksia, joissa välikasvatusporsaiden rehuun oli sisällytetty 20–400 g/kg rypsi- ja rapsirehuja ja lihasikojen rehuun 38–488 g/kg (Hansen ym. 2020). Tuotteilla ei ollut vaikutusta tuotantotuloksiin, jos rehustus on suunniteltu tasapainoiseksi täyttämään sikojen ravintoaineiden tarve (Hansen ym. 2020). Emakoilla tehdyissä tutkimuksissa rypsirehujen on havaittu soveltuvan hyvin tiineys- ja imetysajan rehuihin (Liu ym. 2018, Velayudhan ym. 2019). Tutkimuksissa 30 % rypsirouheen sisällyttäminen rehustukseen ei vaikuttanut tuotantotuloksiin (King ym. 2001, Velayudhan ym. 2017 ja 2018, Liu ym. 2018).

Broilereilla tehdyissä tutkimuksissa rypsi/rapsirouhetta on sisällytetty alkukasvatusrehuihin 15–20 % (Mushtaq ym. 2007, Min ym. 2011, Gopinger ym. 2014). Tutkimukset loppukasvatusrehuihin sisällytetyn rouheen määrästä ovat antaneet vaihtelevia tuloksia ja osassa tutkimuksia jopa 25–30 % sisällytys rehuun ei ole aiheuttanut tuotantotulosten heikentymistä (Mushtaq ym. 2007, Min ym. 2011). Eräessä kalkkunoilla tehdyssä tutkimuksessa jo 15–20 % rypsirehupitoisuuden havaittiin heikentävän rehuhyötysuhdetta ja myös lihan laatua (Mikulski ym. 2012), kun taas muissa tutkimuksissa 15–20 % rypsirehupitoisuus heikensi kasvua vain hieman tai ei lainkaan (Zduńczyk ym. 2013, Dražbo ym. 2020). Yleisemmin noin 20 % sisällytystä siipikarjalle on pidetty sopivana (Mikulski ym. 2012, Gopinger ym. 2014).

Märehtijöille rypsi/rapsirouhe ja -puriste ovat Suomessa yleisesti käytössä olevia valkuaisrehuja ja niiden tuotantovaikutus maidontuotannossa on parempi kuin soijarehujen (Huhtanen ym. 2011, Rinne ym. 2015).

2.3.3. Palkoviljat

Kotimaiset palkoviljat herne ja härkäpapu sisältävät sekä tärkkelystä että valkuaista ja tuovat siten rehuseoksiin sekä energiaa että valkuaista. Palkoviljat täydentävät hyvin rypsirehujen valkuaista rehuseoksessa, koska niissä on vähän rypsirehuissa runsaasti olevia rikkihaittoisia aminohappoja (Taulukko 6). Viime vuosina on julkaistu tutkimuksia rypsi- ja palkoviljarehujen yhteiskäytöstä soijan korvaamisessa. Tutkimukset mm. lihasioilla rypsirouheen ja härkäpavun yhdistämisestä ovat tuottaneet hyviä tuloksia eikä tuotantotuloksissa ole havaittu heikentymistä (Grabež ym. 2020, Sobotka & Fiedorowicz-Szatowska 2021). Grabež ym. (2020) raportoivat lisäksi positiivisista muutoksista lihan laadussa, kun rehun soja korvattiin rypsirouheella ja härkäpavulla (Grabež ym. 2020).

Herne

Herneellä voidaan korvata soijaa rehuseoksessa, mutta aminohappotäydennyksistä on huolehdittava; herne sisältää soijarouheeseen verrattuna hyvin lysiniä ja treoniinia, mutta heikosti metioniinia (Luke Rehutaulukot). Herne aiheuttaa joskus maittavuusongelmia, mikä voi johtua herneen laatuongelmista. Herneen viljelyvarmuus on parempi kuin härkäpavun, mikä lisää sen suosiota. Pääasialliset haitta-aineet herneessä ovat proteaasi-inhibiittorit, lektiinit sekä tanniinit, joiden määrää on kuitenkin saatu vähennettyä kasvinjalostuksella (Koivunen ym. 2015). Herneen käyttöominaisuuksia on myös pyritty parantamaan ottamalla käyttöön erilaisia lämpökäsittelymenetelmiä kuten ekstruusio ja mikronisointi (Koivunen ym. 2015, Kiczorowska ym. 2016, Hugman ym. 2020). Viime vuonna julkaistussa kokooma-artikkelissa hennettä suositeltiin sisällytettäväksi broilereiden rehuun 15–36 %, välikasvatusporsaille 60–70 % ja lihasioille 30 % (Babatunde ym. 2021).

Soijan korvaamista herneellä on tutkittu useissa tutkimuksissa niin siipikarjalla kuin sioilla. Fru-Nji ym. (2007) sisällyttivät munintakanojen rehuun jopa 50 % hennettä ilman merkittäviä vaikutuksia munintaan. Broilereilla rehuun on sisällytetty yli 40 % hennettä ilman merkittäviä vaikutuksia tuotantotuloksiin tai lihan laatuun (Laudadio & Tufarelli 2010a, Dotas ym. 2014). Kiczorowska ym. (2016) havaitsivat, että mikronisoidun herneen sisällyttäminen broilereiden rehusukseen soijan korvaajana (50 ja 100 % soijasta) paransi ruhon ja lihan laatua vaikuttamalla ruhon rasvoittumiseen sekä lihan rasvan laatuun (Kiczorowska ym. 2016). Herneen sisällyttämisestä broilereihin ja munintakanojen rehusukseen on tutkittu myös Luonnonvarakeskuksessa: Koivunen ym. (2015, 2016) totesivat tutkimuksissaan, että broilereilla hennettä voitiin sisällyttää rehuun onnistuneesti 450 g/kg ja munintakanoilla 300 g/kg. Lihasioilla herneellä on korvattu onnistuneesti soijarouhe rehusuksessa kokonaan vaikuttamatta tuotantotuloksiin tai lihan laatuun heikentävästi (Petersen & Spencer 2006, Stein ym. 2006, Cebulski ym. 2021). Vieroitetuilla porsaille tehdyissä ruokintakokeissa herneen sisällyttäminen rehuun on vaikuttanut jonkun verran tuotantotuloksiin, mutta tulokset ovat olleet vaihtelevia (Owusu-Asiedu ym. 2002, Friesen ym. 2006, Stein ym. 2010, Hugman ym. 2020). Osassa tutkimuksista on havaittu heikentynyttä kasvua ja/tai syöntiä (Friesen ym. 2006, Stein ym. 2010), osassa taas lisääntyneitä syöntiä ja siten heikentynyttä rehuhyötysuhdetta (Hugman ym. 2020). Joissain tutkimuksissa herneellä ei kuitenkaan ole havaittu mitään haittavaikutuksia (Landro ym. 2014).

Härkäpapu

Härkäpapu sopii rehuseoksiin valkuais- ja energiarehuksi. Se parantaa sianlihan väriä ja sopiikin parhaiten lihasikojen loppukasvatukseen. Härkäpapu sisältää haitta-aineita kuten tanniineja,

visiiniä ja konvisiinia sekä trypsiini-inhibiittoreita, jotka aiheuttavat maittavuusongelmia sekä vaikuttavat ravintoaineiden sulavuuteen (Meng ym. 2021). Härkäpavulla voidaan korvata rehuseoksen soija täysin OVR-pohjaisella ruokinnalla lihasioilla (Perttilä ym. 2015). Myös tilako-keessa emakoilla on saatu hyviä kokemuksia härkäpavun käytöstä (Kyntäjä ym. 2015). Luonnonvarakeskuksen tuotantokokeissa härkäpapua voitiin käyttää 50 g/kg munivien kanojen rehusssa tuotannon heikkenemättä (Koivunen ym. 2014). Härkäpavuissa oleva konvisiini ja visiini saattavat aiheuttaa anemian oireita, lisätä kuolleisuutta, häiritä munasolujen tuotantoa ja huonontaa siten munantuotantoa. Borealin jalostama vähemmän haitta-aineita sisältävä Vire-lajike tuli kesällä 2020 siementuotantoon (Boreal 2020, Borealin verkkosivut 20.3.2020). Lukessa on tehty uudella lajikkeella ruokintakokeita broilereilla (hanke: GreenBroiler). Tuloksia on odotettavissa vuoden 2022 lopussa.

Vuonna 2021 julkaistussa kokooma-artikkelissa, jossa käsiteltiin vaihtoehtoisten valkuaislähteiden käyttöä broilereiden ja sikojen rehuissa, härkäpapua suositeltiin sisällytettäväksi broilereiden rehuun 20–40 % ja lihasioille 30–40 % (Babatunde ym. 2021). Munintakanoilla tehdyissä tutkimuksissa 20–25 % härkäpapua on voitu sisällyttää rehuun ilman haittavaikutuksia munintaan (Laudadio & Tufarelli 2010b, Lessire ym. 2017, Alagawany ym. 2019). Kalkkunoiden rehuun härkäpapua on sisällytetty 35 % ilman tuotantovaikutuksia (Dražbo ym. 2018).

Märehtijöille härkäpapu (Kuoppala ym. 2021) ja herne sopivat hyvin valkuaisrehuksi maidontuotantoon ja ne korvaavat tärkkelyspitoisuutensa takia ruokinnassa myös viljaa. Tuotosvas-teeltaan ne eivät yllä samalle tasolle kuin rypsi/rapsirehut, mutta sopivat korvaamaan osan näiden rehujen käytöstä.

2.3.4. Muut valkuaisrehut

Lupiinit

Lupiinin siemenissä on paljon alkaloideja, jotka tekevät lupiinista kitkerän makuisen ja vaurioit-tavat maksaa sekä aiheuttavat neurologisia oireita (Schrenk ym. 2019). Lupiineissa ei ole juuri-kaan palkoviljoille tyypillisiä haitta-aineita kuten tanniineja tai lektiinejä, mutta ne sisältävät merkittäviä määriä ei-tärkkelyspolysakkarideja (Olkowski 2018). Jalostuksella lupiinien alka-loidipitoisuuksia on kuitenkin saatu vähennettyä, ja näitä lajikkeita kutsutaankin makealupii-neiksi. Viljeltyjä makealupiineita ovat valko-, kelta- ja sinilupiinit.

Suomessa viljellään lähinnä sinilupiinia sen lyhyemmän kasvuajan vuoksi. Sinilupiinin valkuaispi-toisuus on korkea (30–40 %) ja valkuainen on hyvälaatuista. Sinilupiinia, jota kutsutaan myös ka-pealehtiseksi lupiiniksi, pidetään korkean valkuaispitoisuutensa vuoksi hyvin rehuaineeksi sovel-tuvana (FutureCrops-hanke, Luke <https://projects.luke.fi/futurecrops/fi/etusivu/>). Sinilupiinissa on vain vähän rikkipitoisia aminohappoja ja se sisältää paljon kuitua, mikä rajoittaa sen käyttöä (Taulukko 6). Sinilupiinissa on enemmän rasvaa kuin muissa palkoviljoissa ja rasvan sisältämien tyydyttämättömien rasvahappojen vuoksi runsas lupiinin käyttö voi pehmentää sian silavaa.

Sinilupiini maistuu kanoille ja sopii hyvin munivien kanojen valkuaisrehuksi. Sinilupiinia voidaan tutkimusten perusteella käyttää munivien kanojen dieetissä 15 % ilman, että tuotantotulokset huononevat (Hammersjoi & Steinfeld 2005, Tuunainen ym. 2014, Lee ym. 2016). Sinilupiinia syövien kanojen munien keltuaisen värin on tutkimuksissa havaittu olevan tummempi kuin ta-vanomaisella ruokinnalla (Hammersjoi & Steinfeld 2005, Tuunainen ym. 2014, Lee ym. 2016). Broilereilla tehdyissä tutkimuksissa kelta- ja valkolupiinien on osassa tutkimuksista osoitettu soveltuvan hyvin sisällytettäväksi rehuun ja korvaavan soijan jopa kokonaan rehusssa (Laudadio & Tufarelli, 2011, Hejdysz ym. 2019, Pietras ym. 2021). Toiset tutkimukset taas suosittavat enin-

tään 15–20 % sisällyttämistä rehuun ja raportoivat korkeampien määrien vaikutuksista tuotantotuloksia heikentävästi (Smulikowska ym. 2014, Kaczmarek ym. 2016, Rutkowski ym. 2016). Käytetyllä lajikkeella saattaa olla merkitystä, sillä tutkimuksessa, jossa vertailtiin sini-, kelta- ja valkolupiineja vain sinilupiinin havaittiin heikentävän tuotantotuloksia (Hejdysz ym. 2019). Tulokset eivät kuitenkaan ole täysin yhdenmukaisia, sillä toisessa tutkimuksessa sinilupiinin sisällyttäminen broilerin rehustukseen (30 %) paransi tuotantotuloksia (Al-Sagan ym. 2020). Myös sioilla tehdyissä tutkimuksissa tulokset ovat olleet jossain määrin ristiriitaisia, mutta usein erot raportoiduissa tuloksissa selittyvät käytetyllä lupiinilajikkeella. Yleisesti ottaen sini- ja keltalupiinit vaikuttavat soveltuvan hyvin korvaamaan soijan jopa kokonaan eri-ikäisten sikojen ruokinnassa (Fernandez & Batterham 1995, Gdala ym. 1996, Bugnacka & Falkowski 2001, Roth-Maier ym. 2004, Kim ym. 2008 ja 2010, Kasprowicz-Potocka ym. 2016, Zaworska-Zakrzewska ym. 2020), mutta valkolupiinilla on havaittu myös tuotantoa heikentäviä vaikutuksia (McNiven & Castell 1995, van Nevel ym. 2000, Dunshea ym. 2001).

Märehtijöille sinilupiini sopii valkuaisrehuksi, mutta se ei ole ihan rypsi/rapsirehujen veroista tuotantovaikutukseltaan maidontuotannossa (Kuoppala ym. 2021). Myös sinilupiinin saatavuus Suomessa on heikkoa.

Pellava

Pellavansiemen on sisällöltään energiarikas ja se sisältää paljon proteiinia, rasvoja, kivennäisaineita ja vitamiineja (Taulukko 6) – etenkin E-vitamiinia, joka toimii vahvana antioksidanttina. Pellavansiemen sisältää noin 250 g/kg ka valkuaista ja 380 g/kg ka rasvaa (Luke Rehutaulukot). Sen sisältämät pääasialliset biologisesti aktiiviset yhdisteet ovat α -linoleenihappo sekä lignaani (Touré & Xueming 2010, Davis ym. 2016, Ahmad ym. 2017). Pellavansiemenen runsasta käyttöä rajoittavat useat tekijät. Pellavansiemen sisältää haitta-aineita kuten trypsiini-inhibiittoreita, li-natiinia ja fytaattia, jotka heikentävät sen valkuaisen, B6-vitamiinin ja fosforin sulavuutta. Ravintoaineiden yleistä sulavuutta heikentävät myös pellavansiemenen kuoren musiinit, jotka eivät sula yksimahaisen suolistossa vaan laskevat suolen sisällön viskositeettia lisäten sen kulkeutumisenopeutta suolessa. Pellavansiemen sisältää myös syanogeenisiä glykosideja, joista voi muodostua pieniä määriä muun muassa syaanivetyä, joka on myrkky. Pellavansiemenen aminohappoprofiili on heikompi kuin esimerkiksi soijan tai rapsin (Ahmad ym. 2017). Sen ravintosisältö myös vaihtelee suuresti alueesta ja viljelijästä riippuen, ja sen saatavuus vaihtelee. Monet näistä rajoittavista tekijöistä voidaan ohittaa käyttämällä pellavansiemenöljyä, mutta sen säilyvyys, saatavuus ja kallis hinta nousevat esteeksi sen laajalle käytölle. Lämpökäsittelyn on osoitettu poistavan joitain pellavansiementen haitta-aineiden vaikutuksista (Ahmad ym. 2017).

Pellavapuristetta tai -rouhetta voidaan käyttää rehun valkuaislähteenä, mutta käyttöä rajoittaa kallis hinta. Pellavan käytöllä voidaan vaikuttaa tuotteiden rasvahappokoostumukseen, mutta runsaasti käytettynä se voi pehmentää sian silavaa. Emakoilla pellavapuristeen käytöllä ei tutkimuksessa havaittu vaikutusta rehun syöntimääriin tai sonnan laatuun tai ensimmäisen sonnan ajankohtaan (Kyntäjä ym. 2015). Pellavansiemenen käytön munivien kanojen rehustuksessa on osoitettu lisäävän omega-3 rasvahappojen määrää munissa (Caston ym. 1994, Bean & Leeson 2003, Fraeye ym. 2012, Ahmad ym. 2017). Pellavansiementen käytön vaikutuksia tuotantotuloksiin sekä muun muassa kanan syöntiin ja painoon on tutkittu useissa tutkimuksissa, mutta tulokset ovat olleet ristiriitaisia: kaikkea noususta laskuun ja siltä väliltä on raportoitu (Fraeye ym. 2012, Ahmad ym. 2017). Syynä vaihteleviin tuloksiin lienevät erilaiset tutkimuksen asetelut, mm. eri-ikäisten ja -rotuisten kanojen käyttö sekä vaihteleva syöttöaika. Pellavansiemenen käyttö heikentää rehun energian ja ravintoaineiden imeytymistä, mikä pitää ottaa huomioon rehun suunnittelussa. Pellavansiemenen osuus munivien kanojen rehussa on tutkimuksissa nostettu jopa 20 %, mutta määrä on hyvä pitää maltillisena (< 10 %), koska korkeiden pellavansiemenmäärien on havaittu joissain tutkimuksissa heikentävän munintaa ja/tai pienentävän

munien kokoa (Ahmad ym. 2017, Beheshti Moghadam ym. 2021), mutta myös joissain tutkimuksissa havaittujen munien makuhaittojen takia (Caston ym. 1994; Leeson ym. 1998). Lisäksi pitkäaikaisen pellavansiemenen käytön on havaittu lisäävän maksavaurioiden määrää munintakanoilla (Bean & Leeson 2003, Leeson ym. 2007).

Lypsylehmillä pellavarouheen käytön on todettu lisäävään maidon enterolignaanien määrää (Ghedini & de Moura 2021), jolloin maitotuotteiden käytöllä voitaisiin lisätä terveellisten lignaanien saanti ihmisravitsemuksessa. Naudoille pellavapuristetta on perinteisesti käytetty pötsin ja suoliston toiminnan edistämiseen. Maidontuotantokokeessa sen tuotantovaikutus ei ollut aivan rypsipuristeen luokkaa (Rinne 1997).

Hamppu

Hampun viljelystä on säädetty Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksessa (EU 2021 <http://data.europa.eu/eli/reg/2021/2115/oj>) seuraavasti: "Hampun tuotantoon käytetyt alat ovat tukikelpoisia vain, jos käytettyjen lajikkeiden tetrahydrokannabinolipitoisuus (THC) on enintään 0,3 prosenttia". Aiempaa korkeampi pitoisuus on voimassa vuoden 2023 alusta. Lisäksi EU:n rehuaineluettelossa on listattu ne rehuaineet, joita voidaan käyttää rehuaineina (EU 2022 <http://data.europa.eu/eli/reg/2022/1104/oj>). Rehuaineluettelosta löytyvät hampunsiemenet, hampunsiemenpuriste, hampunsiemenöljy sekä hamppujauho ja -kuitu.

Hampunsiemenpuriste sisältää runsaasti valkuaista, rasvaa ja kuitua, mutta vain vähän tärkkelystä ja sokereita (Taulukko 6). Esteitä hamppurehujen käyttämisestä rehuksi märehittäjille, sioille ja siipikarjalle ei tutkimuksissa ole löytynyt. Pieni pötsissä hajoavan valkuaisen osuus on edullinen märehittäjille. Sioilla monityydyttymättömien rasvahappojen pitoisuudet ja siipikarjalla korkea kuitupitoisuus rajoittavat käyttömääriä rehuannoksessa. Hevosrehuissa mahdollinen doping-riski hampun kannabinoidijäämien takia on huomioitava.

Hamppu sisältää paljon bioaktiivisia yhdisteitä. Hampunsiementen ja hampunsiemenpuristeen käyttöä on tutkittu siipikarjalla. Parhaimmat tulokset broilereilla on saatu sisällyttämällä >5 % hampua rehustukseen (Khan ym. 2010, Eriksson & Wall 2012, Mahmoudi ym. 2015). Munintakanoilla hamppurehulla on pyritty vaikuttamaan munan rasvahapposisältöön (Gakhar ym. 2012, Goldberg ym. 2012). Tutkimusten tulokset viittaavat, että 10–20 % sisällytys rehuun on hyvin siedetty eikä sillä ole haitallisia vaikutuksia kanojen syönteihin tai rehunkäyttöön eikä munantuotantoon (Silversides & Lefrançois 2005, Gakhar ym. 2012, Goldberg ym. 2012, Neijat ym. 2014).

Hampunsiemenpuriste vaikuttaa lupaavalta lehmille soveltuvalta valkuaisrehulta. Sen hinta määräytyy vastaavien kaupallisten rehujen hinnan perustella (vrt. rypsipuriste), mutta lisähintaa on mahdollista saada, jos luomuerät pystytään pitämään erillään. Euroopan elintarviketurvallisuusviranomaisen EFSA on esittänyt seuraavia hampunsiementen ja hampunsiemenpuristeen käyttömäärärajoituksia eri eläinryhmille: lihasiipikarjalle enintään 3 %, munintakanoille enintään 5–7 % ja lihasioille enintään 2–5 % (EFSA 2011).

Hampunkuorileseen suuri kuitupitoisuus ja huono kuidun sulavuus rajoittavat sen käyttöä tuotantoeläimillä, mutta se voi soveltua ruokintatilanteisiin, jossa eläinten energian tarve on pieni tai ne ovat liian lihavia. Hampunkuorilese ei ole EU:n rehuaineluettelossa.

Kotimaisten valkuaiskasvien käyttöä voidaan lisätä ja monipuolistaa. Niillä voidaan korvata onnistuneesti soijaa tuotantoeläinten ruokinnassa. Viljelyvarmuutta tulee parantaa viljelystekniikkaa ja lajikkeita kehittämällä.

Taulukko 6. Valkuaislähteiden ravintosisältö. Lähde: Luke Rehutaulukot (Luke 2022).

	Soijarouhe (rv>50 %)	Soija puriste	Soijapro- teiini	Rypsi/ rapsipuriste ¹	Rypsi/ rapsirouhe	Herne	Härkäpapu	Lupiini	Pellavapu- riste	Pellava- rouhe	Hamppupu- riste
Kuiva-aine (ka), g/kg	870	890	910	910	890	860	860	860	900	900	920
Raakavalkuainen, g/kg ka	537	493	607	358	379	230	300	340	320	390	350
Raakarasva, g/kg ka	30	81	30	98	44	11	15	51	226	20	130
Raakakuitu, g/kg ka	42	58	43	115	126	57	80	178	90	105	290
NDF, g/kg ka		115		300	270	130	160	250	180	230	400
Tuhka, g/kg ka	68	64	73	74	80	31	36	30	48	65	65
Kalsium, g/kg ka	3,0	2,3	4,4	8,1	8,3	0,7	1,0	4,4	4,2	4,5	1,9
Fosfori, g/kg ka	7,0	6,1	8,9	11,7	13,2	4,0	5,7	6,5	8,9	8,9	12,5
Aminohappokoostumus, g/kg ka											
Lysiini	33,3	29,6	37,6	20,8	22,0	16,3	17,7	16,0	11,2	13,7	13,1
Treoniini	21,5		24,3		16,7	8,3	9,3	11,6			
Metioniini	7,5	7,4	8,5	6,4	6,8	2,1	1,8	2,4	4,8	5,9	7,5
Metioniini+Kystiini	14,5	14,8	17,6	11,8	12,5	6,0	5,4	7,5	9,9	12,1	13,8
Valiini	26,3		31,6		18,6	10,6	12,3	13,9			
Arginiini	41,3				22,0	18,4	26,7	36,7			
Muuntokelpoinen energia (ME) tai nettoenergia (NE), MJ/kg ka											
ME, siipikarja	11,0	12,0	11,6	9,9	8,2	12,9	11,6	8,0	11,1	6,2	9,3
NE, kasvava sika	9,74	10,68	9,61	8,59	7,88	11,33	10,81	8,83	12,27	8,18	6,78
NE, aikuinen sika	10,35	11,33	10,22	9,12	8,38	11,63	10,96	9,89	12,60	8,57	7,97
ME, märehtijät	13,0			12,3	11,4	13,3	12,8	13,2	15,5	11,4	11,8

¹ lämpökäsittely

2.4. Elintarviketeollisuuden oheistuotteet

Tuotantoprosessin, jonka ensisijaisena tavoitteena ei ole tämän aineen valmistaminen, tuloksena syntynyttä ainetta pidetään jätteen sijaan oheistuotteena, jos aineen jatkokäyttö on varmaa, jos ainetta voidaan käyttää suoraan ilman muuta kuin tavalliseksi katsottavaa teollista lisäkäsitelyä, jos aine syntyy oleellisena osana tuotantoprosessia ja jos aineen jatkokäyttö on laillista (Lehto ym. 2021). Sivutuotteella tarkoitetaan eläinperäisiä sivutuotteita (Sivutuoteasetus EY 2009c), joten elintarviketuotannon sivujakeille käytetään tuotteen eläin- tai kasvipärisyyden mukaan joko sivutuote- tai oheistuotenimitystä. Elintarviketuotannossa syntyneiden oheistuotteiden määrää arvioitiin vuonna 2021 ilmestyneessä Luken raportissa (Lehto ym. 2021). Suurin osa (noin 66 %) Suomessa vuosittain syntyvästä elintarviketuotannon sivujakeesta on eläinperäistä sivutuotetta. Kasvituotantomäärästä jopa 40 % päättyy oheistuotteiksi (Lehto ym. 2021).

Elintarviketeollisuuden oheistuotteilla pyritään korvaamaan rehuseoksessa edullisesti viljaa ja valkuaisrehuja. Oheistuotteet tuovat rehuseokseen yleensä sekä energiaa että valkuaisa. Oheistuotteiden käyttöä rajoittaa usein rehutekninen (kuiva-aine, kulkeutuminen ruokintalaitteistoissa) tai ravitsemuksellinen (kivennäisten määrä, haitta-aineet) tai lopputuotteen laatuun (myrkylliset yhdisteet, suuri rasvan määrä, maku- ja laatuvirheet) vaikuttava seikka. Oheistuotteiden laatu usein myös vaihtelee varsinaisen tuotteen raaka-aineen, valmistusprosessin, prosessin muutosten tai tarpeen mukaan. Tasaisena jatkuva saatavuus ei aina ole itsestäänselvyys.

Oheistuotteiden määrä lisääntyy jatkuvasti ja niiden käyttö tukee kestävästä kehitystä ja kiertotalousajattelua. Jokainen uusi oheistuote edellyttää kuitenkin tutkimusta ja kehitystyötä ennen käyttöä ruokinnallisten ominaisuuksien ja elintarviketurvallisuuden varmistamiseksi. Liemimäisten oheistuotteiden käyttöä rajoittaa niiden ravintoainepitoisuus suhteessa liemimäärään. Syöntikyky voi tulla pienillä porsailta ja imettävillä emakoilla rajoittavaksi tekijäksi eli porsas ja imettävä emakko ei saa mahaansa mahtuvasta liemimäärästä riittävästi ravintoaineita. Useiden rehukäyttöön lupaavilta vaikuttavien oheis- tai kiertotaloustuotteiden, kuten esim. käsitellyn eläinvalkuaisen (processed animal protein, PAP), elintarvikijätteen ja lannan uusiutuotteiden käyttöä ja käsittelyä on rajoitettu lainsäädännöllisesti.

Entisten elintarvikkeiden rehukäyttöä rasittavat mm. rehuksi toimitettavien entisten elintarvikkeiden rehulainsäädännön mukaisuuden varmistaminen ja kaksinkertainen rekisteröityminen niin elintarvike- kuin rehuyritykseksi. Näiden rasitteiden helpottamiseksi entisten elintarvikkeiden rehukäytöstä on annettu EU-ohje (EU 2018). Entiset elintarvikkeet on valmistettu ihmisravinnoksi elintarvikelainsäädäntöä noudattaen, mutta niitä ei enää ole tarkoitettu ihmisravinnoksi. Entisiä elintarvikkeita ovat elintarvikkeiden valmistusprosessista peräisin olevat tuotteet sekä elintarvikkeet, jotka on saatettu markkinoille, mutta jotka eivät enää sovellu ihmisravinnoksi kaupallisista syistä tai valmistuksessa tai pakkauksessa esiintyneiden ongelmien vuoksi, mutta jotka eivät aiheuta riskiä ihmisten tai eläinten terveydelle. Ruokajäte ei kuulu entisiin elintarvikkeisiin. Entisistä elintarvikkeista erotetaan i) elintarvikkeet, jotka eivät koostu eläinperäisistä tuotteista, sisällä niitä tai ole niiden saastuttamia, sekä ii) elintarvikkeet, jotka koostuvat eläinperäisistä tuotteista, sisältävät niitä tai ovat niiden saastuttamia (EU 2018). Jälkimmäisiin on sovellettava aina ensin sivutuoteasetuksen säännöksiä. Entisten elintarvikkeiden rehukäyttö on sallittua tietyin edellytyksin. Entiset elintarvikkeet, jotka eivät koostu eläinperäisistä tuotteista, ovat soveltuvia elintarviketuotantoeläinten rehuksi. Entisiä elintarvikkeita, jotka koostuvat eläinperäisistä tuotteista, ei voida käyttää elintarviketuotantoeläinten ruokinnassa. Näistä poikkeuksena ovat maito- ja munatuotteet, jotka soveltuvat rehukäyttöön.

2.4.1. Meijeriteollisuuden sivutuotteet

Elintarviketuotantoeläinten ruokinnassa voi tietyin edellytyksin käyttää maitopohjaisia tuotteita, jotka ovat peräisin maitoalan laitoksesta, vähittäiskaupasta tai käsittelylaitoksesta. Tuotteet katsotaan luokan 3 sivutuotteiksi ja niitä voivat olla esimerkiksi raakamaito, hera, maitohuuhteet, kauppojen palautusmaidot tai muut maitotuotteet. Elintarviketuotantoeläinten rehuksi käytettävälle maidolle ja maitotuotteille on käsittelyvaatimuksia, jotka riippuvat mm. siitä, mitä käsittelyitä sille on elintarviketuotannossa tehty (Ruokavirasto 2022). Maidon ja maitopohjaisten tuotteiden käytöstä elintarviketuotantoeläinten ruokinnassa on tehty ohje, joka löytyy Ruokaviraston nettisivuilta.

Rehumaitojauhe

Maitojauhe on valkuaiskoostumukseltaan hyvää (Taulukko 7) ja myös sulavaa rehua, mutta sen käyttöä rajoittaa korkea hinta.

Heratuotteet

Heratuotteiden energian lähteenä on maitosokeri eli laktoosi. Laktoosin määrä rajoittaa heratuotteiden käyttöä, ja vähälaktoosisia heratuotteita on vähän tarjolla. Lisäksi niissä on runsaasti kaliumia ja natriumia (suolaa), mikä aiheuttaa runsasta veden juontia sioilla ja sen myötä lietalannan määrän lisääntymistä. Heratuotteiden aminohappokoostumus on hyvä (Taulukko 7), mutta ne ovat kalliita rehuaineita. Rehutaalukoista löytyy useita heratuotteita: herajauhe on kuivattua heraa, kun taas heravalukuaisjauhe erotetaan herasta mekaanisesti uuttamalla.

Heravalukuaisjauhe sisältää runsaasti sulavaa lysiniä (38,9–65,0 g/kg ka, Luke 2022) ja on erinomainen rehu porsaille (Tokach ym. 1989, Mahan ym. 1993). Vieroitetut porsaat hyötyvät myös heratuotteiden sisältämästä laktoosista, sillä laktoosin on useissa tutkimuksissa osoitettu edistävän porsaiden kasvua ja parantavan rehuhyötysuhdetta (O'Doherty ym. 2005, Pierce ym. 2005 ja 2006, Lynch ym. 2007, Cromwell ym. 2008, Tran ym. 2012). Hiljattain julkaistussa tutkimuksessa emakolle annettu heravalukuaislisä vaikutti positiivisesti porsaiden syntymä- ja vieroituspainoihin (Sampath ym. 2021). Heratuotteiden käyttöä on tutkittu myös siipikarjalla. Broilereilla heran sisällyttämisen rehustukseen pieninä määrinä on havaittu parantavan kasvua ja rehuhyötysuhdetta parantamalla ravintoaineiden sulavuutta (Ocejo ym. 2017, Pineda-Quiroga ym. 2018, Tsiouris ym. 2020).

Useita meijeriteollisuuden tuotteita käytetään myös ihmisravitsemuksessa, jolloin niiden käyttöä tilanteessa, jossa elintarvikkeista ja rehuista on pulaa, on pohdittava tarkoin. Herasta jää ultrasuodatuksen jälkeen jäljelle kuitenkin vielä ns. herapermeaatti, joka sisältää lähinnä laktoosia ja tuhkaa (Kim ym. 2012). Tätä tai herapermeaattia, josta tuhka on poistettu, voidaan käyttää pienten porsaiden ruokinnassa (Kim ym. 2012).

Märehtijöistä vain vasikoiden juomarehuissa käytetään maitopohjaisia rehuja.

2.4.2. Eläinperäiset sivutuotteet

Eläinvalkuaisen rehukäyttöä säädellään tarttuvia spongiformisia enkefalopatioita (TSE) koskevassa asetuksessa (EY 2001 [EY 999/2001](#)).

Käsitelty eläinvalkuainen

PAP:n käyttö on rajatusti sallittu elintarviketuotantoeläinten ruokinnassa, ja ruokintaan voidaan käyttää vain tietyillä sivutuotelainsäädännössä määritellyillä käsittelymenetelmillä valmistettua

eläinvalkuaista (Ruokavirasto 2022). Käsittelymenetelmiä on seitsemän (1–7) ja niiden tarkemat kuvaukset löytyvät Euroon komission sivutuoteasetuksen toimeenpanoasetuksen 142/2011 liitteen IV III luvussa (EU 2011). Siipikarja-PAP:n valmistamiseen on käytettävä menetelmiä 1–5 tai 7, ja sika-PAP:n valmistamiseen menetelmää 1 (painesterilointi).

Tiivistettynä PAP:n käyttö on tällä hetkellä sallittua siten, että sioista peräisen olevaa PAP:ia voidaan käyttää siipikarjan- ja kalanrehuissa ja siipikarjasta peräisen olevaa PAP:ia vastaavasti sikojen ja kalojen rehuissa, kunhan valmistus-, kuljetus- ja säilytysprosessit ovat lainsäädännön mukaisia. Myös PAP:n valmistukseen käytettävien raaka-aineiden tulee olla peräisin laitoksesta, jossa käsitellään vain yhtä eläinlajia tai jonka voidaan osoittaa pitävän erillään eri lajeista peräisin olevat sivutuotteet. Riskit, että sika- ja siipikarjaperäinen eläinproteiini joutuisi väärään käyttökohteeseen, on täysin estettävä sekä valmistus- että kuljetusprosesseissa, mikä vaikeuttaa tuotteiden käyttöä.

Lisätietoa PAP:n valmistuksesta ja käytöstä löytyy Ruokaviraston sivuilta: <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/rehu--ja-lannoiteala/rehut-ja-rehualan-toimijat/elaimista-saatavien-sivutuotteiden-kaytto-elainten-ruokinnassa/kasitelty-elainvalkuainen-eli-pap/>.

Wageningenin yliopistossa on tehty sioilla ja siipikarjalla ruokintakokeita, joissa on määritetty valkuaisen, energian ja fosforin sulavuuksia erilaisille sika- ja siipikarja-PAP:ille. Broilereilla menetelmällä 1 valmistetun sika-PAP:n valkuaisen ja aminohappojen sulavuus oli heikompi kuin menetelmällä 7 valmistetun sika-PAP:n, ja molempien testattujen PAP:n sulavuudet olivat heikompia verrattuna aiempiin lihaluujauhon taulukkoarvoihin (van Krimpen ym. 2019b). Tuotantokokeessa, jossa osa soijasta korvattiin näillä sika-PAP:eilla, PAP:ien välillä ei havaittu eroja (van Krimpen ym. 2019a). Niiden koostumuksessa oli kuitenkin eroja: menetelmällä 1 valmistetussa sika-PAP:ssa oli enemmän rasvaa (144 vs 101 g/kg) ja huomattavasti vähemmän tuhkaa (121 vs 233 g/kg), fosforia (19,3 vs 41,9 g/kg) ja kalsiumia (28,3 vs 78 g/kg) kuin menetelmällä 7 valmistetussa PAP:ssa (van Krimpen ym. 2019a). Tällä hetkellä sika-PAP:n valmistaminen on EU-lainsäädännön mukaisesti sallittua vain menetelmää 1 käyttäen (ks. edellä). Siipikarja-PAP:n valmistamiseen voidaan käyttää useita eri menetelmiä, mikä yhdessä lähtömateriaalin vaihtelevuuden (liha:luu-suhde, eri lintulajit) kanssa aiheuttaa sen, että tuotteet ovat ravintosisällöltään vaihtelevia (Bikker & Davin 2020). Sioilla tehdyssä tutkimuksessa, jossa määritettiin kolmen liha:luu-suhteeltaan erilaisen siipikarja-PAP:n sulavuuksia, havaittiin, että tuhkan määrä vaikutti energian ja rasvan sulavuuteen, mutta ei valkuaisen, fosforin tai kalsiumin sulavuuteen (Bikker & Davin 2020).

Kalajauho

Kalajauhon käyttö on sallittua elintarviketuotantoeläinten rehuissa märehitjöitä lukuun ottamatta. Poikkeuksena vieroittamattomien märehitjöiden juottorehuissa kalajauhon käyttö on sallittu. Kalajauho on tuotettava jollain sivutuotelainsäädännön mukaisella käsittelymenetelmällä.

Kalajauhossa on runsaasti sulavaa valkuaista, aminohappoja ja fosforia (Taulukko 7). Kalajauho tuo kalan rasvan pitkäketjuisten rasvahappojen vuoksi helposti lihaan ja kananmuniin makuvirheenä kalanmakua, minkä vuoksi kalajauhoa ei voi käyttää elintarviketuotantoeläimille kasvatuksen loppuvaiheessa. Liha- ja kananmunateollisuus on antanut omia ohjeistuksia ja rajoituksia kalajauhon käyttöön makuhaittojen vuoksi. Kalateollisuuden sivutuotteiden käyttöä voivat rajoittaa myös raskasmetallit ja muut vesistöistä kaloihin imeytyvät elintarviketurvallisuutta heikentävät aineet. Porsaille ja imettäville emakoille kalajauho olisi maittava valkuaislähde, jos sen saatavuus, turvallisuus ja edullisuus voitaisiin taata. Kalajauhoa sisältäviä tuotteita ei saa sekoittaa samoissa laitteistoissa kuin märehitjöiden rehuja, mikä myös rajoittaa sen käyttöä teollisissa

rehuissa. Tilasekoituksessa kalajauhoa tai kalajauhoa sisältäviä tiivisteitä käyttävien tilojen on rekisteröidyttävä Ruokavirastoon. Kalajauhon ja kalaöljyn avulla on tutkimuksissa pystytty parantamaan myös nuorten eläinten immuniteettia (Cho & Kim 2010).

Taulukko 7. Elintarviketeollisuuden sivutuotteiden ravintosisältö. Lähde: Luke Rehutaulukot (Luke 2022).

	Hera	Vähälaktoosinen herajauhe	Rehumaitojauhe	Kalajauho, keskirasvainen	Kalajauho, rasvainen
Kuiva-aine, g/kg	60	970	970	940	920
Kuiva-aineessa, g/kg					
Raakavalkuainen	110	253	352	734	762
Raakarasva	10	26	20	34	110
Lys		19,7	27,8	57,3	59,4
Met		5,3	8,1	22,0	22,9
Met+Kys		10,4	10,9	29,3	30,5
Tre		16,2			34,3
Kalsium	7,2	8,3	13,1	56,0	33,0
Fosfori	7,9	10,3	10,4	34,0	21,0
Energia, MJ/kg ka					
ME, siipikarja		9,3	10,5	12,3	15,1
NE, kasvava sika	11,92	10,97	11,97	8,77	10,94
NE, aikuinen sika	11,79	10,84	11,91	8,72	10,89

Hyönteiset

Kasvatetuista hyönteisistä saatua PAP:a saa käyttää elintarviketuotantoeläimistä kalojen, sikojen ja siipikarjan rehuissa. Hyönteis-PAP on valmistettava sivutuotelainsäädännön mukaisella käsittelymenetelmällä 1–5 tai 7. Käsitellyn eläinvalkuaisen raaka-aineeksi sallitut hyönteislajit ovat sotilaskärpänen (*Hermetia illucens*), huonekärpänen (*Musca domestica*), jauhopukki (*Tenebrio molitor*), kanatunkkari (*Alphitobius diaperinus*), kotisirkka (*Acheta domesticus*), trooppinen kotisirkka (*Grylloides sigillatus*), kenttäsiirkka (*Gryllus assimilis*) ja silkkiäistoukka (*Bombyx mori*) (Ruokavirasto 2022).

Hyönteisten sisältämä laadukas proteiini tekee niistä kiinnostavan rehuvaihtoehdon. Hyönteisten käyttöä rehuksi rajoittaa niiden ulkoisen tukirangan kitiini, joka on selluloosan kaltainen polysakkaridi, sekä pelko niiden aiheuttamasta tautipaineesta eläintiloilla. Prosessoituna hyönteisrehu on taas vielä nykyisillä keinoilla liian kallista tuotantoeläinten rehun osana. Lisäksi hyönteisten tuotantomäärät ovat vielä liian pieniä tuotantoeläinten rehuraaka-ainetuotantoon. Kriittikkiä on saanut myös se, että hyönteiset tarvitsevat hyvien tuotantotulosten saamiseksi laadukasta rehua. Käytännössä se on usein samaa rehua, jota muut elintarviketuotantoeläimet voisivat syödä suoraan ilman hiili- ja vesijalanjälkeä kasvattavaa ”kierrätystä” hyönteisten kautta.

[ICOPP](#)-hankkeessa (Improved contribution of local feed ingredient to support 100 % organic feed supply to pigs and poultry) selvitettiin eri tavoin käsiteltyjen ja kasvatettujen mustasotilaskärpäsen (*Hermetia illucens*) rehuarvoja jauhettuna ja toukkina (Kyntäjä ym. 2014). de Souza

Vilelan ym. (2021) mukaan mustasotilaskärpäsestä tehtyä hyönteisjauhoa voidaan sisällyttää broilereiden rehuun 10 % alkukasvatuksessa ja 20 % kasvatus- ja loppukasvatusvaiheissa ilman tuotannon alentumista. Hyönteisjauho korvaa edellä mainituilla lisäystasoilla 6 % alkukasvatuksen ja 8 % kasvatus- ja loppukasvatusvaiheen rehun soijasta. Dabboun ym. (2018) mukaan mustasotilaskärpäs jauho on sopiva proteiinin lähde broilerin rehuissa, mutta yli 10 % lisäykset heikentävät rehuhyötysuhdetta. Rehuhyötysuhdetta heikentävän vaikutuksen arvellaan johtuvan hyönteisjauhon sisältämästä kitiinistä, mikä korreloi negatiivisesti ravintoaineiden sulavuuden kanssa (Razdam & Petterson 1994, Khempaka ym. 2011, Bovera ym. 2015, Marono ym. 2015). Luonnonvarakeskuksen tutkimuksissa (julkaisematon) mustasotilaskärpäs jauhoa voitiin lisätä broilereiden alkukasvatus-, kasvatus- ja loppukasvatusrehuihin 7,5 % tuotantotulosten heikkenemättä. Käytännössä 7,5 % mustasotilaskärpäs jauhon lisäys tarkoittaa 7 % soijarouhemäärän korvaamista.

Hyönteistuotteiden ruokintatutkimuksista porsailla ja lihasioilla on saatu hyviä tuloksia <10 % käyttömäärillä (Veldkamp & Vernooij 2021, Boontiam ym. 2022). Hyönteisrehun vaikutuksista lihan laatuun on vielä rajallisesti tutkimuksia, mutta tehdyissä tutkimuksissa laadun on havaittu paranevan tai olevan muuttumaton (Veldkamp & Vernooij 2021).

2.4.3. Nestemäiset rehuraaka-aineet

Suurella osalla Suomen sikaloista on käytössä liemiruokinta, joissa käytetään nestemäisiä oheistuotteita. Nestemäisten oheistuotteiden käytön yksi etu on liemiruokinnassa käytettävän neste eli veden säästö. Liemiruokinnalla korostuu vaatimukset rehuaineiden laadulle, säilyvyydelle sekä rehuseoksen tekniselle laadulle. Liemirehuihin lisätään säilöntäaineita (pääosin orgaanisia happoja) säilymisen varmistamiseksi varastosäiliöissä ja kuljetuksessa. Lisäksi liemiruokinnassa käytetään usein lisänä säilöntäaineita virhekäymisen estämiseksi putkistoissa (pH:n lasku). Liemirehun kuiva-ainepitoisuutta ja eri rehuaineiden määrää (Taulukko 8) säädellään rehun tasaisen kulkeutumisen ja eläinten riittävän ravintoainemäärän saannin sekä eläinten syöntikyvyn mukaan. Nestemäisten rehuaineiden kanssa käytetään ruokintaan sopivia valkuaisäydennysrehuja ja viljaa. Siipikarjalle märkäruokinta on myös mahdollista, kunhan tekniset ratkaisut löytyvä, raaka-aineiden hinta ja saatavuus on sopiva ja toteutuksessa tuotannon hygieniataso on turvattu. Liemimäisen rehun käytössä siipikarjalle on huomioitava sama kuin pikkuporsaiden ja imettävien emakoiden liemiruokinnassa, että liemen energia ja ravintoainepitoisuus on oltava riittävä, koska syöntikyky rajoittaa helposti riittävän rehumäärän syöntiä. Käytännössä siipikarjaa ruokitaan kuivilla rehuilla, joten nestemäisiä oheistuotteita ei niille käytetä. Nautojen seosrehuruokinnassa on mahdollista käyttää kosteita ja jopa liemimäisiä rehuosakomponentteja.

Tärkkelys- ja etanolateollisuuden oheistuotteet

Valmistettaessa ohrasta tärkkelystä ja etanolia oheistuotteena syntyy liemimäistä ohravalkuaisrehua (OVR). OVR sisältää suurimman osan ohran valkuaisesta, ja valkuaisen sekä aminohappojen sulavuus on hiukan parempi kuin ohran. OVR sisältää myös ohran kivennäiset sekä osan tärkkelyksestä ja soluseinäaineista. Sen energia-arvo on ohran luokkaa (Taulukko 8). Fosforin sulavuus on parempi kuin ohrassa, mutta kalsiumia on niukasti. Liemen kuiva-aine ja koostumus vaihtelee hiukan prosessoinnin mukaan. OVR:a käytetään rehuseoksessa korvaamaan muita valkuaisrehuja (ja viljaa) ja se on käyttömäärältään suurin yksittäinen oheistuote Suomessa.

Leipomoiden oheisvirroista saadaan liemirehua, kuivaa rankkia ja etanolia. St1:n bioetanolituo-
tannossa syntyviä leipomorankkiliemiä käytetään sikatiloilla liemiruokinnan komponenteiksi.

St1:n liemet ovat tavallaan toisen polven oheistuotteita, koska bioetanoliuotannon raaka-aineina käytetään leipomo- ja panimoteollisuuden oheisvirtoja. Tuotantokonsepti perustuu elintarviketeollisuuden oheisvirtojen hyötykäyttöön, ei viljaan ja siksi liemien kuiva-ainepitoisuudessa ja koostumuksessa on jonkin verran vaihtelua. Leipomorankkien etuna lihasikojen ruokinnassa on hyvä energia-arvo, mistä on etua erityisesti lihasikojen alkukasvatuksessa. Leipomorankkiliemet ovat myös maittavia. Niitä käytetäänkin korvaamaan sekä viljaa että valkuais-täydennysrehuja.

Hiivaliemi

Hiivaliemi syntyy panimoiden oheistuotteena. Liemestä poistetaan tarvittaessa alkoholia ja se kuumennetaan, ettei siihen jäisi eläviä hiivasoluja, jotka voisivat aiheuttaa virheellisiä käymisreaktioita liemiruokintajärjestelmässä. Liemen kuiva-ainepitoisuus on matala (Taulukko 8). Sen käyttöä ei ole paljon tutkittu ja siksi sitä ei suositella porsaille ja emakoille.

Mäski ja kuivattu rankkijauhe

Mäski ja kuivattu rankkijauhe ovat pääasiassa nautojen rehuja. Niiden kuitupitoisuus on korkea (Taulukko 8), mikä heikentää niiden käyttöarvoa sikojen ruokinnassa.

Kuivatun rankin käyttöä sioilla on tutkittu eri kasvatusvaiheissa. Vuonna 2008 julkaistussa koorkooma-artikkelissa todetaan, että kuivattua rankkia voidaan sisällyttää rehustukseen 30 % kaikissa tuotannon vaiheissa tuotantotulosten heikentymättä, ja imettäville ja kantaville emakoille suositeltiin jopa 30–50 % sisällytystä. (Stein & Shurson 2009). Lihasioilla kuivatun rankin käytön ei ole tutkimuksissa havaittu vaikuttavan lihanlaatuun (Widmer ym. 2008, Salyer ym. 2012). Erässä tutkimuksessa 30 % rankkisisällytys vähensi ruhosaaantoa, mutta toisaalta se vähensi selkäsilavan paksuutta ja lisäsi ruhon lihakuutta (fat-free lean index) (Salyer ym. 2012).

Taulukko 8. Nestemäisten rehuaineiden koostumus ja käyttömäärät sioille. Lähde: Luke Rehutaulukot (Luke 2022) ja Valmistajat ja jälleenmyyjät, haastattelut 2022.

	Ohravalkuainen	Leipomorankki St1	Ohrarankki St1	Oluthiivaliemi	Mäski, märkä
Kuiva-aine	222	119	164	140	220
pH					
Energia-arvo, MJ	11,97	13,14	10,48	9,96	6,88
SRV,	233	276	283	204	173
Kuiva-aineessa, g/kg					
Raakavalkuainen	277	288	308	287	230
Raakakuitu		11	58	15	170
SLys	9,8	6,1	8,5	7,2	6,6
Smet+sKys	10,6	9,4	9,7	6,9	5,6
Stre	9,3	7,4	8,7	6,3	6,6
Kalsium	0,9	1,7	1,1	2,4	2,2
Fosfori	9,6	5,1	9,6	7,2	3,5
Käyttösuositus, % energiasta	<40		<30	8, vain lihasiat	

2.4.4. Muut oheistuotteet

Keksi-, makeis-, sokeri- ja myllyteollisuuden oheistuotteet

Muiden oheistuotteiden käyttö on yleensä pienimuotoista ja perustuu paikallisiin yrityksiin, jolloin kuljetusmatkat ovat lyhyitä ja rahti on joskus jopa tuotteen ainoa kustannus vastaanottavalle tilalle. Poikkeuksena voi mainita sokeriteollisuudesta syntyvän juurikasleikkeen, jonka käyttö on yleistä varsinkin emakoille kuidun ja energian lähteenä.

Sokerijuurikasleikettä voidaan suositella emakoille tiineysajan ja porsima-ajan ruokintaan (Kyn-täjä ym. 2015). Märehtijöille sokerijuurikasleike sopii erittäin hyvin väkirehukomponentiksi sen sisältämän sulavan kuidun takia. Melassoituna (melassileike) sitä käytetään yleisesti kaupallisisä väkirehuissa ja tiloilla (Heuže ym. 2019. <https://www.feedipedia.org/node/710>).

Juures- ja vihanneskuorimoiden oheistuotteet

Juuresten ja vihannesten valmistuksessa syntyy paljon oheistuotteita (Lehto ym. 2018). Niiden ravitsemuksellinen arvo on suhteellisen hyvä, mutta niiden käyttöä vaikeuttaa suuri kosteuspi-toisuus, jonka takia ne pilaantuvat nopeasti ja kuljetuskustannukset ovat suuria. Runsaan kos-teuden takia niiden hyödyntäminen tulee käytännössä mahdolliseksi vain paikallisten yhteis-työkuvioiden kautta. Määrällisesti eniten oheistuotteita syntyy perunasta ja porkkanasta. Peru-najae sisältää runsaasti tärkkelystä ja porkkana sokereita. Juures- ja vihannesohheistuotteita voi-daan käyttää rehuksi ja myös virikerehuna tuoreena, hapotettuna tai fermentoituna. Orgaanisia happoja käyttämällä tai fermentoimalla kosteiden kasvisohheistuotteiden käymislaatua ja aero-bista stabiilisuutta voidaan parantaa (Rinne ym. 2019, Franco ym. 2018, 2021).

Peruna

Käsittelemättömät perunatuotteet sisältävät runsaasti kaliumia, mikä vähentää syöntiä, lisää veden juontia ja toimii siten laksatiivina. Joidenkin perunatuotteiden kaliummäärä voi olla jopa myrkyllisen korkea. Kalium jää prosesseissa liuokseen, joten kuivattu perunaproteiini ja erityi-sesti kypsennettyjen perunarehujen valkuainen on erittäin käyttökelpoista ja hyvää rehua, jota käytetään erityisesti sianrehuissa.

Peruna on merkittävä valkuaisen tuottaja: perunasato voi sisältää proteiinia 500–1 000 kg/ha. Perunaproteiinin aminohappokoostumus on ravitsemuksellisesti hyvä, ja se soveltuu sekä elin-tarvikekäyttöön että rehuihin. Perunan valkuaispitoisuus on kuitenkin vain noin 2 %, mikä on aiemmin rajoittanut sen hyödyntämistä. Nykyisin perunavalkuaista saadaan erotettua peruna-teollisuuden valkuaispitoisista oheisvirroista. Perunatärkkelysteollisuus on merkittävä perunan käyttäjä Suomessa. Noin kolmasosa perunan viljelyalasta viljellään sopimustuotantona tärkke-lysteollisuuden tarpeisiin. Perunatärkkelyksen (perunajauhon) tuotannon oheisvirtoina muo-dostuu kiinteää perunapulppua (perunarehua) ja solunestettä. Suurin osa perunan proteiineista jää solunesteeseen, josta ne voidaan erottaa omaksi tuotteekseen. Myös solunesteen käyttöä yksimahaisten kotieläinten valkuaisrehuna on tutkittu.

Oheistuotteiden määrä lisääntyy jatkuvasti ja niiden käyttö tukee kestävästä kehitystä ja kier-totalousajattelua. Jokainen uusi oheistuote edellyttää kuitenkin tutkimusta ja kehitystyötä ennen käyttöä ruokinnallisten ominaisuuksien ja elintarviketurvallisuuden varmistamiseksi.

2.5. Karkearehut

Karkearehu tai korsirehu tarkoittaa rehua, joka sisältää tyypillisesti kasvien varsia ja lehtiä (laidun, tuore niittorehu, heinä, säilörehu, olki). Näiden kasvinosien lisäksi karkearehu voi joissain tapauksissa sisältää myös siemeniä tai jyviä. Tällainen rehu on esimerkiksi kokoviljasäilörehu (viljoista, palkoviljoista tai maissista), joka sisältää viljakasvin kaikki osat (korsi, lehdet, tähkä/röyhy/palot). Maissisäilörehu on globaalisti tärkein märehitjoiden rehu, mutta Suomessa viljelyolosuhteiden takia marginaalisesti käytetty.

2.5.1. Yksimahaiset

Karkearehujen käyttö on yksimahaisten ja erityisesti sikojen hyvinvointia parantava tekijä. Ne toimivat virikkeinä yksimahaisille. Tiine emakko tekee mielellään karkearehuista pesän ennen porsimista ja karkearehun syöttäminen tiineille ja imettäville emakoilla vähentää myös ummetusta ja helpottaa näin porsimista sekä lisää imetyksen aikaista rehun syöntiä. Ravitsemuksellisesti karkearehuilla on runsaasti käytettynä negatiivistakin vaikutusta, sillä ne heikentävät muiden rehujen sulavuutta, vähentävät syöntiä ja huonontavat näin ollen kasvua ja rehuhyötysuhdetta.

Karkearehuna voidaan käyttää heinää, säilörehua, tuoretta niittorehua, juureksia ja olkea. Hyvälaatuinen ja nuori lehtiasteen ruoho on hyvä valkuaisen ja energiankin lähde, mutta mitä vanhemmaksi ruoho kasvaa, sitä kuitupitoisempaa ja huonommin sulavaa siitä tulee. Kuitupiitoisten rehujen käyttöön eläinten on totuteltava. Karkearehun etuna voidaan pitää sitä, että se sisältää energiaravintoaineiden lisäksi runsaasti suojaravintoaineita kuten vitamiineja ja kivennäisaineita sekä karotenoideja ja n-3 rasvahappoja. Munintakanojen ruokinnassa karotenoideilla voidaan vaikuttaa munien keltuaisen väriin ja kolesterolipitoisuuteen (Laudadio ym. 2014). Aikuinen emakko pystyy käyttämään laidunta ja nurmirehua osana energian saantiaan. Käytännössä karkearehujen varastointi on sikaloissa hankalaa ja runsas karkearehujen käyttö ei sovi lietejärjestelmiin; myös karkearehujen käsittelyyn, jakeluun ja tuotantoon tarvittava teknologia usein puuttuu. Siipikarjalla karkearehujen käyttö rajoittuu ulkoilevien lintujen laiduntamiseen. Sisätilojen tarkat hygieniavaatimukset ja lämpenevä pehku rajoittavat karkearehun käyttöä. Karkearehujen laajempaa käyttöä yksimahaisten ruokinnassa voisi kuitenkin olla tarpeen miettiä etenkin tilanteessa, jossa rehuaineiden hinnat nousevat voimakkaasti (Tufarelli ym. 2018).

Karkearehujen käyttöä on tutkittu yksimahaisten ruokinnassa etenkin luomutuotannossa. Luonnonvarakeskus (Luke) oli mukana [ICOPP-hankkeessa](#), jonka tavoitteena oli parantaa paikallista luomurehuntuotantoa, jotta 100 % luomutavoite täytyisi luomutuotannon rehustuksessa. Hankkeessa tutkittiin mm. apila- ja sinimaillassäilörehun käyttöä sikojen ja siipikarjan ruokinnan osana. Lihasioilla karkearehun syöttö heikensi rehuhyötysuhdetta (Bikker ym. 2014), mutta karkearehulla oli positiivinen vaikutus mm. mahahaavojen esiintyvyyteen. Lihasioilla tehdyissä ruokintakokeissa hävikki oli suurta, jonka tutkijat arvelivat johtuvan ruokinnan hidastumisesta ja sitä kautta kilpailun lisääntymisestä ruokintapaikalla, mikä aiheutti hätiköintiä ruokintatilanteessa (Bikker ym. 2014). Munintakanoilla ja hidaskasvuisilla broilereilla rehustukseen sisällytetty 20 % karkearehuosuus ei vaikuttanut tuotantotuloksiin, ja siipikarjan karkearehu-ruokintaan laadittiin hankkeen puitteissa myös tekninen opaskortti (Crawley 2015).

Joissain tutkimuksissa on saavutettu hyviä tuotantotuloksia ja karkearehulla on voitu korvata merkittävä osa tiivisteestä lihasikojen rehustuksessa (Wallenbeck ym. 2014, Wüstholtz ym. 2017, Holinger ym. 2018, Friman ym. 2021). Tutkijat kuitenkin mainitsivat, että karkearehu kelpasi eläimille parhaiten kuivattuna ja pelletöitynä, jollaisena sen jakelu nykyisten ruokintalaitteiden

avulla voisi olla mahdollista (Wallenbeck ym. 2014, Friman ym. 2021). Myös siipikarjalla karkearehun sisällyttämistä ruokintaan on tutkittu, ja etenkin hidaskasvuilla broilereilla tulokset ovat olleet hyviä. Eräässä tutkimuksessa verrattiin nopea- ja hidaskasvuisten broilereiden ruokintaa sisällyttämällä 15 % karkearehua pelletteihin erillisenä tarjoilemisen sijaan, ja hidaskasvuilla linjalla ei havaittu kasvussa tai rehunkäytössä heikentymistä (Valečková ym. 2020). Tutkimuksissa karkearehun on havaittu kelpaavan linnuille paremmin, kun täysrehun osuutta rehustuksesta tai sen valkuaispitoisuutta on laskettu (ICOPP-hanke).

2.5.2. Märehtijät

Karkearehut ovat märehtijöiden luontaista ravintoa, jota ilman ne eivät tule toimeen. Karkearehut muodostavat tyypillisesti suurimman osan märehtijöiden rehuannoksesta. Karkearehu ylläpitää syljen eritystä, pötsin liikkeitä ja mikrobeille sopivia olosuhteita pötsissä (pH). Suuret määrät väkirehua, joka sisältää runsaasti solunsisällyshiilihydraatteja (esim. sokeri, tärkkelys) ja rasvaa muuttavat pötsin olosuhteita, haittaavat pötsimikrobien toimintaa, heikentävät rehun sulatusta, ja voivat aiheuttaa pötsihäiriötä ja eläimen sairastumisen. Mikrobien toiminta pötsissä tuottaa mikrobivalkuaista, joka muodostaa lypsylehmän ohutsuoleen imeytyvän valkuaisen (OIV) saannista noin 75 % ja haihtuvia rasvahappoja, joista lehmä saa energiaa.

Nurmisäilörehu on Suomessa nautakarjan perusrehu. Säilörehun valmistuksen perustana on hapettomuus ja happamuus eli rehun pH:n lasku tasolle, joka estää haitallisten bakteerien toiminnan. Alhainen pH (noin 4) saavutetaan säilöntäaineiden ja/tai maitohappokäymisen avulla. Suomessa nurmi korjataan säilörehuksi tyypillisesti kaksi kertaa kesän aikana. Myös kolme korjuukertaa on mahdollista, mikäli kasvukauden pituus riittää. Ruoho on korjattava kasvuston oikeassa kehitysvaiheessa, kun sulavuus on vielä riittävän hyvä eläimille, jotka sitä syövät (tuotantomuoto, tuotostaso, tuotantovaihe vaikuttavat tavoitteeseen). Rehun energiapitoisuutta kuvaa D-arvo, joka on sulavan orgaanisen aineen pitoisuus kuiva-aineessa.

Kokoviljasäilörehu tehdään viljakasvustosta (mukana sekä varsi että jyvät tai palot) taikinatulementumisvaiheessa. Rehuntekoon soveltuvat kaikki viljalajimme ruista lukuun ottamatta. Perinteisten viljojen ohella kokoviljasäilörehukasvina kiinnostusta on herättänyt ruisvehnä (Manni ym. 2021). Kokoviljasäilörehulla voidaan pienentää maidon- ja lihantuotannon kustannuksia ja parantaa tuotannon kannattavuutta. Viljakasvustoissa on päästy parhaimmillaan yli 10 000 kilon kuiva-ainesatoihin hehtaarilla. Niistä on siis mahdollista saada kertakorjuulla yhtä suuri sato kuin nurmesta kolmella korjuukerralla. Kokoviljasäilörehun hyviä puolia korkean satotason lisäksi ovat tilan kasvivalikoiman monipuolistuminen ja työhuippujen tasoittuminen kasvukaudella. Kevätviljat sopivat myös hyvin suojakasviksi uutta nurmea perustettaessa. Kun korjuu voidaan tehdä jo elokuun alussa, pääsevät nurmiheinät kehittymään hyvin loppukesän aikana.

Jos viljasta tehdään rehua aikaisemmin eli juuri röyhylle tai tähkälle tulovaiheessa kutsutaan sitä vihantaviljarehuksi. Siihen soveltuu myös ruis. Taikinatulementumisvaihe alkaa viljalajista ja sääolosuhteista riippuen noin 4–6 viikkoa tähkälle tulon jälkeen. Ohrasta saadaan sulavuudeltaan parasta rehua. Se soveltuu tämän vuoksi eri viljalajeista parhaiten osaksi korkeatuottoisen eläimen rehuannosta (lypsylehmä, lihanauta). Viljan ja palkoviljojen (herneen tai härkäpavun) sekakasvustot tai palkoviljojen puhdaskasvustot voidaan myös korjata säilörehuksi. Palkoviljojen optimaalisena korjuuajankohtana kasvusto on vielä vihreä, mutta palot täyttyneet.

Uutena tulokkaana Suomessa on maissisäilörehu. Sen kasvua rajoittavat lyhyt kasvikausi ja se on herkkä niin kevät- kuin syyshallalle. Parhaimmillaan se antaa Suomenkin oloissa suuren sadon, jonka tärkkelyspitoisuus on korkea. Silloin se on tuotantovaikutukseltaan kilpailukykyinen

hyvälaatuisen nurmirehun kanssa ja täydentää sitä hyvin ruokinnassa. Maissikokoviljasäilörehun rehuarvot ovat Huuskonen ym. (2014) tutkimuksen perusteella likimain samaa luokkaa kuin Suomessa korjatuilla muilla kokoviljasäilörehuilla. Energia-arvoon vaikuttaa kasvuston kehitystaste ja tärkkelyspitoisuus korjuuhetkellä. Maissin käyttöä säilörehukasvina on tutkittu tulevaisuuden kestävätkarkearehuvaihtoehdot (TuKeVa) -hankkeessa, ja tuloksia julkaistiin Maataloustieteen Päivillä 2022 (Kokkonen ym. 2022, Franco ym. 2022). Maissisäilörehua voidaan käyttää kokoviljasäilörehun tapaan, ja se voi soveltua ainoaksi karkearehuksi emolehmille ja kasveille lihanaudoille. Lypsylehmillä maissisäilörehu sopii osaksi seosrehua korvaamaan osittain nurmisäilörehua. Yleensä sitä käytetään lypsylehmän rehuannoksessa noin 25 % karkearehusta. Nurmirehuihin verrattuna matala raakavalkuaispitoisuus voidaan nähdä etuna, sillä se parantaa typen hyväksikäyttöä.

Karkearehujen käyttöä yksimahaisten ruokinnassa voisi lisätä. Vaihtoehtoiset käsittely- ja säilöntätavat, kuten kokoviljasäilörehu, vihantaviljarehu ja myös maissin ja palkokasvien käyttö säilörehuna, lisäävät rehuvalikoimaa ja hyödyntämismahdollisuuksia sekä märehittäjille että yksimahaisille.

2.6. Teolliset rehut

Teollisten rehujen käyttö ruokinnassa on helppoa ja säästää työtä, mutta se on yleensä kallein vaihtoehto. Rehujen valmistusprosessit sisältävät vaiheita, jotka parantavat niiden teknistä (raakeistus, mureistus, öljyn ruiskutus) ja hygieenistä laatua (lämpökäsittelyt). Teollisesti on helpompaa lisätä seokseen lisäaineita, (entsyymit, aromiaineet, probiootit) ja kotisekoituksessa työläitä rehu- raaka-aineita (öljy, synteettiset aminohapot, nestemäiset vitamiinit). Teollisia rehuja valmistetaan eri-ikäisille eläimille ja eri tuotantovaiheisiin. Teolliset rehut sisältävät samoja rehuaineita kuin tilaseokset, mutta myös vaikeasti saatavimpia ja harvinaisia (usein ulkomaisia) rehuaineita käytetään.

2.6.1. Täysrehut ja täydennysrehut

Täysrehut kattavat eläimen koko ravinnontarpeen vettä lukuun ottamatta. Sioilla täysrehuja voidaan syöttää sekä kuivaruokintana että veden kanssa liemiruokintana. Täysrehuja käytetään erityisesti pikkuporsaille ja siipikarjalle. Valkuaistäydennysrehut (aiemmin tiivistet ja puolitiivistet) sisältävät kotoisista rehuista puuttuvia ravintoaineita kuten valkuaisrehuja, aminohappoja, kivennäisiä ja vitamiineja ja niitä käytetään yleensä jauhetun viljan lisäksi. Puolitiivistet sisältävät myös viljaa. Siipikarjalle lisäksi annetaan kokonaisia viljan jyviä.

Lypsylehmien väkirehuna käytetään jonkin verran teollisia väkirehuja. Vaikka nimitystä täysrehu käytetäänkin myös märehittäjien viljaa, valkuaisrehua ja kivennäis-, hivenaine- ja vitamiinivalmisteita sisältävästä väkirehusta, se ei voi muodostaa märehittäjän koko rehuannosta, vaan oikea termi on täydennysrehu, jota käytetään karkearehun ohella. Väki- rehut voidaan annostella erikseen parteen tai pihatto-olosuhteissa väkirehukioskista tai lypsyrobotilta (erillisruokinta). Toinen vaihtoehto on seosrehuruokinta (total mixed ration, TMR), jossa väki- ja karkearehukomponentit sekoitetaan yhdeksi seokseksi (seosrehu, ape). Jos seosrehuruokinnan lisäksi lehmät saavat väkirehua lypsyasemalta, lypsyrobotilta tai kioskilta, puhutaan osittaisesta seosrehuruokinnasta (partial mixed ration, PMR). Tämä mahdollistaa seosrehuruokinnassa lisäväkirehun antamisen runsaammin tuottaville lehmille. Valkuaistäydennysrehuja käytetään yleisesti viljan ohella lypsylehmien ruokinnassa.

Kivennäisiä, vitamiineja ja hivenaineita käytetään yleensä valmiina seoksina. Ne sisältävät rehu-kalkkia ja fosfaatteja. Lisästarve riippuu rehuseoksen koostumuksesta. Käyttömäärä seoksissa on noin 1–5 %. Erityisen tärkeä on kalsiumin ja fosforin määrä ja niiden suhde. Kasvatavat eläimet tarvitsevat niitä luiden kasvuun ja muniva kana munan kuoren muodostukseen. Rehuaineiden sisältämän fosforin käyttökelpoisuutta parannetaan yksimahaisilla fytaasientsyymilysin avulla, mutta märehijöille sitä ei tarvita, koska pötsimikrobit tuottavat fytaasientsyymiä.

2.6.2. Lisäaineet

Rehun lisäaineet ovat rehuja, joita käytetään eläinten ruokinnassa parantamaan rehun raaka-aineiden tai eläintuotteiden ominaisuuksia, tyydyttämään eläinten ravitsemuksellisia tarpeita, edistämään eläintuotantoa vaikuttamalla erityisesti eläimen suoliston mikrobistoon tai rehujen sulavuuteen, tuomaan eläinten ravintoon aineita, jotka edistävät erityisiä ravitsemuksellisia tavoitteita, täyttämään ravitsemuksen hetkellisiä erityistarpeita, estämään tai vähentämään eläinten ulosteiden aiheuttamia haittoja tai parantamaan eläimen ympäristöä. Rehun lisäaineita ovat muun muassa hivenaineet, vitamiinit, aminohapot, säilöntäaineet, urea, kokkidiostaatit, aromiaineet ja pre- ja probiootit. Rehun lisäaineita lisätään tarkoituksellisesti rehuun ja ne voivat olla kemiallisia yhdisteitä, entsyymejä tai mikro-organismeja, aineita tai valmisteita. Tuotantoeläimiä joudutaan lääkitsemään mm. sairaustapauksissa tai eläimen hoidon tai tutkimuksen mahdollistamiseksi. Lääkeaineita sisältäviä esisekoitteita voidaan lisätä myös rehuun valmistusprosessissa, jolloin puhutaan lääkerehuista.

Rehun lisäaineista säädetään Euroopan unionin lainsäädännössä, ja vain EU:ssa hyväksytyt rehun lisäaineita saa unionissa saattaa markkinoille, käyttää tai prosessoida. Ajantasainen rehun lisäaineiden rekisteri on luettavissa Euroopan komission verkkosivuilla (https://ec.europa.eu/food/safety/animal-feed/feed-additives/eu-register_en). Lisäaineelta vaaditaan hyväksymistä varten osoitus tehokkuudesta siinä tarkoituksessa, jossa sitä käytetään, ja haitattomuudesta ihmisille, eläimille ja ympäristölle. Hyväksymättömien rehun lisäaineiden hyväksyntähakemusta varten tehtävien tieteellisten ruokintakokeiden suorittamiseen annettavista luvista säädetään kansallisesti. Suomessa luvan hyväksymättömän rehun lisäaineen käyttämiseen ruokintakokeessa myöntää hakemuksesta Ruokavirasto.

Puhtaita aminohappoja käytetään yksimahaisten rehuissa parantamaan aminohappokoostumusta ja aminohappojen suhteellisia määriä. Niiden sulavuus on täydellinen. Aminohappojen valmistus tapahtuu Kiinassa, Japanissa ja USA:ssa. Ne valmistetaan yleisimmin mikrobifermentaatiolla.

Entsyymeillä pyritään pilkkomaan rehun huonosti sulavia ainesosia kuten fytaattia ja solunseinä-aineita. Valmisteissa on yleensä useita entsyymejä. Entsyymivalmisteita lisätään täysrehuihin, valkuaistäydennysrehuihin ja esiseoksiin. Siipikarjan rehuihin lisätään esimerkiksi beetaglukanaasia, ksylanaaseja ja sellulaaseja.

Teolliset rehut sisältävät myös usein pre- ja probiootteja. Probiooteilla tarkoitetaan eläviä mikro-organismeja sisältäviä lisäaineita, jotka edistävät hyödyllisten mikrobien määrää ja suoliston mikrobitasapainoa. Prebiootit ovat aineita, joilla pyritään edistämään hyödyllisen mikrobikannan kasvua suolistossa tai estämään haitallisten mikrobien kiinnittymistä suolen seinämään. Näitä ovat esimerkiksi kasveista eristetyt hiilihydraatit tai hiivavalmisteet.

Useimpiin teollisiin rehuihin lisätään myös orgaanisia happoja säilyvyyden parantamiseksi ja käymisreaktioiden estämiseksi ruokintalaitteissa. Orgaaniset hapot parantavat rehuun lisätynä porsaiden ja lihasikojen kasvua ja rehuhyötysuhdetta ja vähentävät ripulin esiintymistä. Niiden vaikutus perustuu siihen, että ne hillitsevät haitallisten bakteerien kasvua laskemalla rehun pH:ta ja niillä voi myös olla suoria antimikrobisia ominaisuuksia. Porsas- ja emakkotäysrehuihin lisätään aromiaineita niiden maittavuuden lisäämiseksi.

3. Laatu

Rehujen laatua, kuten ulkonäköä, hajua, lämpenemistä, homeisuutta ja oheistuoterehujen käymistä tulee seurata jatkuvasti. Rehujen turvallisuutta ja koostumusta tutkitaan kemiallisin, mikrobiologisin ja mikroskooppisin menetelmin. Viranomaisnäytteitä otetaan kattavasti koko rehutuksessa. Näytteitä tutkitaan maahantuotavista rehuraaka-aineista, Suomessa valmistettavien rehujen valmistusprosesseista sekä jo markkinoilla olevista rehuista (Ruokavirasto 2022).

Salmonellariski täytyy huomioida maahantuonnista alkaen läpi koko tuotantoketjun. Useimmat rehualan ulkomaiset ja kotimaiset yhteistyöyritykset ja toimittajat on auditoitu ja rehuaineiden laadusta on tehty sopimukset. Toimijoiden väliset sopimukset pohjautuvat tiukkaan kansalliseen lainsäädäntöön sekä ETT:n positiivilistaan. Valmistusprosesseihin kuuluu analyysijä ja vaiheita (esim. lämpökäsittelyt), joiden avulla rehun puhtaus ja turvallisuus valmistetaan. Valmiin rehun laadusta ja koostumuksesta kertoo tuoteseloste, jonka tietojen perusteella valmistaja, valmistusvaiheet ja käytetyt raaka-aineet voidaan jäljittää. Myös tiloille toimitetuista rehuista otetaan eräkohtainen ja kuljetuskohtainen näyte.

Viranomaisnäytteiden näytteenotosta vastaavat Ruokaviraston valtuuttamat tarkastajat ja myös ELY-keskusten tarkastajat. Analyysien suorittamisessa käytetään kansainvälisten elinten hyväksymiä standardeja, menetelmäkokoelmien menetelmiä tai virallisia menetelmiä vasten standardin ISO 16140 vaatimukset täyttäen validoituja muita menetelmiä (Ruokavirasto 2022).

3.1. Sadon laatu ja määrä

Kansallisesta viljelykasvien sadon laadusta ja määrästä on koottu tietoa Ruokaviraston ja Luonnonvarakeskuksen julkaisemiin materiaaleihin ja internet-sivustoille.

<https://www.ruokavirasto.fi/laboratoriopalvelut/kasvitutkimukset/viljan-laatu-ja-turvallisuus/>

<https://www.ruokavirasto.fi/laboratoriopalvelut/kasvitutkimukset/>

<https://stat.luke.fi/satotilasto>

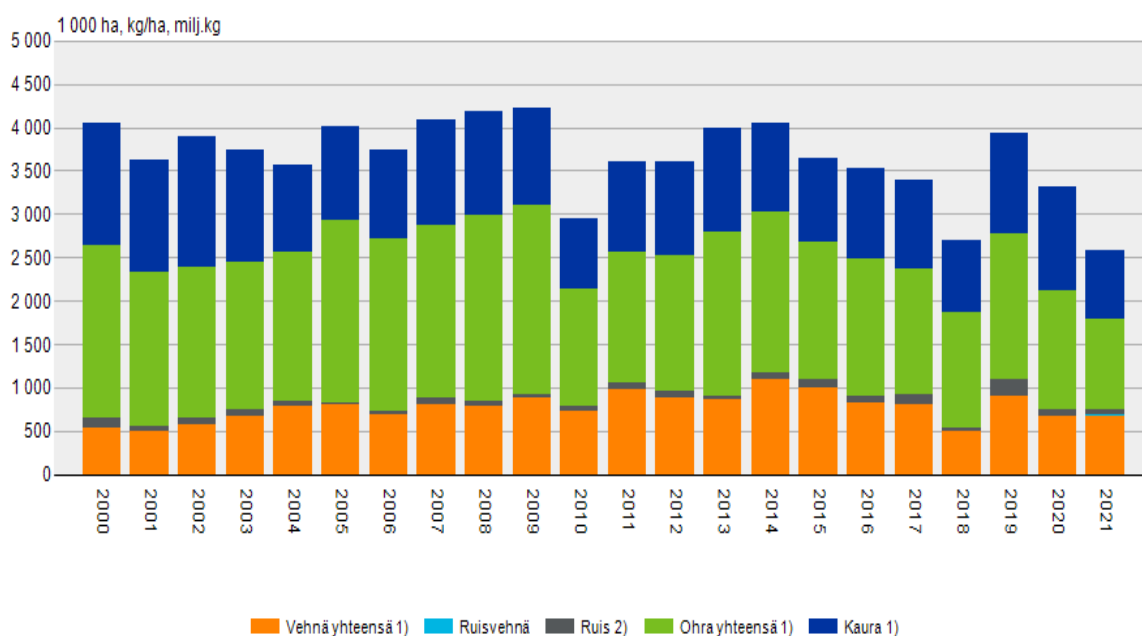
Ruokaviraston julkaisemaan Viljaseula-julkaisuun on koottu kotimaisen viljasadon käyttölaadun ja turvallisuuden keskeiset tiedot, jotka perustuvat Ruokaviraston kasvianalytiikan laboratorion tekemään seurantaan. Seuranta on otostutkimus. Tieto perustuu otokseen valittuihin maataloihin, joten tulokset edustavat eri kokoisia tiloja, eri tuotantosuuntia ja eri tuotantotapoja eli käytännön viljelyksiä eri puolilla maata. Aineisto koostuu viljelijöiden lähettämistä viljanäytteistä, näytteiden taustatiedoista ja Ruokaviraston tutkimustuloksista. Näytteet edustavat viljamarkkinoilla myytävää viljaa, tilojen välillä myytävää ja tiloille jäävää viljaa. Seuranta antaa luotettavan kuvan kotimaisen viljasadon laadusta. Pitkäaikaisen seurannan etuna on hyvä vertailtavuus vuosien välillä. Vuodesta 2018 lähtien laatusurannassa on ollut mukana myös härkäpapu, rypsi ja rapsi. https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/laboratoriopalvelut/kasvitutkimukset/viljan-laatu/viljaseula_2021.pdf

Satotilastossa on yhdistetty Luonnonvarakeskuksen satotilasto ja tuloksia Ruokaviraston kasvianalytiikan viljasadon laatusurannasta. Sadon määrän lisäksi nähdään, mikä osa sadosta oli hyvää. Viljan laadun tutkimustulokset julkaistaan jo syksyllä Ruokaviraston Avoin tieto -sivustolla. Sivustolla julkaistaan tuloksia päivittäin sitä mukaa kun tutkimuksia valmistuu. <https://avointieto.ruokavirasto.fi/#/kasvi/viljasadon-laatu>

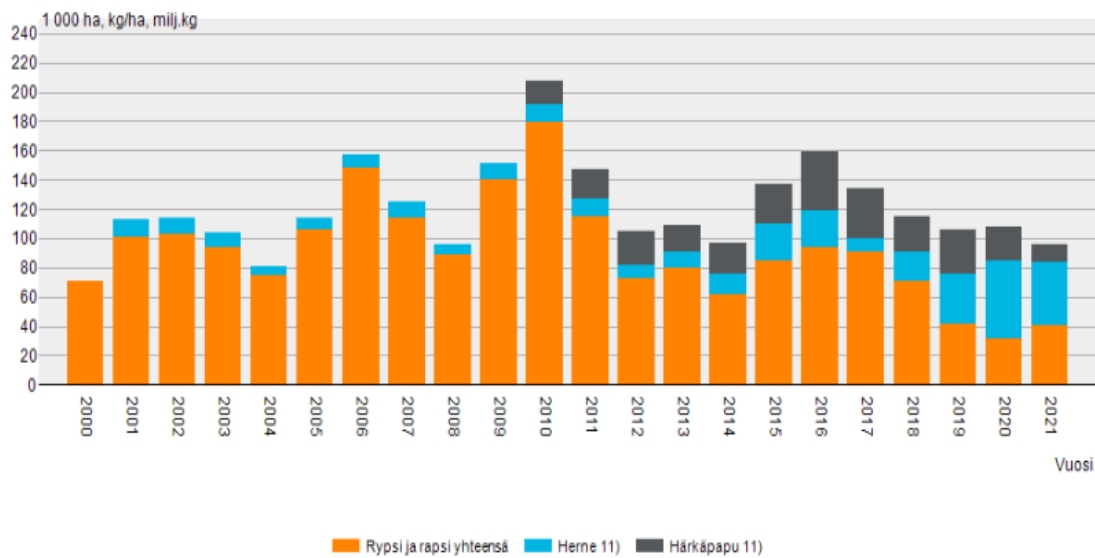
Viljoille ja valkuaiskasveille annetut laatuksiteerit vaihtelevat sekä satovuosittain että käyttäjän tarpeiden mukaan. Pääosa sadosta päätyy elintarvikkeiksi ja rehukäyttöön. Luonnonvarakeskuksen vuosittain julkaisemassa Maa- ja elintarviketalouden suhdannekatsauksessa kuvataan maataloussektorin ajankohtainen tilanne liha-, maito- ja viljamarkkinoilla sekä puutarhataloudessa (Latvala ym. 2022). Vuoden 2022 suhdannekatsauksen erityisteenä oli viljan käytön jakautumisen perusteita elintarvikkeiden ja rehun välillä (Latvala ym. 2022).

Viljasadon laadun (Taulukko 9) ja viljan ja valkuaiskasvien (herne, härkäpapu ja rypsi/rapsi) sadon määrän (Kuvat 4 ja 5) vaihtelu on ollut vuosittain suurta, mutta viljan omavaraisuus on pystytty säilyttämään viime vuosiin asti ohraa lukuun ottamatta (Kuva 6). Viljojen valkuaispitoisuuksien vaihtelu tulisi huomioida ruokinnassa siten, että täydennysvalkuaisien käyttö perustuisi viljan valkuaispitoisuuksien määrittämiseen.

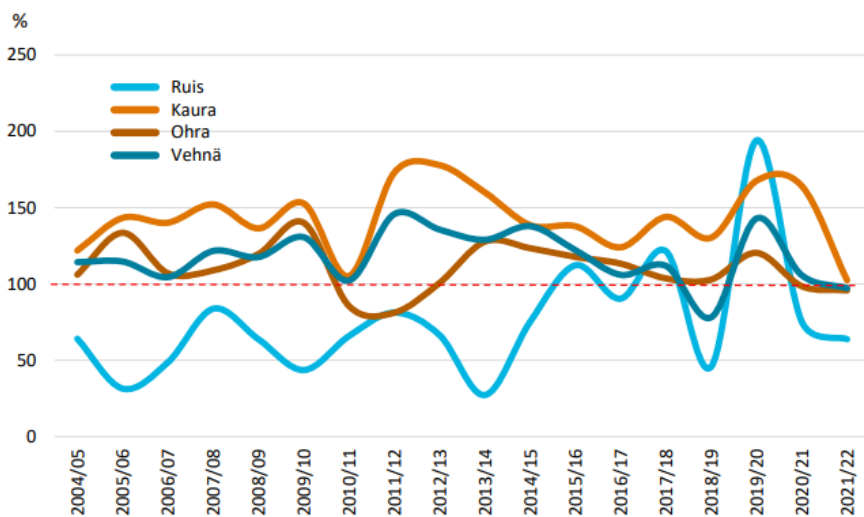
Valkuaiskasvien osalta on huomioitava erot eri lajien valkuaispitoisuudessa. Esimerkiksi herneen valkuaispitoisuus on härkäpavun valkuaispitoisuutta selvästi pienempi (SVT Satotilasto).



Kuva 4. Viljasadon määrä (milj. kg) Suomessa vuosina 2000–2021. Lähde: SVT Satotilasto.



Kuva 5. Valkuaiskasvien sato (milj. kg) Suomessa vuosina 2000–2021. Lähde: SVT Satotilasto.



Lähde: omat laskelmat Luken tilastoista. Omavaraisuusasteen lakentakaava: tuotanto / tuotanto + tuonti - vienti - varastomuutos (Puma et al 2015)

Kuva 6. Viljan omavaraisuusasteen kehitys Suomessa. Lähde: Latvala ym. 2022

- ✓ Sadon laatu- ja määrätietoa on koottu Ruokaviraston ja Luonnonvarakeskuksen julkaisemiin materiaaleihin ja internet-sivustoille.
- ✓ Viljoille ja valkuaiskasveille annetut laatuksiteerit vaihtelevat sekä satovuosittain että käyttäjän tarpeiden mukaan. Osa sadosta päätyy elintarvikkeiksi ja osa rehukäyttöön.
- ✓ Viljasadon ja valkuaiskasvien (herne, härkäpapu ja rypsi/rapsi) sadon määrän vaihtelu on ollut vuosittain suurta, mutta viljan omavaraisuus on pystytty säilyttämään viime vuosiin asti.

Taulukko 9. Viljan keskilaatu viimeisen viiden vuoden aikana vuosina 2017–2021. Lähde: Viljasadon laatu- ja turvallisuusseuranta, Ruokavirasto.

		Hehtolitraino, kg/hl	Valkuainen, %	Sakoluku, s	Pienet jyvät <2.0 (1.8 ruis) mm, %	1000 siemenen paino, g	Satoarvio, kg/ha
Kevätvehnä	2017	78,9	12,5	149	2,3	33,4	4 200
	2018	80,3	15,6	337	2,9	30,5	3 000
	2019	81,7	13,5	241	1,7	36,1	4 450
	2020	79,2	14,2	236	4,1	32,8	3 500
	2021	78,9	13,7	242	2,9	31,1	2 600
Ohra	2017	63,9	10,8		5,9	39,9	4 500
	2018	64,5	12,4		8,1	38,2	3 650
	2019	65,6	11,7		4,6	43,2	4 300
	2020	64,2	12,4		5,4	41,7	3 900
	2021	63,1	13,0		6,5	42,2	2 800
Kaura	2017	57,1	11,5		4,8	35,5	3 950
	2018	52,6	13,9		7,9	32,8	3 000
	2019	56,5	12,8		5,8	36,7	4 000
	2020	55,6	12,6		7,0	35,4	3 900
	2021	53,0	13,6		10,8	35,0	2 500
Ruis	2017	76,7	9,7	110	3,1	30,0	3 000
	2018	76,3	11,2	231	2,7	28,8	2 000
	2019	78,6	9,6	177	1,9	32,2	4 000
	2020	77,5	10,2	177	3,0	28,7	2 500
	2021	77,2	9,7	251	2,3	27,5	3 000

3.2. Rehujen laatu

Hyvälaatuinenkin rehu voi saastua tai pilaantua, jos sitä käsitellään tai säilytetään väärin. Riskipisteitä on rehujen siirrot ja säilytys. Riskitekijöitä ovat maa-aineksen joutuminen rehun joukkoon, rehujen pilaantuminen huonoissa säilytysolosuhteissa sekä lintujen ja jyrsijöiden ulosteiden joutuminen rehuun. Kosteus on tavanomaisin pilaantumisen aiheuttaja. Homeet ja taudinaiheuttajat viihtyvät kosteassa rehussa. Rehujen ulkonäkö, haju, lämpeneminen ja homeiden esiintyminen antavat viitteitä varastoinnin epäonnistumisesta.

Eri laboratorioissa tehdään rehujen koostumukseen ja laatuun liittyvää seuranta. Rehuista tutkitaan peruskoostumusta (raakavalkuainen, rasva, kuitu, tuhka, kuiva-aine.). Ruokavirastossa koostumustutkimukset liittyvät Ruokaviraston toimintaan kansallisena vertailulaboratoriona. Lisäksi Ruokavirastossa tutkitaan rehuista vitamiineja (A-, E-, D- ja B-vitamiinit), aminohappoja, eräitä väriaineita (astaksantiini), lääkaineita (mm. tetrasykliinit, sulfonamidit), lisäaineita (kokkidiostaatit) ja kiellettyjä yhdisteitä (mm. amprolium, karbadoksi, olakvindoksi), haitallisia alkuaineita (arseeni, elohopea, kadmium, kromi, lyijy, nikkeli) sekä ravinto- ja hivenaineita (fosfori, kalium, kalsium, kupari, magnesium, mangaani, molybdeeni, natrium, rauta, seleeni, sinkki) rehujen määräystenmukaisuuden ja turvallisuuden varmistamiseksi.

Tietyt homeet saattavat tuottaa myrkyllisiä yhdisteitä, hometoksiineja. Esimerkiksi *Fusarium*-homeet tuottavat trikotekeenejä (suomalaisissa viljoissa eniten ongelmia aiheuttavia ovat deoksivalenolia eli DON ja T2, HT2) ja zearalenonia, *Penicillium*- ja *Aspergillus*-homeet okratoksiini A:ta. Hometoksiineja tutkitaan pääasiassa rehuviljasta ja valmisrehuista. Ruokavirasto toimii hometoksiinien kansallisena vertailulaboratoriona yhdessä Tullilaboratorion kanssa.

Ruokavirastossa tutkitaan vuosittain kasvinsuojeluainejäämiä. Valvontaohjelman avulla valvotaan, ettei jäämiä esiinny rehuissa yli sallitun enimmäismäärän. Lisäksi seurataan rehuihin kertyneitä ympäristömyrkyjä. Seurannalla estetään saastuneiden rehujen joutuminen kuluttajille ja saadaan tietoa ympäristön tilasta ja siinä mahdollisesti tapahtuneista muutoksista ympäristömyrkyjen osalta (Ruokavirasto 2022).

3.3. Lainsäädäntö rehujen haitallisiin ja kiellettyihin aineisiin liittyen

Rehut saattavat sisältää haitallisia aineita, eliöitä tai tuotteita, joita ei ole tarkoituksellisesti lisätty niihin. Haitalliset aineet, eliöt ja tuotteet voivat aiheuttaa terveydellistä vaaraa sekä eläimille että ihmisille. Ne voivat myös vähentää eläinten kasvua ja tuotantoa. Haitallisten aineiden, eliöiden ja tuotteiden esiintymistä rehuissa on rajoitettu asettamalla kyseisten aineiden pitoisuudelle raja-arvoja rehuissa.

Haitallisia aineita ja tuotteita ovat raskasmetallit ja eräät muut epäorgaaniset aineet, homemyrkyt eli hometoksiinit, torjunta-aineet, orgaaniset ympäristömyrkyt (esimerkiksi dioksiini) sekä kasviperäiset epäpuhtaudet (esimerkiksi myrkylliset kasvit ja siemenet sekä niiden prosessituotteet). Lisäksi lisäaineista kokkidiostaattien jäämillä rehuissa voi olla haitallisia vaikutuksia eri eläinlajeihin, kun kokkidiostaattipitoisuus rehussa ylittää tietyn suurimman sallitun pitoisuuden. Haitallisten aineiden suurimmista sallituista pitoisuuksista rehuissa säädetään Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivissä 2002/32/EY ja siihen myöhemmin tehdyissä muutoksissa. Lisäksi komissio on antanut seuraavat suositukset hometoksiineista: 2006/576/EY, 2006/583/EY ja 2013/165/EU.

3.4. Poikkeava koostumus

3.4.1. Ravintoaineet

Luke ylläpitää Rehutaulukot ja ruokintasuositukset -verkkopalvelua, josta löytyvät rehuaineiden tyypilliset koostumustiedot ja energia- ja valkuaisarvot. Valtakunnallista tietoa satovuoden viljojen keskimääräisestä laadusta löytyy Vilja-alan yhteistyöryhmän (VYR) ja Ruokaviraston verkkosivuilta. Ostorehujen koostumusta koskeva tieto löytyy myyjän toimittamasta tuoteselosteesta. Omalla tilalla käytettävien itse viljeltyjen rehujen koostumus ja rehuarvot kannattaa analysoida.

Huonona viljelyvuonna viljan jyvä jää kevyeksi eli siihen ei kerry tärkkelystä normaaliin tapaan. Käytännössä kevyt vilja tai katovilja kelpaa rehuksi, jos laatu muuten on hyvää. Sikojen ruokinnassa kevyt vilja on järkevintä syöttää tiineille emakoille ja loppukasvatusvaiheen lihasioille, jotka pystyvät syömään riittävästi energiaa täyttävästäkin rehuannoksesta. Usein kevyet katoviljat käytetään ruokinnassa normaalilaatuisten ohella. Tärkkelyksestä saatavan energian puutetta rehuseoksessa voidaan täydentää kasviöljylisällä tai valitsemalla tärkkelyspitoisia täydennysrehuja. Viljan valkuaista täydennetään valkuais täydennysrehuilla ja aminohappolisilla. Lievä tähkäidäntä ei estä viljan käyttöä rehuna lihasioille, mikäli viljassa ei ole haitallisia aineita.

Rehuaineiden kasvitieteelliselle puhtaudelle on säädetty lainsäädännössä raja-arvo: pääsääntöisesti kasvitieteellisen puhtauden on oltava vähintään 95 % (EY 2009b liite I). Kasvitieteellisiä epäpuhtauksia ovat mm. olki sekä muiden viljelykasvien ja rikkakasvien siemenet. Edeltävästä valmistusprosessista peräisin oleville kasvitieteellisille epäpuhtauksille on oma raja-arvonsa: esimerkiksi muiden öljypitoisten siementen tai hedelmien jäämien suurin sallittu pitoisuus on 0,5 % kunkin lajin osalta (EY 2009b liite I).

3.4.2. Haitalliset aineet; dioksiini, raskasmetallit

Haitallisten aineiden direktiivissä 2002/32/EY liitteen 1 I jaksossa on asetettu enimmäispitoisuudet haitallisille aineille rehuissa, rehuaineissa, lisäaineissa, esiseoksissa, rehuseoksissa sekä täysrehuissa. Listattuna on rajat mm. arseenille, kadmiumille, fluorille, lyijylle ja elohopealle sekä nitriitille ja melamiinille. Dioksiineille, PCB:lle ja muille orgaanisille klooriyhdisteille on asetettu rajat saman direktiivin liitteen 1 IV ja V jaksoissa.

3.4.3. Kasvinsuojeluainejäämät

Kasvinsuojeluaineita käytetään kasvintuotannossa muun muassa kasvitautien, rikkakasvien ja tuhoeläinten torjuntaan sekä kasvien kasvun säätelyyn. Tavoitteena on välttää sadon menetykset ja parantaa sadon laatua, jotta turvattaisiin riittävä ja hyvälaatuinen elintarviketuotanto. Silloin kun kasvintuotannossa tai kotipuutarhoissa käytetään kasvinsuojeluaineita, on mahdollista, että elintarvikkeista tai rehuista löytyy niiden jäämiä. Kasvinsuojeluaineiden käyttö on tarkasti säädeltyä. Kaikilta kasvinsuojeluaineiden tehoaineilta edellytetään EU-tasolla laadittua riskinarviota ja hyväksyntää. Käyttöön hyväksytään ainoastaan sellaiset aineet, jotka arvioidaan oikein käytettyinä olevan turvallisia ihmisille, eläimille sekä ympäristölle. Lisäksi kasvinsuojeluainevalmisteet arvioidaan ja hyväksytään kansallisesti. Kasvinsuojeluainejäämille elintarvikkeissa ja rehuissa on arvioinnin yhteydessä asetettu sallitut enimmäismäärät eli MRL:t (maximum residue level).

<https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/elintarvikeala/valmistus/yhteiset-koostumusvaatimukset/kasvinsuojeluainejaamat/>

<https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/elintarvikeala/valmistus/yhteiset-koostumusvaatimukset/kasvinsuojeluainejaamat/valvonta/>

<https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/elintarvikeala/valmistus/yhteiset-koostumusvaatimukset/kasvinsuojeluainejaamat/lainsaadanto/>

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksessa (EY) N:o 396/2005 torjunta-ainejäämien enimmäismääristä kasvi- ja eläinperäisissä elintarvikkeissa ja rehuissa tai niiden pinnalla kirjataan yleisesti, että kasvinsuojelujäämien enimmäismäärät olisi vahvistettava mahdollisimman alhaiselle tasolle herkkien ryhmien kuten lasten suojelemiseksi, ja käytännössä analyysiherkkyyden alarajalle, jos näiden kasvinsuojeluaineiden sallitusta käytöstä ei aiheudu havaittavissa olevia torjunta-ainejäämiä. Jäämien kertymä- ja synergiavaikutuksista on saatavilla vielä rajallisesti tietoa, joten turvallisen altistuksen ylärajaa on vaikea asettaa.

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EY) N:o 396/2005 liitteessä II ja III on vahvistettu kullekin kasvinsuojeluaineelle jäämien enimmäismäärä. Niiden tuotteiden osalta, joita ei mainita liitteissä II tai III tai niiden tehoaineiden osalta, joita ei mainita liitteessä IV, sovelletaan enimmäismäärää 0,01 mg/kg (EY 2005). Nämä enimmäismäärät koskevat asetuksen liitteessä I lueteltuja eläin- ja kasvipäisiä tuotteita kuten hedelmiä, vihanneksia, leviä, palkokasveja, öljysiemeniä ja öljysiemenkasveja sekä viljoja.

Asetuksen 18 artiklan 4. kohta sallii jäsenvaltion poiketa asetuksessa säädetyistä enimmäismääristä poikkeuksellisissa olosuhteissa sillä edellytyksellä, että elämille syötettävät rehut eivät aiheuta kohtuutonta riskiä (EY 2005). Poikkeus tehdään määrääjäksi, ja siitä toimitetaan riskienarviointi muille jäsenvaltioille, komissiolle ja elintarviketurvallisuusviranomaiselle.

- ✓ Ruokavirastossa tehdään rehujen laboratoriotutkimuksia rehujen määräystenmukaisuuden ja turvallisuuden varmistamiseksi.
- ✓ Haitallisten aineiden, eliöiden ja tuotteiden esiintymistä on rajoitettu asettamalla raja-arvot rehuissa. Haitallisia aineita ja tuotteita ovat raskasmetallit ja eräät muut epäorgaaniset aineet, homemyrkyt eli hometoksiinit, torjunta-aineet, orgaaniset ympäristömyrkyt (esimerkiksi dioksiini) sekä kasvipäiset epäpuhtaudet (esimerkiksi myrkylliset kasvit ja siemenet sekä niiden prosessituotteet).
- ✓ Luke ylläpitää Rehutaulukot ja ruokintasuositukset -verkkopalvelua (www.luke.fi/rehutaulukot).

3.5. Kasveissa luontaisesti esiintyvät haitta-aineet

Palkokasvien siemenet, viljat ja öljykasvit sisältävät pieninä pitoisuuksia monenlaisia bioaktiivisia yhdisteitä, jotka eivät ole varsinaisia ravintoaineita, mutta niillä on kuitenkin metabolisia vaikutuksia näitä kasveja syöviin eläimiin ja ihmisiin. Vaikutukset voivat olla negatiivisia, positiivisia tai molempia. Haitta-aineet voivat huonontaa ravintoaineiden sulavuutta, rehun hyväksikäyttöä ja tuotantovaikutusta (antinutriitiivinen vaikutus).

Tanniinit ovat siementen kuorikerroksesta löytyviä kitkeränmakuisia fenolisia yhdisteitä. Niillä on antioksidatiivisia, tulehdusta hillitseviä ja antibakteerisia ominaisuuksia, mutta ne voivat myös heikentää ruoansulatusentsyymien toimintaa ja siten heikentää ravintoaineiden imeytymistä (Khajali & Slominski 2012, Chuang ym. 2021). Tanniinit sitovat proteiineja ja tärkkelystä huonontaan näiden sulavuutta. Härkäpavussa tanniineja on yleensä enemmän kuin herneessä. Kasvinjalostuksella tanniineja on saatu poistettua valkokukkaisista herne- ja härkäpapulajikkeista.

Lektiinit ovat proteiineja, jotka voivat kiinnittyä suolen seinämään vaurioittaen epiteelisoluja. Tämä huonontaa ravintoaineiden imeytymistä. Lämpökäsittely tuhoaa sekä proteaasi-inhibiittoreita että lektiinejä. Soijapavussa trypsiini-inhibiittorien ja lektiinien pitoisuudet ovat moninkertaisia verrattuna herneeseen ja härkäpapuun, ja siksi soijapavut ja niistä saatavat tuotteet on aina lämpökäsiteltävä ennen kuin niitä voidaan käyttää rehuna.

Visiini ja konvisiini ovat lämpöstabilleja glykosideja, jotka sijaitsevat härkäpavun sirkkalehdissä, joten niitä ei pysty poistamaan pavuista kuorimalla, jauhamalla tai muilla teknologisilla menetelmillä tai kuumennuskäsittelyillä (Crépon ym. 2010). Visiini ja konvisiini rajoittavat härkäpavun käyttöä yksimahaisille. Märehtijöiden pötsimikrobit pystyvät käsittelemään niitä ainakin jossakin määrin niin että niistä ei ole haittaa eläimelle ja lisäksi niiden on havaittu osittain hajoavan fermentoinnin aikana murskeviljan valmistuksessa (Rinne ym. 2020). Boreal on jalostanut uuden härkäpapulajikkeen, Vireen, jonka visiini-konvisiini-pitoisuus on alhainen (Boreal 2020, <https://boreal.fi/uusi-kotimainen-vire-tuo-uutta-viretta-harkapavun-kayttoon/>). Vireen käyttöä siipikarjan ruokinnassa on tutkittu myös Lukessa.

Palkokasvien sisältämät **proteaasi-inhibiittorit**, kuten trypsiini- ja kymotrypsiini-inhibiittorit estävät nimensä mukaisesti valkuaisista pilkkovien entsyymien toimintaa, mikä huonontaa valkuaisen sulavuutta. Trypsiini-inhibiittorien pitoisuudet vaihtelevat suuresti hernelajikkeiden välillä. Palkoviljat sisältävät myös **oligosakkarideja** (raffinoosi, sakhyoosi, verbaskoosi), joita sian ruoansulatuskanavan tuottamat entsyymit eivät pysty sulattamaan. Suoliston mikrobit hajottavat näitä hiilihydraatteja ja mikrobikäymiselle on tyypillistä runsas suolistokaasujen muodostus. Runsa palkoviljojen käyttö voi myös löystyttää ulosteita. Härkäpapu sisältää myös pyrimidiglykoideja, visiiniä ja konvisiiniä ja palkokasveissa on steroidiglykosideihin kuuluvia saponiineja.

Lupiinien siemenet sisältävät kitkeränmakuisia **alkaloideja**, mikä voi vähentää rehun syöntiä. Rehuksi tarkoitetuissa makealupiineissa (sini-, kelta- ja valkolupiini) alkaloideja on huomattavasti vähemmän kuin teiden varsilla kasvavissa komealupiineissa.

Vehnä sisältää viljalajeista vähiten rehuarvoa heikentäviä **arabinoksyalaaneja**. Niiden rehuarvoa heikentävä vaikutus on vähäisempi kuin ohran **beetaglukaanien** ja siksi vehnä onkin siipikarjan päävilja. Ohran beetaglukaanit lisäävät ruokasulan viskositeettiä eli muuttavat ruokasulan liisterimäiseksi massaksi, josta ravintoaineiden imeytyminen on heikentynyt. Lintujen sonta muuttuu myös liimamaiseksi ja tahrivaksi. Beetaglukaanien vaikutusta vähennetään kypsentämällä viljaa ja lisäämällä rehuun entsyymejä.

Glukosinolaatit ovat kasvien biomolekyyliä, joita esiintyy erityisesti ristikkukaisilla kasveilla (*Brassicaceae*-heimo), kuten rypsilä, rapsilla, erilaisilla kaaleilla ja sinapilla. Varsinaisten glukosinolaattien lisäksi myös niiden hajoamistuotteilla on merkitystä. Hajoamistuotteiden biologinen vaikutus voi olla myrkyllinen, haitallinen tai terveyttä edistävä riippuen pitoisuudesta ja yhdisteiden rakenteesta. Glukosinolaatit ovat osa kasvin puolustusjärjestelmää. Öljykasveissa kuten rypsi ja rapsi, hydrofiiliset glukosinolaatit jäävät öljyn uuton jälkeen valkuaispitoiseen osioon. Rouheet ja puristeet ovatkin tärkeimmät glukosinolaattien lähteet kotieläinten rehuissa. Glukosinolaattipitoisuudet vaihtelevat huomattavasti eri kasvilajien ja – lajikkeiden välillä ja niihin vaikuttavat myös ilmasto, maaperä, lannoitteiden käyttö ja muut ympäristötekijät. Kasvin stressitila kuten kuivuus lisää glukosinolaattien pitoisuuksia. Suomessa ja muissa läntisissä maissa viljeltävät lajikkeet ovat ns. kaksoisnollalajikkeita (00-lajikkeet), joissa on hyvin pienet glukosinolaatti- ja erukahappopitoisuudet. Jos jatkossa rapsin tuontia uusista maista joudutaan lisäämään, Suomeen saattaa tulla eriä, joissa on enemmän glukosinolaatteja.

Fytiinihappo eli fytaatti on orgaanisiin fosforiyhdisteisiin kuuluva yhdiste. Fytiinihappoa on kasveissa, erityisesti vilja- ja palkokasvien siemenissä, joissa se toimii kasvin fosforivarastona. Fytiinihapon rakenteessa on inositolirengas, johon on liittynyt fosfaattiryhmiä. Fytaatti heikentää myös muiden kivennäisten kuin fosforin sulavuutta. Yksimahaisilla ei ole fytaattia pilkkovaa entsyymiä, jolloin fytaattiin sitoutunut fosfori ei ole käyttökelpoista yksimahaisille. Märehtijöillä mikrobiston avulla fytaattiin sitoutunut fosfori tulee käyttöön. Kasveissa on myös luontaista fytaasientsyymiä vaihtelevia määriä. Yksimahaisten rehuihin lisätään fytaasientsyymiä, jonka avulla fosfaattiryhmät irtoavat inositolirenkaasta eläimen käyttöön. Fytaasientsyymien käytön avulla lantaan ja lannan kautta ympäristöön erittyvän fosforin määrää on saatu vähennettyä. Fytaasientsyymi parantaa myös rehun muiden ravintoaineiden sulavuutta.

Kasviestrogeenit ovat kasveissa esiintyviä luonnollisia yhdisteitä, joilla on estrogeenista vaikutusta. Kasviestrogeenejä on löydetty palkokasveista eli apiloista, sinimailasesta ja soijapavusta sekä pähkinöistä, yrteistä, viljoista, pellavasta, seesamista ja humaloista. Puna-apila sisältää rehuksveistamme eniten kasviestrogeeneja, pääasiassa isoflavoneja. Neljä yleisintä puna-apilan isoflavonia ovat formononetiini, biokaniini A, daitseiini ja genisteiini. Puna-apilan isoflavonien pitoisuuksiin vaikuttavat lajike, korjuuaika, säilöntätapa ja kasvuolosuhteet. Kasviestrogeeneja on puna-apilassa vähemmän, kun kasvusto korjataan myöhemmin. Esikuivatus vähentää pitoisuuksia, mutta säilörehussa on enemmän kuin raaka-aineessa. Myös kasvuolosuhteet ja kasvupaikka vaikuttavat niin, että epäsuotuisan kasvukauden jälkeen pitoisuudet ovat suurempia. Kasviestrogeenit muuttuvat lehmässä pötsimikrobien toiminnan tuloksena nisäkkäiden isoflavoniksi equoliksi. Equolia erittyy maitoon, sontoon ja virtsaan (eniten). Maidon equolipitoisuus on tutkimuksissa ollut suurempi luomutiloilla, joilla säilörehu on tavanomaisia tiloja apilapitoisempaa.

Lypsylehmien rehuna ei käytetä puna-apilan puhdaskasvustosta tehtyä säilörehua vaan puna-apila kasvaa yleensä heinäkasvien kanssa seoksena. Puna-apilan osuus kasvustosta vaihtelee eri satojen välillä niin, että toisessa niitossa puna-apilaa on yleensä enemmän kuin ensimmäisessä. Puna-apilan osuus kasvustossa myös vähenee satovuosien myötä. Kasviestrogeeneista ei puna-apilapitoista säilörehua syötettäessä ole haittaa lypsylehmien hedelmällisyydelle. Lampaiden on todettu olevan herkempiä kasviestrogeenien vaikutukselle. Myös yksimahaiset ovat märehittäjiä herkempiä kasviestrogeeneille, koska niillä ei ole pötsimikrobeja hajottamassa isoflavoneita harmittomiksi yhdisteiksi. Kuitenkin syödyn rehun pitäisi olla pääasiassa kasviestrogeenipitoista rehua, jotta vaikutukset olisivat havaittavissa. Lyhytaikaisesti kasviestrogeenien runsas saanti ei vaikuta negatiivisesti.

Jotkut kasvit erittävät myös luontaisia kasvimyrkkyjä, joille on EU:n lainsäädännössä asetettu enimmäismäärän raja-arvot. Tällaisia ovat vapaa gossypoli, syaanivetyhappo, teobromiini, viynyilitio-oksatsolidoni ja haihtuva sinappiöljy (EY 2002 liite 1 III jakso).

Kasveissa esiintyy luontaisesti bioaktiivisia aineita, jotka voivat huonontaa ravintoaineiden sulavuutta, rehun hyväksikäyttöä ja tuotantovaikutusta (antinutriitiivinen vaikutus). Haitta-aineiden määrää viljelykasveissa on voitu vähentää kasvinjalostuksella.

3.6. Hometoksiinit

Homeet, torajyvät ja kasviepäpuhtaudet kuten rikkakasvin siemenet huonontavat viljan ruokinnallista laatua. Hometoksiinit (homemyrkyt, mykotoksiinit) ovat erilaisten homekasvustojen tuottamia sekundaarisia metaboliitteja. Ne ovat hyvin yleisiä erilaisissa rehuaineissa. Hometoksiineilla on erilaisia haitallisia vaikutuksia niin rehuja syöviin kotieläimiin kuin mahdollisesti ihmisiinkin, jos ne siirtyvät eläintuotteiden mukana elintarvikeketjuun. Tämän takia joidenkin hometoksiinien enimmäismäärille rehuaineissa on asetettu rajoituksia. Homeet ja torajyvät voivat olla niin haitallisia, että ne estävät viljaerän käytön kokonaan.

Viljojen hometoksiineista on enemmän tietoa kuin karkearehujen. Vilja-alan yhteistyöryhmä VYR:n turvallisuustyöryhmä seuraa yhteistyössä Luken, Ruokaviraston ja ProAgrian kanssa viljojen hometoksiinipitoisuuksia (<https://www.vyr.fi/fin/viljelytietoa/turvallisuusseuranta/>). Mannin ym. (2022) otoksessa 8 % tutkituista 43 säilörehuerästä oli kokonaan vapaita analysoiduista 32 hometoksiinista. Tilakäyttöön soveltuvia nopeita, edullisia ja luotettavia analyysimenetelmiä hometoksiinien määrittämiseen ei ole saatavilla, varsinkaan karkearehuille. Hometoksiinit voivat myös esiintyä epätasaisesti rehuerässä, joten edustavan näytteen otto on hankalaa.

EU:n lainsäädäntö on asettanut raja- tai ohjearvoja viidelle hometoksiinille rehuissa (EFSA 2004, EY 2006b) (Taulukko 10). Torajyvälle on asetettu enimmäispitoisuuden rajaksi jauhamatonta viljaa sisältäviin rehuaineisiin ja rehuseoksiin 1 000 mg/kg (rehu, jonka kosteuspitoisuus 12 %, EY 2002 liite 1 II jakso). Lisäksi deoksinivalenolin, zearaleonin ja fumonisiinien ehkäisemisestä ja vähentämisestä viljatuotteissa on annettu suositus, jossa kannustetaan toimijoita omaksumaan hyviä käytäntöjä, joilla voidaan ehkäistä ja vähentää *Fusarium*-toksiinien aiheuttamaa saastumista (EY 2006b).

Taulukko 10. Enimmäisarvot aflatoksiini B1:lle ja ohjearvot neljälle muulle hometoksiinille eläinten rehuissa.

		mg/kg rehussa, jonka kosteuspi- toisuus on 12 %	Viitteet
Aflatoksiini B1	Rehuaineet	0,02	Euroopan par- lamentin ja neuvoston di- rektiivi 2002/32/EY, liite 1 II jakso (EY 2002)
	Täydennys- ja täysrehut	0,01	
	Lypsykarjan, vasikoiden, porsaiden ja nuoren siipikar- jan rehuseokset	0,005	
	Muun nautakarjan, sikojen ja siipikarjan rehuseokset	0,02	
Deoksinivale- noli	Rehuaineet, vilja ja viljatuotteet paitsi	8	Komission suositus 2006/576/EY, liite (EY 2006b)
	maissin oheistuotteet	12	
	Rehuseokset, paitsi	5	
	sikojen rehuseokset	0,9	
	vasikoiden ja karitsojen rehuseokset	2	
Zearalenoni	Rehuaineet, vilja ja viljatuotteet paitsi	2	Komission suositus 2006/576/EY, liite (EY 2006b)
	maissin oheistuotteet	3	
	Rehuseokset		
	porsaille ja nuorille emakoille	0,1	
	emakoille ja lihasioille	0,25	
Oktratoksiini A	Rehuaineet, vilja ja viljatuotteet	0,25	Komission suositus 2006/576/EY, liite (EY 2006b)
	Rehuseokset		
	sioille	0,05	
	siipikarjalle	0,1	
Fumonisiinit B1 ja B2	Rehuaineet, maissi ja maissipohjaiset tuotteet	60	Komission suositus 2006/576/EY, liite (EY 2006b)
	Rehuseokset		
	sioille ja hevosille	5	
	siipikarjalle, vasikoille, lampaille ja vohlille	20	
	täysikasvuiset märehitjät	50	

Deoksinivalenoli eli DON on homemyrkky, jonka lainsäädännöllinen raja-arvo elintarvikekäyt-
töön on enintään 1250 µg/kg vehnää ja 1750 µg/kg kauraa (EY 2006a liite jakso 2). Rehuikä-
tössä suositus on enintään 8000 µg/kg. Zearaleonin enimmäispitoisuudeksi käsittelemättö-
mälle viljalle elintarvikekäytössä on asetettu 100 µg/kg (EY 2006a liite jakso 2).

Hometoksiinien riskien hallinta on hankalaa, sillä niitä on yli 300 eikä niiden vaikutuksia tunneta
kovin hyvin. Lisäksi eri hometoksiineilla voi olla haitallisia yhdysvaikutuksia ja ne muuttuvat ja
vaikuttavat toisiinsa eläinten ja kasvien fysiologisissa prosesseissa. Aflatoksiini voi siirtyä re-
huista ainakin maitoon ja lisätä syöpäriskiä eli se on karsinogeeninen. Aflatoksiinia ei kuiten-
kaan ole tavattu suomalaisissa rehuissa (ei ainakaan karkearehuissa, Manni ym. 2022), koska
sitä tuottavat *Aspergillus* spp. homeet vaativat korkean lämpötilan ja kosteuden eli ovat ylei-

sempiä erityisesti tropiikissa. Tietävästi muita hometoksiineja kuin aflatoksiini ei ainakaan merkittävässä määrin siirry kotieläintuotteisiin, mutta haitalliset vaikutukset kohdistuvat hometoksiineja sisältäviä rehuja syöviin eläimiin. Deoksinivalenolin on eläinkokeissa havaittu yksittäisinä annoksina aiheuttavan ruokahaluttomuutta ja oksentelua sekä heikentävän vastustuskykyä (Rautala ym. 2008). Zearaleonin vaikutukset kohdistuvat lisääntymiselimiin ja pitkäaikaiset vaikutukset hedelmällisyyteen ja hormonitoimintaan (Rautala ym. 2008). Sioilla homemyrkyt aiheuttavat mm. luomisia, kiimattomuutta, epämuodostuneita porsaita, kasvun hidastumista ja ripulia (Taulukko 11).

Taulukko 11. Viljan homemyrkyjen ja torajyvän esiintyminen ja vaikutus sikoihin. Lähde: Yliaho 2005. s. 8

Toksiini	Vaikutus sikoihin	Olosuhteet muodostumiselle
Punahometoksiinit		
Deoksinivalenoli (DON)	DON 2 mg/kg: huono syönti, hidastunut kasvu DON 20 mg/kg: oksentelu, syömättömyys, laihduminen Eriasteinen ripuli	<i>Fusarium</i> -sieniä on useita lajeja, esiintymistä suosivat erilaiset kasvuolot. Runsas, näkyvä rihmasto ei välttämättä yhteydessä hometoksiinien muodostukseen. Riskitekijät tartunnalle ja toksiinien muodostukselle:
Zearalenoni	Nuoret imisät: ulkoisten sukuelinten turvotus ja punoitus, utarekudoksen liian aikainen kehittyminen Emakot: epäsäännöllinen kiimakierto, pienet pahnueet, heikot porsaat, emättimen ulostulo Karjut: viivästynyt sukukypsyys, sperman huono laatu	<ul style="list-style-type: none"> • peittaamaton siemen • viljavaltainen viljelykierto • heikot kasvustot • kevätiljat > syysviljat • pohjoiseen siirryttäessä riski kasvaa • kuiva alkukesä • viileät ja sateiset olosuhteet kukinnan aikana ja sen jälkeen • puinnin viivästyminen, kosteus, lako, halla • puutteellinen kuivaus (kosteus >14 %)
T-2, HT-2, nivalenoli, diasetoksiskirpenoli (DAS) Fusarenon X	Myrkyllisempiä kuin DON: huono syönti, alttius taudeille, ripuli, hermosto-oireet, verenvuoto, sikiövauriot T-2, HT-2: tiinehtymättömyys, munasarjarakkulat, luomiset	
Okratoksiini	Munuaisvauriot: runsas juonti ja virtsan erityys, huono syönti, hidastunut kasvu	Toksiinin muodostus varastoinnin aikana: viljan kosteus 20–25 %, lämpötila >20°C
Torajyvän alkaloidit		
Ergotamiini, ergotoksiini, ergonoviini	Huono syönti, ripuli, hermosto-oireet, kuoliot raajoissa, kuolema Emakot: utareen kehittymättömyys, maidottomuus, kuolleena syntyneet porsaat	Kosteaa kevät ja varhaiskesä, sateinen kukinta-aika Herkkyyks: ruis, ruisvehnä, ohra
Aflatoksiini	Maksamyrky, >0,5 mg/kg: huono syönti, hidastunut kasvu, alttius taudeille, limakalvojen keltaisuus, anemia	Ei pelloilla Suomen oloissa, satunnaisesti tuontirehuissa Toksiinin muodostus: >20°C, kosteus 12–13 %

Märehtijöiden rehuannoksesta suurin osa on säilörehua ja sen myötä toksiinien saantimäärät voivat olla hyvinkin merkittäviä. Hometoksiinit vaikuttavat pötsimikrobistoon sekä ravintoaineiden tuotantoon ja imeytymiseen. Hometoksiinit heikentävät yleisesti immunitettä, mikä altistaa infektioille. Hometoksiinialtistus aiheuttaa alhaisempaa ja vaihtelevaa rehun syöntinä, neurologisia, hormonaalisia (hedelmällisyyden heikkeneminen, sikiöiden epämuodostumat), hepatoksia (maksasairaudet) ja immunologisia muutoksia. Tavanomaista heikompi maitotuotos sekä maidon somaattisten solujen määrän kasvu ilman selvää taudinaiheuttajaa kertovat yleensä toksiinien esiintymisestä. Pötsin mikrobisto pystyy hajottamaan ja tekemään tehottomaksi hometoksiineja, minkä seurauksena märehitjät ovat yksimahaisia kestävämpiä hometoksiineille. Kuitenkin pötsin mikrobiston kyky hajottaa toksiineja voi heikentyä, jos altistus jatkuu pitkään. Haitalliset vaikutukset voivat näkyä akuutteina suuren yksittäisen annoksen saannin jälkeen tai kroonisina, pienten jatkuvien määrien seurauksena.

Hometoksiinien aiheuttamista riskeistä kotieläintuotannolle tarvittaisiin lisää tietoa. Se auttaisi arvioimaan niiden käytön aiheuttamia taloudellisia ja eläinten hyvinvoinnille aiheutuvia tappioita. Yleisesti uskotaan, että märehitjät eivät ole hometoksiineille yhtä alttiita kuin yksimahaiset kotieläimet. Tarkempi tieto eri hometoksiinien vaikutuksista auttaisi arvioimaan riskejä eri eläinlajeille ja elinkaaren eri vaiheissa (Koivunen & Huuskonen 2018, Manni ym. 2022).

3.6.1. Mykotoksiinien vaikutusten vähentäjät

Rehujen sisältämien hometoksiinien vaikutuksia voidaan jossain määrin estää käyttämällä mykotoksiinien vaikutusten vähentäjiä eli ns. homesieppareita. EU:n rehulisäainerekisteriin on hyväksytty kolme rehujen mykotoksiinien vaikutusten vähentäjää: fumonisiiniesteraasi, Coriobacteriaceae-heimon mikro-organismikanta DSM 11798 ja bentoniitti. Tunnetuin näistä on bentoniitti, jota käytetään aflatoksiini B1:n vaikutusten vähentämiseen. Fumonisiiniesteraasia käytetään fumonisiinien ja DSM 11798 trikotekeenien vaikutusten vähentämiseen. Tutkimuksissa on havaittu, että hyönteiset pystyvät hajottamaan mykotoksiineja, jolloin niitä voitaisiin käyttää muuntamaan hometoksiineja sisältävä rehu turvalliseen muotoon hyönteistuotteiksi (Evans & Shao 2022). Tämä lähestymistapa vaatii vielä lisätutkimusta mm. täsmällisistä hajotusreaktioista ja hajotusreaktioissa syntyneistä metaboliiteista sekä lainsäädännön huomioimista.

- ✓ Homeet, torajyvät ja muut epäpuhtaudet kuten rikkakasvien siemenet, huonontavat rehun ruokinnallista laatua. Hometoksiinit (homemyrkyt, mykotoksiinit) ovat hyvin yleisiä erilaisissa rehuaineissa. Hometoksiineilla on haitallisia vaikutuksia kotieläimiin ja mahdollisesti ihmisiinkin, jonka vuoksi hometoksiinien enimmäismäärille rehuaineissa on asetettu rajoituksia.
- ✓ Hometoksiinien aiheuttamista riskeistä kotieläintuotannolle ja riskien hallinnasta tarvittaisiin lisää tietoa.

3.7. Rehuhygieniä, tautiriski ja zoonoosit

Eläinten terveyden ja hyvinvoinnin valvonta perustuu lakisääteisiin vaatimuksiin sekä Ruokavirastossa vuosittain laadittavaan valtakunnalliseen eläinten terveys- ja hyvinvointivalvontaohjelmaan (EHO). Eläinten terveyden ja hyvinvoinnin valvonnan yhtenä tavoitteena on suojella ihmisten terveyttä eläimistä ihmisiin tarttuville taudeille (zoonooseille).

Rehuhygieniää valvoo Suomessa Ruokavirasto. Esimerkiksi salmonellabakteereita ei saa esiintyä rehussa kansallisen rehulainsäädännön mukaan. Suomessa on kansallinen salmonellavalvontaohjelma. Salmonelat kuuluvat suolistobakteereihin ja ne voivat säilyä hengissä myös suoliston ulkopuolella. Salmonella tarttuu muun muassa saastuneen rehun tai juomaveden välityksellä. Lintujen ulosteiden joutuminen rehuihin on estettävä muun muassa niihin liittyvän salmonellariskin vuoksi. Myös eläinten kuivikkeet tulee suojata saastumiselta, koska eläimet saattavat niitä syödä, vaikka ne eivät rehua olekaan. Eläintautien Torjuntayhdistys ry (ETT) ylläpitää ns. positiivilistaa rehualan toimijoista (maahantuojat ja valmistajat), jotka vapaaehtoisesti osoittavat riskienhallintakykynsä salmonellan suhteen myös yli lakisääteisen vaatimustason. Listalle pääsyn edellytyksenä on vapaaehtoinen tuontieräkohtainen salmonellakontrolli maahantuoduista tuotantoeläinten rehuista ja rehuaineista sekä niiden valmistuksessa rehuhygieniasetuksen mukainen laadunvarmistussuunnitelma.

3.8. Elintarvikeeturvallisuus ja -laatu

Suomen elintarvikeketjun turvallisuus ja laatu syntyy monen eri tahon yhteistyönä. Näistä keskeisiä ovat elintarvikealan yritykset, järjestöt, laboratoriot ja viranomaiset. Valvonta perustuu Suomen elintarvikeketjun monivuotiseen kansalliseen valvontasuunnitelmaan (VASU). Elintarvikevalvonta koostuu toimijoiden omavalvonnasta ja viranomaisvalvonnasta. Toimijalla on vastuu tuottamiensa, käsittelemiensä, valmistamiensa, pakkaamiensa, kuljettamiensa, maahantuomiensa, varastoimiensa ja kaupan pitämiensä elintarvikkeiden turvallisuudesta ja muusta määräystenmukaisuudesta. Tätä varten toimijalla tulee olla toimintaansa sopiva omavalvontajärjestelmä. Viranomaisvalvonnalla todennetaan sitä, että elintarvikealan yritykset ja elintarvikkeet täyttävät elintarvikelainsäädännön vaatimukset. Vaatimukset perustuvat EU ja kansalliseen lainsäädäntöön (Ruokavirasto 2022).

Elintarvikeeturvallisuus on koko tuotantoketjun asia. Hyvä esimerkki koko elinkeinon yhteisestä toiminnasta on salmonellan torjunta Suomessa. Suomen liityttyä Euroopan Unioniin ETT sopi yhteistyössä elinkeinon ja viranomaisvalvonnan ja –hallinnon kanssa vapaaehtoiset menettelytavat tautiriskien hallitsemiseksi. Tältä pohjalta on peräisin esimerkiksi rehutoimijoiden Positiivilista.

Rehun raaka-aineet ja koostumus vaikuttavat eläinten tuotantotuloksiin ja lopputuotteen laatuun. Siksi joidenkin raaka-aineiden käyttömäärille on rajoituksia. Rajoituksia käytölle voi olla myös siksi, että niissä on eläimille haitallisia aineita tai halutaan estää sairauksien leviämistä tai makuvirheiden riskiä lopputuotteissa. Tunnetuin makuvirheiden aiheuttaja on kalan rasva, sillä sen sisältämät monitydyttymättömät rasvahapot hapettuvat eli härskiintyvät helposti, kun lihaa varastoidaan pakastettuna.

Sian- ja naudanlihan yleisimpiä laatuvirheitä ovat PSE- ja DFD-liha. Nämä nimetykset tulevat lihojen ominaisuuksia kuvaavista englanninkielisistä sanoista. PSE-liha on vaaleaa (pale), pehmeää (soft) ja vetistä (exudative) ja DFD-liha (tervaliha) on tummaa (dark), kiinteää (firm) ja kuivaa (dry). Tervalihassa lihan pH jää korkeaksi (yli 6,0), mikä huonontaa lihan säilyvyyttä varastoinnin aikana. Broilerinlihan yleisimpiä laatuvirheitä ovat ns. höttöliha, lihasten vauriot ja

puurintaisuus. Lihan laatuvirheiden syntyyn vaikuttavat eläinten perimä sekä erilaiset ulkoiset tekijät kuten ruokinta ennen teurastusta, eläinten kokemaa stressiä lastauksessa, kuljetuksessa ja teurastuksessa, ja lopuksi lihassa teurastuksen jälkeen tapahtuvat muutokset.

Kananmunan kuori on helposti läpäisevä, jonka vuoksi kananmunien varastoinnissa ja kuljetuksessa on huomioitava haju- ja makuvirheiden syntymisen estäminen. Ruokavirasto toteutti vuonna 2013 valvontatutkimuksen, jossa mitattiin dioksiinien ja PCB-yhdisteiden pitoisuuksia hähki-, lattia- ja luomukanojen munista. Kaikki mitatut pitoisuudet jäivät selvästi lainsäädännöllisten enimmäismäärien sekä myös dioksiineille asetetun nk. toimintarajan alle (Ruokavirasto 2014, Dioksiinit ja PCB-yhdisteet kananmunissa -hanke). Kananmunien tavallisimpia laatuvirheitä ovat veripilkut, lihapilkut, nahkamunat, hiekkapaperimunat ja kirjavat/läpinäkyvät munankuoret, joiden osasyynä voi olla homemyrkyt ja ruokinnalliset tekijät (erityisesti kivennäisten, vitamiinien ja hivenaineiden määrät).

Maidontuottaja, joka pitää lehmiä, vuohia, lampaita tai muita kotieläimiä maidon tuotannossa on elintarvike- ja rehualan toimija, paitsi jos kyse on yksityiseen kotikäyttöön tarkoitetusta tuotannosta. Elintarvike- ja rehualan toimijan on vastuullaan olevissa toiminnoissa huolehdittava siitä, että asiaankuuluvat lainsäädännön vaatimukset täyttyvät (Ruokavirasto 2022). Maidon tuotannon elintarvikehygienialle asetetut vaatimukset löytyvät eläimistä saatavien elintarvikkeiden hygienia-asetuksesta (EY) 853/2004, komission täytäntöönpanoasetuksesta (EU) 2019/627 ja MMM:n asetuksesta elintarvikehygieniasta (318/2021). Maidontuotantotiloja valvoo kuntaan virkasuhteessa oleva eläinlääkäri. Valvonta pitää sisällään maidontuotantotilojen hygienia- ja elintarviketurvatoimet (niin kutsutut navettahygienia- ja elintarviketurvatoimet).

RASFF (Rapid Alert System for Food and Feed) on EU komission perustama järjestelmä, jonka tarkoituksena on turvata maiden välinen sujuva tiedonsiirto koskien elintarvikkeista ja rehuista löydettyjä riskitekijöitä. Ruokavirasto toimii Suomessa kansallisena yhteyspisteenä, joka tarvittaessa tiedottaa elintarvikkeista ja rehuja koskevista ilmoituksista muille viranomaisille. Ruokavirasto myös selvittää tällaisen tilanteen sattuessa, onko kyseisiä elintarvikkeita ja rehuja tuotu Suomeen. RASFF-järjestelmään ilmoitetaan elintarvikkeista ja rehuista havaitut erilaiset kontaminaatiot (kemialliset ja biologiset), lääkeaine- ja kasvinsuojeluainejäämät, virheelliset ja puutteelliset pakkausmerkinnät, vierasaineet ja -esineet, ruokapetokset sekä vaaralliset ja kielletyt aineet/aineosat (Alert and Cooperation Network 2021 Annual Report). Vuonna 2021 viljoja, rehuja, rehuaineita, rehun lisäaineita ja rehun lisäaineiden esiseoksia koskevia ilmoituksia tehtiin Suomessa 16 kpl, joista suurin osa (9 kpl) koski rehuaineista löytynyttä salmonellaa (RASFF portal database). Suomessa tullilaboratorio tekee kasviperäisten elintarvikkeiden, yhdistelmäelintarvikkeiden sekä elintarvikekontaktimateriaalien kemiallisia ja biologisia testauksia sekä kasvisten laadun tarkistuksia. Tutkittavia ovat mm. hometoksiinit, mikrobit, torjunta-aineet, vierasaineet, raskasmetallit, elintarvikkeiden lisäaineet, GMO sekä radioaktiivisuus (Tulli 2021).

Rehu vaikuttaa myös lopputuotteen laatuun. Rehuhygieniaa ja elintarviketurvallisuutta valvoo Suomessa Ruokavirasto EU:n ja kansallisen lainsäädännön perusteella. Elintarvikkeiden laadun varmistus tehdään monen eri tahon yhteistyönä.

4. Vaihtoehtoiset toimintatavat

Kriiseissä on erilaisia asteita ja ne koskettavat eri tahoja, jolloin myös selviytymiskeinot ja valitut vaihtoehtoiset toimintatavat ovat erilaisia. Normaaleissa olosuhteissa ruokintaan ja rehuihin liittyviä valintoja on useimmiten mahdollista tehdä taloudellisesta näkökulmasta unohtamatta tukipolitiikkaa, turvallisuus- ja ympäristöasioita. Kriisitilanteissa olosuhteiden muuttuessa ja rehuraaka-aineiden saannin vaikeutuessa tai loppuessa jopa kokonaan ei valintoja voida aina tehdä em. mainittuja näkökulmia huomioiden. Myös ravitsemuksellisesta tasapainosta voidaan joutua tinkimään. Pahimmillaan kriisi voi johtaa tuotannon ja/tai eläinmäärän supistamiseen.

Laadun osalta on huomioitava se, vaikuttavatko muuttuneet olosuhteet rehujen haitallisia ominaisuuksia, kuten esimerkiksi hometoksiinipitoisuuksia nostavasti ja laatua heikentävästi, jos esim. viljojen kuivauksen ja rehujen säilöntään ei pystytä panostamaan normaaliin tapaan. Lisäksi tilanteissa, jossa rehuista on pulaa, tarve käyttää laadultaan heikompia rehueriä kasvaa. Rehulainsäädäntö ja rehujen laatuvaatimukset ovat hyvin erilaisia EU:n ulkopuolella, mikä on huomioitava uusia tuontikanavia etsittäessä. Kriisitilanteissa myös mahdollisuudet analysoida rehuerien laadullisia ominaisuuksia voivat heikentyä.

Markkinoiden toiminta kriisitilanteissa on usein ennalta-arvaamatonta ja reaktiot nopeita. Globaali hintataso ohjaa myös Suomen hintatasoa. Hintasuhteet vaikuttavat pellon käyttöön ja tuotantoon ja raaka-aineiden saantiin kotimaassa ja ulkomailta sekä myös kuluttajien käyttäytymiseen. Vakava kriisi voi johtaa tuotannon sopeuttamiseen tuotantoa supistamalla. Kotimainen vilja- ja muiden rehuaineiden tase kertoo todellisen tilanteen rehujen varastoista ja käytöstä. Suomi on ollut riippuvainen täydennysvalkuaisen tuonnista, mutta omavaraisuuden merkitys on korostunut ja sitä on myös valkuaisrehuissa alettu kasvattaa. Kotimaassa tapahtuva rehuntuotanto on kuitenkin riippuvainen monista tuontipanoksista kuten energiasta, lannoitteista, koneista ja laitteista ym. (Jansik ym. 2021).

4.1. Rehujen kohdentaminen

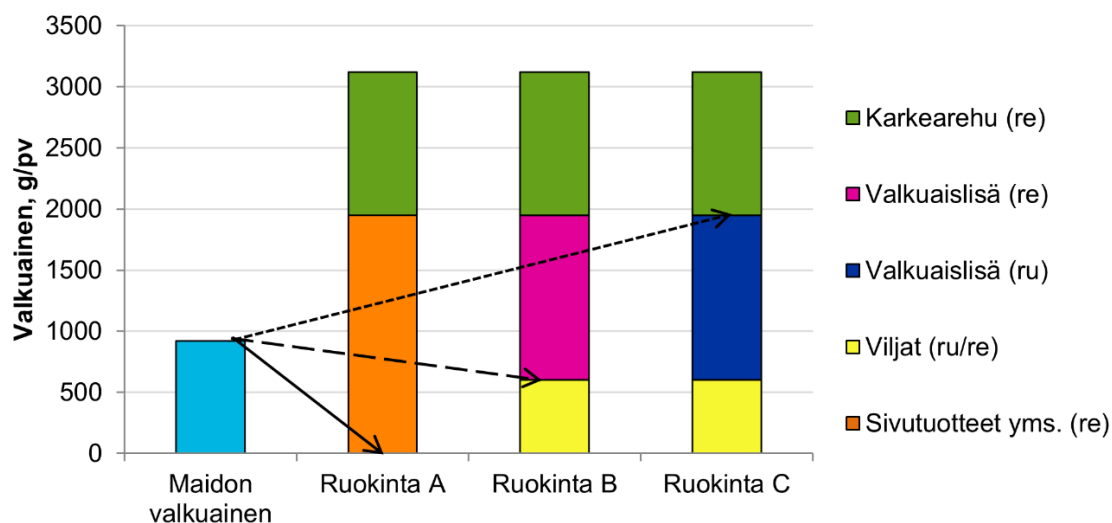
Rehuteollisuus pyrkii kotimaisten saatavuusongelmien kohdatessa turvaamaan rehuuotantoa tuonnilla, ja rehuteollisuus sekä kotieläintuottajat raaka-aineiden uudella kohdentamisella. Ohra on normaalisti nautojen ja sikojen päävilja ja vehnä siipikarjan. Sikojen ohraa voidaan osittain korvata ruisvehnällä ja rukiilla sekä vehnällä ja kauralla ja siipikarjan vehnää kauralla, ohralla ja ruisvehnällä. Märehtijöillä ruokinnan väkirehun ja karkearehun suhdetta voidaan muuttaa ja viljaa korvata enemmän elintarviketeollisuuden oheistuotteilla. Valkuaisrehuissa herne on viime vuosina korvannut rypsiroheen ja härkäpavun puutetta. Yksimahaisten ruokinnassa vehnällä ja kasviöljyllä voidaan täydentää energiavajetta ja synteettisillä aminohapoilla teollisten tiivisteiden ja valkuaisrehujen puutetta.

Maaliskuun 2022 alussa viljavarastot olivat todella alhaiset. Eniten pulaa Suomessa oli ohrasta ja jonkin verran vehnästä. Kun ohrasta oli pulaa, sioille syötettiin enemmän vehnää, kauraa sekä ruisvehnää ja ruista. Siipikarjan ruokinnassa oli pulaa pääviljasta vehnästä ja sitä korvattiin osittain ruisvehnällä. Rehuteollisuuden toimijat toivat ulkomailta ohraa, ruisvehnää ja ruista. Aikaisemmat tutkimukset ruisvehnän ja rukiin käytöstä yksimahaisten ruokinnassa on kuitenkin tehty eri lajikkeilla ja myös eri eläinaineksella yli kymmenen vuotta sitten kuin mitä nykyään on käytössä. Esimerkiksi rukiista on nykyään käytössä hybridilajikkeita, joten uusia tutkimuksia tarvittaisiin. Lihasonneilla tehdyssä tutkimuksessa (Huuskonen 2017) ruis soveltui hyvin sonnien ruokintaan. Maaliskuussa 2022 tehtyjen haastattelujen mukaan rehuteollisuus kaipasi myös li-

sää tietoa syyskylvöisten viljojen ja valkuaiskasvien eri lajikkeiden rehuarvoista ja käyttökelpoisuudesta sekä eroista kevätlajikkeisiin verrattuna. Syyslajikkeiden käyttö on lisääntynyt. Käytössä syysviljaa rehuseoksen osana on ollut havaittavissa vaikutuksia rehuteknologisiin prosesseihin.

Yhä useammat rehualan toimijat ovat kestävyysajattelun lisääntyä ja kuluttajien toiveesta alkaneet korvata soijaa kotimaisilla valkuaislähteillä ja niiden rehukäytön odotetaan moninkertaistujan lähivuosien aikana. Tämä kuitenkin edellyttää jalostustoimintaa, uusien matalan haitta-ainepitoisuuden lajikkeiden markkinoille tuloa sekä valkuaiskasvien viljelyalan huomattavaa kasvua ja satotasojen nousua. Esimerkkinä voi mainita härkämpavun, jonka viljelyhalukkuus nousi johtuen hyvästä hinnasta ja kotimaisen valkuaisen tarpeen kasvusta. Härkämpavun huono viljelyvarmuus, on aiheuttanut viime vuosina saatavuusongelmia. Härkämpavun, herneen ja rypsin säilyttäminen osana valkuaisomavaraisuutta, vaatii lisää tietoa. Tutkimusta tarvitaan niiden rehukäyttömahdollisuuksien parantamiseksi (valkuaisen sulavuus ja haitta-aineiden vähentäminen) ja viljelytekniikan kehittämiseksi takaamaan parempaa viljelyvarmuutta.

Kun tuotantopanosten saatavuus on niukkaa, markkinoiden reaktiot hinnoittelun muutoksilla vaikuttavat myös mahdollisuuksiin kohdentaa rehuja uudella tavalla eri eläinlajien kesken. Kansallisen huoltovarmuudenkin kannalta ajatellen valkuaisrehuja ja viljaa kannattaisi kohdentaa tarkemmin eri eläinlajien ja myös eläinten ja ihmisten kesken. Märehtijöille käytettäisiin vähemmän palkoviljoja (härkämpäpu, herne) ja viljaa, jolloin niitä säästyisi enemmän ihmisten ja yksimahaisten käyttöön. Märehtijöiden kyky muuntaa ihmisravinnoksi kelpaamattomia kuitupitoisia karkearehuja ja oheistuotteita maidon ja lihan tuotantoon tulisi tällöin hyödynnettyä tehokkaammin. Maidontuotanto vähenisi jonkin verran valkuaisrehujen käytön vähentyessä. Tämä voisi kuitenkin olla tulevaisuutta ajatellen taloudellisesti, eettisesti ja ympäristön kannalta toteuttamiskelpoinen suunta. Kuvassa 7 esitetään yhden maitokilon tuottamiseen tarvittava valkuaismäärä päivässä eri rehu lähteistä, joista osa on suoraan ihmisravinnoksi kelpaavia ja osa vain rehuksi kelpaavia. Maidontuotannossa vilja ja valkuaisäydennysrehut voidaan korvata elintarviketeollisuuden kuitupitoisilla oheistuotteilla, jolloin suoraan ihmisravinnoksi käytettävien komponenttien kuten viljan ja palkoviljojen osuutta märehtijän ruokinnassa voisi vähentää (Kuva 7).



Kuva 7. Maidon valkuaiskilon tuottamiseen tarvittava valkuaismäärä erilaisista lähteistä, joista osa on ihmisravinnoksi suoraan sopivia (re=rehu ja ru=ruoka)

- ✓ Märehtijöiden rehustuksen siirtyessä enemmän karkearehuvaltaiseksi valkuaispitoisia sivutuotteita, kuten mäskiä sekä palkokasveja ja rypsirouhetta vapautuisi enemmän yksimahaisten käyttöön.
- ✓ Yksimahaisten vahvuus on kyky käyttää eri teollisuuden oheistuotteita ja elintarvikkeiksi kelpaamattomia eriä ravinnokseen.
- ✓ Oheistuotteiden käyttöä voi edelleen tehostaa ja uusien oheistuotteiden kelpoisuutta rehukäytössä selvittää.

4.2. Rehuannoksen koostumuksen muuttaminen

4.2.1. Yksimahaisten

Yksimahaisten rehujen energia- ja valkuaispitoisuuden alentaminen

Yksimahaisten rehuseokset koostetaan siten, että seos sisältää eläimen tarpeen täyttävän määrän energiaa. Muiden ravintoaineiden määrät suhteutetaan energiaan johtuen siitä, että yksimahaisten syövätkin täyttääkseen energiantarpeensa. Rehuseoksen sisältäessä hyvin vähän energiaa kilossa rehua, voi eläimen syöntikyky tulla vastaan. Esimerkiksi tämän vuoksi pikkuporsaiden ruokkiminen liemimäisillä oheistuotteilla vaatii tarkkaa suunnittelua. Monet vähemmän käytetyt tai uudet oheistuotteet, kuten esimerkiksi vihannes- ja juurestuotannon oheistuotteet, ovat usein vesipitoisia ja ravintoarvoltaan heikompia. Mahan täyttävä liemirehumäärä tulee sisältää myös tarvittavan määrän ravintoaineita. Isommat siat pystyvät syömään isompia rehumääriä ja myös energiapitoisuudeltaan alhaisia rehuseoksia riittäviä määriä. Yksimahaisten rehuseoksessa energia tulee suurimmaksi osaksi viljasta ja viljaperäisistä oheistuotteista. Rehuseoksen energiamäärää, voidaan nostaa rajoitetusti kasviöljyllä. Viljan tärkkelyksen energia on käyttökelpoisempaa elimistön prosesseihin kuin öljyn energia. Liiallinen öljyn käyttö heikentää myös rehun maittavuutta ja vaikuttaa lopputuotteiden lihan ja kananmunien laatuun.

Kun viljan valkuaispitoisuus on pieni, käytetään valkuais täydennysrehuja enemmän. Rehutehtailla valkuais täydennysrehujen koostumukset päivitetään joka vuosi useaan kertaan saatavilla olevan viljan laadun mukaan sopiviksi täydennysrehuiksi. Rehuseoksissa valkuaisen koostumusta (aminohappoprofiilia) täydennetään synteettisillä aminohapoilla vastaamaan eläimen tarvetta. Synteettisten aminohappojen käyttöä rajoittaa niiden usein kallis hinta ja kriisitilanteissa saatavuus. Yleisimmät käytössä olevat synteettiset aminohapot ovat lysini, metioniini, treoniini ja kystiini. Valkuaisen tarve on yksimahaisten suuren osin välttämättömien aminohappojen tarvetta, joka voidaan teoriassa tyydyttää myös käyttämällä synteettisiä aminohappoja ja laskemalla vastaavasti valkuaisrehun määrää rehussa. Vonderohen ym. (2022) tutkimuksessa raakavalkuaispitoisuuden vähentäminen ja korvaaminen synteettisillä aminohapoilla sikojen rehussa aiheutti kuitenkin tuotannon laskua. Tilaseosten suunnittelussa harvoin tulee vastaan tilanne, jossa viljan valkuainen muodostuu rajoittavaksi tekijäksi, jos valkuais täydennysrehuja on saatavilla. Useimmiten energiamäärästä tulee katoviljoja käytettäessä pulaa.

- ✓ Yksimahaisten rehuseokset koostetaan siten, että seos sisältää eläimen tarpeen täyttävän määrän energiaa. Muiden ravintoaineiden määrät suhteutetaan energiaan, koska yksimahaisten syövät täyttääkseen energiantarpeensa.
- ✓ Yksimahaisten rehuseoksessa energia tulee suurimmaksi osaksi viljasta ja viljaperäisistä sivutuotteista, ja sitä voidaan täydentää rajoitetusti kasviöljyllä.
- ✓ Valkuaisen tarve on yksimahaisilla suurelta osin välttämättömien aminohappojen tarvetta, joka voidaan osittain tyydyttää myös käyttämällä synteettisiä aminohappoja ja laskemalla vastaavasti valkuaisrehun määrää rehussa.

4.2.2. Märehtijät

Karkearehujen ja väkirehujen suhteen muuttaminen märehijöillä

Lypsylehmillä väkirehun osuudeksi on vakiintunut Suomessa viime vuosina n. 45 % rehuannoksen kuiva-aineesta. Märehtijät ovat kuitenkin varsin joustavia ravitsemuksellisten tarpeidensa, ruoansulauksen toiminnan, aineenvaihdunnan ja muiden tekijöiden (terveys, hedelmällisyys, lajinmukainen käyttäytyminen, hyvinvointi) osalta. Rehuannoksen eri komponenttien osuuksia voidaan vaihdella varsin paljon, jos siihen on perusteita, esimerkiksi muutokset eri komponenttien hintasuhteissa tai saatavuudessa. Tätä joustavuutta kannattaa hyödyntää, mutta muutokset ruokinnassa täytyy tehdä vähitellen ja huomioiden mm. pötsin toiminnan fysiologiset rajat. Taloudellista tulosta arvioitaessa on luonnollisesti rehujen hintojen lisäksi huomioitava myös rehustuksen vaikutukset tuotostasoon. Maidontuotannossa on mielekästä tarkastella maitotuoton ja rehukustannuksen erotusta.

Maailmanlaajuisesti märehijöiden ruokinnassa käytetään hyvin erityyppisiä ruokintamalleja pelkkiin karkearehuihin perustuvista (monet kehittyvät maat) lähes pelkästään väkirehuun perustuviin (mm. lihanautojen loppukasvatus USA:ssa ns. feedloteissa). Suomen olosuhteita vastaavista oloista lypsylehmien ruokinnassa löytyy myös kirjallisuudesta esimerkkejä hyvinkin äärimmäisistä vaihtoehdoista. Esimerkiksi Steinshamn ym. (2008) tutkimuksessa väkirehun määrä vaihteli 0 kg:sta 10 kg:aan päivässä (Taulukko 12).

Taulukko 12. Lypsylehmien syönti ja maitotuotos eri väkirehutasoilla (VR) puna-apilapitoisella säilörehulla. Lähde: Steinshamn ym. 2008.

	Puna-apilapitoinen säilörehu karkearehuna	
	VR 0 kg/pv	VR 10 kg/pv
Kuiva-aineen syönti, kg/pv	14,9	20,2
Väkirehun syönti, kg ka/pv	0	8,8
Väkirehun osuus, kg/kg ka	0	0,44
Maitotuotos, kg/pv	22,0	26,1

VR= väkirehun määrä, kg/pv

Käytännössä lypsylehmien ruokinnan peruseriaate on se, että rehuja on tarjolla vapaasti niin paljon kuin lehmät pystyvät syömään. Jos väkirehu on kallista tai siitä on pulaa, sen osuutta ruokinnassa voidaan vähentää. Tällöin luonnollisesti karkearehua kuluu enemmän, jolloin tuotannon mahdollisimman pienen menetyksen edellytyksenä on se, että karkearehuja voidaan käyttää enemmän. Kun väkirehun määrää lisätään, karkearehujen syönti vähenee. Tätä kutsutaan korvaussuhteeksi ja se ilmaistaan: muutos karkearehun syönnissä, kg kuiva ainetta/kg lisättyä väkirehun kuiva ainetta. Korvaussuhde vaihtelee karkearehun ominaisuuksien (sulavuuden ja käymislaatu), väkirehutasen ja väkirehun ominaisuuksien (mm. valkuaispitoisuus) mukaan. Kun kyseessä on sulavuudeltaan matala heinä, karkearehun syönti vähenee hyvin vähän ja kokonaissyönti lisääntyy. Hyvin sulavan nurmisäilörehun syöntiä väkirehulisäys vähentää, tällöin korvaussuhde on lähes 1 ja rehut korvaavat toisiaan eikä syönti lisäännä. Kun väkirehun osuus rehuannoksessa on pieni, säilörehun laatu (sulavuus ja käymislaatu) korostuu ja se vaikuttaa maidontuotantoon enemmän kuin silloin, kun väkirehun osuus on suuri (Taulukko 13) (Ferris ym. 2001).

Taulukko 13. Lypsylehmien syönti ja maitotuotos eri väkirehutasoilla, kun peruserhuna oli joko hyvin sulava tai huonommin sulava säilörehu. Lähde: Ferris ym. 2001.

	Hyvin sulava säilörehu			Huonommin sulava säilörehu		
	VR 10 %	VR 50 %	VR 70 %	VR 32 %	VR 48 %	VR 80 %
Rehujen syönti, kg/pv	17,3	22,4	23,6	14,6	20,8	23,0
Säilörehun syönti, kg/pv	15,5	11,1	7,0	9,9	7,8	4,6
Väkirehun syönti, kg/kg	1,8	11,3	16,6	4,7	10,0	18,4
Maitotuotos, kg/pv	26,5	32,6	33,6	27,8	30,8	34,0

VR= väkirehun osuus, % rehuannoksen kuiva-aineessa

Tilanteessa, jossa hyvin sulavasta karkearehusta on pulaa, ja joudutaan rajoittamaan säilörehun saantia, syöntiä ja maitotuotosta voidaan ylläpitää väkirehua lisäämällä. Rajoitetulla säilörehuruokinnalla väkirehun osuus dieetistä nousee korkeaksi ja siksi väkirehun koostumukseen on syytä kiinnittää huomiota. Liian tärkkelyspitoinen väkirehu hajoaa nopeasti pötsissä ja johtaa helposti pötsin pH:n laskuun, jolloin pötsin liialliseen happamuuteen liittyvien häiriöiden (asidoosi, sorkkakuume, juoksutusmahan kiertymä) riski kasvaa. Elintarviketeollisuuden oheistuotteita (kuten melassileikettä) sisältävät väkirehut sisältävät enemmän sulavaa kuitua ja vähemmän tärkkelystä kuin viljapohjaiset väkirehut. Tästä syystä pötsin pH ei laske suuria väkirehumääriä käytettäessä kuitupitoisilla väkirehuilla yhtä alas kuin pelkästään viljaa käytettäessä.

Rajoitetun säilörehuruokinnan ja suuren väkirehumäärän lisäksi voidaan ruokinnassa käyttää huonommin sulavia karkearehuja kuten olkea tai myöhään korjattua kuivaheinää. Mäntysaari ja Khalili (2008) vertasivat rajoitettua säilörehuruokintaa kontrolliin, jossa oli vapaa säilörehuruokinta (Taulukko 14). Kahdesta rajoitetun säilörehun ruokinnasta toisella oli lievempi rajoitus ja toisella voimakkaan rajoituksen lisäksi annettiin olkea. Tulokset osoittivat, että kokeessa käytetty kuitupitoinen väkirehu pystyi hyvin korvaamaan rajoitetun säilörehun saannin. Säilörehun saantia voimakkaasti rajoitettaessa dieetin väkirehuprosentti nousi hyvin korkeaksi. Koeryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja tuotoksissa, mutta useammin poikineilla lehmillä maitotuotokset ja erityisesti EKM-tuotokset jäivät voimakkaasti rajoitetulla ryhmällä matalammiksi kuin kontrolliryhmällä. Säilörehusadon jäädessä alhaiseksi kuitupitoisella väkirehulla ja oljella voidaan korvata säilörehun saantia.

Taulukko 14. Keskimääräiset rehuannokset, syönnit ja EKM-tuotos, kun säilörehuannosta rajoitettiin. Lähde: Mäntysaari ja Khalili 2008.

	Lievästi rajoitettu säilörehuannos	Voimakkaasti rajoitettu säilörehuannos	Vapaa säilörehu-ruokinta
Säilörehuannos, kg ka/pv	7	5	vapaasti
Väkirehuannos, kg/pv	19	22	16
Olkea		vapaasti	
Syönti, kg ka/pv			
Säilörehu (+olki)	6,9	5,1 (+0,48)	9,2
Väkirehu	13,9	15,8	11,5
Yhteensä, kg ka/pv	20,9	21,5	20,7
Väkirehu, %	65,8	72,6	54,9
EKM-tuotos, kg/pv	33,3	32,3	33,9

Nurmirehujen korvaaminen märehtijöiden ruokinnassa

Karkearehupulaa voidaan helpottaa korjaamalla puitavaksi tarkoitettu viljakasvusto **kokoviljasäilörehuksi**. Tähän reagoitiin on hyvä mahdollisuus alkusyksyllä, jos alkukesän nurmisato on jäänyt heikoksi. Kokoviljasäilörehun säilöntä ja käyttö ovat vakiintuneita menetelmiä, ja kokoviljasäilörehun käyttöä kannattaisi lisätä myös normaalitilanteissa. Eri rehuntuotantomuotojen yhtäaikainen käyttö hajauttaa jo sellaisenaan riskejä mm. kasvukauden aikaiseen säähän liittyen. Palkokasvien kuten härkäpavun ja herneen lisääminen seokseen viljojen kanssa parantaa kokoviljasäilörehun sulavuutta ja energia-arvoa.

Alus- ja kerääjäkasvien käyttäminen viljan viljelyssä mahdollistaisi näiden kasvustojen hyödyntämisen tarvittaessa syksyllä tuoreena, laitumena tai säilörehuksi. Pohjoisista oloista johdun näiden kasvien kasvua rajoittaa kylmyys ja valon puute syksyllä. Normaalitilanteessa rehukäyttö ei ole taloudellista. Kun karkearehusta on pulaa, alus- ja kerääjäkasvit voisi olla järkevä hyödyntää.

Vuonna 2018 laajoilla alueilla Fennoskandiassa kärsittiin kuivuudesta erityisesti alkukesällä, joka aiheutti isolla alueella puutetta nurmirehuista. Tilannetta käsiteltiin mm. Nordic Feed Science Conferenssissa v. 2019. Yhtenä ns. hätärehujen lähteenä voidaan märehtijöillä käyttää **puupohjaisia materiaaleja**. Rinteen ja Kuoppalan (2019) kirjallisuuskatsauksessa todettiin, että monenlaisia puupohjaisia materiaaleja on käytetty märehtijöiden rehuna tyydyttävien tuloksin, mutta ne eivät kuitenkaan ole yleistyneet käytännön ruokinnassa. Syyt ovat ensisijaisesti taloudellisia, sillä puumateriaaleille on vaihtoehtoisia paremman lisäarvon käyttökohteita mm. paperin valmistuksessa ja energiakäytössä. Puupohjaiset materiaalit vaativat rehukäytössä raaka-ainekustannuksen lisäksi tyypillisesti melko vahvaa prosessointia soveltuakseen ruokintaan, mikä osaltaan nostaa kustannuksia. Puupohjaisten materiaalien valkuaispitoisuus on pieni, joten ne toimivat ruokinnassa lähinnä energian lähteenä, tai niillä voi olla täyttävyyttä / kuituvai- kutusta lisääviä ominaisuuksia. Prestløkken ja Harstad (2019) totesivat, että haavasta tehtyä sahanpurua voi käyttää korvaamaan nurmisäilörehua lypsylehmien ruokinnassa, kun väkirehun määrää nostetaan. Heidän kokeessaan lehmät tottuivat hyvin haapapuruun.

Märehtijöiden rehuannoksen valkuaispitoisuuden vähentäminen

Lypsylehmiä rehuannoksessa valkuaispitoisuuden lisääminen esim. rypsirouhetta lisäämällä lisää maitotuotosta ja sen takia valkuaisrehujen käyttö on ollut kannattavaa aiemmin, mutta kevään 2022 hinnoilla valkuaisrehujen käyttöä kannattaa vähentää tai lopettaa jopa kokonaan. Tutkimukset osoittavat, että ilman valkuaisrehuja maitotuotoksen menetykset ovat lypsylehmillä alle 10 % – useimmiten 6–7 % – verrattuna pelkkään säilörehuun ja viljaan perustuvaan ruokintaan. Korkeimpia valkuaisen ruokintatasoja olisi varaa pienentää (Sairanen 2019). Tämä olisi hyödyllistä myös ympäristökuormituksen pienentämiseksi.

Typen hyväksikäyttö maidontuotannossa vaihtelee ruokinnan koostumuksen mukaan ja on keskimäärin vain alle 30 %. Rehun mukana saadusta valkuaisesta erittyy maitoon vähemmän kuin kolmannes ja suurin osa rehuannoksen tuesta erittyy lantaan. Typen hyväksikäyttöä voidaan parantaa vähentämällä rehuannoksen raakavalkuaispitoisuutta, alentamalla rehuvalkuaisen pötsihajoavuutta, tehostamalla pötsissä tapahtuvaa mikrobivalkuaisyynteesiä ja optimoimalla ohutsuoleen virtaavan valkuaisen aminohappokoostumusta. Märehtijän monimutkaisen typpiaineenvaihdunnan takia valkuaisen täsmäruokinta ei ole helppoa ja on epätodennäköistä, että yksilökohtaisesta tarkkuusruokinnasta saataisiin lisähyötyjä (Sairanen 2019).

- ✓ Märehtijät ovat joustavia ravitsemuksellisten tarpeidensa, ruoansulauksen toiminnan ja aineenvaihdunnan osalta.
- ✓ Rehuannoksen eri komponenttien osuuksia voidaan vaihdella, mutta muutokset ruokinnassa täytyy tehdä vähitellen ja huomioiden mm. pötsin toiminnan fysiologiset rajat.
- ✓ Tutkimukset osoittavat, että ilman valkuaisrehuja tuotoksen menetykset ovat lypsylehmillä alle 10 %.
- ✓ Kun väkirehun osuus rehuannoksessa on pieni, säilörehun laatu (sulavuus ja käymislaatu) korostuu.
- ✓ Jos hyvin sulavasta karkearehusta on pulaa, ja joudutaan rajoittamaan säilörehun saantia, syöntiä ja maitotuotosta voidaan ylläpitää väkirehua lisäämällä.
- ✓ Karkearehupulaa voidaan helpottaa tekemällä puiduksi tarkoitetuista viljakasvustoista kokoviljasäilörehua.
- ✓ Elintarviketeollisuuden sivutuotteet sisältävät enemmän sulavaa kuitua ja vähemmän tärkkelystä kuin viljapohjaiset väkirehut, jolloin niitä käytettäessä pötsin pH ei laske yhtä alas kuin pelkästään viljaa käytettäessä.

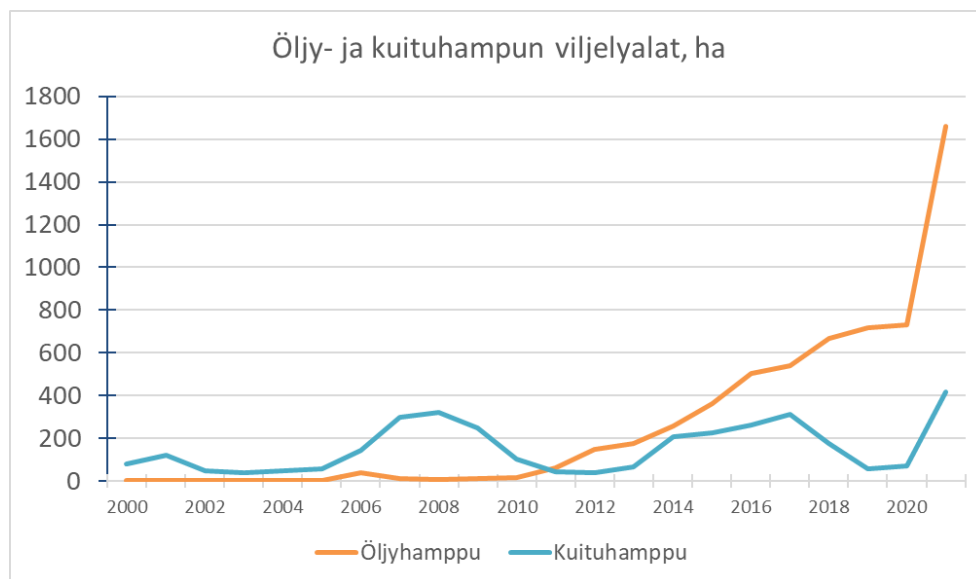
4.3. Uudet tai vähemmän käytetyt rehuaineet

Rehuteollisuudelle maaliskuussa 2022 tehtyjen haastattelujen mukaan rehuteollisuus hyödyntää jo nyt lähes kaiken saatavissa olevan määrän muiden teollisuusalojen oheistuotteista. Oheistuotteiden saatavuus ja käyttö on riippuvaista päätuotteen valmistuksesta, päätuotteen raaka-ainesisällöstä ja oheistuotteen laadusta (FEFAC 2019).

VTT:n Toimeenpanosuunnitelma Suomen valkuaisomavaraisuuden nostamiseksi (VTT 2019) kyselyn mukaan moni kyselyyn vastannut elintarvikealan yritys on kiinnostunut herneen ja härkävavun lisäksi myös muiden valkuaiskasvien kuten perunan, hampun, rypsin, lupiinin ja kvinoan käytöstä. Edellytyksenä käytölle mainitaan niiden teollisten laatuvaatimusten täyttyminen ja parempi saatavuus. Raaka-aineen tarjonta tulisi olla myös riittävää koko vuoden ympäri. Tällä hetkellä käytössä on rehutehtailla herneen ja härkävavun lisäksi peruna- ja soijavalkuaista. Uusien valkuaiskasvien käyttö edellyttää niiden rehuarvojen ja ravintoaineiden käyttökelpoisuuden määrittämistä, käyttömäärien ja ruokintatekniikoiden selvitystä, tuotannon tasaisen saannin varmistamista ja uuden rehuaineen laadun hallintaa.

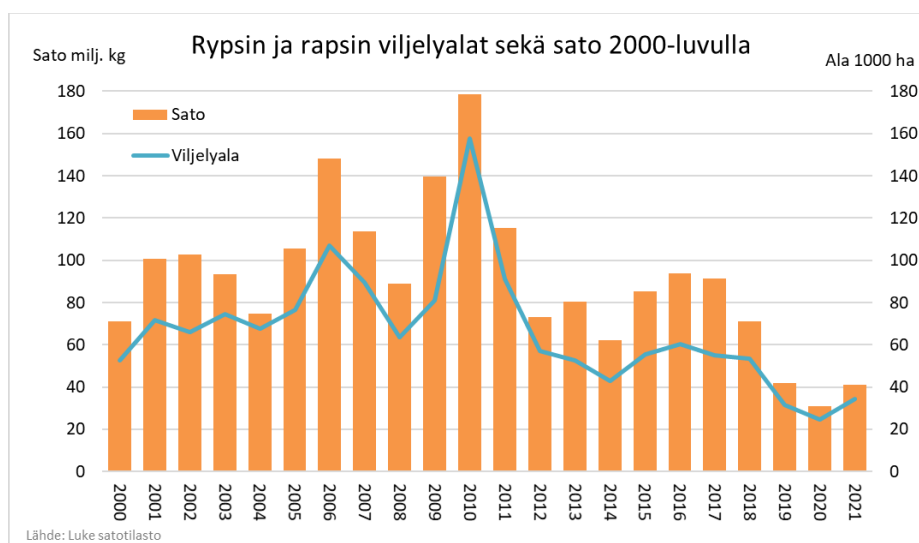
Perunan käyttöä rehuksi rajoittaa sen prosessointitarve valkuaisen erottamiseksi ja liiallisen kaliummäärän vähentämiseksi. Perunan viljelyssä käytetään pääosin tärkkelystuotantoon jalostettuja lajikkeita, ja myös viljelytekniikkaa on tähän asti kehitetty tärkkelystuotannon näkökulmasta. Tavoitteena on ollut mahdollisimman paljon tärkkelystä ja mahdollisimman vähän oheistuotteita. Perunatärkkelystuotannon oheisvirtavalkuaisen hyödyntäminen on merkittävä lisä tärkkelysperunan tuotantoketjulle. Perunan valkuaispitoisuus on kuitenkin pieni ja vaihtelee riippuen mm. lajikkeesta ja viljelytekniikasta ollen 2–4 % (Kekkonen ym. 2018).

Hampun viljelyala Suomessa on lisääntynyt 2000-luvulla ja erityisesti parina viime vuotena (Kuva 8), mutta on vielä pieni kotieläinten rehuntuotantoa ajatellen. Tilastoissa kuitu- ja öljyhamppu esitetään erikseen. Öljyhamppua oli v. 2021 viljelyssä yli 1600 hehtaaria. Euroopan Unionin alueella hampua viljeltiin v. 2019 n. 34 000 hehtaarin alalla. Hampupuristetta ei riitä tuotantoeläinten valkuaisrehuksi näillä viljelymäärillä.



Kuva 8. Öljyhampun ja kuituhampun viljelyalojen kehitys Suomessa v. 2000–2021. Lähde: Luke Tilastot

Rypsin ja rapsin yhteenlaskettu viljelypinta-ala on vaihdellut 2000-luvulla varsin paljon (Kuva 9). Korkeimmillaan viljelyala oli vuonna 2010 lähes 160 000 hehtaaria. Alhaisimmillaan rypsin ja rapsin viljelyala on ollut 2000-luvulla vuonna 2020 ollen vain 24 500 hehtaaria. Syysöljykasvien viljelyalat ovat kevätöljykasvien viljelyalaan verrattuna vielä pieniä, joitakin tuhansia hehtaareja. Syysmuodot kärsivät vähemmän tuholaisista, mutta talviaika lisää viljelyn riskejä. Kotimaan rypsi- ja rapsisato jalostetaan Suomessa. Viime vuosina sato on vaihdellut 70 000–90 000 tonnin välillä ja viljelyinnokkuutta ovat vähentäneet vaativat sääolosuhteet ja rajoitukset kasvin-suojeluaineiden käytössä. Kotimainen rypsi ja rapsi eivät riitä Suomen tarpeeseen normaalissa-kaan tilanteessa. Rypsi/rapsirouheen raaka-aineista alle 7 % on ollut viime vuosina kotimaista. Vuonna 2021 rypsi/rapsirouheesta tuotiin n. 35 % Venäjältä, jolle on tulevaisuudessa löydettävä korvaava tuontilähde.



Kuva 9. Rypsin viljelyalojen kehitys Suomessa v. 2000–2021. Lähde Luke Tilastot.

Lupiinien viljelyä rajoittaa niiden vaatima pitkä kasvu-aika ja siitä aiheutuva viljelyepävarmuus, mutta valkuaisomavaraisuuden tehostamistavoitteet ovat viime vuosina lisänneet kiinnostusta sinilupiinin viljelyyn ja käyttöön rehuvalkuaisen lähteenä. Lupiinien tuotanto rehuksveiksi vaatii lisää viljelyvarmuuden kasvattamiseksi tehtävää jalostustyötä sekä viljelytekniikoiden tutkimusta. Pitkän kasvuajan vuoksi viljely on mahdollista vain eteläisessä Suomessa I-II kasvuyöhykkeillä. Keski-Euroopassa viljellään pääasiassa kelta- ja valkolupiinia, joiden kasvu-aika on sinilupiinia pidempi, kun taas Australiassa viljellään enemmän sinilupiinia (Ketomäki 2010).

Kvinoa eli kinua (*Chenopodium quinoa*) on eteläamerikkalainen viljan tapaan käytettävä yksi-vuotinen kasvi. Kvinoan tunnetuimpia sukulaisia ovat jauhosavikka, punajuuri ja pinaatti. Ennen maissin yleistymistä sitä viljeltiin myös Pohjois-Amerikan puolella. Nykyään kvinoa kiinnostaa länsimaissa etenkin keliakiaa sairastavia, koska se on luontaisesti gluteeniton. Kvinoassa on enemmän proteiinia kuin riisissä tai muissa viljoissa, ja se sisältää paljon ravintokuitua, fosforia, rautaa ja magnesiumia. Suurimmat tuottajamaat ovat Peru, Bolivia ja Ecuador. Siemenen pinta on karvaan, lievästi myrkyllisen saponiinin peitossa, minkä vuoksi siemenet on pestävä tai kuorittava ennen käyttöä. Kotimaista kvinoaa viljellään elintarvikkeeksi, mutta sitä ei riitä rehuksi.

Hyönteiset (toukat, aikuiset), sienet, levät ja mikrobituotantoon pohjaavat yksisoluproteiinit nähtiin tulevaisuuden valkuaislähteinä Tiekartassa (VTT 2015), jos vain niiden tuotantokustannukset olisivat halvemmat. Näiden etuna on erittäin voimakas biomassan kasvu ja mahdollisuus käyttää mm. oheisvirtoja rehuna. VTT:n järjestämissä työpajoissa (VTT 2019) todettiin

että hyönteisälällä on ”uutena” alana paljon kasvukipuja, jotka johtuvat paljolti kehittymättömistä tuotantoteknologioista ja vakiintumattomista markkinoista. Hyönteisten kaupallinen rehukäyttö edellyttää oheisvirtarehujen sekä tuotannon teknologian ja automaation kehittämistä, jotta tuotettujen hyönteisten hinta saadaan järkevälle tasolle ja tuotanto kannattavaksi. Hyönteisten käytöstä rehuksi elintarviketuotantoeläimille on joitain Euroopan lainsäädännön asettamia rajoitteita. Lakimuutos vuonna 2021 mahdollisti hyönteis-PAP:n käytön vesiviljelyeläinten, sikojen ja siipikarjan rehuissa, minkä lisäksi elävien hyönteisten sekä hyönteisistä saadun rasvan käyttö on sallittua muiden elintarviketuotantoeläinten kuin märehäntien rehuissa. Hyönteisten rehuna voisi käyttää esimerkiksi ruokajätettä tai lantaa (Barragan-Fonseca ym. 2017, Cadinu ym. 2020), mutta nykyinen lainsäädäntö rajoittaa jättemateriaalin käyttöä hyönteisten ravintona (Virtanen 2020). Biomassojen, etenkin likaisten massojen ja lannan, käytössä hyönteisten rehuna riskinä ovat mm. raskasmetallien kertyminen hyönteisiin ja taudinaiheuttajien leviäminen (Virtanen 2020). Hyönteisistä toivotaan myös apua luomutuotantoon rehustuksen 100 % luomutavoitteen saavuttamiseksi. EU:ssa hyönteisten luomusertifiointi ei ole vielä mahdollista, mutta sertifiointin mahdollistava sääntely oli syksyllä 2021 valmisteilla. Tuotannon investointien ja teknologiakehityksen, tutkimuksen ja hyönteisten rehuihin liittyvän lainsäädännön kehityksen myötä hyönteistuotannon kustannusten odotetaan laskevan, jolloin hyönteisvalkuaisen käyttö tuotantoeläinten rehuissa tulisi mahdolliseksi.

Yksi uusi mahdollisuus on **mikrobien ja soluviljelytekniikoiden** hyödyntäminen valkuaisutuotannossa. Solumaatalouden avulla voidaan tuottaa solu- tai mikrobimassaa, joka käytetään rehuksi tai ruoaksi, tai sitten mikrobit tai solut valjastetaan tuottamaan tiettyä proteiinia (esim. eläinproteiinia; tällä hetkellä aminohapot, monet vitamiinit ja ruokaprosesseissa käytettävät entsyymit tuotetaan tällä tavalla) joka sitten erotetaan solumassasta. Solumaatalouden etuna on tehokas ja hallittu tuotanto ympäri vuoden hyvin pienellä pinta-alalla, mutta haasteena on käytännössä toimivat ratkaisut ja kustannusrakenne. VTT:n Toimeenpanosuunnitelma Suomen proteiiniomavaraisuuden nostamiseksi -raportin (VTT 2019) mukaan solumaatalouden hyödyntäminen Suomessa vaatii vielä paljon tutkimuspanostuksia ja olisi tärkeää selvittää, mitä etuja siitä olisi juuri Suomen ruoantuotannolle ja valkuaisomavaraisuudelle. Yksisoluproteiinien hyödyntäminen rehuna on mielenkiintoinen vaihtoehto, mutta myös sen osalta tuotantokustannukset ja laatuvaatimukset (aminohappokoostumus, mahdollisesti toksiset yhdisteet) on tutkittava tarkasti (VTT 2019). Yksisoluproteiini Pekilon rehukäyttöä tutkittiin 70- ja 80-luvulla, ja sitä syötettiin Suomessa sioille ja siipikarjalle (EniferBio verkkosivut). Sen tuotanto loppui 1991 päätuotteen valmistusmenetelmien muutosten vuoksi, mutta on aloitettu uudelleen kalanrehujen raaka-aineeksi.

Tiekartassa (VTT 2015) asetettiin tavoitteeksi **kalajauhon** laajempi käyttö rehuissa. Tuotettua kalajauhoa käytetään tällä hetkellä pääasiassa kalanrehujen raaka-aineena. Käyttö yksimahaisten rehuissa edellyttää lainsäädännön edellyttämää prosessointia ja toimivia rehuseosten valmistusprosesseja. VTT:n Toimeenpanosuunnitelmassa (VTT 2019) mainitaan edelleen myös kalatalous mahdollisuutena Suomen valkuaisomavaraisuuden nostossa, mutta korostetaan, että kalatalous tarvitsee selkeän strategian ja toimenpiteitä elinkeinon tukemiseksi. Alalla on pulaa yrittäjistä, sillä kaupallisten kalastajien määrä on puolittunut 2000-luvun aikana ja kalastajien keski-ikä on korkea. Vuonna 2021 Maa- ja metsätalousministeriö käynnisti Kotimaisen kalan edistämishojelman, jolla pyritään lisäämään kotimaisen kalan tarjontaa ja sen osuutta kulutuksesta (Valtioneuvoston periaatepäätös 8.7.2021). Vesiviljelystrategia 2022 -strategialla pyrittiin puolestaan parantamaan toimialan kilpailukykyä sekä vesiviljelytuotannon ekologista, taloudellista ja sosiaalista kestävyttä (Valtioneuvoston periaatepäätös 4.12.2014). Vesiviljelystrategia päivitettiin helmikuussa 2022 (Valtioneuvoston periaatepäätös 17.2.2022, Manner-Suomen vesiviljelystrategia 2030), ja tavoitteiksi asetettiin erityisesti kestävä kasvu ja kotimaisuusasteen nosto.

PAP tuo uuden valkuaisrehuvaihtoehdon ja tukee kestäväen kehityksen mukaista kiertotalousajattelua tuotantoeläinten ruokinnassa. Ennen laajempaa käyttöä sika- ja siipikarja-PAP:n rehuarvot, sulavuudet ja sopivat käyttömäärät rehuseoksessa on määritettävä kemiallisin määrytyksin ja ruokintatutkimuksin. Lainsäädäntö asettaa myös haasteita PAP:n laajemmalle käytölle rehuissa.

Uusina mahdollisina oheistuotteina voidaan mainita **kasvisoheistuotteet**. Kasvisoheistuotteita syntyi v. 2021 n. 95000 tonnia, josta eniten porkkanasta ja muista juureksista (Lehto ym. 2021). Pienempiä eriä muodostuu erilaisista avomaan vihannestuotannosta, kasvihuonetuotannosta, marjoista ja hedelmistä ja erilaisista prosesseista. Kasvisoheistuotteiden käytön haasteena on niiden suuri kosteuspitoisuus, joka johtaa huonoon säilyvyyteen ja kalliisiin kuljetuskustannuksiin. Erät ovat myös suhteellisen pieniä ja epätasaisia laadultaan. Kasvisoheistuotteita myös syntyy epätasaisesti vuoden aikana, esimerkiksi syksyllä sadonkorjuun jälkeen. Kasvisoheistuotteita päätyykin lähinnä kompostointiin ja maanparannukseen (Lehto ym. 2018), vaikka ravintoarvoltaan ne ovat hyviä (Franco ym. 2021, Luke, 2022b). Erien säilyvyyttä voisi parantaa sopivilla säilöntäainekäsittelyillä (Franco ym. 2018) tai valmistamalla niistä säilörehua (Rinne ym. 2019).

Karkearehujen käytön lisääminen **yksimahaisilla** edellyttää niiden annosteluteknologian kehittämistä sekä hygieenisyyden turvaamista. Säilörehu, heinä ja olki toimivat erittäin hyvinä virikkeinä ja toimisivat mahan täytteenä erityisesti siitoseläimille, mutta sopivat rajoitettuna määrinä tarvittavan kuidun tuojana kaikille sika- ja siipikarjaryhmille.

Nurmibiojalostamo on konsepti, jossa nurmibiomassaa fraktioimalla tuotetaan uusia tuotteita erilaisiin käyttötarkoituksiin. Nurmen kuidusta mekaanisesti erotut liukoiset ravintoaineet (amiinohapot, sokerit, kivennäisaineet) soveltuvat esimerkiksi sikojen liemirehussa sellaisenaan käytettäväksi (Keto ym. 2021). Nestejakeen elintarvikekäyttöä selvitetään parhaillaan käynnissä olevassa hankkeessa Luonnonvarakeskuksessa (NurmiProteiini). Kuitufraktion mahdollisia käyttötarkoituksia ovat esim. rehukäyttö (Savonen ym. 2020) tai hydrolysointi jatkoprosessien raaka-aineeksi (Niemi ym. 2017).

Levät käsittävät ryhmänä mikrolevät ja makrolevät. Mikrolevät ovat mikroskooppisen pieniä planktonleviä, kun taas makrolevät ovat monisoluisia makeassa ja merivedessä esiintyviä alkeellisia kasveja. Levät sisältävät välttämättömiä rasvahappoja ja aminohappoja, karotenoideja, vitamiineja sekä kivennäis- ja hivenaineita, mutta ne keräävät herkästi elinympäristöstään myös raskasmetalleja ja muita haitallisia aineita. Euroopassa toimii noin 450 levien tuotantolaitosta, joissa hyödynnetään erilaisia lajeja ja tuotantotapoja (Araújo ym. 2021). Makrolevien tuotanto perustuu vielä lähinnä villinä kasvavien kantojen hyödyntämiseen, kun taas mikroleviä viljellään fotobioreaktoreissa (Araújo ym. 2021). Ranska, Irlanti ja Espanja ovat makrolevien päätuottajamaita Euroopassa, kun taas Saksa, Espanja ja Italia tuottavat eniten mikroleviä. Ruokintatutkimuksissa mikrolevien on havaittu vaikuttavan positiivisesti mm. eläinten vastustuskykyyn, maidontuotantoon ja maidon laatuun sekä suolen- ja lisääntymisterveyteen (Saadaoui ym. 2021). Levät voivat olla tulevaisuuden valkuaislähteitä, mikäli niiden tuotantokustannukset saadaan painettua alas. Niidenkin tuotannosta tarvitaan kuitenkin enemmän tietoa ennen niiden käyttöä tuotantoeläinten ruokinnassa Suomen olosuhteissa.

Hydroponisessa viljelyssä kasveja kasvatetaan mullan sijasta inertissä väliaineessa, jolloin kasvit saavat ravinteita kasteluveteen lisätyistä vesiliukoisista lannoitteista. Rehuntuotannossa siemeniä ja ituja versotetaan niin, että niistä muodostuu eläimille kokonaisuudessaan syötettävä rehumassa (Kekkonen ym. 2020). Hydroponisesti voidaan viljellä mm. ohraa, kauraa, ruista ja ruisvehnää. Sato on valmista korjattavaksi 6–8 päivän kuluttua kylvämisestä (Feedipedia 2017).

Savonia-ammattikorkeakoulun, Seinäjoen ammattikorkeakoulun sekä Itä-Suomen yliopiston Hydrorehu-hankkeessa tutkittiin hydroponisen rehuntuotannon mahdollisuuksia Suomessa

vuosina 2017–2018. Hydroponisen viljelyn etuna on sen ympäristöystävällisyys, sillä rehun tuotannossa ei tarvitse käyttää kemiallisia lannoitteita eikä kasvinsuojeluaineita, mikäli siemen on hyvälaatuista (Kekkonen ym. 2020). Hyvä hygienia sekä viljelyolosuhteiden tarkka hallinta ovat sadon onnistumisen ehdottomia edellytyksiä. Viljely on myös työlästä, joten työ- ja energia-kustannukset kasvavat helposti korkeiksi.

- ✓ Sivutuotteiden saatavuus ja käyttö on riippuvaista päätuotteen valmistuksesta, päätuotteen raaka-ainesisällöstä ja sivutuotteen laadusta.
- ✓ Uusien valkuaiskasvien käyttö edellyttää niiden rehuarvojen ja ravintoaineiden käytökelpoisuuden määrittämistä, käyttömäärien ja ruokintatekniikoiden selvitystä, tuotannon tasaisen saannin varmistamista ja uuden rehuaineen laadun hallintaa.
- ✓ Perunan käyttöä rehuksi rajoittaa sen alhainen proteiinimäärä sekä prosessointitarve proteiinin erottamiseksi ja liiallisen kaliummäärän vähentämiseksi.
- ✓ Hampppupuristetta ei riitä tuotantoeläinten valkuaisrehuksi näillä viljelymäärillä.
- ✓ Kotimainen rypsi ja rapsi eivät riitä Suomen tarpeeseen.
- ✓ Lupiinien tuotanto rehuksiksi vaatisi lisää viljelyvarmuuden kasvattamiseksi tehtävää jalostustyötä (liian pitkä kasvuaika) sekä viljelytekniikoiden tutkimusta.
- ✓ Hyönteisten kaupallinen rehuikäyttö edellyttää sivuvirtarehujen sekä tuotannon teknologian ja automaation kehittämistä, jotta tuotettujen hyönteisten hinta saadaan järkeväksi tasolle ja tuotanto kannattavaksi.
- ✓ Solumaatalouden hyödyntäminen Suomessa vaatii vielä paljon tutkimuspanostuksia. Sen etuna on tehokas ja hallittu tuotanto ympäri vuoden hyvin pienellä pinta-alalla, mutta haasteena on lainsäädäntö (uuselintarvikelainsäädäntö ja GMO-lait).
- ✓ Kalatalous nähdään mahdollisuutena Suomen proteiiniomavaraisuuden nostossa, mutta kalatalous tarvitsee selkeän strategian ja toimenpiteitä elinkeinon tukemiseksi. Käyttö yksimahaisten ja märehijöiden rehuissa edellyttää lainsäädännön edellyttämää prosessointia ja rehuseosten valmistusprosesseja.
- ✓ PAP eli käsitelty eläinvalkuainen tuo uuden valkuaisrehuvaihtoehdon ja tukee kestävä kehityksen mukaista kiertotalousajattelua, kun vaan lainsäädännön haasteet saadaan selvitettyä. Ennen laajempaa käyttöä tarvitaan ruokintatutkimuksia.
- ✓ Kasvissivutuotteiden käytön haasteena on niiden suuri kosteuspitoisuus, joka johtaa huonoon säilyvyyteen ja kalliisiin kuljetuskustannuksiin. Erät ovat pieniä ja epätasalaatuisia ja niitä syntyy epätasaisesti vuoden aikana.
- ✓ Karkearehujen käytön lisääminen yksimahaisilla edellyttää niiden annosteluteknologian kehittämistä sekä hygieenisyyden turvaamista.
- ✓ Nurmibiojalostamo on konsepti, jossa nurmibiomassaa fraktioimalla tuotetaan uusia tuotteita erilaisiin käyttötarkoituksiin.
- ✓ Levät, hyönteiset, madot yms. ovat tulevaisuuden proteiinilähteitä, mikäli niiden tuotanto saadaan kannattavaksi.

4.4. Rehuaineiden laatu kriisitilanteissa

Laadullisiin kriisitilanteisiin on erilaisia toimintamahdollisuuksia:

- Asetettujen haitallisten aineiden rajojen tilapäinen ylittäminen
- Raja-arvot ylittävän tai kiellettyjä aineita sisältävän rehuerän laimentaminen puhtaammalla (kielletty direktiivi 2002/32/EY nojalla)
- Raja-arvot ylittävien tai kiellettyjä aineita sisältävien erien ohjaaminen sellaiseen käyttöön, jossa se aiheuttaa mahdollisimman vähän haittaa

Kriisitilanteita varten on syytä pohtia, mitä hallinnollisia toimia näiden toimintatapojen käyttöönotto edellyttäisi ja mitä terveydellisiä vaikutuksia sillä olisi. Esimerkiksi hometoksiinien rajat ovat matalampia elintarvikkeissa kuin rehuissa ja elintarvikkeeksi kelpaamattomat erät käytetään rehuiksi. Kriisitilanteita varten on selvittävä, voisiko rajoja vielä lieventää rehuille. Tietoa hometoksiinien akuuttien tai pitkäaikaisaltistusten vaikutuksista tuotantoeläimiin ei kuitenkaan ole riittävästi. Raja-arvojen ja niihin liittyvän lainsäädännön takana on tutkimuksiin perustuvat asiantuntijoiden riskinarvioinnit. Lainsäädännön muutokset edellyttävät uusia selvityksiä ja tutkimusta laadusta tinkimismahdollisuuksista. Hometoksiinien enimmäis- ja ohjearvojen asettamista vaikeuttaa analyysimenetelmien herkkyytaso, hometoksiinien muuttuminen fysiologisissa prosesseissa ja yhteisvaikutukset. Herkkyyys hometoksiineille vaihtelee paljon eläinryhmittäin, mikä on huomioitu enimmäispitoisuusrajoissa. Oleellista on kohdistaa kriisitilanteessa hometoksiineja sisältävät rehut vähemmän herkille eläinryhmille.

Jos tilanne on niin huono, että joudutaan tinkimään rehuseoksen ravitsemuksellisesta laadusta tuotannon tason lasku ja hidastuminen on odotettavissa. Usein kriisitilanteissa pystytään kuitenkin jonkin rehuaineen puutetta korvaamaan vaihtoehtoisilla rehuaineilla ja täyttämään eläimen riittävä ravinnon tarve.

Laajalle EU:n alueelle ulottuva pula rehuraaka-aineista huonon sadon ja kriisien vuoksi lisää painetta tuoda rehuaineita EU:n ulkopuolelta maista, joissa rehuaineiden tuotanto on eri tavoin säädeltyä kuin EU:ssa, jolloin esimerkiksi muuntogeenisten ja EU:ssa kiellettyjä kasvinsuojeluaineita käyttäen tuotettujen tuotteiden hankintamahdollisuuksia joudutaan pohtimaan. Muuntogeenisiä elintarvikkeita ja rehuja ei saa myydä tai markkinoida, ellei niille ole myönnetty lupaa EU:ssa. Kaikki muuntogeeniset ainekset käyvät läpi tiukan hyväksymismenettelyn, joka sisältää mm. Euroopan elintarviketurvallisuusviranomaisen (EFSA) laatiman lausunnon muuntogeenisen tuotteen turvallisuudesta. Hyväksytyt muuntogeeniset ainekset eivät vaikuta haitallisesti ihmisen, eläimen tai ympäristön terveyteen. Ajantasainen rekisteri EU:ssa hyväksytyistä sekä hyväksymättömistä muuntogeenisistä aineksista löytyy komission verkkosivuilta (https://webgate.ec.europa.eu/dyna/gm_register/index_en.cfm). Lainsäädäntö edellyttää, että muuntogeeniset ainesosat merkitään rehun saateasiakirjoihin (esim. etiketti). Rehun muuntogeenisyydestä ilmoittavilla merkinnöillä halutaan turvata kuluttajan tiedonsaanti ja valinnanvapaus.

Kasvinsuojeluainejäämien enimmäismäärä asetetaan aina sellaiselle tasolle, joka on turvallinen kuluttajalle, mutta joka myös vastaa hyvää maatalouskäytäntöä (GAP). Se velvoittaa viljelijää toimimaan siten, että kasvinsuojeluaineita käytetään mahdollisimman vähän ja että käytön tulee perustua todettuun tarpeeseen. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että enimmäismäärät ovat usein huomattavasti matalammalla tasolla kuin kuluttajien turvallisuus edellyttäisi. Ruokaviraston riskinarvioinnin mukaan pitkäkestoinen altistuminen kasvinsuojeluaineille on suomalaisilla turvallisella tasolla. Myös lyhytaikainen altistus on pääsääntöisesti turvallisella tasolla. Ruokavirasto suosittaa lapsille kotimaisten ja EU-tuotteiden suosimista ruokavaliossa, sillä

tuontielintarvikkeissa on havaittu enemmän määräystenvastaisia tuotteita kuin EU-maissa tuotetuissa tuotteissa.

- ✓ Kriisitilanteita varten on mietittävä, mitä uusia toimintatapoja voidaan ottaa käyttöön, mitä hallinnollisia toimia näiden toimintatapojen käyttöönotto edellyttäisi ja mitä terveydellisiä vaikutuksia niillä olisi.
- ✓ Raja-arvojen ja laadun varmistavien lakien ja asetusten takana on asiantuntijoiden tekemät selvitykset ja tutkimukset, jolloin lainsäädännön muutokset edellyttävät uusia selvityksiä ja tutkimusta.
- ✓ Asetetut haitallisten aineiden enimmäismäärät ovat usein huomattavasti matalammalla tasolla kuin kuluttajien turvallisuus edellyttäisi.
- ✓ Usein kriisitilanteissa pystytään rehuaineen puutetta korvaamaan vaihtoehtoisilla rehuaineilla ja täyttämään eläimen riittävä ravinnon tarve.
- ✓ Huono sato ja kriisit lisäävät painetta tuoda rehuaineita EU:n ulkopuolelta maista, joissa rehuaineiden tuotanto on eri tavoin säädeltyä.

4.5. Eläinmäärä

Markkinoiden toimiessa normaalisti kotieläintalouden tuotantokustannusten muutosten tulisi välittyä sellaisenaan läpi tuotantoketjun aina kuluttajahintoihin saakka. Kuluttajahintojen nousu puolestaan aiheuttaa yleisen talousteorian mukaisesti kysynnän siirtymistä edullisempiin tuotteisiin ja/tai kysynnän vähentymiseen. Kysynnän vähentyminen puolestaan aiheuttaa hintojen laskua ja lopulta tuotannon sopeutumista uuden kysynnän tasolle.

Kuluttajahintojen kuten elintarvikkeiden, polttoaineiden, sähkön ja asumiskustannusten nousu siirtää kuluttajakysyntää edullisempiin tuotteisiin niissä tuoteryhmissä, joissa valintaa on mahdollista tehdä. Kotieläintuotteiden tuotantokustannukset Suomessa ovat useita kilpailijamaita korkeampia normaalitilanteessakin, joten usein edullisempi tuote kauppohen valikoimissa on vastaava ulkomainen tuote. Myös kotieläintuotteiden kokonaiskysyntä voi hintojen noustessa hieman joustaa alaspäin. Kysynnän siirtyminen edullisempiin tuotteisiin joissakin kotieläintalouden tuoteryhmissä lisää kotimaiselle tuotannolle aiheutuvaa painetta sopeuttaa myös tuotantomäärää eläinmäärän vähentämisen kautta.

Suomessa ruoan kuluttajahintojen muutokset ovat olleet EU-maiden hitaimpia, joka on osin seurausta pitkistä sopimuskäytännöistä elintarviketeollisuuden ja kaupan välillä. Pitkät sopimusjaksot ovat normaalitilanteessa järkeviä ja antavat elintarviketeollisuudelle hintavakautta, joka on korkeiden tuotantokustannusten kanssa toimiessa edullista. Nopeasti tapahtuvissa kustannusten muutoksissa pitkät sopimuskaudet voivat kuitenkin aiheuttaa epäsuhtaa ja pannonshintojen noustessa maksuvalmiusongelmia.

Heikko kotieläintuotannon kannattavuus johtaa pitkään jatkuessaan eläinmäärän vähenemiseen. Lihantuotannossa eläinmäärä sopeutuu vuotuisten kasvatuserien määrän vähentymisen eli tuotantotaukojen pidentymisen kautta, mutta myös tuotannosta luopumisten kautta. Vuosina 2015–2021 tuotannosta on luopunut sikatiloista keskimäärin 4 %, siipikarjatilosta 1 % ja

lihanautatiloista 3 % vuosittain (SVT Kotieläinten lukumäärä). Sikojen määrä on vähentynyt keskimäärin 2 % vuodessa, munivien kanojen määrä 0,1 %, kun taas broilereiden määrä on kasvanut 1,1 % vuodessa (SVT Kotieläinten lukumäärä). Vastaavasti maitotiloista yli 7 % on vuosittain luopunut kotieläintuotannosta ja eläinmäärä on laskenut 2 % vuodessa. Heikentyneen kannattavuuden vuoksi tapahtuva tuotannosta luopumisten kiihtyminen ja toisaalta jatkavien tilojen laajennusinvestointien hidastuminen voivat vähentää rehujen kysyntää useita prosentteja. Toisaalta tehdyt tuotantosopimukset ja taloudelliset vastuut voivat velvoittaa osaa tuottajista hyvinkin tiukasti jatkamaan tuotantoa heikosta kannattavuudesta huolimatta.

4.6. Uudet tuontikanavat

Kun rehuaineiden saatavuus EU:n alueella on heikentynyt, voi tuonti EU:n ulkopuolisista maista lisääntyä vaihtoehtoisia hankintakanavia etsittäessä. Tuontia rajoittaa monet EU-lainsäädännön asettamat rajoitukset, kuten esimerkiksi torjunta-aineita koskevat rajoitukset. EU:n ulkopuolella käytetään myös esimerkiksi muuntogeenisiä kasveja, joiden käytölle eläinten rehuissa Suomessa elintarvikeyritykset voivat asettaa omia käyttörajoituksia. Saatavuuden varmistaminen vaihtoehtoisia hankintakanavia ja EU:ssa hyväksymättömiä tai kiellettyjä tuotteita käyttämällä edellyttää yleensä lainsäädännön muutoksia. Hankintasopimuksissa on usein myös eettisiin tai ympäristöarvoihin (esim. lapsityövoiman käyttö, sademetsien raivaaminen pelloksi) liittyviä sopimuksia ja laatuedellytyksiä, joista voidaan saatavuuden rajoituksessa joutua tinkimään.

4.7. Omavaraisuus

Toimeenpanosuunnitelma Suomen proteiiniomavaraisuuden nostamiseksi (VTT 2019) ja Tiekarttatyön (VTT 2015) mukaan merkittävä toimenpide-ehdotus Suomen proteiiniomavaraisuuden nostamiseksi olisi lajikekehitykseen ja viljojen valkuaispitoisuuteen panostaminen. Lisäksi palkokasvien viljelyhalukkuutta voitaisiin lisätä sekä tasaista ja jatkuvaa saatavuutta varmistaa valkuaiskasvien viljelyvarmuutta kehittämällä. Öljykasvien viljelyyn perättiin muutoksia kasvin suojeleaineiden käyttökieltoihin. Samat toiveet tulivat esiin, kun rehuteollisuuden edustajia haastateltiin tätä raporttia varten maaliskuussa 2022. Aikaisemmissa raporteissa (VTT 2019 ja 2015) valkuaisrehujen käyttökelpoisuus (sulavuus) ja käyttö eläinrehuna tunnistettiin myös tärkeäksi ja lisätutkimusta vaativaksi aihealueeksi. Tutkimustiedon avulla voitaisiin paremmin mitata eläinten proteiinin todellista hyödyntämistä ja mahdollisesti vähentää proteiinin ja aminohappokoostumusten tarvesuosituksia ympäristövaikutusten vähentämiseksi, raportissa mainittiin. Lisäksi ravitsemuksellisesti haitallisten aineiden merkitystä, esim. härkävavussa, pitäisi selvittää lisää. VTT:n tekemien selvitysten jälkeen on EU lainsäädäntö tuonut mahdolliseksi osittain myös PAP:n käytön. Rehuteollisuudelle tehtyjen haastattelujen mukaan prosessoitu eläinproteiini (myös kalajauho) on kiinnostava uusi valkuaisrehumahdollisuus, mutta lisää tietoa rehuarvoista ja sulavuudesta tarvitaan ennen käyttöönottoa.

- ✓ Kysynnän siirtyminen edullisempiin tuotteisiin kotieläintuotteissa lisää painetta sopeuttaa myös tuotantomäärää eläinmäärää alentamalla.
- ✓ Suomessa ruoan kuluttajahintojen muutokset ovat hitaita, johtuen elintarviketeollisuuden ja kaupan sopimuskäytännöistä, mikä voi aiheuttaa nopeissa kustannusten muutoksissa maksuvalmiusongelmia.
- ✓ Heikentyneen kannattavuuden vuoksi tuotannosta luopumisten kiihtyminen ja toisaalta jatkavien tilojen laajennusinvestointien hidastuminen voivat vähentää rehujen kysyntää. Toisaalta tuotantosopimukset ja taloudelliset vastuut voivat velvoittaa osaa tuottajista hyvinkin tiukasti jatkamaan tuotantoa heikosta kannattavuudesta huolimatta.
- ✓ Merkittävä toimenpide-ehdotus Suomen proteiiniomavaraisuuden nostamiseksi olisi lajikekehitykseen ja viljojen valkuaispitoisuuteen panostaminen.
- ✓ Palkokasvien viljelyhalukkuutta voitaisiin lisätä sekä tasaista ja jatkuvaa saatavuutta varmistaa valkuaiskasvien viljelyvarmuutta kehittämällä.
- ✓ Öljykasvien viljelyyn tarvitaan muutoksia kasvinsuojeluaineiden käyttökieltoihin.
- ✓ Valkuaisrehujen käyttökelpoisuudesta (sulavuus) ja käytöstä rehuna sekä proteiinin hyödyntämisestä eläintuotannossa tarvitaan lisää tutkimustietoa.

5. Toimenpide-ehdotukset

Mahdolliset toimenpiteet kriisin sattuessa riippuvat kriisin vaikutuksista. Kriisin kohdatessa on hyötyä, että lainsäädännön laatimisesta vastaavilla, päättäjillä ja käytännön toimijoilla on valmiiksi etukäteen suunnitellut yhteisesti sovitut ratkaisumallit. Ratkaisumalleja tulisi pohtia esimerkiksi raaka-ainepulaan, raaka-aineiden laatuun sekä markkinoiden toimintaan. Kriisitilanteessa asiat tapahtuvat usein nopeasti, jolloin esimerkiksi tarve lieventää voimassa olevia säädöksiä (ja rajoituksia) voi tulla nopeastikin kyseeseen. Maatilatasolla muutoksien tekeminen vie aikaa, mikä edellyttää kriiseihin varautumista ja valmistautumista etukäteen. Maatilan kierto kasvukaudesta toiseen tai lisääntymiskaudesta toiseen on pitkä, jonka vuoksi muutosten toteuttaminen käytännössä on hidasta.

Kriisitilanteessa voi tulla tarve ottaa käyttöön laajemmin raaka-aineita ja tuotantopanoksia, joiden käyttöä rajoitetaan lainsäädännöllisesti, kuten eläinperäiset käsitellyt sivutuotteet (processed animal protein, PAP) tai lannan uudelleen käsittelyn avulla jalostetut tuotteet. Laatuun liittyvien rajoitusten lievennykset voivat koskea esimerkiksi muuntogeenisyyttä, kasvinsuojeluainejäämiä, hometoksiineja tai muita haitallisia aineita sisältäviä tuotteita. Raaka-ainevalikoimaa voidaan monipuolistaa ottamalla mukaan pieniäkin eriä ja paikallisia vaihtoehtoja niin rehuteollisuudessa kuin tiloillakin. Uusia rehuvaihtoehtoja on tullut erityisesti valkuaisrehupuolelle, joista tutuimpina ovat PAP ja hamppu ja energiarehupuolella viljojen syyslajikkeet, ruis ja ruisvehnä, joiden rehukäyttö, rehuarvot ja käyttökelpoisuus vaativat vielä lisää selvitystä. Myös uusien oheistuotteiden kuten esimerkiksi perunan ja vihannes- ja juurestuotannon oheistuotteiden ja nurmen sekä karkearehujen monipuolisempaa käyttöä on hyvä pohtia.

Kriisitilanteessa viranomaisilla tulee olla mahdollisuus ohjata tuotantoa elintarvikeketjun eri osissa. Normaalitilanteissa toiminta riippuu pääasiassa yksittäisten toimijoiden kuten viljelijöiden ja elintarvikeketjun yritysten päätöksistä vallitsevan lainsäädännön puitteissa. Yritysten sopimustuotanto ohjaa tilojen toimintaa ja näitä ohjeistuksia voidaan tarvittaessa muuttaa yritysten päätöksillä nopeastikin, jos se nähdään tarpeelliseksi. Yksittäiset viljelijät tekevät ratkaisut oman tilan kannalta parasta taloudellista tulosta ajatellen ja elintarvikeyritykset yrityksen tuloksen ja markkinoiden tilanteen mukaan. Markkinoiden reaktioita on pyrittävä ennustamaan. Käytännön keinoja tuotannon ohjaamiseen ovat sopimusmallit ja 'Force majeure' -tilanteiden ja niiden mittareiden määrittely ennalta esimerkiksi sopimuksissa.

Omavaraisuuden kasvattaminen parantaa toimintamahdollisuuksia myös kriisitilanteessa. Vaikka tuontiraaka-aine voikin olla jossain tapauksissa paras mahdollisuus taloudellisesti ja tuotannollisesti tavanomaisessa tilanteessa, on kriisin varalle tuontiriippuvuuden vähentämiseksi pohdittava valmiiksi korvaavia ratkaisuja. Valkuaisomavaraisuuden kasvattaminen on yksi erittäin hyvä keino, mutta tuontiriippuvuus on suurta useissa muissakin tuotantopanoksissa (Jansik ym. 2021). Valkuaisomavaraisuuden lisääminen vaatii vielä valkuaisrehuvalikoiman monipuolistamista, valkuaiskasvien (erityisesti herne ja härkäpapu) viljelyvarmuuden jalostamista sekä ratkaisuja rypsin ja rapsin kasvinsuojeluun. Lisää tietoa tarvitaan myös rehujen järkevistä ja mahdollisesta kohdentamisesta, viljalajikkeiden eroista rehukäytössä sekä rehuksien aminohappoprofiilin muokkausmahdollisuuksista.

Tilojen välisen suoran yhteistyön lisääminen kotieläintuottajien ja muiden tuotantosuuntien välillä tulisi edelleen lisääntyä viljelykiertojen monipuolistamiseksi ja lannan ravinteiden parhaaksi hyödyntämiseksi. Näillä molemmilla on positiivinen vaikutus satovarmuuteen ja näin olleen rehujen saatavuuteen. Erityisen tärkeää olisi saada nurmia osaksi viljatilojen viljelykiertoja. Nurmien käyttöä ja jalostusta myös yksimahaisille sopiviksi rehuiksi tulisi edelleen kehittää (esim. nurmibiojalostamo-konsepti; Tampio ym. 2019, Keto ym. 2022).

Rehuvarojen budjetointi (määrä ja laatu) satokauden päätyttyä niin tilatasolla kuin valtakunnallisesti on tärkeä toimenpide ja tähän on käytettävissä monipuolisesti keinoja. Ylivuotisten rehuerien varastointia kannattaisi myös harkita jopa säilörehun osalta tasaamaan sääolojen aiheuttamaa vaihtelua rehujen tuotantomäärissä. Eläinmäärän vähentäminen on tehokas mutta radikaali keino rehunkulutuksen vähentämiseksi, joka näkyy myös kotieläintuotteiden tarjonnassa. Eläinlajista riippuen tuotannon lisääminen kriisiä edeltävälle tasolle voi kestää pitkään.

5.1. Siat ja siipikarja

Suomessa kasvatettavat siat ja siipikarja ovat geneettisiltä ominaisuuksiltaan erittäin tehokkaasti hyvissä tuotanto-olosuhteissa tuottavia

Sikojen ja siipikarjan tuotannon kilpailuetu Suomessa verrattuna muuhun eurooppalaiseen tuotantoon on erittäin tehokkaasti kasvavat ja tuottavat eläimet, mikä johtuu pienemmästä tautipaineesta ja hyvistä tuotanto-olosuhteista. Suomessa kasvatettavat siat ja siipikarja ovat geneettisiltä ominaisuuksiltaan erittäin tehokkaasti tuottavia. Tuotantoa ohjataan ja rajoitetaan säätämällä rehun ominaisuuksia kasvatuksen eri vaiheissa. Muutokset rehuseoksen ominaisuuksissa ja sisällössä ovat tiettyyn rajaan mahdollisia tuotannon tason juuri laskematta. Toisaalta korkean tuotannon eläinten vaatimukset rehulle ja sen laadulle ovat korkeita, joten rehun ravitsemuksellisen tason heikentyessä liian paljon, tuotanto laskee rajusti. Vaihtoehtona on geneettiseltä potentiaaliltaan erilainen, esimerkiksi hitaammin kasvava ja rehustukseltaan vähemmän vaativa eläin, mutta tämä heikentäisi tuotantoa ja kannattavuutta, jos eläinmäärä säilyy samana. Korkeat kiinteät kustannukset esimerkiksi eläinsuojien osalta ohjaavat tuotantoa korkeaan tuottavuuteen.

Monipuolisuutta ruokintaan ja vaihtoehtoja kriisitilanteisiin voi lisätä tilakohtaisesti paikallisten ratkaisujen ja pientenkin rehuerien käytöllä

Huippuunsa viritetty tuotanto ja ruokinta on herkkää muutoksille, mutta toisaalta taas vankasti säädelty tuotantoketju kestää pieniä kriisejä paremmin. Suomalainen sika- ja siipikarjatuotanto on vahvasti ketjuuntunutta ja elintarvikeyritysten ohjaamaa. Muutokset kriisitilanteessa koskevatkin helposti laajaa tuottajakuntaa tai jopa koko alaa tuotantotapojen ja -toimien ollessa kaikilla samankaltaisia. Monipuolisuutta ruokintaan ja vaihtoehtoja kriisitilanteisiin voisi kuitenkin lisätä tilakohtaisesti paikallisten ratkaisujen ja pientenkin rehuerien käyttö elintarviketurvallisuutta tietenkään unohtamatta. Myös uusien oheistuotteiden käyttömahdollisuudet voivat koskea paikallisesti vain osaa tiloista.

Valkuaisrehuvalikoimaa voidaan monipuolistaa, viljan valkuaiskoostumusta tarkentaa ja rehun valkuaisen hyväksikäyttöä edelleen parantaa vastaamaan paremmin ja tarkemmin yksimahaisten valkuaisstarpeeseen

Yksimahaisten riittävä valkuaisen saanti useimmissa kriisitilanteissa perustuu yhä vahvemmin valkuaisomavaraisuuteemme. Soijan käyttö on vähentynyt ja kotimaisten valkuaiskasvien viljelyä pyritään kasvattamaan. Herne, härkäpapu, PAP, hamppu, peruna, rypsi ja rapsi monipuolistavat valkuaisrehuvalikoimaa. Valkuaisrehujen hyväksikäyttöä voidaan edelleen parantaa vastaamalla paremmin ja tarkemmin yksimahaisten valkuaisstarpeeseen. Tutkimuksen avulla saatu riittävän yksityiskohtainen tieto yksimahaisten energian ja valkuaisen tarpeesta mahdollistaa yksityiskohtaisemman rehun suunnittelun ja mahdollisimman tarkan valkuaisruokinnan. Rehun valkuaisen hyväksikäyttöä voidaan parantaa tasapainottamalla rehuseosta aminohappolisien avulla ja käyttämällä rehun sulavuutta parantavia entsyymejä. Lisätieto kotimaisen valkuaisen rehuarvoista ja käyttökelpoisuudesta tasapainoisen rehuseoksen muodostamiseksi on tarpeen.

Yksimahaisten energian lähteenä on vilja ja sen oheistuotteet. Viljataseiden mukaan viljasta kokonaisuudessaan ei huononakaan satovuotena ole ollut puutetta. Kuitenkin rehuohran riittävä saatavuus on ollut usein tiukkaa. Ruisvehnä ja ruis ovat viime aikoina tuoneet monipuolisuutta viljatarjontaan ja korvanneet ohraa, kauraa ja vehnää rehuseoksissa, jolloin esimerkiksi kasviöljyn (jonka saatavuus ei sekään ole itsestäänselvyys) käyttöä energianlähteenä yksimahaisten rehussa ei ole tarvinnut lisätä. Viljan valkuaiskoostumuksen optimoiminen jalostuksen ja viljelytekniikan keinoin on tarpeen.

Oheistuotteiden ja uusien rehujen käyttöä voidaan lisätä prosessiteknologian ja lainsäädännön rajoissa

Erilaisten oheistuotteiden käyttöä voisi edelleen lisätä, kunhan tekniset elintarviketurvallisuuden varmistamat oheistuotteiden käsittelyprosessit ja montaa oheistuotetta koskeva lainsäädäntö saataisiin toimimaan ja tukemaan näitä vaihtoehtoja. Kriisitilanteessa voisi arvella monenkin oheistuotteen käytön olevan kysyttyä, mikä edellyttää alustavia selvityksiä ja valmistautumista. Yksimahaisista nuoret (porsaas ja untuvikot) ja lisääntyvät (munivat kanat, emolinnut ja imettävät emakot) eläimet ovat herkimpiä rehun laadulle. Hometoksiinien, kasvinsuojeluaikojen ja muiden lainsäädännöllä rajoitettujen aineiden vaikutuksista yksimahaisten fysiologiaan tarvitaan lisää tietoa, jotta kriisitilanteessa on mahdollista tehdä päätöksiä mahdollisista rajoitusten lieventämisestä.

5.2. Märehtijät

Märehtijät ovat varsin joustavia ravitsemuksellisten tarpeidensa, ruoansulauksen toiminnan, aineenvaihdunnan ja muiden tekijöiden (terveys, hedelmällisyys, lajinmukainen käyttäytyminen, hyvinvointi) osalta. Runsaan maidontuotannon vaiheessa olevat lypsylehmät, uuhet ja kutut sekä nuoret kasvavat eläimet ovat ravitsemuksellisilta tarpeiltaan vaativimmat ryhmät.

Väkirehun osuutta voi vähentää, jos karkearehua on runsaasti

Käytännössä lypsylehmien ruokinnan peruseriaate on se, että karkearehuja tai seosrehua on tarjolla vapaasti niin paljon kuin lehmät pystyvät syömään. Jos väkirehu (vilja) on kallista tai siitä on pulaa, sen osuutta ruokinnassa voidaan vähentää, jolloin karkearehun tarve lisääntyy. Tuotannon mahdollisimman pienen menetyksen edellytyksenä on se, että karkearehuja on saatavilla tarpeeksi. Kun väkirehun määrää lisätään, karkearehujen syönti vähenee. Tämä ns. korvaussuhde vaihtelee karkearehun ominaisuuksien (sulavuuden ja käymislaatu), väkirehutasen ja väkirehun ominaisuuksien (mm. valkuaispitoisuuden) mukaan, mutta on keskimäärin 0,5 (karkearehun syönti lisääntyy 0,5 kg ka kun väkirehun määrää vähennetään 1 kg ka).

Täysin ilman valkuaisrehuja tuotoksen menetykset ovat lypsylehmillä alle 10 % – useimmiten 6–7 % – verrattuna pelkkään säilörehuun ja viljaan perustuvaan ruokintaan. Tuotannon menetykset ovat siis varsin maltillisia ja samalla tyyden hyväksikäyttö maidontuotannossa paranee. Taloudellinen tulos riippuu valkuaisrehujen ja maidon hintasuhteista.

Karkearehua ei voi korvata täysin

Karkearehun ja väkirehun osuuksia rehuannoksessa voidaan muuttaa paljonkin. Jos karkearehusta on pulaa, sitä voidaan tiettyyn pisteeseen asti korvata väkirehua lisäämällä. Tällaisessa tilanteessa väkirehun osuus dieetistä voi kuitenkin helposti nousta niin korkeaksi, että pötsin normaali toiminta häiriintyy. Siksi väkirehuksi suositellaan kuitupitoisia oheistuotteita sisältäviä väkirehuja. Olkea tai myöhään korjattua kuivaheinää voidaan myös käyttää kuidun lähteenä.

Karkearehupulaa voidaan helpottaa korjaamalla puitavaksi tarkoitettu viljakasvusto kokoviljasäilörehuksi. Eri rehuntuotantomuotojen yhtäaikainen käyttö hajauttaa riskejä mm. kasvukauden säähän liittyen. Myös alus- ja kerääjäkasveja voidaan hyödyntää tarvittaessa syksyllä tuoreena, laitumena tai säilörehuksi.

Laadukkaan nurmisäilörehun tuotanto vaatii yleensä melko korkeaa typpilannoitusta, joka voi korkean mineraalityypen hinnan aikana olla ongelmallista. Nurmiseoksissa voidaan kuitenkin suosia typensitojakasveja, jolloin typpilannoituksesta voidaan tinkiä ja saavuttaa silti hyvä sadon valkuaispitoisuus ja satomäärä. Yleisesti ottaen nurmiseosten monipuolistamisella voidaan lisätä nurmien resilienssiä vaihtelevia sääolosuhteita kohtaan. Karkearehujen niukkuudessa määrällistä puskuria voi tuoda ekologisen alan ja riistapeltojen ym. kasvustojen rehukäytön hyödyntämisen salliminen, joskin näiltä aloilta korjattava sato ei laadullisesti useinkaan ole rehukäyttöön kovin korkea, mutta voi olla hätätilanteessa osaratkaisuna mukana, erityisesti osana seosruokintaa.

Viitteet

- Adewole, D., Maclsaac, J., Fraser, G. & Rathgeber, B. 2020. Effect of Oat Hulls Incorporated in the Diet or Fed as Free Choice on Growth Performance, Carcass Yield, Gut Morphology and Digesta Short Chain Fatty Acids of Broiler Chickens. *Sustainability* 12: 3744.
- Ahmad, S., Kamran, Z. & Koutoulis, K.C. 2017. Supplemental Linseed on Egg Production. In: Hester, P. (Ed.). *Egg Innovation and Strategies for Improvements*. Oxford. Academic Press. p. 347–364.
- Alagawany, M., Abd El-Hack, M.E., Ashour, E.A., Salah, A.S., Hussein, E., Al Alowaimer, A., Swelum, A.A. & Dhama, K. 2019. Raw faba bean (*Vicia faba*) as an alternative protein source in laying hen diets. *Journal of Applied Poultry Research* 28(4): 808–817.
- Al-Sagan, A.A., Al-Yemni, A.H., Al-Abdullatif, A.A. & Attia, Y.A. Hussein EOS. 2020. Effects of Different Dietary Levels of Blue Lupine (*Lupinus angustifolius*) Seed Meal With or Without Probiotics on the Performance, Carcass Criteria, Immune Organs, and Gut Morphology of Broiler Chickens. *Frontiers in Veterinary Science* 7: 124.
- Amerah, A.M., Péron, A., Zaefarian, F. & Ravindran, V. 2011. Influence of whole wheat inclusion and a blend of essential oils on the performance, nutrient utilization, digestive tract development and ileal microbiota profile of broiler chickens. *British Poultry Science* 52(1): 124-132.
- Amerah, A.M. & Ravindran, V. 2008. Influence of method of whole wheat feeding on the performance, digestive tract development and carcass traits of broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology* 147: 326–339.
- Araújo R., Vázquez Calderón F., Sánchez López J, Azevedo Isabel C., Bruhn A., Fluch S., Garcia Tasende M., Ghaderiardakani F., Ilmjärv T., Laurans M., Mac Monagail M., Mangini S., Peteiro C., Rebours C., Stefansson T. & Ullmann J. 2021. Current Status of the Algae Production Industry in Europe: An Emerging Sector of the Blue Bioeconomy. *Frontiers in Marine Science* 7.
- Arczewska-Wlosek, A., Swiatkiewicz, S., Bederska-Lojewska, D., Orczewska-Dudek, S., Szczurek, W., Boros, D., Fras, A., Tomaszewska, E., Dobrowolski, P., Muszynski, S., Kwiecien, M. & Schwarz, T. 2019. The Efficiency of Xylanase in Broiler Chickens Fed with Increasing Dietary Levels of Rye. *Animals* 9(2): 46.
- Babatunde, O.O., Park, C.S. & Adeola, O. 2021. Nutritional Potentials of Atypical Feed Ingredients for Broiler Chickens and Pigs. *Animals* 11(5): 1196.
- Bach Knudsen, K.E. 2014. Fiber and Nonstarch Polisaccharide Content and Variation in Common Crops Used in Broiler Diets. *Poultry Science* 93: 2380–2393.
- Barragan-Fonseca, K., Dicke, M. & van Loon, J. 2017. Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed – a review. *Journal of Insects as Food and Feed* 3(2): 105–120.
- Bean, L.D. & Leeson, S. 2003. Long-term effects of feeding flaxseed on performance and egg fatty acid composition of brown and white hens. *Poultry Science* 82(3): 388–394.

- Bederska-Łojewska, D., Arczewska-Włosek, A., Świątkiewicz, S., Orczewska-Dudek, S., Schwarz, T., Puchała, M., Krawczyk, J., Boros, D., Fraś, A., Micek, P. & Rajtar P. 2019. The effect of different dietary levels of hybrid rye and xylanase addition on the performance and egg quality in laying hens, *British Poultry Science* 60(4): 423–430.
- Beheshti Moghadam, M.H., Aziza, A.E. & Cherian, G. 2021. Choline and methionine supplementation in layer hens fed flaxseed: effects on hen production performance, egg fatty acid composition, tocopherol content, and oxidative stability. *Poultry Science* 100(9): 101299.
- Bikker, P., Binnendijk, G.P., Vermeer, H.M. & van der Peet-Schwering, C.M.C. 2014. Grass silage in diets for organic growing-finishing pigs. In: Rahmann, G. and Aksoy, U. (Eds.). *Building Organic Bridges*, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, Germany, 3, Thuenen Report, no. 20. pp. 815–818.
- Bikker, P. & Davin, R. 2020. Use of animal by-products in pig diets: ileal and faecal nutrient digestibility. Wageningen Livestock Research and Schothorst Feed Research, Report 1774.
- Boontiam, W., Hong, J., Kitipongpysan, S. & Wattanachai, S. 2022. Full-fat field cricket (*Gryllus bimaculatus*) as a substitute for fish meal and soybean meal for weaning piglets: effects on growth performance, intestinal health, and redox status. *Journal of Animal Science* 100(4): skac080.
- Boreal 2020. Uusi kotimainen Vire tuo uutta virettä härkäpavun käyttöön. <https://boreal.fi/uusi-kotimainen-vire-tuo-uutta-viretta-harkapavun-kayttoon/> Viitattu 27.4.2022.
- Boros D. 1999. Influence of R genome on the nutritional value of triticale for broiler chicks. *Animal Feed Science and Technology* 76: 219–226.
- Bovera, F., Piccolo, G., Gasco, L., Marono, S., Loponte, R., Vassalotti, G., Mastellone, V., Lombardi, P., Attia, Y.A. & Nizza, A. 2015. Yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*, L.) as a possible alternative to soybean meal in broiler diets. *British Poultry Science* 56(5): 569–75.
- Bugnacka, D. & Falkowski, J. 2001. The effect of dietary levels of yellow lupin seeds (*Lupinus luteus* L.) on feed preferences and growth performance of young pigs. *Journal of Animal and Feed Sciences* 10(1): 133–142.
- Cadinu, L.A., Barra, P., Torre, F., Delogu, F. & Madau, F.A. 2020. Insect Rearing: Potential, Challenges, and Circularity. *Sustainability* 12(11): 4567.
- Caston, L.J., Squires, E.J. & Leeson, S. 1994. Hen performance, egg quality, and the sensory evaluation of eggs from SCWL hens fed dietary flax. *Canadian Journal of Animal Science* 74(2): 347–353.
- Cebulska, A., Jankowiak, H., Weisbauerová, E. & Nevrkla, P. 2021. Influence of an increased content of pea and yellow lupin protein in the diet of pigs on meat quality. *Porcine Health Management* 7: 63.
- Cho, J.H. & Kim, I.H. 2010. Fish meal – nutritive value. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 95(6): 685–692.
- Chuang, W.-Y., Lin, L.-J., Shih, H.-D., Shy, Y.-M., Chang, S.-C. & Lee, T.-T. 2021. The Potential Utilization of High-Fiber Agricultural By-Products as Monogastric Animal Feed and Feed Additives: A Review. *Animals* 11: 2098.

- Chuppava, B., Wilke, V., Hartung, C.B., El-Wahab, A.A., Grone, R., von Felde, A., Kamphues, J. & Visscher, C. 2020. Effect of a High Proportion of Rye in Compound Feed for Reduction of Salmonella Typhimurium in Experimentally Infected Young Pigs. *Microorganisms* 8(11):1629.
- Çiftci, I., Yenice, E. & Eleroglu, H. 2003. Use of triticale alone and in combination with wheat or maize: effects of diet type and enzyme supplementation on hen performance, egg quality, organ weights, intestinal viscosity and digestive system characteristics. *Animal Feed Science and Technology* 105: 149–161.
- Crawley, K., Smith, J., Gerrard, C.L. & Sumption, P. (Eds.). 2015. Fulfilling 100% organic poultry diets: Roughage and foraging from the range. ICOPP Technical Notes, no. 2. Organic Research Centre.
- Crépon, K., Marget, P., Peyronnet, C., Carrouée, B., Arese, P. & Duc, G., 2010. Nutritional value of faba bean (*Vicia faba* L.) seeds for feed and food. *Field Crop Research* 115: 329–339.
- Cromwell, G.L., Allee, G.L. & Mahan, D.C. 2008. Assessment of lactose level in the mid- to late-nursery phase on performance of weanling pigs. *Journal of Animal Science* 86(1): 127–133.
- Dabbou, S., Gai, F., Biasato, I., Capucchio, M.T., Biasibetti, E., Dezzutto, D., & Schiavone, A. 2018. Black soldier fly defatted meal as a dietary protein source for broiler chickens: Effects on growth performance, blood traits, gut morphology and histological features. *Journal of animal science and biotechnology* 9(1): 1–10.
- Davis, J.E., Cain, J., Small, C. & Hales, D.B. 2016. Therapeutic effect of flax-based diets on fatty liver in aged laying hens. *Poultry Science* 95: 2624–2632.
- de Souza Vilela, J., Andronicos, N.M., Kolakshyapati, M., Hilliar, M., Sibanda, T.Z., Andrew, N.R., & Ruhnke, I. 2021. Black Soldier Fly larvae in broiler diets improve broiler performance and modulate the immune system. *Animal Nutrition* 7(3): 695–706.
- Donaldson, J., Świątkiewicz, S., Arczewka-Włosek, A., Muszyński, S., Szymańczyk, S., Arciszewski, M.B., Siembida, A.Z., Kras, K., Piedra, J.L.V., Schwarz, T., Tomaszewska, E. & Dobrowolski, P. 2021. Modern Hybrid Rye, as an Alternative Energy Source for Broiler Chickens, Improves the Absorption Surface of the Small Intestine Depending on the Intestinal Part and Xylanase Supplementation. *Animals* 11(5): 1349.
- Dotas, V., Bampidis, V.A., Sinapis, E., Hatzipanagiotou, A. & Papanikolaou, K. 2014. Effect of dietary pea (*Pisum Sativum* L.) supplementation on growth performance, and carcass and meat quality of broiler chickens. *Livestock Science* 164: 135–143.
- Dražbo, A.A., Juśkiewicz, J., Józefiak, A. & Konieczka, P. 2020. The Fermentation Process Improves the Nutritional Value of Rapeseed Cake for Turkeys—Effects on Performance, Gut Bacterial Population and Its Fermentative Activity. *Animals (Basel)* 10(9): 1711
- Dražbo, A., Mikulski, D., Jankowski, J. & Zduńczyk, Z. 2018. The effect of diets containing raw and fermented faba beans on gut functioning and growth performance in young turkeys. *Journal of Animal and Feed Sciences* 27(1): 65–73.
- Dunsha, F.R., Gannon, N.J., van Barneveld, R.J., Mullan, B.P., Campbell, R.G. & King, R.H. 2001. Dietary lupins (*Lupinus angustifolius* and *Lupinus albus*) can increase digesta retention in the gastrointestinal tract of pigs. *Australian Journal of Agricultural Research* 52: 593–602.

- EFSA 2004. Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the Commission related to Aflatoxin B1 as undesirable substance in animal feed. The EFSA Journal 39: 1–27.
- EFSA 2008. Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on glucosinolates as undesirable substances in animal feed. The EFSA Journal 590: 1–76.
- EFSA 2011. Scientific Opinion on the safety of hemp (Cannabis genus) for use as animal feed. EFSA Journal 9(3): 2011.
- El-Wahab, A.A., Lingers, J.B., Chuppava, B., Ahmed, M.F.E., Osman, A., Langeheine, M., Brehm, R., Taube, V., Grone, R., von Felde, A., Kamphues, J. & Visscher, C. 2020. Impact of Rye Inclusion in Diets for Broilers on Performance, Litter Quality, Foot Pad Health, Digesta Viscosity, Organ Traits and Intestinal Morphology. Sustainability 12(18): 7753.
- Eriksson, M. & Wall, H. 2012. Hemp seed cake in organic broiler diets. Animal Feed Science and Technology 171: 205–213.
- EU 2011. Komission asetus N:o 142/2011 muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden ja niistä johdettujen tuotteiden terveysturvasta sekä asetuksen (EY) N:o 1774/2002 kumoamisesta annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EY) N:o 1069/2009 täytäntöönpanosta sekä neuvoston direktiivin 97/78/EY täytäntöönpanosta tietyjen näytteiden ja tuotteiden osalta, jotka vapautetaan kyseisen direktiivin mukaisista eläinlääkärintarkastuksista rajatarkastusasemilla. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011R0142&from=FI>
- EU 2013. Komission asetus N:o 68/2013 rehuaineluettelosta. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX%3A02013R0068-20200701> Viitattu 13.4.2022
- EU 2018. Komission tiedonanto (2018/C 133/02). Ohjeet sellaisten elintarvikkeiden rehukäyttöä varten, joita ei enää ole tarkoitettu ihmisravinnoksi. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018XC0416\(01\)&from=ES](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018XC0416(01)&from=ES) Viitattu 30.8.2022
- EU 2021. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus 2021/2115 jäsenvaltioiden yhteisen maatalouspolitiikan nojalla laadittavien, Euroopan maatalouden tukirahastosta (maalais- tukirahasto) ja Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahastosta (maaseuturaha-asto) rahoitettavien strategiasuunnitelmien (YMP:n strategiasuunnitelmat) tukea koskevista säännöistä sekä asetusten (EU) N:o 1305/2013 ja (EU) N:o 1307/2013 kumoamisesta. <http://data.europa.eu/eli/reg/2021/2115/oj>
- EU 2022. Komission asetus 2022/1104 rehuaineluettelosta annetun asetuksen (EU) N:o 68/2013 muuttamisesta. <http://data.europa.eu/eli/reg/2022/1104/oj>
- Evans, N.M. & Shao, S. 2022. Mycotoxin Metabolism by Edible Insects. Toxins (Basel) 14(3): 217.
- EY 2001. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus N:o 999/2001 tietyjen tarttuvien spongi- formisten enkefalopatioiden ehkäisyä, valvontaa ja hävittämistä koskevista säännöistä. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32001R0999&from=EN>
- EY 2002. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2002/32/EY haitallisista aineista eläinten rehuissa. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:02002L0032-20191128&from=EN> Viitattu 23.6.2022

- EY 2005. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus N:o 396/2005 torjunta-ainejäämien enimmäismääristä kasvi- ja eläinperäisissä elintarvikkeissa ja rehuissa tai niiden pinnalla sekä neuvoston direktiivin 91/414/ETY muuttamisesta. http://publications.europa.eu/resource/cellar/d5a88562-e686-11ec-a534-01aa75ed71a1.0007.02/DOC_1. Viitattu 27.6.2022
- EY 2006a. Komission asetus N:o 1881/2006 tiettyjen elintarvikkeissa olevien vierasaineiden enimmäismäärien vahvistamisesta. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:32006R1881&from=FI> Viitattu 23.6.2022
- EY 2006b. Komission suositus 2006/576/EY deoksinivalenolin, zearalenonin, okratoksiini A:n, T-2- ja HT-2-toksiinin sekä fumonisiinien esiintymisestä eläinten rehuksi tarkoitetuissa tuotteissa. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:02006H0576-20160802&from=EN> Viitattu 23.6.2022
- EY 2006c. Komission suositus 2006/583/EY viljassa ja viljatuotteissa esiintyvien *Fusarium*-toksiinien ehkäisemisestä ja vähentämisestä. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:32006H0583&from=EN> Viitattu 23.6.2022
- EY 2009a Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus N:o 470/2009 yhteisön menettelyistä farmakologisesti vaikuttavien aineiden jäämien enimmäismäärien vahvistamiseksi eläimistä saatavissa elintarvikkeissa, neuvoston asetuksen (ETY) N:o 2377/90 kumoamisesta sekä Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2001/82/EY ja Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EY) N:o 726/2004 muuttamisesta. Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009R0470&from=FI> Viitattu 27.6.2022]
- EY 2009b Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus N:o 767/2009 rehun markkinoille saattamisesta ja käytöstä, Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EY) N:o 1831/2003 muuttamisesta sekä neuvoston direktiivin 79/373/ETY, komission direktiivin 80/511/ETY, neuvoston direktiivien 82/471/ETY, 83/228/ETY, 93/74/ETY, 93/113/EY ja 96/25/EY ja komission päätöksen 2004/217/EY kumoamisesta. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009R0767&from=FI#d1e32-17-1> Viitattu 29.8.2022
- EY 2009c Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus N:o 1069/2009, muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden ja niistä johdettujen tuotteiden terveys säännöistä sekä asetuksen (EY) N:o 1774/2002 kumoamisesta (sivutuoteasetus). <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:300:0001:0033:FI:-PDF> Viitattu 30.8.2022
- Feedipedia 2017. Saatavilla: <https://www.feedipedia.org/content/hydroponic-fodder-production-critical-assessment>. Viitattu 30.6.2022.
- FEFAC 2019. Resource efficiency champions. Co-products, an essential part of animal nutrition. The European Feed Manufacturers' Federation (FEFAC) brochure. 18 p.
- Fernandez, J.A. & Batterham, E.S. 1995. The nutritive value of lupin-seed and dehulled lupin-seed meals as protein sources for growing pigs as evaluated by different techniques. *Animal Feed Science and Technology* 53: 279–96.
- Ferris, C.P., Gordon, F.J., Patterson, D.C., Kilpatrick, D.J., Mayne, C.S. & McCoy, M.A. 2001. The response of dairy cows of high genetic merit to increasing proportion of concentrate in the diet with a high and medium feed value silage. *Journal of Agricultural Science* 136: 319–329.

- Fraeye, I., Bruneel, C., Lemahieu, C., Buyse, J., Muylaert, K. & Foubert, I. 2012. Dietary enrichment of eggs with omega-3 fatty acids: A review. *Food Research International* 48(2): 961–969.
- Franco, M., Jalava, T., Kahala, M., Järvenpää, E., Lehto, M., Rinne, M. 2018. Additives can improve aerobic stability of potato by-product. *Proc. 9th Nordic Feed Science Conference, Uppsala, Sweden, 12-13 June 2018.* pp. 143–148. https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/huv/konferenser/nfsc/nfsc-2018_proceedings_corr_e-version.pdf
- Franco, M., Stefański, T., Jalava, T., Lehto, M., Kahala, M., Järvenpää, E., Mäntysaari, P. & Rinne, M. 2021. Effect of potato by-product on total mixed ration stability, feed intake, diet digestibility and milk production of dairy cows. *Dairy* 2: 218–230.
- Franco, M., Rinne, M., Stefanski, T., Jalava, T., Kuoppala, K. & Jaakkola, S. 2022. Kehitysvaiheen ja säilöntäaineiden vaikutus maissisäilörehun laatuun. *Suomen Maataloustieteellisen seuran tiedote nro 40.* <https://doi.org/10.33354/smst.119442>
- Friesen, M.J., Kiarie, E. & Nyachoti, C.M. 2006. Response of nursery pigs to diets with increasing levels of raw peas. *Canadian Journal of Animal Science* 86: 531–533.
- Friman, J., Lundh, T. & Presto Åkerfeldt, M. 2021. Grass/clover silage for growing/finishing pigs – effect of silage pre-treatment and feeding strategy on growth performance and carcass traits, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Animal Science* 70(3-4): 151–160.
- Fru-Nji, F., Niess, E. & Pfeffer, E. 2007. Effect of graded replacement of soybean meal by faba beans (*Vicia faba* L.) or field peas (*Pisum Sativum* L.) in rations for laying hens on egg production and quality. *Journal of Poultry Science* 44: 34–41.
- Fuente, J.M., Pérez de Ayala, P. & Villamide, M.J. 1995. Effect of dietary enzyme on the metabolizable energy of diets with increasing levels of barley fed to broilers at different ages. *Animal Feed Science and Technology* 56: 45–53
- FutureCrops -hanke, Luonnonvarakeskus (Luke). <https://projects.luke.fi/futurecrops/fi/viljely/-sinilupiinin-viljely/> Viitattu 28.4.2022.
- Gakhar, N., Goldberg, E., Jing, M., Gibson, R. & House, J.D. 2012. Effect of feeding hemp seed and hemp seed oil on laying hen performance and egg yolk fatty acid content: Evidence of their safety and efficacy for laying hen diets. *Poultry Science* 91: 701–711.
- Gdala, J., Jansman, A.J.M., van Leeuwen, P., Huisman, J. & Verstegen, M.W.A. 1996. Lupins (*L. luteus*, *L. albus*, *L. angustifolius*) as a protein source for young pigs. *Animal Feed Science and Technology* 62: 239–49.
- Ghedini, C. & de Moura, D. 2021. Flaxseed meal feeding to dairy cows as a strategy to improve milk enterolactone concentration: a literature review. *Nativa* 9(4): 373–381.
- Goldberg, E.M., Gakhar, N., Ryland, D., Aliani, M., Gibson, R.A. and House, J.D. 2012. Fatty Acid Profile and Sensory Characteristics of Table Eggs from Laying Hens Fed Hempseed and Hempseed Oil. *Journal of Food Science* 77: S153–S160.
- González-Alvarado, J.M., Jiménez-Moreno, E., Valencia, D.G., Lázaro, R. & Mateos, G.G. 2008. Effects of fiber source and heat processing of the cereal on the development and pH of the gastrointestinal tract of broilers fed diets based on corn or rice. *Poultry Science* 87(9): 1779–95.

- Gopinger, E., Xavier, E.G., Elias, M.C., Catalan, A.A., Castro, M.L., Nunes, A.P. & Roll, V.F. 2014. The effect of different dietary levels of canola meal on growth performance, nutrient digestibility, and gut morphology of broiler chickens. *Poultry Science* 93(5): 1130–1136.
- Grabež, V., Egelanddal, B., Kjos, N.P., Håkenåsen, I.M., Mydland, L.T., Vik, J.O., Hallenstvedt, E., Devle, H. & Øverland, M. 2020. Replacing soybean meal with rapeseed meal and faba beans in a growing-finishing pig diet: Effect on growth performance, meat quality and metabolite changes. *Meat Science* 166: 108134.
- Grafiński, J., Sułek, A., Wyzińska, M., Stuper-Szablewska, K., Cacak-Pietrzak, G., Nieróbca, A. & Dziki, D. 2021. Impact of Genotype, Weather Conditions and Production Technology on the Quantitative Profile of Anti-Nutritive Compounds in Rye Grains. *Agronomy* 11(1): 151.
- Hammershøj, M. & Steinfeldt, S. 2005. Effects of Blue Lupin (*Lupinus angustifolius*) in Organic Layer Diets and Supplementation with Foraging Material on Egg Production and Some Egg Quality Parameters. *Poultry Science* 84: 723–733.
- Hansen, J.Ø., Øverland, M., Skrede, A., Anderson, D.M. & Collins, S.A. 2020. A meta-analysis of the effects of dietary canola / double low rapeseed meal on growth performance of weanling and growing-finishing pigs. *Animal Feed Science and Technology* 259: 114302
- Hejdysz, M., Kaczmarek, S.A., Rogiewicz, A. & Rutkowski, A. 2019. Influence of graded levels of meals from three lupin species on growth performance and nutrient digestibility in broiler chickens. *British Poultry Science* 60: 288–296.
- Heuzé V., Thiollot H., Tran G., Sauvant D., Bastianelli D. & Lebas F. 2019. Sugar beet pulp, pressed or wet. Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO. <https://www.feedipedia.org/node/710>. Last updated on February 15, 2019, 13:44.
- Hietaniemi, V. 2016. The Fusarium Mycotoxins in Finnish Cereal Grains : How to Control and Manage the Risk. 2016. Food Chemistry and Food Development, Department of Biochemistry, University of Turku. Turku, Finland 2016.
- Holinger, M., Früh, B., Stoll, P., Pedan, V., Kreuzer, M., Bérard, J. & Hillmann, E. 2018. Long-term effects of castration, chronic intermittent social stress, provision of grass silage and their interactions on performance and meat and adipose tissue properties in growing-finishing pigs. *Meat Science* 145: 40–50.
- Hugman, J., Wang, L.F., Beltranena, E., Htoo, J.K. & Zijlstra, R.T. 2020. Growth performance of weaned pigs fed raw, cold-pelleted, steam-pelleted, or extruded field pea. *Animal Feed Science and Technology* 264: 114485.
- Huhtanen, P., Hetta, M. & Swensson, C. 2011. Evaluation of canola meal as a protein supplement for dairy cows: A review and a meta-analysis. *Canadian Journal of Animal Science* 91: 1–15.
- Huuskonen, A., Saarinen, E., Virkajärvi, P., Hyrkäs, M., Niskanen, M. & Suomela, R. 2014. Maissin soveltuvuus rehukasviksi Keski-Suomessa. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote nro 30: 1–7. <https://doi.org/10.33354/smst.75345>
- Huuskonen, A. 2017. Ruis soveltuu sonnin ruokintaan. *Nauta* 47(5): 44–45.
- ICOPP-hankkeen verkkosivut: <https://projects.au.dk/co2results/conclusions-and-recommendations/icopp> Viitattu 13.5.2022.

- Janiszewski, P., Lisiak, D., Borzuta, K., Grzeškowiak, E., Schwarz, T., Siekierko, U., Andres, K. & Świątkiewicz, S. 2021. The Effect of Feeding Chicken and Geese Broilers with Different Cereals on the Fatty Acids Profile in Meat. *Foods* 10(11): 2879.
- Jansik, C., Huuskonen, H., Karhapää, M., Keskitalo, M., Leppälä, J., Niemi, J., Niskanen, O., Perttilä, S. & Rinne, M. 2021. Maatalouden tuotantopanosten saatavuuden riskit : Kriiseihin vaurautuminen ruokahuollon turvaamisessa. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 76/2021. Luonnonvarakeskus Helsinki. 98 s.
- Jansik, C. 2022. Öljy- ja valkuaiskasvimarkkinat. Julkaisussa Latvala, T., Väre, M., ja Niemi J. (Toim.). Maa- ja elintarviketalouden suhdannekatsaus 2022. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 44/2022. Luonnonvarakeskus. Helsinki. s. 36–41.
- Jiménez-Moreno, E., Frikha, M., de Coca-Sinova, A., García, J. & Mateos, G.G. 2013a. Oat hulls and sugar beet pulp in diets for broilers 1. Effects on growth performance and nutrient digestibility. *Animal Feed Science and Technology* 182: 33–43.
- Jiménez-Moreno, E., Frikha, M., de Coca-Sinova, A., Lázaro, R.P. & Mateos, G.G. 2013b. Oat hulls and sugar beet pulp in diets for broilers. 2. Effects on the development of the gastrointestinal tract and on the structure of the jejunal mucosa. *Animal Feed Science and Technology* 182: 44–52.
- Jiménez-Moreno, E., González-Alvarado, J.M., de Coca-Sinova, A., Lázaro, R.P., Cámara, L. & Mateos, G.G. 2019. Insoluble fiber sources in mash or pellets diets for young broilers. 2. Effects on gastrointestinal tract development and nutrient digestibility. *Poultry Science* 98: 2531–2547.
- Jiménez-Moreno, E., Gonzalez-Alvarado, J.M., Lazaro, R. & Mateos, G.G. 2009. Effect of type of cereal, heat processing of the cereal, and fiber inclusion in the diet on gizzard pH and nutrient utilization in broilers at different ages. *Poultry Science* 88: 1925–1933.
- Jiménez-Moreno, E., González-Alvarado, J.M., González-Sánchez, D., Lázaro, R. & Mateos, G.G. 2010. Effects of type and particle size of dietary fiber on growth performance and digestive traits of broilers from 1 to 21 days of age. *Poultry Science* 89: 2197–2212.
- Józefiak, D., Rutkowski, A., Jensen, B.B. & Engberg, R.M. 2006. The effect of beta-glucanase supplementation of barley- and oat-based diets on growth performance and fermentation in broiler chicken gastrointestinal tract. *British Poultry Science* 47(1) :57–64.
- Kaaro, K., Kuisma, A., Nopanen, A., Partanen, K., Perttilä, S. & Äijö, H. 2012. Sikatalous. Opetushallitus. 216 s. ISBN 978-952-13-4953-9.
- Kaczmarek, S.A., Hejdysz, M., Kubis, M. & Rutkowski, A. 2016. Influence of Graded Inclusion of White Lupin (*Lupinus Albus*) Meal on Performance, Nutrient Digestibility and Intestinal Morphology of Broiler Chickens. *British Poultry Science* 57: 364–374.
- Karhapää, M. 2013. Sikojen mahahaavan ennaltaehkäisy. Sikatalouden Tulosseminaari 12.11.2013. https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/481733/sikojen_mahahaavan_ennaltaehkaisy_sikatalouden_tulosseminaari_tampere_12.11.2013_karhapaa.pdf?sequence=1
- Karunaratne, N.D., Classen, H.L., Ames, N.P., Bedford, M.R. & Newkirk, R.W. 2021. Effects of hullless barley and exogenous beta-glucanase levels on ileal digesta soluble beta-glucan

- molecular weight, digestive tract characteristics, and performance of broiler chickens. *Poultry Science* 100: 100967.
- Kasprowicz-Potocka, M., Zaworska, A., Kaczmarek, S.A. & Rutkowski, A. 2016. The nutritional value of narrow-leaved lupine (*Lupinus angustifolius*) for fattening pigs. *Archives of Animal Nutrition* 70(3): 209–223.
- Kekkonen, P., Mäkinen, K., Ruuskanen, N., Rönkä, T., Kivimäenpää, M. & Mäkeläinen, R. 2020. Hydroponisen rehuntuotannon mahdollisuudet Suomessa. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote nro 38. Maataloustieteenpäivät 2020.
- Kekkonen H., Niemi J., Heinola K., Liu X., Sipilä A., Tuomisto J., Suvanto H., Lähdesmäki M., Enbuska M., Niskanen M., Laitila N. & Vihonen E. 2018. Valkuaiskasveista Voimaa. Tuota Valkuaista -hankkeen loppujulkaisu. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 66/2018. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 70 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-678-0>
- Keto, L., Tsitko, I., Perttilä, S., Särkijärvi, S., Immonen, N., Kytölä, K., Alakomi, H.-L., Hyytiäinen-Pabst, T., Saarela, M. & Rinne, M. 2021. Effect of silage juice feeding on pig production performance, meat quality and gut microbiome. *Livestock Science* 254: 104728.
- Ketomäki V. 2010. Rehulupiinit viljelykasveina, Opinnäytetyö, Maa- ja metsätalouden yksikkö, Ilmajoki.
- Khajali, F. & Slominski, B.A. 2012 Factors that affect the nutritive value of canola meal for poultry. *Poultry Science* 91: 2564–2575.
- Khan, R.U., Durrani, F.R., Chand, N. & Anwar, H. 2010. Influence of feed supplementation with *Cannabis sativa* on quality of broilers carcass. *Pakistan Veterinary Journal* 30: 34–8.
- Khempaka, S., Chitsatchapong, C., & Molee, W. (2011). Effect of chitin and protein constituents in shrimp head meal on growth performance, nutrient digestibility, intestinal microbial populations, volatile fatty acids, and ammonia production in broilers. *Journal of Applied Poultry Research* 20(1): 1–11.
- Kiczorowska, B., Samolińska, W. & Andrejko, D. 2016. Effect of micronized pea seeds (*Pisum sativum* L.) as a substitute of soybean meal on tissue fatty acid composition and quality of broiler chicken meat. *Animal Science Journal* 87(11): 1396–1406.
- Kim, B.G., Lee, J.W. & Stein, H.H. 2012. Energy concentration and phosphorus digestibility in whey powder, whey permeate, and low-ash whey permeate fed to weanling pigs. *Journal of Animal Science* 90: 289–295.
- Kim J.C., Mullan B.P., Nicholls R.R. & Pluske J.R. 2010. Effect of Australian sweet lupin (*Lupinus angustifolius* L.) inclusion levels and enzyme supplementation on the performance, carcass composition and meat quality of grower/finisher pigs. *Animal Production Science* 51: 37–43.
- Kim J.C., Pluske J.R. & Mullan B.P. 2008. Nutritive value of yellow lupins (*Lupinus luteus* L.) for weaner pigs. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 48: 1225–1231.
- King, R.H., Eason, P.E., Kerton, D.K. & Dunshea F.R. 2001. Evaluation of solvent-extracted canola meal for growing pigs and lactating sows. *Australian Journal of Agricultural Research* 52: 1033–1041.

- Kliseviciute, V., Gruzauskas, R., Grashorn, M.A., Raceviciute-Stupeliene, A., Sasyte, V., Svirmickas, G.J. & Bliznikas, S. 2014. Effect of different supplementation levels of whole Triticale grown in Lithuania to broiler diets on performance and parameters of functioning of the digestive tract. *European Poultry Science* 78: 1–13.
- Koivunen, E., Talvio, E., Valkonen, E., Tupasela, T., Tuunainen, P., & Valaja, J. 2016. Use of semi-leafless peas (*Pisum sativum* L) with enzyme addition in diets for broilers. *Agricultural and Food Science* 25(2): 90–98.
- Koivunen, E., Tuunainen, P., Valkonen, E., Rossow, L., Valaja, J., 2014. Use of faba beans (*Vicia faba* L.) in diets of laying hens. *Agricultural and Food Science* 23: 165–172.
- Koivunen, E., Tuunainen, P., Valkonen, E., & Valaja, J. 2015. Use of semi-leafless peas (*Pisum sativum* L) in laying hen diets. *Agricultural and Food Science* 24(2): 84–91.
- Koivunen, E. & Huuskonen, A. 2018. Säilörehun hometoksiinit ja niiden vaikutukset naudoilla. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 19/2018*: Luonnonvarakeskus. Helsinki. 23 s.
- Kokkonen, T., Jaakkola, S., Halmemies-Beauchet-Filleau, A., Salin, S., Pietikäinen, A., Rissanen, P., Kuoppala, K., & Vanhatalo, A. 2022. Nurmisäilörehun osittainen korvaaminen maisäilörehulla lypsylehmien ruokinnassa. *Maataloustieteen Päivät 2022 Abstraktikirja*
- Kuoppala, K. 2017. Rypsirehujen, puna-apilan ja härkäpavun bioaktiiviset yhdisteet. *Luonnonvarakeskus* 24.11.2017. https://www.proagria.fi/sites/default/files/attach-ment/ryp-sin_puna-apilan_ja_harkapavun_bioaktiiviset_aineet_kaisa_kuoppala.pdf
- Kuoppala, K., Jaakkola, S., Garry, B., Ahvenjärvi, S. & Rinne, M. 2021. Faba bean, blue lupin and rapeseed meal as protein supplements for dairy cows fed grass silage-based diets. *Animal* 15: 100300.
- Kyntäjä, S., Siljander-Rasi, H. & Partanen, K. 2015. Emakoiden tilaruokintakokeiden tuloksia. 39 s. *Luonnonvarakeskus*. Helsinki.
- Kyntäjä, S., Partanen, K., Siljander-Rasi, H. & Jalava, T. 2014. Tables of composition and nutritional value of organically produced feeds materials for pigs and poultry. *MTT Report* 164. 39 s. <http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti164.pdf>
- Landero, J.L., Wang, L.F., Beltranena, E. & Zijlstra, R.T. 2014. Diet nutrient digestibility and growth performance of weaned pigs fed field pea. *Animal Feed Science and Technology* 198: 295–303.
- Langó, B., Bóna, L., Ács, E., & Tömösközi, S. 2017. Nutritional features of triticale as affected by genotype, crop year, and location. *Acta Alimentaria* 46(2): 238–245.
- Latvala, T., Väre, M. & Niemi, J. (Toim.). 2021. Maa- ja elintarviketalouden suhdannekatsaus 2021. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 33/2021*. Luonnonvarakeskus. Helsinki.
- Latvala, T., Väre, M. & Niemi, J. (Toim.). 2022. Maa- ja elintarviketalouden suhdannekatsaus 2022. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 44/2022*. Luonnonvarakeskus. Helsinki.
- Laudadio, V., Ceci, E., Lastella, N.M., Introna, M. & Tufarelli, V. 2014. Low-fiber alfalfa (*Medicago sativa* L.) meal in the laying hen diet: effects on productive traits and egg quality. *Poultry Science* 93(7): 1868–74.

- Laudadio, V. & Tufarelli, V. 2010a. Growth performance and carcass and meat quality of broiler chickens fed diets containing micronized-dehulled peas (*Pisum Sativum* cv. *Spirale*) as a substitute of soybean meal. *Poultry Science* 89: 1537–1543.
- Laudadio, V. & Tufarelli, V. 2010b. Treated faba bean (*Vicia faba* var. *minor*) as substitute for soybean meal in diet of early phase laying hens: Egg-laying performance and egg quality. *Poultry Science* 89(10): 2299–2303
- Laudadio, V. & Tufarelli, V. 2011. Dehulled-micronised lupin (*Lupinus albus* L. cv. *Multitalia*) as the main protein source for broilers: influence on growth performance, carcass traits and meat fatty acid composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 91(11): 2081–2087.
- Lee, M.R.F., Parkinson, S., Fleming, H.R., Theobald, V.J., Leemans, D.K. & Burgess, T. 2016. The potential of blue lupins as a protein source, in the diets of laying hens. *Veterinary and Animal Science* 1–2: 29–35.
- Leeson, S., Caston, L. & MacLaurin, T. 1998. Organoleptic Evaluation of Eggs Produced by Laying Hens Fed Diets Containing Graded Levels of Flaxseed and Vitamin E. *Poultry Science* 77: 1436–1440.
- Leeson, S., Caston, L. & Namkung, H., 2007. Effect of dietary lutein and flax on performance, egg composition and liver status of laying hens. *Canadian Journal of Animal Science* 87: 365–372.
- Lehto, M., Erkamo, E., Kuisma, R., Mäki, M., Haikonen, T., Jallinoja, M. & Kymäläinen, H.-R. 2021. Elintarviketuotannon sivujakeiden hyödyntäminen: Liha-, kala- ja kasvistuotannon sivujakeet. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 68/2021. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 94 s. <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/547847>
- Lehto, M., Rinne, M., Järvenpää, E., Kahala, M., Salo, T., Siljander-Rasi, H. & Suojala-Ahlfors, T. 2018. Kasvissivutuotteiden hyödyntäminen rehuna ja maanparannusaineena: Hyvä tapa toimia -ohje. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 14/2018: 36 s. <http://jukuri.luke.fi/handle/10024/541635>
- Lessire, M., Gallo, V., Prato, M., Akide-Ndunge, O., Mandili, G., Marget, P., Arese, P. & Duc, G. 2017. Effects of faba beans with different concentrations of vicine and convicine on egg production, egg quality and red blood cells in laying hens. *Animal* 11(8): 1270–1278.
- Lim, C.I., Poaty Ditengou, J., Ryu, K.S., Ku, J.H., Park, M.R., Whiting, I.M. & Pirgozliev, V. 2021. Effect of maize replacement with different triticale levels on layers production performance, egg quality, yolk fatty acid profile and blood parameters. *Journal of Animal and Feed Sciences* 30(4): 360–366.
- Liu, Y., Oliveira, M.S.F., Stein, H.H. 2018. Canola meal produced from high-protein or conventional varieties of canola seeds may substitute soybean meal in diets for gestating and lactating sows without compromising sow or litter productivity. *Journal of Animal Science* 96(12): 5179–5187.
- Lopez-Guisa, J.M., Harmed, M.C., Dubiezig, R., Rao, S.C. & Marlett, J.A. 1988. Processed oat hulls as potential dietary fiber sources in rats. *The Journal of Nutrition* 118(8): 953–962.
- Luke 2022. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset. [verkkojulkaisu]. Helsinki: Luonnonvarakeskus. Viitattu: 15.8.2022. www.luke.fi/rehutaulukot.

- Lynch, M.B., Callan, J.J. & O'Doherty, J.V. 2007. The interaction between lactose level and enzyme supplementation and form of barley processing on performance, digestibility and faecal volatile fatty acid concentration of weanling pigs fed barley-based diets. *Animal Feed Science and Technology* 140: 349–364.
- Mahan, D.C., Eater, R.A., Cromwell, G.L., Miller, E.R. & Veum, T.L. 1993. Effect of dietary lysine levels formulated by altering the ratio of corn:soybean meal with or without dried whey and L-lysine.HCl in diets for weanling pigs. *Journal of Animal Science* 71(7): 1848–1852.
- Mahmoudi, M., Farhoomand, P. & Nourmohammadi, R. 2015. Effects of different levels of hemp seed (*Cannabis sativa* L.) and dextran oligosaccharide on growth performance and antibody titer response of broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science* 14: 114–119.
- Manni, K., Rämö, S., Franco, M., Rinne, M. & Huuskonen, A. 2022. Occurrence of mycotoxins in grass and whole crop cereal silages – A farm survey. *Agriculture* 12(3): 398.
- Marono, S., Piccolo, G., Loponte, R., Di Meo, C., Attia, Y. A., Nizza, A., & Bovera, F. 2015. In vitro crude protein digestibility of *Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens* insect meals and its correlation with chemical composition traits. *Italian journal of animal science* 14(3): 3889.
- McGhee, M.L., Harsh, B.N. & Stein, H.H. 2021. High inclusion rates of hybrid rye instead of corn in diets for growing-finishing pigs do not influence the overall growth performance and most carcass traits are not influenced by hybrid rye. *Journal of Animal Science* 99(12): skab324.
- McGhee, M.L., & Stein, H.H. 2021a. Hybrid rye may replace up to 75% of the corn in diets for gestating and lactating sows without negatively impacting sow and piglet performance. *Journal of Animal Science* 99(9): 1–9.
- McGhee, M.L., & Stein, H.H. 2021b. Inclusion of hybrid rye in diets for weanling pigs does not compromise daily gain but may reduce diarrhea incidence despite pigs having preference for consuming corn over hybrid rye. *Animal Feed Science and Technology* 281: 115113.
- McGoverin, C.M., Snyders, F., Muller, N., Botes, W., Fox, G. & Manley, M. 2011. A review of triticale uses and the effect of growth environment on grain quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 91: 1155–1165.
- McNiven, M.A. & Castell, A.G. 1995. Replacement of soybean meal with lupinseed (*Lupinus albus*) in pig starter diets. *Animal Feed Science and Technology* 52: 333–338.
- Mendes, A.R., Ribeiro, T., Correia, B.A., Bule, P., Maças, B., Falcão, L., Freire, J.P.B., Ferreira, L.M.A., Fontes, C.M.G.A. & Lordelo, M.M. 2013. Low doses of exogenous xylanase improve the nutritive value of triticale-based diets for broilers. *Journal of Applied Poultry Research* 22(1): 92–99.
- Meng, Z., Liu, Q., Zhang, Y., Chen, J., Sun, Z., Ren, C., Zhang, Z., Cheng, X. & Huang, Y. 2021. Nutritive value of faba bean (*Vicia faba* L.) as a feedstuff resource in livestock nutrition: A review. *Food Science and Nutrition* 9: 5244–5262.
- Milczarek, A., Osek, M. & Skrzypek, A. 2020. Effectiveness of using a hybrid rye cultivar in feeding broiler chickens. *Canadian Journal of Animal Science* 100: 502–509.

- Min, Y.N., Wang, Z., Coto, C., Yan, F., Cerrate, S., Liu, F.Z. & Waldroup, W. 2011. Evaluation of canola meal from biodiesel production as a feed ingredient for broilers. *International Journal of Poultry Science* 10: 782–785.
- Mikulski, D., Jankowski, J., Zdunczyk, Z., Juskiwicz, J. & Slominski, B.A. 2012. The effect of different dietary levels of rapeseed meal on growth performance, carcass traits, and meat quality in turkeys. *Poultry Science* 91: 215–223.
- Mossé, J., Huet, J.C. & Baudet, J. 1988. The amino acid composition of triticale grain as a function of nitrogen content: Comparison with wheat and rye. *Journal of Cereal Science* 7(1): 49–60.
- Mushtaq, T., Sarwar, M., Ahmad, G., Mirza, M.A., Nawaz, H., Mushtaq, M.H. & Noreen, U. 2007. Influence of canola meal-based diets supplemented with exogenous enzyme and digestible lysine on performance, digestibility, carcass, and immunity responses of broiler chickens. *Poultry Science* 86: 2144–2151.
- Muszyński, S., Arczewska, M., Świątkiewicz, S., Arczewska-Włosek, A., Dobrowolski, P., Świetlicka, I., Hułas-Stasiak, M., Blicharski, T., Donaldson, J., Schwarz, T. & Tomaszewska, E. 2020. The Effect of Dietary Rye Inclusion and Xylanase Supplementation on Structural Organization of Bone Constitutive Phases in Laying Hens Fed a Wheat-Corn Diet. *Animals* 10(11): 2010.
- Mäntysaari, P. & Khalili, H. 2008. Rajoitetun säilörehun saannin korvaaminen väkirehulla ja oljella sekä korvaamisen vaikutukset korkeatuottoisten lehmien maitotuotokseen, rehun syöntiin ja kuntoon. Raportti 33 s. MTT
- Neijat, M., Gakhar, N., Neufeld, J. & House, J.D. 2014. Performance, egg quality, and blood plasma chemistry of laying hens fed hempseed and hempseed oil. *Poultry Science* 93: 2827–2840.
- Niemi, P., Pihlajaniemi, V., Rinne, M. & Siika-aho, M. 2017. Production of sugars from grass silage after steam explosion or soaking in aqueous ammonia. *Industrial Crops and Products* 98: 93–99.
- O’Doherty, J.V., Nolan, C.S. & McCarthy, P.C. 2005. Interaction between lactose levels and antimicrobial growth promoters on growth performance of weanling pigs. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85: 371–380.
- Ocejo, M., Oporto, B., Juste, R.A. & Hurtado, A. 2017. Effects of dry whey powder and calcium butyrate supplementation of corn/soybean-based diets on productive performance, duodenal histological integrity, and *Campylobacter* colonization in broilers. *BMC Veterinary Research* 26;13(1): 199.
- Olkowski B. 2018. Feeding high lupine based diets for broiler chickens: Effect of soybean meal substitution with yellow lupine meal at various time points of growth cycle. *Livestock Science* 218 :114–118.
- Owusu-Asiedu, A., Baidoo, S. K., & Nyachoti, C. M. 2002. Effect of heat processing on nutrient digestibility in pea and supplementing amylase and xylanase to raw, extruded or micronized pea-based diets on performance of early-weaned pigs. *Canadian Journal of Animal Science* 82(3): 367–374.

- Palade, L.M., Habeanu, M., Marin, D.E., Chede, V.S., Pistol, G.C., Grosu, I.A., Gheorghe, A., Ropota, M. & Taranu, I. 2019. Effect of Dietary Hemp Seed on Oxidative Status in Sows during Late Gestation and Lactation and Their Offspring. *Animals (Basel)* 9(4): 194.
- Parr, C.K., Liu, Y., Parsons, C.M. & Stein, H.H. 2015. Effects of high-protein or conventional canola meal on growth performance, organ weights, bone ash, and blood characteristics of weanling pigs. *Journal of Animal Science* 93(5): 2165–2173.
- Perera, W.N.U., Abdollahi, M.R., Zaefarian, F., Wester, T.J., Ravindran, G. & Ravindran, V. 2019. Influence of inclusion level of barley in wheat-based diets and supplementation of carbohydrase on growth performance, nutrient utilisation and gut morphometry in broiler starters. *British Poultry Science* 60(6): 736–748.
- Perttilä, S., Siljander-Rasi, H., Niemi, J., Kortelainen, T. & Helenius, T. 2015. Kotimaista valkuaisomavaraisuutta ja ympäristöä tukeva lihasikojen ruokinta. Käytännönläheinen tutkimus sikatilalla -hankkeen tutkimusraportti. 28 s. Luonnonvarakeskus. Helsinki.
- Perttilä, S., Valaja, J., Partanen, K. & Jalava, T. 2001b. Effect of volume-weight on apparent ileal and excreta amino acid digestibility and feeding value of barley for poultry. *Journal of Animal and Feed Sciences* 10(4): 671–685.
- Perttilä, S., Valaja, J., Partanen, K. & Jalava, T., Kiiskinen, T. & Palander S. 2001a. Effects of preservation method and β -glucanase supplementation on ileal amino acid digestibility and feeding value of barley for poultry. *British Poultry Science* 42: 218–229.
- Petersen, G. I., & Spencer, J. D. 2006. Evaluation of yellow field peas in growing-finishing swine diets. *Journal of Animal Science* 84(Suppl 2): 93.
- Pierce, K.M., Callan, J.J., McCarthy, P. & O'Doherty, J.V. 2005. Performance of weanling pigs offered low or high lactose diets supplemented with avilamycin or inulin. *Animal Science* 80: 313–318.
- Pierce, K.M., Sweeney, T., Brophy, P.O., Callan, J.J., Fitzpatrick, E., McCarthy, P. & O'Doherty, J.V. 2006. The effect of lactose and inulin on intestinal morphology, selected microbial populations and volatile fatty acid concentration in the gastrointestinal tract of the weanling pig. *Animal Science* 82: 311–318
- Pietras, M., Orczewska-Dudek, S., Szczurek, W. & Pieszka, M. 2021. Effect of dietary lupine seeds (*Lupinus luteus* L.) and different insect larvae meals as protein sources in broiler chicken diet on growth performance, carcass, and meat quality. *Livestock Science* 250: 104537.
- Pineda-Quiroga, C., Camarinha-Silva, A., Borda-Molina, D., Atxaerandio, R., Ruiz, R. & García-Rodríguez, A. 2018. Feeding broilers with dry whey powder and whey protein concentrate affected productive performance, ileal digestibility of nutrients and cecal microbiota community. *Animal* 12: 692–700.
- Plavnik, I., Macovsky, B. & Sklan, D. 2002. Effect of feeding whole wheat on performance of broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology* 96: 229–236.
- Pourreza, A.H., Samie, A.H. & Rowghani, E. 2007. Effect of supplemental enzyme on nutrient digestibility and performance of broiler chicks fed on diets containing triticale. *International Journal of Poultry Science* 6: 115–117.

- Prestløykken, E. & Harstad, O.M. 2019. Wood products as emergency feed for ruminants. Proceedings of the 10th Nordic Feed Science Conference, Uppsala, Sweden. Report 302, Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Animal Nutrition and Management. pp. 75–78. <https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/huv/konferenser/-nfsc/nfsc2019/nfsc-proceedings-2019-06-05-torsten-eriksson.pdf>
- Preston, C.M., McCracken, K.J. & McAllister, A. 2000. Effect of diet form and enzyme supplementation on growth, efficiency and energy utilization of wheat-based diets for broilers. *British Poultry Science* 41: 324–331.
- ProAgria 2022. Tuotosseurantakarjojen ruokinta 2021. Maidontuotannon tulosseminaari 8.3.2022. <https://www.proagria.fi/ajankohtaista/maidontuotannon-tulosseminaari-2022>
- Ravindran, V., Hew, L.I., Ravindran, G. & Bryden, W.L. 2005. Apparent ileal digestibility of amino acids in dietary ingredients for broiler chickens. *Animal Science* 81: 85–97.
- RASFF 2020. RASFF – The Rapid Alert System for Food and Feed – Annual Report 2020. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2021. https://ec.europa.eu/food/system/files/-/2021-08/rasff_pub_annual-report_2020.pdf. Viitattu 21.6.2022.
- RASFF portal database <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/screen/search> Viitattu 21.6.2022
- Razdan, A., & Pettersson, D. 1994. Effect of chitin and chitosan on nutrient digestibility and plasma lipid concentrations in broiler chickens. *British Journal of Nutrition* 72(2): 277–288.
- Rautala, T., Hietaniemi, V., Rämö, S., Koivisto, T., Ovaskainen, M.-L., Sinkko, H., Kronberg-Kippilä, C., Hirvonen, T., Liukkonen, K.-H., Kartio, M & Hallikainen, A. 2008. *Fusarium*-toksiinit: saanti viljasta ja viljatuotteista aikuisilla Suomessa. *Eviran tutkimuksia* 5/2008.
- Rinne, M., Franco, M., Jalava, T., Järvenpää, E., Kahala, M., Blasco, L., Siljander-Rasi, H. & Kuoppala, K. 2019. Carrot by-product fermentation quality and aerobic spoilage could be modified with silage additives. *Agricultural and Food Science* 28:59-69.
- Rinne, M., Jaakkola, S., Järvi, M. & Huhtanen, P. 1997. Effects of gradual replacement of rapeseed cake with linseed cake in the grass silage-based diet of dairy cows. *Agricultural and Food Science in Finland* 6: 161–172.
- Rinne, M., Leppä, M.M., Kuoppala, K., Koivunen, E., Kahala, M., Jalava, T., Salminen, J.-P. & Manni, K. 2020. Fermentation quality of ensiled crimped faba beans using different additives with special attention to changes in bioactive compounds. *Animal Feed Science and Technology* 265: 114497.
- Rinne, M., Kuoppala, K., Ahvenjärvi, S. & Vanhatalo, A. 2015. Dairy cow responses to graded levels of rapeseed and soya bean expeller supplementation on a red clover/grass silage based diet. *Animal* 9: 1958–1969
- Rinne, M., Franco, M., Jalava, T., Järvenpää, E., Kahala, M., Blasco, L., Siljander-Rasi, H. & Kuoppala, K. 2019. Carrot by-product fermentation quality and aerobic spoilage could be modified with silage additives. *Agricultural and Food Science* 28: 59–69.

- Rinne, M. & Kuoppala, K. 2019. Feeds for ruminants from forests? Proceedings of the 10th Nordic Feed Science Conference, Uppsala, Sweden. Report 302, Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Animal Nutrition and Management. pp. 79–86 <https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/huv/konferenser/nfsc/nfsc2019/nfsc-proceedings-2019-06-05-torsten-eriksson.pdf>
- Rodehutschord, M., Rückert, C., Maurer, H.P., Schenkel, H., Schipprack, W., Bach Knudsen, K.E., Schollenberger, M., Laux, M., Eklund, M., Siegert, W. & Mosenthin, R. 2016. Variation in chemical composition and physical characteristics of cereal grains from different genotypes. *Archives of Animal Nutrition* 70: 87–107.
- Rossi, R., Pastorelli, G., Cannata, S. & Corino, C. 2010. Recent advances in the use of fatty acids as supplements in pig diets: A review. *Animal Feed Science and Technology* 162: 1–11.
- Roth-Maier, D.A., Bohmer, B.M. & Roth, F.X. 2004. Effects of feeding canola meal and sweet lupin (*L. luteus*, *L. angustifolius*) in amino acid balanced diets on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. *Animal Research* 53: 21–34.
- Ruokavirasto 2014. Dioksiinit ja PCB-yhdisteet kananmunissa -hanke, Ruokavirasto 2014. https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/yriytykset/elintarvikeala/toiminnan-aloittaminen/valvonta/tutkimukset-ja-projektit/vierasaineet/yhteenveto-pops-kananmuna_2014_kuvaajat.pdf. Viitattu 21.6.2022.
- Ruokavirasto 2022. Rehut ja rehualan toimijat. <https://www.ruokavirasto.fi/yriytykset/rehu--ja-lannoiteala/>. Viitattu 8.4.2022.
- Rutkowski, A., Kaczmarek, S.A., Hejdysz, M. & Jamroz, D. 2016. Effect of extrusion on nutrient digestability, metabolizable Energy and nutritional value of yellow lupine seeds for broiler chickens. *Annals of Animal Science* 16: 1059–1072.
- Saadaoui, I., Rasheed, R., Aguilar, A., Cherif, M., Al Jabri, H., Sayadi, S. & Manning, S.R. 2021. Microalgal-based feed: promising alternative feedstocks for livestock and poultry production. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 12: 76.
- Sairanen, A. 2019. Lypsylehmien valkuaisruokinnan optimointi ja karjatilan typpipäästöjen hallinta (LyVa) -hankkeen loppuraportti. http://karpe.fi/lyva/LyVa_loppuraportti.pdf
- Salih, M.E., Classen, H.L. & Campbell, G.L. 1991. Response of chickens fed on hull-less barley to dietary β -glucanase at different ages. *Animal Feed Science and Technology* 33: 139–149.
- Salyer, J.A., DeRouchey, J.M., Tokach, M.D., Dritz, S.S., Goodband, R.D., Nelssen, J.L. & Petry, D.B. 2012. Effects of dietary wheat middlings, distillers dried grains with solubles, and choice white grease on growth performance, carcass characteristics, and carcass fat quality of finishing pigs. *Journal of Animal Science* 90(8): 2620–30.
- Sampath, V., Park, J. H., Shanmugam, S., & Kim, I. H. 2021. Lactating sows fed whey protein supplement has eventually increased the blood profile of piglets. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 00: 1–8.
- Savonen, O., Franco, M., Stefanski, T., Mäntysaari, P., Kuoppala, K. & Rinne, M. 2020. Grass silage pulp as a dietary component for high yielding dairy cows. *Animal* 14: 1472–1480.
- Scholey, D.V., Marshall, A. & Cowan, A.A. 2020. Evaluation of oats with varying hull inclusion in broiler diets up to 35 days. *Poultry Science* 99(5): 2566–2572.

- Schrenk, D., Bignami, M., Bodin, L., Chipman, J.K., Del Mazo, J., Grasl-Kraupp, B., Hogstrand, C., Hoogenboom, L.R., Leblanc, J.-C., & Nebbia, C.S. 2019. Scientific opinion on the risks for animal and human health related to the presence of quinolizidine alkaloids in feed and food, in particular in lupins and lupin-derived products. *EFSA Journal* 19(11).
- 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.
- Shewry, P.R. 2007. Improving the Protein Content and Composition of Cereal Grain. *Journal of Cereal Science* 46: 239–250.
- Siegert, W., Boguhn, J., Maurer, H.P., Weiss, J., Zuber, T., Möhring, J. & Rodehutschord, M. 2017. Effect of nitrogen fertilisation on the amino acid digestibility of different triticale genotypes in caecectomised laying hens. *Journal of The Science of Food and Agriculture* 97(1): 144–150.
- Siljander-Rasi, H. 2000. Viljasato tehokkaasti käyttöön. Maatalouden tutkimus- ja tuotantopäivät 2000. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 79 s. 68–75. <http://www.-mtt.fi/asarja/pdf/asarja79.pdf#page=70>.
- Siljander-Rasi, H., Alaviuhkola, T., Suomi, K., Partanen, K., & Valaja, J. 1998. Ruisvehnä lihasikojen rehuna. <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/439339>
- Siljander-Rasi, H., Nopanen, A. & Helin, J. 2006 Sian ruokinta ja hoito. ProAgria Maaseutukustien Liiton Julkaisuja nro 1204. Tieto tuottamaan 114. 93 s.
- Silversides, F.G. & Lefrançois, M.R. 2005. The effect of feeding hemp seed meal to laying hens. *British Poultry Science* 46(2): 231–235.
- Smit, M.N., Zhou, X., Landero, J.L., Young, M.G. & Beltranena, E. 2019. Increasing hybrid rye level substituting wheat grain with or without enzyme on growth performance and carcass traits of growing-finishing barrows and gilts. *Translational Animal Science* 3(4): 1561–1574.
- Smulikowska, S., Konieczka, P., Czerwinski, J., Mieczkowska, A. & Jankowiak, J. 2014. Feeding Broiler Chickens with Practical Diets Containing Lupin Seeds (*L. Angustifolius* or *L. Luteus*): Effects of Incorporation Level and Mannanase Supplementation on Growth Performance, Digesta Viscosity, Microbial Fermentation and Gut Morphology. *Journal of Animal and Feed Sciences* 23: 64–72
- Sobotka, W. & Fiedorowicz-Szatkowska, E. 2021. The Effect of Replacing Genetically Modified Soybean Meal with 00-Rapeseed Meal, Faba Bean and Yellow Lupine in Grower-Finisher Diets on Nutrient Digestibility, Nitrogen Retention, Selected Blood Biochemical Parameters and Fattening Performance of Pigs. *Animals (Basel)* 11(4): 960.
- Stallknecht, G.F., Gilbertson, K.M. & Ranney, J.E. 1996. Alternative wheat cereals as food grains: einkorn, emmer, spelt, kamut, and triticale, in *Progress in New Crops: Proceedings of the Third National Symposium*, ed. by Janick J. ASHA Press, Alexandria. pp. 156–170.
- Stein, H.H., Lagos, L.V. & Casas, G.A. 2016. Nutritional value of feed ingredients of plant origin fed to pigs. *Animal Feed Science and Technology* 218:33–69.

- Stein, H.H., Peters, D.N. & Kim, B.G. 2010. Effects of including raw or extruded field peas (*Pisum sativum* L.) in diets fed to weanling pigs. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 90: 1429–1436
- Stein, H.H., Everts, A.K.R., Sweeter, K.K., Peters, D.N., Maddock, R.J., Wulf, D.M. & Pedersen, C. 2006. The influence of dietary field peas (*Pisum sativum* L.) on pig performance, carcass quality, and the palatability of pork. *Journal of Animal Science* 84: 3110–3117.
- Stein, H.H. & Shurson, G.C. 2009. BOARD-INVITED REVIEW: The use and application of distillers dried grains with solubles in swine diets. *Journal of Animal Science* 87: 1292–1303.
- Steinshamn, H., Purup, S., Thuen, E. & Hansen-Møller, J. 2008. Effects of clover-grass silages and concentrate supplementation on the content of phytoestrogens in dairy cow milk. *Journal of Dairy Science* 91: 2715–2725.
- Suomen virallinen tilasto (SVT): Kotieläinten lukumäärä [verkkojulkaisu]. Helsinki: Luonnonvarakeskus. Viitattu: 15.8.2022. <https://www.luke.fi/fi/tilastot/kotielainten-lukumaara>
- Suomen virallinen tilasto (SVT): Satotilasto [verkkojulkaisu]. Helsinki: Luonnonvarakeskus. Viitattu: 15.8.2022. <https://www.luke.fi/fi/tilastot/satotilasto>
- Sørensen, G., & J. Krogsdahl. 2017. Feed for gestating sows containing 60% rye, followed by feed for lactating sows containing 35% rye did not negatively affect sow productivity. Rye that is ergot free may be included in these quantities in sow diets. *SEGES Swine Production Bulletin*. https://mediamaster.kws.com/01_Products/UK_Britain/Cereals/ Viitattu 30.6.2022.
- Tampio, E., Winquist, E., Luostarinen, S. & Rinne, M. 2019. A farm-scale grass biorefinery concept for a combined pig feed and biogas production. *Water Science and Technology* 80: 1043–1052.
- Tari, L.M., Perera, W.N.U., Zaefarian, F., Abdollahi, M.R., Cowieson, A.J. & Ravindran, V. 2022 Influence of barley inclusion method and protease supplementation on growth performance, nutrient utilisation, and gastrointestinal tract development in broiler starters. *Animal Nutrition* 8(1): 61–70.
- Toghyani, M., Macelline, S.P., Greenhalgh, S., Chrystal, P.V., Selle, P.H. & Liu S. Y. 2022. Optimum inclusion rate of barley in diets of meat chickens: an incremental and practical program. *Animal Production Science* 62(7): 645–660.
- Tokach, M.D., Nelssen, J.L. & Allee, G.L., 1989. Effect of Protein and(or) Carbohydrate Fractions of Dried Whey on Performance and Nutrient Digestibility of Early Weaned Pigs. *Journal of Animal Science* 67(5): 1307–1312.
- Touré, A. and Xueming, X. 2010. Flaxseed Lignans: Source, Biosynthesis, Metabolism, Antioxidant Activity, Bio-Active Components, and Health Benefits. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 9: 261–269.
- Tran, H., Moreno, R., Hinkle, E.E., Bundy, J.W., Walter, J., Burkey, T.E. & Miller, P.S. 2012. Effects of lactose and yeast-dried milk on growth performance, fecal microbiota, and immune parameters of nursery pigs. *Journal of Animal Science* 90: 3049–3059.
- Treform -hankkeen nettisivut: <https://www.luke.fi/fi/projektit/treform>. Viitattu 5.9.2022.

- Tsiouris, V., Kontominas, M.G., Filioussis, G., Chalvatzis, S., Giannenas, I., Papadopoulos, G., Koutoulis, K., Fortomaris, P. & Georgopoulou, I. 2020. The Effect of Whey on Performance, Gut Health and Bone Morphology Parameters in Broiler Chicks. *Foods* 9: 588.
- Tufarelli, V., Ragni, M. & Laudadio, V. 2018. Feeding Forage in Poultry: A Promising Alternative for the Future of Production Systems. *Agriculture* 8(6): 81.
- Tulli 2021. Elintarvikkeiden tuoteturvallisuustutkimukset Tullilaboratoriossa. <https://tulli.fi/web/tullilaboratorio/elintarvikkeet>
- Tuunainen, P., Koivunen, E. & Valaja, J. 2014. Sinilupiinin (*Lupinus Angustifolius*) vaikutus munienvien kanojen tuotantoon ja munan laatuun. Suomen Maataloustieteellisen seuran tiedote 30: 1–5.
- Valečková, E., Ivarsson, E., Ellström, P., Wang, H., Mogodiniyai Kasmaei, K. & Wall, H. 2020. Silage and haylage as forage in slow and fast-growing broilers – effects on performance in *Campylobacter jejuni* infected birds. *British Poultry Science* 61(4): 433–441.
- Valtioneuvoston periaatepäätös 4.12.2014: Vesiviljelystrategia 2022. Kilpailukykyinen, kestävä ja kasvava elinkeino. https://mmm.fi/documents/1410837/1516655/1-3-Vesiviljelystrategia_2022.pdf/89ae6a1d-9fa5-4c51-b339-35029399801f/1-3-Vesiviljelystrategia_2022.pdf?t=1444216448000. Viitattu 25.8.2022.
- Valtioneuvoston periaatepäätös 8.7.2021 Kotimaisen kalan edistämishjelman käynnistämisestä. <https://mmm.fi/documents/1410837/1801447/Kotimaisen+kalan+edist%C3%A4misohjelma-+valtioneuvoston+periaatep%C3%A4t%C3%A4t%C3%B6s+8.7.2021-.pdf/f8e4ed1a-c9c1-5f7e-7e6e-b7c2db47d058/Kotimaisen+kalan+edist%C3%A4misohjelma-+valtioneuvoston+periaatep%C3%A4t%C3%B6s+8.7.2021.pdf?t=-1656936411831>. Viitattu 25.8.2022.
- Valtioneuvoston periaatepäätös 17.2.2022: Manner-Suomen vesiviljelystrategia 2030. https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/a6b54f3c-b568-4232-bca4-e8378141d092/bd6bb-bd9-513e-478b-adde-cea86e455e64/STRATEGIA_20220217131043.PDF. Viitattu 25.8. 2022.
- van Krimpen, M.M., Kwakkel, R.P., Reuvekamp, B.F.J., Van der Peet-Schwering, C.M.C., Den Hartog, L.A. & Verstegen, M.W.A. 2005. Impact of feeding management on feather pecking in laying hens. *World's Poultry Science Journal* 61: 663–686.
- van Krimpen, M.M., Bikker, P. & van Harn, J. 2019a. Effect of partially replacement of soybean meal by processed animal proteins on performance results, intestinal health, litter quality, footpad lesions and bone quality of male broilers. Wageningen Livestock Research, Report 1184.
- van Krimpen, M.M., Bikker, P. & van Harn, J. 2019b. Nutrient digestibility of processed animal proteins in broilers. Wageningen Livestock Research, Report 1185.
- van Nevel, C., Seynaeve, M., van De Voorde, G., De Smet, C., van Driessche, E. & De Wilde, R. 2000. Effects of increasing amount of *Lupinus albus* seeds without or with whole egg powder in the diet of growing pigs on performance. *Animal Feed Science and Technology* 83: 89–101.
- Velayudhan, D.E. & Nyachoti, C.M. 2017. Effect of increasing dietary canola meal inclusion on lactation performance, milk composition, and nutrient digestibility of lactating sows. *Journal of Animal Science* 95(7): 3129–3135.

- Velayudhan, D.E., Hossain, M.M Regassa, A. & Nyachoti, C.M. 2018. Effect of canola meal inclusion as a major protein source in gestation and lactation sow diets with or without enzymes on reproductive performance, milk composition, fecal bacterial profile and nutrient digestibility. *Animal Feed Science and Technology* 241: 141–150.
- Veldkamp, T. & Vernooij, A.G. 2021. Use of insect products in pig diets. *Journal of Insects as Food and Feed* 7: 781–793.
- Venäläinen, E., Valaja, J & Valkonen, E. 2007. Kokonaisen vehnän äärimmäiset käyttömahdollisuudet broilereiden ruokinnassa. MTT raportti no. 90.
- Viljasadon laatu- ja turvallisuusseuranta. Ruokavirasto Avoin tieto (<https://avointieto.ruokavirasto.fi>). <https://avointieto.ruokavirasto.fi/#/kasvi/viljasadon-laatu>
- Virtanen, S. 2020. Biomassojen käsittely hyönteisillä. Teoksessa: Heiska, S., Marnila, P., Mäki, M., Kotro, J., Lähtinen, K., Niemi, J., Välimaa, A-L. (Toim.). Tiedolla hyönteisalan tulevaisuuteen. Loppuraportti. <https://luke.fi/biosecurity/hyonteisala>. Viitattu 25.8.2022.
- Vodolazska, D., & Lauridsen, C. 2020. Effects of dietary hemp seed oil to sows on fatty acid profiles, nutritional and immune status of piglets. *Journal of animal science and biotechnology* 11: 28.
- Vonderohe, C.E., Mills, K.M., Liu, S., Asmus, M.D., Otto-Tice, E.R., Richert, B.T., Ni, J.Q. & Radcliffe, J.S. 2022. The Effect of Reduced CP, Synthetic Amino Acid Supplemented Diets on Growth Performance and Nutrient Excretion in Wean to Finish Swine. *Journal of Animal Science* 100(6) :skac075.
- VTT 2015. Tiekartta Suomen proteiiniomavaraisuuden parantamiseksi. <https://www.vtt.fi/inf/pdf/visions/2015/V6.pdf>
- VTT 2019. Toimeenpanosuunnitelma Suomen proteiiniomavaraisuuden nostamiseksi. Nordlund, E., Vilppula, K. 25 s. https://cris.vtt.fi/ws/portalfiles/portal/24247901/RAPORTTI_Toimeenpanosuunnitelma_Suomen_proteiiniomavaraisuuden_nostamiseksi_julkaittava_versio_8.5.2019.pdf
- Wallenbeck, A., Rundgren, M. & Presto, M. 2014. Inclusion of grass/clover silage in diets to growing/finishing pigs – Influence on performance and carcass quality, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Animal Science* 64(3): 145–153.
- Węsierska, E., Niemczyńska, K., Pasternak, M. & Arczewska-Włosek, A. 2019. Selected Physical and Chemical Characteristics of Eggs Laid by Hens Fed Diets with Different Levels of Hybrid Rye. *Annals of Animal Science* 19(4): 1009–1020.
- Widmer, M.R., McGinnis, L.M., Wulf, D.M. & Stein, H.H. 2008. Effects of feeding distillers dried grains with solubles, high-protein distillers dried grains, and corn germ to growing-finishing pigs on pig performance, carcass quality, and the palatability of pork. *Journal of Animal Science* 86(8): 1819–31.
- Widodo, A., Nolan, J., Akter, M., O'Neill, H. & Iji, P. 2018. Response of Broiler Chickens to Triticale-Based Diets Supplemented with Microbial Enzymes (1. Growth and Intestinal Function). *Poultry Science Journal* 6(1): 25–40.

- Wüstholtz, J., Carrasco, S., Berger, U., Sundrum, A. & Bellof G. 2017. Fattening and slaughtering performance of growing pigs consuming high levels of alfalfa silage (*Medicago sativa*) in organic pig production. *Livestock Science* 200: 46–52.
- Yadav, S., Teng, P.-Y., Choi, J., Singh, A.K., Vaddu, S., Thippareddi, H. & Kim, W.K. 2022. Influence of rapeseed, canola meal and glucosinolate metabolite (AITC) as potential antimicrobials: effects on growth performance, and gut health in *Salmonella* Typhimurium challenged broiler chickens. *Poultry Science* 101(1): 101551.
- Yliaho, M. 2005. Suomalaisen sianlihan hyvä tuotantotapa. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriö: Maa- ja metsätaloustuottajain keskusliitto
- Zarghi, H. & Golian, A. 2009. Effect of triticale replacement and enzyme supplementation on performance and blood chemistry of broiler chickens. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 8(7): 1316–1321.
- Zaworska-Zakrzewska, A., Kasproicz-Potocka, M., Mikuła, R., Taciak, M., Pruszyńska-Oszmałek, E. & Frankiewicz, A. 2020. Growth Performance, Gut Environment and Physiology of the Gastrointestinal Tract in Weaned Piglets Fed a Diet Supplemented with Raw and Fermented Narrow-Leafed Lupine Seeds. *Animals* 10: 2084.
- Zduńczyk, Z., Jankowski, J., Juśkiewicz, J., Mikulski, D. & Slominski, B.A. 2013. Effect of different dietary levels of low-glucosinolate rapeseed (canola) meal and non-starch polysaccharide-degrading enzymes on growth performance and gut physiology of growing turkeys. *Canadian Journal of Animal Science* 93: 353–362.
- Zuber, T., Maurer, H.P., Möhring, J., Nautscher, N., Siegert, W., Rosenfelder, P. & Rodehutschord, M. 2016. Variability in amino acid digestibility of triticale grain from diverse genotypes as studied in cecectomized laying hens. *Poultry Science* 95(12): 2861–2870.



luke.fi

Luonnonvarakeskus
Latokartanonkaari 9
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000