

CAMELINAN JA HAMPUN VILJELYKÄYTÄNTÖJEN VAIKUTUS SATOTASOON JA SIEMENEN KOOSTUMUKSEEN

Heta Mihailov

Maisterintutkielma

Kotieläinten ravitsemustiede

Helsingin Yliopisto

Maataloustieteiden osasto

Toukokuu 2023

TIIVISTELMÄ

HELSINGIN YLIOPISTO — HELSINGFORS UNIVERSITET — UNIVERSITY OF HELSINKI

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Osasto — Sektion — Department Maataloustieteiden osasto	
Tekijä — Författare — Author Heta Mihailov			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Camelinan ja hampun viljelykäytäntöjen vaikutus satotasoon ja siementen koostumukseen			
Oppiaine — Läroämne — Subject Kotieläinten ravitsemustiede			
Työn laji — Arbetets art — Level Maisterintutkielma		Aika — Datum — Month and year 21.5 2023	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 84
<p>Tiivistelmä – Referent - Abstract</p> <p>Nykyään kuluttajat ovat entistä kiinnostuneempia elintarvikkeiden laadusta ja niiden terveellisyydestä. Eläinperäisten tuotteiden koostumukseen voidaan vaikuttaa eläimille syötettävän rehun kautta. Suomessa täydennysvalkuaisrehun omavaraisuusaste on heikko, 20,9 % vuonna 2021, joten siihen kaivataan uusia vaihtoehtoja rypsin ja rapsin rinnalle. Tässä tutkielmassa tutkittiin camelinan ja hampun soveltuvuutta kotieläinten ruokintaan täydennysvalkuaisrehuna, koska niiden siemenet sisältävät runsaasti valkuaista ja rasvaa.</p> <p>Aineiston siemennäytteet kerättiin camelinaa (n=5) ja hampua (n=20) viljelyttäviltä yrityksiltä (Janakkalan piensiemien ja TransFarm), näytteet olivat kasvukaudelta 2021. Hampusta analysoitavat siemennäytteet valittiin siten, että niissä on mukana sekä suuren sadon (>600 kg/ha) että pienen sadon (<400 kg/ha) näytteitä ja että ne ovat maantieteellisesti mahdollisimman edustavia. Näytteistä analysoitiin peruskoostumus; kuiva-aine, kokonaisrasva, raakavalkuainen, tuhka ja neutraalidetergenttikuitu (NDF). Lisäksi haitta-aineista analysoitiin glukosinolaatit camelinasta ja trypsiini-inhibiittorit camelinasta ja hampusta. Hampusta kerättiin viljelytietoja kyselyllä, jonka TransFarm oy toteutti sopimusviljelijöilleen kasvukausilla 2021 (n= 61 kpl) ja 2022 (n=59 kpl), vastauksia saatiin yhteensä 120 kpl. Tilastollisia yhteyksiä hampusta selvitettiin SAS-tilasto-ohjelmalla ristiintaulukoinnin, varianssianalyysin ja korrelaatioanalyysin avulla. Tilastoanalyysseja ei tehty camelinan koostumuksesta havaintojen pienestä määrästä johtuen.</p> <p>Tulosten mukaan hampun satotasoon vaikuttivat kasvuston korkeus, puintikosteus, taimettuneiden yksilöiden määrä ja tuotantomuoto. Mitä korkeampi kasvusto (P<0,001) ja mitä suurempi puintikosteus (P<0,05), sitä suurempi osuus havainnoista sijoittui suurimpaan satotasoluokkaan (>600 kg/ha). Lisäksi suuntaa-antavasti (P<0,10) taimettuneiden yksilöiden määrän (kpl/m²) lisääntyessä suurempi osuus havainnoista sijoittui suurimpaan satotasoluokkaan. Hypoteesin vastaisesti typpilannoitustasolla ja maan fosforiluokalla ei havaittu olevan yhteyttä hampun satotasoon (P>0,10). Luomutuotannossa suurempi osuus havainnoista sijoittui pienimpään satotasoluokkaan (P<0,05) ja suuntaa-antavasti matalampaan kasvuston korkeusluokkaan (P<0,10) kuin tavanomaisessa tuotannossa. Ristiintaulukoinnissa (n=20) luomutuotannossa oli lyhyempi kasvu aika kuin tavanomaisessa tuotannossa (P<0,05) Kokonaisrasvapitoisuudet olivat camelinan siemenissä 375–410 g/kg ka, hampun siemenissä rasvapitoisuudet olivat suurempia pienemmän satotason siemenissä, kuin suuremman satotason siemenissä, (P<0,001; 365 vs. 339 g/kg ka). Raakavalkuaispitoisuus camelinan siemenellä oli 267–303 g/kg ka ja hampun siemenellä 275–277 g/kg ka, satotaso ei vaikuttanut hampun raakavalkuaispitoisuuteen (P>0,10). Tuhkapitoisuus oli camelinalla 33,7-40,5 g/kg ka ja hampun siemenellä 56,8-59,3 g/kg ka, satotaso vaikutti suuntaa-antavasti hampun tuhkapitoisuuteen (P<0,10) ollen korkeampi pienemmän satotason siemenissä verrattuna suuremman sadon siemeniin (59,3 vs. 56,8 g/kg ka). Camelinan siementen glukosinolaattipitoisuudet olivat 15,7–26,3 mmol/kg ka ja trypsiini-inhibiittoriaktiivisuus (TIA) 15,0-22,2 mg ka. Hampunäytteiden TIA-pitoisuudet olivat suuntaa-antavasti korkeammat suuremman sadon siemenissä verrattuna pienemmän sadon siemeniin (P<0,10; 4,29 vs. 4,07 TIA/ mg ka).</p> <p>Tulosten perusteella camelinan ja hampun siementen koostumuksessa esiintyy vaihtelua, johon hampun osalta vaikuttaa satotaso. Hampun satotasoon voidaan vaikuttaa viljelykäytännöin. Camelina ja hamppu soveltuvat siemenen koostumuksen, glukosinolaattipitoisuuden ja trypsiini-inhibiittoriaktiivisuuden perusteella täydennysvalkuaisrehuna osaksi kotieläinten ruokintaa.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords Camelina, hamppu, täydennysvalkuainen, ravintoainekoostumus, haitta-aineet, satotaso			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Maataloustieteiden maisteri ohjelma, maataloustieteiden osasto			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Ohjaaja: tutkijatohtori Marjukka Lamminen, Helsingin Yliopisto			

ABSTRACT

HELSINGIN YLIOPISTO — HELSINGFORS UNIVERSITET — UNIVERSITY OF HELSINKI

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Faculty of Agriculture and Forestry		Osasto — Sektion — Department Department of Agricultural Sciences	
Tekijä — Författare — Author Heta Mihailov			
Työn nimi — Arbetets titel — Title The effect of camelina and oil hemp yield on the composition of macronutrients and antinutritional factors in camelina and hemp expeller			
Oppiaine — Läroämne — Subject Animal nutrition			
Työn laji — Arbetets art — Level Master's Thesis	Aika — Datum — Month and year 21.5.2023	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 84	
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>Consumers are increasingly interested in the quality of food and their healthiness. The composition of animal products can be influenced by the feed with which animals are fed. The self-sufficiency rate of supplementary protein feed is weak in Finland, it was only 20,9% in 2021, so new alternatives are needed in addition to rape. The aim of this thesis was to investigate the suitability of camelina and hemp as supplementary protein feed for domestic animals.</p> <p>Seeds were collected from companies engaged in contract cultivation of camelina (n=5) and oil hemp (n=20) (Janakkalan piensiemien Ltd and TransFarm Ltd), the samples were from the 2021 growing season. Hemp seed samples were selected for analyses based on the seed yield (n=10 >600 kg/ha and n=10 <400 kg/ha) so that they were geographically as representative as possible. The samples were analyzed for composition; dry matter, total fat, crude protein, ash and neutral detergent fibre (NDF). In addition, the antinutritional factors were analyzed for glucosinolates from camelina and trypsin inhibitors from camelina and hemp. Information about hemp cultivation practices was collected in the growing seasons of 2021 (n= 61 pcs) and 2022 (n= 59 pcs), a total of 120 responses were received. The survey was implemented by TransFarm Ltd. Statistical analysis of hemp was analyzed with the SAS statistical program by means of cross-tabulation, analysis of variance and correlation analysis. Statistical analyzes were not done from camelina composition due to the small number of observations.</p> <p>According to the results, the hemp yield was influenced by the height of the plant, seed humidity at harvest, the number of seedlings emerged and the production type. The higher height of the plant (P<0,001) and the higher seed humidity at harvest (P<0,05), the higher proportion of observations was placed in the highest yield category (>600 kg/ha). In addition, as the number of emerged seedlings (pc/m²) increased, a larger proportion of the observations were placed in the highest yield category (P<0,10). Contrary to the hypothesis, the amount of nitrogen fertilization and the phosphorus class of the soil were not found to be related to the yield of hemp (P>0,10). In organic production, a larger proportion of observations were placed in the lowest yield level category (P<0,05) and there was a tendency for plant height so that lower plant height was lower (P<0,10) than in conventional production. In the cross-tabulation (n=120) no connection was found between the production type and the growing time, in the analysis of variance (n=20) organic production had a shorter growing time than conventional production (P<0,05). The total fat content in camelina seeds was 375–410 g/kg DM, in hemp seeds the fat content was higher in the seeds of the yield level, than in the seeds of the higher yield level, (P<0,001; 365 vs. 339 g/kg HA). Crude protein of camelina seeds were 267–303 g/kg HA and hemp seeds 275–277 g/kg HA, crop level did not affect hemp crude protein (P>0,10). The ash content of camelina was 33,7-40,5 g/kg DM and hemp seed 56,8-59,3 g/kg DM, there was a tendency for the yield on the ash content of hemp (P<0,10), being higher in the seeds of the lower yield compared to the seeds of the higher yield (59,3 vs. 56,8 g/kg DM). The glucosinolate concentrations of camelina seeds were 15,7–26,3 mmol/kg DM and the trypsin inhibitory activity (TIA) was 15,0–22,2 mg DM. In the TIA concentrations of the hemp samples, there was a tendency for higher TIA in the seeds of the larger yield compared to the seeds of the smaller yield (P<0,10; 4,29 vs. 4,07 TIA/ mg DM).</p> <p>Based on the results of this thesis, there is a variation in the composition of camelina and hemp seeds, which in the case of hemp is affected by the yield. The yield of hemp can be influenced by cultivation practices. Based on the composition, glucosinolate content and trypsin inhibitory activity of the seeds, camelina and hemp are suitable as supplementary protein feeds for domestic animals.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords Camelina, hemp, supplementary protein feed, nutrient composition, antinutritional factors, yield			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Master's Programme in Agricultural Sciences, Department of Agricultural Sciences			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Supervisor: Postdoctoral Researcher Marjukka Lamminen, University of Helsinki			

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	5
2 KIRJALLISUUSKATSAUS	6
2.1 Camelinan ja hampun viljely ja satotaso	7
2.1.1 Camelina	7
2.1.2 Hamppu	9
2.2 Viljelykäytäntöjen vaikutus satotasoon ja koostumukseen	12
2.3 Camelinan ja hampun haitta-aineet	14
2.4 Camelinan käyttö eläinten ruokinnassa.....	19
2.4.1 Märehtijät.....	19
2.4.2 Yksimahaiset	21
2.5 Hampun käyttö eläinten ruokinnassa	25
2.5.1 Märehtijät.....	25
2.5.2 Yksimahaiset	27
3 TUTKIELMAN TAVOITTEET	28
4 AINEISTO JA MENETELMÄT	29
4.1 Näytteiden esikäsittely	29
4.2 Laboratorioanalyysit	30
4.3 Tilastolliset menetelmät.....	31
5 TULOKSET	32
5.1 Viljelykäytäntöjen yhteys satotasoon.....	35
5.2 Siementen kemiallinen koostumus ja haitta-aineet	42
6 TULOSTEN TARKASTELU	45
6.1 Hampun viljelykäytännöt	45
6.2 Camelinan ja hampun siementen koostumus	47
6.3 Haitta-aineet.....	49
7 JOHTOPÄÄTÖKSET	53
8 KIITOKSET	54
LÄHTEET	55
LIITE 1: Viljelijäkysely osa 1	64
LIITE 2: Viljelijäkysely osa 2	73

1. JOHDANTO

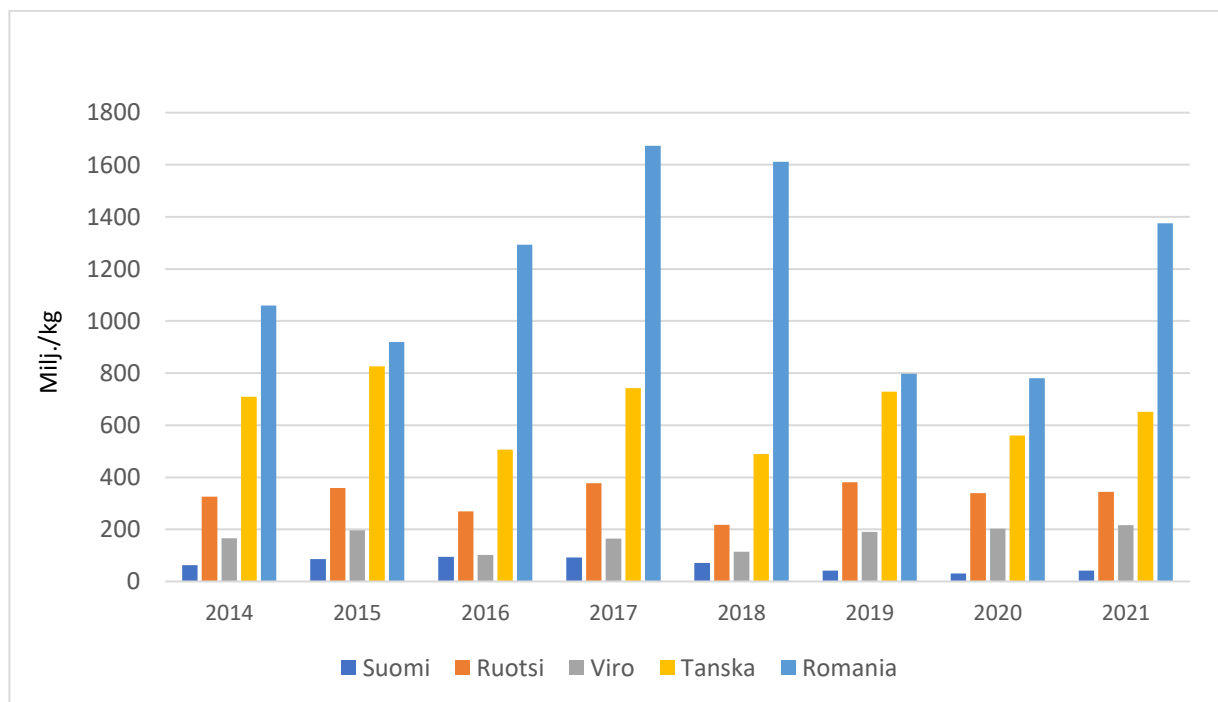
Maailman väkiluvun kasvun myötä eläinperäisten elintarvikkeiden kulutus on noussut jatkuvasti ja kulutuksen ennustetaan myös kasvavan seuraavien vuosien kuluessa, etenkin kehitysmaissa (Fukase ja Martin 2020). Kuluttajat ovat entistä kiinnostuneempia elintarvikkeiden laadusta ja niiden terveellisyydestä (Taranu ym. 2014). Syöttämällä eläimille rehuja, joissa on tyydyttyneiden rasvahappojen sijaan enemmän tyydyttymättömiä rasvahappoja, voidaan eläinperäisistä elintarvikkeista saada rasvahappokoostumukseltaan terveellisempiä (Juodka ym. 2022b, Paula ym. 2019). Monitydyttymättömillä rasvahapoilla on useita terveyshyötyjä, minkä vuoksi niitä suositaan myös ihmisten ruokavaliossa (Taranu ym. 2014). Eläinten ruokinnassa pystytään tehokkaasti hyödyntämään ihmisravinnoksi kelpaamattomien kasvien sivutuotteet (Paula ym. 2019).

Suomessa on ollut viljojen kannalta hyvä tilanne pitkään, koska Suomi on ollut 100 % omavarainen viljojen suhteen (Jansik 2022). Valkuais- ja öljykasvien kohdalla tilanne on heikompi, koska kotimaassa kysyntä ylittää tarjonnan ja riippuvuus tuontivalkuaisesta on huomattavan suuri tällä hetkellä (Jansik 2022). Euroopassa noin 75 % eläinten täydennysvalkuaisrehuista on tuontirehua (Lolli ym. 2020). Poikkeustilanteet maailmalla, kuten koronapandemia sekä Ukrainan ja Venäjän sota, ovat osoittaneet, kuinka tärkeää olisi, että tuontirehujen tilalle olisi myös kotimaisia vaihtoehtoja tarjolla (Jansik 2022). Soijan tuotanto maailmalla uhkaa trooppisia metsiä, joten tilalle tarvitaan kestävämpiä vaihtoehtoja (Macedo ym. 2012). Nykyään camelinan ja hampun suosio täydennysvalkuaisrehuna on kasvanut (Pekel ym. 2015, Vastolo ym. 2021). Camelinaa ja hampua käytetään kasviöljyjen tuotantoon arvokkaiden rasvahappojen vuoksi. Öljyntuotannon sivutuotteena syntyy huomattava määrä tähteitä kuorista ja siemenistä, joita pidetään myös ympäristöongelmana (Pojic ym. 2014).

Tämä maisterintutkielma on osa HaCa -Prot (Camelinan ja hampun sivujakeet hyödyksi: haitta-aineiden kartoitus, *in vitro* valkuaisen arviointi ja metaaninvähennyspotentiaali) -tutkimushanketta. Hankkeessa tutkitaan camelinan ja hampun siementen koostumusvaihtelua ja kasviöljyntuotannon sivutuotteena syntyvien camelina- ja hampupuristeiden soveltuvuutta märehtijöiden ja yksimahaisten eläinten ruokintaan.

2 KIRJALLISUUSKATSAUS

Täydennysvalkuaisrehun omavaraisuusaste oli 20,9 % Suomessa vuonna 2021, vuonna 2020 vastaava luku oli 22,7 % (Jansik 2022). Suomessa käytetyimpiä täydennysvalkuaisrehuja ovat rypsi ja rapsi sekä soija (Jansik 2022). Eurostat tilaston (2022) mukaan rypsin ja rapsin tuotantomäärät ovat laskeneet Suomessa huomattavasti viime vuosina johtuen vähentyneestä viljelyalasta. Rypsin ja rapsin viljelypinta-ala oli 58 261 ha vuonna 2018 ja vuonna 2021 vastaava luku oli 38 000 ha (VYR 2018, 2021). Rypsin ja rapsin viljely on Suomessa huomattavasti vähäisempää, kuin esimerkiksi Ruotsissa ja Tanskassa (kuva 1). Vuonna 2015 rypsin ja rapsin kokonaissato oli lähes 86 miljoonaa kiloa, vuonna 2018 tuotanto oli 71 miljoonaa kiloa ja vuonna 2021 luku oli hieman alle 42 miljoonaa kiloa Suomessa (Eurostat 2022). Euroopassa kolme suurinta rypsin ja rapsin tuottajamaata ovat Saksa, Ranska ja Puola (Eurostat 2022). Koko Euroopassa rypsin ja rapsin tuotanto oli lähes 17 miljardia kiloa vuonna 2021 (Eurostat 2022).



Kuva 1. Rypsin ja rapsin tuotantomäärä maittain vuosina 2014–2021. (Eurostat 2022)

Öljykasvien siemenet ovat arvokkaita välttämättömien rasvahappojen, valkuaisen ja kuidun lähteitä (taulukko 1) (Ciurescu ym. 2016, Vastolo ym. 2021). Öljyn tuotannosta

sivutuotteina syntyviä puristeita ja rouheita voidaan hyödyntää eläinten rehuina (Almeida ym. 2013).

Taulukko 1. Öljykasvien kemiallinen koostumus.

Tuote	Kuiva- aine g/kg	Raaka- valkuainen g/kg ka	Raakarasva g/kg ka	NDF* g/kg ka	Tuhka g/kg ka	Lähde
Camelinan siemen	905	357	368	253- 299	69	Hurtaud ja Peyraud 2007, Almeida 2013
Camelina- puriste	913	411	132	269	69	Ciurescu ym. 2016
Camelina- rouhe	920	350	135	230	57	Hurtaud ja Peyraud 2007
Hampun siemen	920	260	300–327	297	47–60	Klir 2019, Bailoni ym. 2021
Hamppu- puriste	920	350	130	400	65	NorFor 2021
Hamppu- rouhe	914	320	52	508	82	Mustafa 1999
Rypsin siemen	920	235	415	167	50	Luke 2023
Rypsipuriste	910	309	248	230	63	Luke 2023
Rypsi- /rapsirouhe	890	379	44	270	80	Luke 2022b
Soijapavun siemen	887	403	211	121	55	Luke 2023
Soijarouhe	880	520	34	120	67	Luke 2023

*neutraalidetergenttikuitu

2.1 Camelinan ja hampun viljely ja satotaso

2.1.1 Camelina

Camelina (*Camelina sativa*) on *Brassicales* -lahkoon kuuluva yksivuotinen ristikukkaiskasvi (Aziza ym. 2013). Suomessa camelina tunnetaan myös nimellä ruistankio tai kitupellava (Valaja ym. 2008). Camelina on vanha öljykasvi, mutta sen suosio nykypäivänä on lisääntynyt (Alexander ym. 2008, Eynck ja Falk 2013). Kiinnostus camelinaa kohtaan on kasvanut camelinan sisältämien monitydyttymättömien rasvojen ansiosta sekä korkean valkuaispitoisuuden vuoksi

(Eynck ja Falk 2013). Eynckin ja Falkin (2013) mukaan camelina on nopeakasvuinen kasvi, joka kasvaa noin 30–110 cm korkeaksi. Camelinan varsi muuttuu puumaiseksi sen kypsyessä. Kukka on vaalean keltainen ja kooltaan 5–7 mm, kukinta-aika on noin kaksi viikkoa sääolosuhteista riippuen. Kasvin lehdet ovat kapeat ja noin 2–8 cm pituiset. Siemenkota on päärynän mallinen ja se sisältää yleensä 5–15 siementä, siemenen koko on noin 1,2–1,6 mm², siemenet ovat pitkänomaiset ja soikeat ruskean tai kultaisen väriset (kuva 2) (Na ym. 2019, Eynck ja Falk 2013). Camelinan tuhannen siemenen paino on noin 1–1,8 g ja siementen öljypitoisuus on noin 320–460 g/kg ka (Vollmann ym. 2007, Waraich 2013). Camelinan siemenen rasvahapoista jopa 89,8 g/100 g on tyydyttymättömiä rasvahappoja ja monitydyttymättömien osuus on 55,2 g/100 g rasvahapoista (Bayat ym. 2015). Monitydyttymättömien rasvahappojen osuus esimerkiksi rypsiöljyssä on 35,1 g/100 g ja soijaöljyssä puolestaan 60,1 g/100 g (Vehovsky ym. 2019). Öljypitoisuuteen vaikuttaa sääolosuhteet, Eynckin ja Falkin (2013) mukaan pohjoisilla viljelyalueilla öljypitoisuus on suurempi johtuen todennäköisesti siitä, että viileä ja kostea sää edistää siementen kypsymistä ja täyttymistä.



Kuva 2. Camelinan siemen. (Kuva: Heta Mihailov)

Camelinan hyviä puolia ovat sen vaatimattomat edellytykset viljelyolosuhteille ja vähäinen tuotantopanosten tarve (Eynck ja Falk 2013). Camelina kestää kuivuutta ja soveltuu viljeltäväksi kuiviin ympäristöolosuhteisiin (Obour ym. 2015, Ahmadvandi ym. 2021). Camelina sopii viljelyolosuhteidensa ja kylmänkestävyytensä puolesta hyvin myös viljeltäväksi pohjoisen viileään ilmastoon, kestää pakkasta (-2 °C) ja kuivuutta paremmin kuin rypsi (Obour ym. 2015, Paula ym. 2019). Camelina kasvaa vähäravinteisessa maassa, joten sen lannoitustarve on alhainen (Eynck ja Falk 2013, Paula ym. 2019). Camelinalla on hyvä taudinkestävyys tuholaisia ja sairauksia vastaan, joten camelinaa voidaan viljellä vähemmällä määrällä torjunta-aineita ja lannoitteita perinteisempiin öljykasveihin, kuten rypsiin ja soijapapuun verrattuna (Moser 2010, Ahmadvandi ym. 2021, Paula ym. 2019). Camelinalla on lämpimillä alueilla lyhyt kasvukausi, 85–100 vuorokautta ja viileämmillä yleensä 100–120 vuorokautta (Moser 2010, Lolli ym. 2020). Rypsin kasvukausi on 106–110 vuorokautta ja rapsin kasvukausi hieman pidempi, 115–123 vuorokautta (Luke 2022, Luke 2020).

Ahmavandin ym. (2021) mukaan camelina voidaan kylvää sekä syksyllä että keväällä, camelinan optimaalinen kylvötiheys on 220–250 kasvia neliömetrille. Siementen kylvösyvyys ei saa ylittää 1 cm (Ahmadvandi ym. 2021). Heidän mukaansa camelina sopeutuu hyvin erilaisiin ympäristöihin ja maaperätyyppeihin. Korkean kasvuston vuoksi sadonkorjuu onnistuu perinteisillä sadonkorjuuvälineillä puimalla sitten, kun siemenkodat alkavat punertua (Ahmadvandi ym. 2021). Maailmalla camelinan satotasot vaihtelevat 336–2850 kg/ha, keskisato on yleensä noin 1200–1500 kg/ha (Vollmann 2007, Moser 2010). Maantieteellinen sijainti ja maaperä vaikuttavat siementen kokoon ja ravintoarvoihin (Almeida ym. 2013). Suomen kansallisen kasvilajikeluettelon (2022) mukaan Suomessa on tällä hetkellä yksi viljeltävä camelinalajike; Camilla.

2.1.2 Hamppu

Öljyhamppu (*Cannabis sativa L.*) on yksivuotinen *Rosales* -lahkoon kuuluva öljykasvi, joka kasvaa noin 2–4 m korkeaksi (Malvisalo ja Luotola 2020). Hampun siemenen tuhannen siemenen paino vaihtelee 5,2–15,3 g välillä lajikkeesta riippuen (Abdollahi ym. 2020). Siementen väri muuttuu kypsyessään vihreästä ruskeaan (Keski-Saari 2022) (kuva 3). Hamppu on monipuolinen kasvi, jonka eri osia hyödyntämällä (siemenet, varsi, lehdet) sitä voidaan käyttää tekstiileissä, lääkkeissä,

rakennusmateriaaleissa, eläinten kuivikkeena, biopolttoaineena sekä nykyään myös eläinten rehuna (Malvisalo ja Luotola 2020, Bailoni ym. 2021). Hamppu voidaan jakaa kolmeen luokkaan sen käyttötarkoituksen mukaan: kuituhamppu, öljyhamppu ja lääkehamppu (Malvisalo ja Luotola 2020). Hamppuöljyä käytetään ruokaöljynä ja kosmetiikassa. Öljyn tuotannon yhteydessä syntyvät sivujakeet sisältävät paljon hyviä ravintoaineita, kuten monityydyttymättömiä rasvahappoja ja valkuaista sekä runsaasti välttämättömiä aminohappoja, joten sivujakeet voidaan hyödyntää eläinten ruokinnassa (Klir ym. 2019, Bailoni ym. 2021). Hampun kysyntä ja hampputeollisuus ovat kasvaneet maailmalla nopeasti (Semwogerere ym. 2020).



Kuva 3. Öljyhampun siemen. (Kuva: Heta Mihailov)

Hampun siemenen kokonaisrasvapitoisuus vaihtelee 300–327 g/kg ka välillä (Mierlita 2018, Klir 2019, Luke 2023) Rasvahapoista jopa 76,0 g/100 g on monityydyttymättömiä rasvahappoja (Pojic ym. 2014). Callawayn (2004) mukaan hampun siemen rasva sisältää poikkeuksellisen paljon välttämättömiä rasvahappoja, kuten omega-6 linolihappoa ja omega-3 alfa-linoleenihappoa. Hampunsiemen rasvahapoista omega-6

rasvahappojen suhde omega-3 rasvahappoihin on yleensä 2:1 tai 3:1, jota pidetään optimaalisena ihmisten terveydelle (Callaway 2004).

Virkajärven ja Kankaan (2005) mukaan hamppu kasvaa parhaiten karkeilla kivennäismailla; tiivistynyt maaperä, kuten savi ja hiesu ovat hampulle huonoja kasvupaikkoja, koska ne hidastavat hampun kasvua. Maaperän pH 6–7 soveltuu parhaiten hampun viljelyyn (Virkajärvi ja Kangas 2005). Hampun kasvuaika on 112–141 vuorokautta (Virkajärvi ja Kangas 2005). Suomessa öljyhampun viljelyala oli vuonna 2020 noin 800 hehtaaria, valtalajikkeena Suomessa viljellään Finolaa (Virtanen 2021). Callawayn (2004) mukaan Finola on suhteellisen matala muihin hamppulajikkeisiin verrattuna, se kasvaa noin 150 cm korkeaksi kypsyessään ja kasvuaika on yleensä 115 vuorokautta. Taimet kestävät hallaa jopa $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, joten aikainen kylvö on mahdollista, maan lämpötilan olisi hyvä olla kylvöhetkellä $+8\text{--}10\text{ }^{\circ}\text{C}$, mutta vähintään $+1\text{--}2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Callaway 2004). Hamppu on valo- ja lämpöherkkä, valo vaikuttaa hampun kasvuun ja lämpötila vaikuttaa kukinnan kestoon (Callaway 2004).

Virkajärven ja Kankaan (2005) mukaan Suomessa hampun satotasot siemenissä ovat vaihdelleet noin 1000–1700 kg/ha. Laineen (2017) mukaan satotasot ovat kuitenkin alhaisemmat, keskisato on yleensä 600–1000 kg/ha ja luomutuotannossa alle 500 kg/ha. Kylvötiheys hampun siemenellä on noin 200–300 kg/ha (Laine 2017). Lannoituksessa tärkeää on typpilannoitus, koska se vaikuttaa satoon ja koostumukseen (Laine 2017, Virkajärvi ja Kangas 2005). Hampulla ei ole sallittuja kasvinsuojeluaineita käytössä tällä hetkellä ja korkeakasvuisena kasvina hamppu varjostaa hyvin rikkakasveja, joten ne eivät yleensä ole ongelmana (Laine 2017, Virkajärvi ja Kangas 2005). Hampun sadunkorjuu tehdään puimalla sitten, kun siemenet alkavat varista, puintikosteus on siemenillä yleensä 22–30 % (Laine 2017).

Hamppu on syväjuurinen kasvi, jota pidetään hyvänä maanparannuskasvina, koska se parantaa maan terveyttä kuohkeuttaen sitä ja vähentäen maaperän eroosiota (Piotrowski ja Carus 2011). Piotrowskin ja Carusin (2011) mukaan hamppu sopii hyvin viljelykiertoon ja toimii hyvänä esikasvina. Lisäksi suuren kasvustonsa ansiosta hamppu varjostaa ja tukahduttaa hyvin rikkakasveja (Piotrowski ja Carus 2011).

Öljyhampussa kannabisyhdisteiden, kuten tetrahydrokannabinolin (THC) määrä jää hyvin alhaisiksi (Keski-Saari ym. 2022). Euroopan Unionin direktiivin (2860/2000) mukaan maataloudessa viljeltävän hamppulajikkeen THC-pitoisuus saa olla korkeintaan 0,20 %. Hampun viljely on lisääntynyt Euroopassa viime vuosina (EFSA 2015). Euroopan elintarviketurvallisuusviranomaisen, EFSA (2015) mukaan hampun

sisällyttäminen eläinten ruokintaan ja tetrahydrokannabinolin siirtyminen eläinperäisiin tuotteisiin ei aiheuta ihmiselle terveysongelmia.

Vastolo ym. (2021) tutkivat hampun sivujakeiden kemiallisia ja ravitsemuksellisia ominaisuuksia. Tutkimus osoitti, että hampun siemenet sisältävät paljon arvokkaita ravintoaineita, kuten tyydyttymättömiä rasvahappoja, raakavalkuaista, jonka määrä oli yli 200 g/kg ka sekä runsaasti neutraalidetergenttikuitua (NDF). *In vitro* - kaasunmittauskoe osoitti kuitenkin, että pötsin mikrobit käyttävät ravintoaineita, kuten raakavalkuaista, hiilihydraatteja ja neutraalidetergenttikuitua melko vähän. Hampun siementen havaittiin vähentävän märehitijöiden metaanintuotantoa (Vastolo ym. 2021). Vastolon ym. (2021) mukaan alentunut metaanintuotanto oli yhteydessä tyydyttymättömiin rasvahappoihin ja lipidifraktioihin, jotka estivät metanogeenien metaanintuotantoa. Hampuruokintojen alhainen *in vitro* metaanintuotanto viittaa siihen, että märehitijöiden kaasuntuotantoa voitaisiin alentaa ja näin pienentää ympäristölle haitallisia kaasupäästöjä, tutkimuksia aiheesta on toistaiseksi vähän (Vastolo ym. 2021).

2.2 Viljelykäytäntöjen vaikutus satotasoon ja koostumukseen

Tutkimusten mukaan merkittävimpiä camelinan ja hampun satotasoon vaikuttavia tekijöitä ovat sääolosuhteet ja lajike (Toncea 2014, Tsaliki ym. 2021) sekä typpilannoituksen määrä (Crowley ja Fröhlich 1998, Papastylianou ym. 2018). Crowley ja Fröhlich (1998) mukaan camelinalla satotaso ja kasvuston korkeus olivat sitä korkeammat, mitä enemmän typpeä lisättiin (0–125 kg N/ha). Taloudellisesti optimaalisin typpilannoituksen määrä kyseisessä tutkimuksessa oli 75 kg N/ha (Crowley ja Fröhlich 1998). Papastylianoun ym. (2018) mukaan myös hamppu kasvoi typpilannoituksen avulla korkeammaksi, jolloin se myös antoi paremman sadon. Typpilannoitus vaikutti lisäksi positiivisesti hampun kukintojen pituuteen, mutta siementen keskipainoon lannoituksella ei ollut vaikutusta (Papastylianou ym. 2018). Virkajärven ja Kankaan (2005) mukaan öljyhampulle sopiva typpilannoitusmäärä on 50–80 kg/ha. Crowleyn ja Fröhlichin (1998) mukaan camelinan kylvöajankohdalla tai kylvösiemen määrällä (5–11 kg/ha) ei ollut merkittävää vaikutusta satotasoon. Kylvöajankohdalla oli kuitenkin vaikutusta kasvuston korkeuteen, myöhäisemmällä kylvöajankohdalla kasvuston korkeus jäi alhaisemmaksi ja vastaavasti kasvusto oli korkeampaa, kun se kylvettiin aikaisin keväällä (Crowley ja Fröhlich 1998). Myös

rikkakasveja esiintyi enemmän myöhäisellä kylvöajankohdalla (Crowley ja Fröhlich 1998).

Hampulla satotasoon vaikutti lisäksi maaperä ja sadonkorjuuaika (Norokytö 2013). Norakydön (2013) mukaan maaperä kannattaa valita tarkasti hampun viljelyyn, heidän kokeensa mukaan huonoimman sadon sai savimaalta ja parhaimman sadon multamaalta. Toncean (2014) mukaan camelinalla satotasoon vaikutti lisäksi tuotantomuoto, luomutuotannossa satotasot olivat keskimäärin 1231 kg/ha ja tavanomaisessa tuotannossa keskimäärin 2427 kg/ha (Toncea 2014).

Abdollahin ym. (2020) tutkimuksessa hampun satotasot vaihtelivat 289–3183 kg ha välillä, siemenen rasvapitoisuus oli 155–366 g/kg ja 1000 siemenen paino oli 5,20–15,28 g. He havaitsivat tutkimuksessaan vahvan positiivisen korrelaation 1000 siemen painon ja satotason välillä. Korkeammalla satotasolla 1000 siemenen paino oli suurempi ja myös siemenen rasvapitoisuus oli suurempi. Satotasoissa ja siemen rasvapitoisuuksissa oli eroja eri alueilla eri ilmasto-olosuhteissa (Abdollahi ym. 2020).

Tsalikin ym. (2021) tutkivat, mitkä tekijät vaikuttavat hampun satoon ja 1000 siemenen painoon. Heidän tutkimuksessaan viljeltiin kuutta eri hamppulajiketta kolmena peräkkäisenä vuonna. Tutkimuksessa ei havaittu merkittävää yhteyttä satotason ja 1000 siemenen painon välillä, mutta 1000 siemenen painolla oli yhteys kasvukauteen niin, että suurin 1000 siemenen paino oli kolmannen vuoden sadossa verrattuna ensimmäisen ja toisen vuoden siemeniin (Tsaliki ym. 2021). Vollmann ym. (2007) vastaavasti havaitsivat voimakkaan negatiivisen korrelaation camelinan siemenen rasvapitoisuuden ja 1000 siemen painon välillä. Lisäksi ympäristöolosuhteilla oli suuri vaikutus satoon ja rasvapitoisuuteen (Vollmann ym. 2007).

Šidlauskasin ja Tarakanovasin (2004) tutkimuksen mukaan kylvömäärällä ei ollut vaikutusta rapsin satoon, mutta tiheämmässä kasvaneet kasvit olivat kapeampia ja niissä oli vähemmän sivuversoja. Heidän mukaansa kasvuston tiheys ja sääolosuhteet näyttivät vaikuttavan kasvin typpipitoisuuteen, siemenen koostumukseen ja sadon määrään. Valantin-Morison ja Meynard (2008) mukaan luomurypsin satotasoon vaikuttivat maaperän laatu, orgaanisen lannoituksen määrä, kasvin typen saanti, kylvöajankohta ja rikkakasvien määrä. Näistä merkittävimmät satoa rajoittavat tekijät olivat rikkakasvit ja maaperän alhainen typen määrä (Valantin-Morison ja Meynard 2008). Tutkimuksessa luomuviljelyssä ongelmana oli rikkakasvien runsas määrä, mutta niitä voitiin torjua tehokkaasti mekaanisin keinoin (Valantin-Morison ja Meynard 2008).

Camelinan ja hampun siemenen koostumukseen vaikuttivat valon ja kosteuden määrä, lajike sekä lämpötila (Crowley ja Fröhlich 1998, Abdollahi ym. 2020), mutta viljelykäytännöillä (typpilannoitus, kylvö- ja sadonkorjuuajankohta) ei puolestaan ollut vaikutusta rasvahappokoostumukseen (Crowley ja Fröhlich 1998). Šidlauskasin ja Tarakanovasin (2004) mukaan alhaisemmassa ympäristön lämpötilassa kasvin kasvu-aika on pidempi ja siemenen rasvapitoisuus lisääntyi, myös korkeampi maaperän kosteus vaikutti positiivisesti siementen rasvapitoisuuteen. Rathke ym. (2004) puolestaan havaitsivat, että rapsin siemenen koostumukseen ja satotasoon vaikuttivat typpilannoituksen määrä. Suurella typpilannoitusmäärillä (240 kg/ha) siemenen rasvapitoisuus oli pienempi (438–441 g/kg) ja vastaavasti lannoittamattomalla alueella siemenen rasvapitoisuus oli suurin (468–477 g/kg) (Rathke ym. 2004). Rapsin satotaso oli puolestaan suurempi suurella typpilannoituksen määrällä verrattuna lannoittamattomaan rapsiin (Rathke ym. 2004).

Heller ym. (2010) tutkivat tuotantomuodon vaikutusta öljypellavan satotasoon. Heidän tutkimuksensa mukaan pellavan satotaso oli pienempi luomutuotannossa verrattuna tavanomaiseen tuotantomuotoon. Pellavan luomuviljelyssä haasteena olivat rikkakasvit ja lisäksi luomusiemenissä oli huonompi itävyys tavanomaisiin siemeniin verrattuna (Heller ym. 2010). Siementen koostumuksessa rasvapitoisuus oli kuitenkin suurempi luomusiemenissä (410 g/kg ka) verrattuna tavanomaisiin siemeniin (382 g/kg ka). Hellerin ym. (2010) mukaan siemenen paino vaikutti olevan yhteydessä rasvapitoisuuteen niin, että suuremmalla siemenen painolla myös rasvapitoisuus oli suurempi.

2.3 Camelinan ja hampun haitta-aineet

Haitta-aineilla tarkoitetaan kasvien syntetisoimia yhdisteitä, joilla ne pystyvät suojautumaan taudinaiheuttajia ja hyönteisiä vastaan (Bora 2014). Yhdisteet voivat aiheuttaa eläimille ja ihmisille haitallisia fysiologisia oireita, kuten kasvun hidastumista ja lisääntymisongelmia (Bora 2014). Kasvien sisältämät haitta-aineet voidaan jakaa ryhmiin niiden kemiallisten ja fysikaalisten ominaisuuksien perusteella, kuten syanogeeniset glykosidit, kondensoidut tanniinit, oligosakkaridit, fytiinihappo, lektiinit tai proteaasi-inhibiittorit (Bora 2014).

Öljyhampun ja camelinan siemenet sisältävät ravitsemuksellisesti haitallisia aineita, jotka täytyy huomioida eläinten ruokinnassa (Russo ja Reggiani 2013, Bailoni ym. 2021). Russon ja Reggianin (2013) mukaan hampun merkittävimpiä haitta-aineita ovat proteaasi-inhibiittorit, joista yleisin trypsiini-inhibiittori, fytiinihappo, glukosinolaatit, syanogeeniset glukosidit ja kondensoidut tanniinit. Proteaasi-inhibiittorit ovat ruoansulatusentsyymejä, jotka vaikeuttavat ravintoaineiden imeytymistä ruoansulatuskanavassa (Bora 2014). Trypsiini-inhibiittorit voivat aiheuttaa ongelmia etenkin yksimahaisille eläimille aiheuttaen ruoansulatushäiriöitä ja kasvun hidastumista (Zheng ym. 2017). Tutkimuksen mukaan hampupuriste sopii kuitenkin hyvin valkuaisen lähteeksi märehäjille (Bailoni ym. 2021).

Camelina sisältää haitta-aineita, kuten tärkkelyspolysakkarideja, glukosinolaatteja, fytiinihappoa ja fenolihdisteitä, kuten fenolihappoja ja tanniineja (Russo ja Reggiani 2012, Aziza ym. 2013). Glukosinolaatit ovat rikkiä ja typpeä sisältäviä yhdisteitä ja ne ovat tyypillisiä ristikukkaisilla kasveilla (Keskitalo 2001). Glukosinolaatit ovat osa kasvien puolustusmekanismia, joiden tarkoituksena on ehkäistä kasveja kasvitaudeilta ja lisäksi ne vaikuttavat kasvien kasvuun (Keskitalo 2001, Paula ym. 2019). Glukosinolaatit ovat goitrogeenisia yhdisteitä, mitkä häiritsevät kilpirauhashormoniin toimintaa ja jodin saatavuutta kilpirauhasessa (Tripathi ja Mishra 2007). Juodkan ym. (2022b) mukaan glukosinolaatit ovat kasvien pysyviä yhdisteitä ja ne ovat myrkyttömiä niin kauan, kuin ne pysyvät ehjinä. Kasvien sadonkorjuu, rehun valmistus ja eläinten pureskelu kuitenkin vaurioittaa kasvisoluja vapauttaen myrkylliset glukosinolaattiyhdisteet (Juodka 2022b).

Alexanderin ym. (2008) mukaan glukosinolaatteja on tunnistettu yli 140 erilaista ja niiden rakenteensa mukaan glukosinolaatit voidaan luokitella alifaattisiksi, aromaattisiksi, ω -metyylitioalkyyli- ja heterosyklisiksi (indoli-)glukosinolaatteiksi. Camelinan siemenet sisältävät pitkäketjuisia glukosinolaatteja, (R)-9-metyylisulfinyylinonyyliglukosinolaattia ja (R)-10-metyylisulfinyylidekyyli - glukosinolaattia, joita ei ole havaittu muissa öljykasveissa (Alexander ym. 2008). Tutkimusten mukaan camelinan eri genotyypeissä glukosinolaattien kokonaispitoisuudet vaihtelivat 13,2–36,2 mmol/kg ka, keskimäärin pitoisuus oli 24 mmol/kg ka (Alexander 2008, Russo ja Reggiani 2012). Russo ym. (2014) tutkivat glukosinolaatteja eri camelina -lajikkeissa. He tunnistivat kolme yleisintä glukosinolaattia; 9-metyyli-sulfinyyli-nonyyli-glukosinolaatti, 10-metyylisulfinyyli-

dekyyli-glukosinolaatti ja 11-metyyli-sulfinyyli-undekyyli-glukosinolaatti. Näiden glukosinolaattien pitoisuudet vaihtelivat paljon eri lajikkeiden välillä.

Rypsilille ja rapsille tyypillisiä haitta-aineita ovat glukosinolaatit, erukahappo ja kondensoidut tanniinit (Paula ym. 2019). Rypsilillä esiintyy eri glukosinolaatteja camelinaan verrattuna, rypsin glukosinolaattipitoisuudet ovat keskimäärin $2,08 \pm 0,74$ $\mu\text{mol/g}$ ka (Tripathi ja Mishra 2007, Mattila ym. 2018). Tripathin ja Mishran (2007) mukaan glukosinolaattipitoisuus on yleensä korkeampi trooppisilla rypsilajikkeilla kuin lauhkean alueen lajikkeilla. Heidän tutkimuksensa mukaan Intian niemimaalta peräisin oleva rypsirouhe sisältää 3-butenyyli-, 2-propenyli- ja 4-pentenyyliglukosinolaatteja. Eurooppalaisissa rypsilajikkeissa suurin osa glukosinolaateista on 2-propenyyliglukosinolaatteja, mutta ne eivät sisältäneet 4-pentenyyliglukosinolaatteja (Tripathi ja Mishra 2007). Rypsirouheella suurien glukosinolaattipitoisuuksien on havaittu vähentävän märehittävällä maidon jodinpitoisuutta (Tripathi ja Mishra 2007). Rypsilistä ja rapsista on jalostustyön ansiosta pystytty tekemään sellaisia lajikkeita, jotka sisältävät vähemmän haitta-aineita (Keskitalo 2001, Paula ym. 2019). Rypsin ja rapsin 0-lajikkeet eivät muodosta erukahappoa, mutta tuottavat kuitenkin glukosinolaatteja, 00-lajikkeet puolestaan eivät tuota glukosinolaatteja eikä erukahappoa (Keskitalo 2001).

Fytiinihappo on kasvin varastofosforimuoto, joka joissakin tapauksissa muodostaa metalli-ionien, kuten kalsiumin, magnesiumin ja sinkin, kanssa liukenemattomia kelaatteja ruoansulatuselimistössä ja aiheuttaa mineraalien puutetta eläimelle (Russo ja Reggiani 2012, Bora 2014). Bailonin ym. (2021) mukaan fytiinihappo heikentää valkuaisen ja mikroravintoaineiden imeytymistä; hampupuristeessa fytiinihappopitoisuus voi olla yli 50 g/kg ka. Syanogeeniset glukosidit puolestaan ovat suurina pitoisuuksina myrkyllisiä (Russon ja Reggianin 2013). Kondensoidut tanniinit ovat polyfenoliyhdisteitä, jotka estävät ruoansulatusentsyymien toimintaa ja heikentävät vitamiinien ja kivennäisaineiden hyödyntämistä (Russo ja Reggiani 2012).

Euroopassa lainsäädäntö valvoo haitallisia-aineita rehussa. Euroopan neuvoston direktiivissä 2002/32/EY ilmoitetaan kunkin haitta-aineen sallitut enimmäispitoisuudet rehukasvissa. Direktiivissä 2002/32/EY sallittiin aikaisemmin camelinan käyttö rehuissa vain, mikäli glukosinolaattia ei havaittu kvantitatiivisissa määrityksissä. Nykyään kyseinen vaatimus on kuitenkin direktiivin 2008/76/EY mukaan poistettu, koska sen ei katsota olevan tarpeellinen. Öljykasvien haitta-ainepitoisuudet vaihtelevat eri kasvilajien ja myös eri lajikkeiden välillä (taulukko 2).

Taulukko 2. Öljykasvien haitta-ainepitoisuuksia.

Haitta-aineet eri tuotteissa	Pitoisuus	Lähde
Fytiinihappo		
Rypsipuriste	3,9 ± 0,1 g/100 g ka	Mattila ym. 2018
Hampun siemen	3,5 ± 0,2 g/100 g ka	Mattila ym. 2018
Camelinarouhe	0,025 – 0,032 g/100 g ka	Russo ja Reggiani 2012
Glukosinolaatit		
Rypsipuriste	6-21 mmol/kg ka	Tripathi ja Mishra 2007
Hamppurouhe	0,004 ± 0,0003 mmol/kg	Pojic ym. 2014
Camelina puriste	14,5 -23,4 mmol/kg	Matthäus ja Zubr 2000
Camelina rouhe	19,6- 40,3 mmol/kg	Russo ja Reggiani 2017
Camelinan siemen	15,2 - 24,6 mmol/kg ka	Russo ja Reggiani 2012
Fenolihdisteet		
Camelinan siemen	13,6 - 21,8 mmol/kg ka	Russo ym. 2014
Rypsipuriste (F-C)*	728 ± 38 GAE mg/100 g	Mattila ym. 2018
Rypsipuriste (FBBB)**	5471 ± 267 GAE mg/100 g	Mattila ym. 2018
Kondensoidut tanniinit		
Hampun siemen (F-C)*	96 ± 35 GAE mg/100 g	Mattila ym. 2018
Hampun siemen (FBBB)**	221 ± 157 GAE mg/100 g	Mattila ym. 2018
Trypsiini-inhibiittori		
Rypsipuriste	119 ± 9 mg/100 g ka	Mattila ym. 2018
Camelinan siemen	12,1- 18,0 TIU/mg ka	Almeida ym. 2013
Camelinarouhe	19,2 – 43,9 mg/100 g	Russo ja Reggiani 2012
Soijarouhe	37,53 ± 0,34 mg/100 g	Zheng ym. 2017
Hampun siemen	10,8 - 27,8 TIU/mg ka	Galasso ym. 2016
Hamppurouhe	2,88 ± 0,09 TIU/mg ka	Pojic ym. 2014

*F-C = Folin–Ciocalteu spektrometri, ** FBBB = Fast Blue BB -menetelmä

Tutkimusten mukaan kasvien glukosinolaattipitoisuuteen vaikuttavat ainakin kasvuympäristö ja maaperä, viljelykäytännöt sekä ilmasto (Tripathi ja Mishra 2007, Lolli ym., 2020, Sarramone ym. 2020). Lollin ym. (2020) mukaan glukosinolaattien biosynteesiin vaikuttaa camelinan siementen rikkipitoisuus ja tähän puolestaan vaikuttaa rikkipitoisuus maaperässä, jossa camelinaa kasvatetaan. Maailmalla Camelinasta on jo saatu perinteisen kasvinjalostuksen avulla lajikkeita, missä glukosinolaattipitoisuudet ovat matalampia alkuperäisiin lajikkeisiin verrattuna (Lolli ym.

2020). Cipollini ja Bergelson (2001) tutkivat rapsin trypsiini-inhibiittori-pitoisuuteen vaikuttavia tekijöitä. He havaitsivat tutkimuksessaan että, kasvuston tiheyden lisääntyessä kasvien ravinteiden saatavuus ja trypsiini-inhibiittori-pitoisuus laskivat. Trypsiini-inhibiittori-pitoisuus oli alhaisempi myös pienemmällä lannoitusmäärällä verrattuna suurempaan lannoitusmäärään (Cipollini ja Bergelson 2001).

Siipikarjan ruokinnassa camelinan osuutta ei suositella nostettavan yli 15 prosentin, koska ne saattavat heikentää eläinten tuotosta ja heikentää syöntiä (Almeida ym. 2013, Aziza ym. 2013, Pekel ym. 2015). Yhdysvalloissa elintarvike- ja lääkevirasto on antanut camelinalle ”yleisesti turvalliseksi tunnustettu” -statuksen, mikä sallii camelinarouheen käytön broilereiden ruokinnassa 10 % asti kokonaisrehuannoksen painosta (Russo ym. 2014). Paulan ym. (2019) tutkimuksen mukaan märehtijöillä glukosinolaatit voivat vaikuttaa negatiivisesti kuiva-aineen syöntiin ja erukahappo voi aiheuttaa ongelmia kilpirauhasen toiminnassa ja aineenvaihdunnassa. Tutkimuksen tulosten mukaan camelinapuristetta voidaan kuitenkin syöttää märehtijöille ilman ongelmia silloin, kun sen osuus ruokinnassa on korkeintaan 10 % kuiva-aineesta.

Tripathin ja Mishran (2007) mukaan suuret glukosinolaattiannokset (31 $\mu\text{mol/g}$ ka) ruokinnassa voivat aiheuttaa kilpirauhasen toimintahäiriöitä ja hedelmällisyyden laskua. Sioilla suurien glukosinolaatti -määrien on todettu aiheuttavan jodin puutetta, vähentävän kasvua ja heikentävän ruhon laatua, sekä alentavan porsaiden eloonjäämisastetta (Tripathi ja Mishra 2007). Sizmazin ym. (2021) mukaan märehtijät sietävät glukosinolaatteja paremmin verrattuna yksimahaisiin eläimiin. Märehtijöillä glukosinolaattien vaikutukset eivät ole vakavia, mutta muun muassa pötsin haihtuvien rasvahappojen tuotannon on havaittu vähentyvän liian suuresta glukosinolaattien määrästä (Tripathi ja Mishra 2007). Rypsirouheen ja rypsipuristeen tehtyjen tuotantoeläinten ruokintakokeiden perusteella glukosinolaattien kokonaispitoisuus suositellaan rajoittamaan yksimahaisilla eläimillä 1–1,5 mmol/kg rehua ja nuorten eläinten ruokinnassa vielä vähemmän (Alexander 2008).

Haitta-aineisiin pystytään vaikuttamaan prosessointimenetelmien, kuten kemiallisen käsittelyn, lämpökäsittelyn ja fermentaation, avulla (Bora 2014). Yksi tehokkaimmista menetelmistä on lämpökäsittely, minkä on todettu denaturoivan tehokkaasti esimerkiksi proteaasi-inhibiittoreita, jolloin ne menettävät toimintakykynsä (Bora 2014). Tripathi ja Mishra (2007) tutkivat keinoja poistaa tai vähentää glukosinolaattien määrää rehussa. Heidän mukaansa mikronisointi 195 °C lämpötilassa 90 sekunnin ajan sekä ekstruusio vähensivät tehokkaasti glukosinolaattien määrää rypsirouheessa. Haitta-aineiden

rakenne ja kemialliset ominaisuudet vaikuttavat siihen, mitä prosessointimenetelmää kannattaa käyttää haitta-aineiden vaikutuksien minimoimiseksi (Bora 2014).

2.4 Camelinan käyttö eläinten ruokinnassa

Camelina sisältää paljon raakavalkuaista, energiaa ja välttämättömiä aminohappoja, minkä vuoksi se sopii hyvin eläinten ruokintaan (Paula ym. 2019). Puristeen raakarasvapitoisuus on noin 100–200 g/kg ka ja raakavalkuaispitoisuus 300–400 g/kg ka (Almeida ym. 2013, Lolli ym. 2020).

2.4.1 Märehtijät

Sarramonen ym. (2020) mukaan camelinapuristeen käyttö ruokinnassa siirtää osan ruokinnan rasvahapoista tehokkaasti maitoon ja parantaa myös lihan rasvahappokoostumusta. Märehtijöillä useiden tutkimusten mukaan camelinan on todettu lisäävän maidon monitydyttymättömien rasvahappojen määrää (taulukko 3). Tutkimukset osoittavat, että camelinan haitta-aineista ja ravintoaineiden hyödyntämisestä tarvitaan kuitenkin vielä lisää tutkimuksia (Sarramone ym. 2020).

Taulukko 3. Camelinatutkimuksia märehtijöillä.

Tutkittava-rehu	Kontrollirehu	Annos	Laji	Tulokset	Tutkimus
Camelinan siemen	Energiatiiviste	630 g/pv ka	Nauta	Maidon tyydyttymättömät rasvahapot ↑, maidon rasva-alkuaispitoisuus ↓	Hurtaud ja Peyraud 2007
Camelina-rouhe	Energiatiiviste + soijarouhe	2 kg/pv ka	Nauta	Maidon tyydyttymättömät rasvahapot ↑, maidon rasva-alkuaispitoisuus ↓	Hurtaud ja Peyraud 2007
Camelina-puriste	Rankki	2 kg/pv ka	Nauta	Maidon tyydyttymättömät	Paula ym. 2019

Camelina- öljy	Ei öljyisiä (0 g), suhteessa enemmän viljoja	20, 40, 60 g/kg tuorepainosta	Nauta	rasvahapot ↑, rasvatuotos ↓ Tyydyttyneet rasvahapot ↓ Kokonaismaitotuotos oli korkeampi, rasvakorjattu maitotuotos oli alhaisempi verrattuna kontrolliin, rasva- ja valkuaispitoisuus korkeampi verrattuna camelina rouheeseen Kokonaismaitotuotos oli korkeampi, rasvakorjattu maitotuotos oli alhaisempi verrattuna kontrolliin	Halmemies-Beauchet-Filleau ym. 2017
Camelinan siemen	Pellavansiemen, maissinjyvät	9,5 g/kg ka	Nauta	rasvahapot ↑, rasvatuotos ↓ Tyydyttyneet rasvahapot ↓ Kokonaismaitotuotos oli korkeampi, rasvakorjattu maitotuotos oli alhaisempi verrattuna kontrolliin, rasva- ja valkuaispitoisuus korkeampi verrattuna camelina rouheeseen Kokonaismaitotuotos oli korkeampi, rasvakorjattu maitotuotos oli alhaisempi verrattuna kontrolliin	Sarramone ym. (2020)
Camelina-rouhe	Pellavan siemen, maissinjyvät	4,2 g/kg ka	Nauta	rasvahapot ↑, rasvatuotos ↓ Tyydyttyneet rasvahapot ↓ Kokonaismaitotuotos oli korkeampi, rasvakorjattu maitotuotos oli alhaisempi verrattuna kontrolliin	Sarramone ym. (2020)
Camelinan siemen	Valkuaislisä-tön kontrolli	70 g/kg ka	Lammas	Maidon monityydyttymättömät rasvahapot ↑	Mierlita ja Vicas 2015

Halmemies-Beauchet-Filleau ym. (2017) tutkivat camelinaöljyn asteittaista lisäämistä lehmien ruokintaan ja sen vaikutuksia lehmien tuotokseen ja maidon rasvahappokoostumukseen. Tutkimustulosten mukaan camelinaöljyn lisääminen ruokintaan laski hieman lehmien kuiva-aineen syöntiä, mutta merkittäviä negatiivisia vaikutuksia eläinten tuotokseen tai pötsikäymiseen ei havaittu verrattuna ruokintaan, joka ei sisältänyt lainkaan camelinaöljyä. Camelinaöljyn lisääminen asteittain vähensi maito- ja laktoosituotosta, mikä johtui vähentyneestä kuiva-aineen syönnistä (Halmemies-Beauchet-Filleau ym. 2017). Camelinaöljyn lisääminen ruokintaan vähensi lineaarisesti maidon tyydyttyneiden rasvahappojen määrää tyydyttymättömien rasvahappojen määrä ei kuitenkaan lisääntynyt merkittävästi. Hurtaud ja Peyraud (2007) saivat tutkimuksessaan vastaavanlaisia tuloksia, kun he tutkivat camelinaruokinnan vaikutuksia maitoon ja voin laatuun; camelinaa syötettiin rouheena tai kokonaisina siemeninä. Kontrolliruokinta oli 60 %:sta maissisäilörehua, jota oli täydennetty energiatiivisteellä ja soijarouheella. Toisessa koeruokinnassa camelinan siemen korvasi energialisän ja kolmannessa ruokinnassa camelinarouhe korvasi energialisän ja soijarouheen. Ruokinnat oli säädetty niin, että kaikki sisälsivät saman verran monityydyttymättömiä rasvahappoja (Hurtaud ja Peyraud 2007). Camelina vähensi hieman lehmien kuiva-aineen syöntiä ja maidon rasva- ja valkuaispitoisuutta,

mutta ei vaikuttanut merkittävästi lehmien maitotuotokseen, vaikutukset olivat voimakkaampia camelinarouheella kuin camelinan siemenellä (Hurtaud ja Peyraud 2007). Maidon tyydyttymättömien rasvahappojen määrä puolestaan lisääntyi ja voi oli koostumukseltaan pehmeämpää (Hurtaud ja Peyraud 2007). Paulan ym. (2019) mukaan 2 kg ka/pv annos camelinapuristetta ei laskenut lypsylehmien maito- tai valkuaistuotosta, mutta maidon rasvapitoisuus ja rasvatuotos kuitenkin laskivat hieman.

Sarramone ym. (2020) tutkivat camelinapuristeen, camelinan siemenen, maissin jyvien ja pellavansiemenien vaikutuksia lypsylehmien maitotuotokseen ja maidon koostumukseen. Tulosten mukaan rasvan sulavuus oli parempi camelinalla verrattuna maissin ja pellavan siemeniin. Maitotuotos oli korkeampi camelinaruokinnalla (36,5 kg/pv) verrattuna pellavaruokintaan (35,6 kg/pv). Rasvakorjattu maitotuotos oli alhaisin camelinaruokinnalla (29,8 kg/pv) verrattuna maissin jyviin (35,3 kg/pv) ja pellavaruokintaan (33,5 kg/ päivä).

Mierlita ja Vicas (2015) tutkivat camelinan siemenen vaikutuksia lampaiden maidon tuotantoon ja maidon rasvahappokoostumukseen. Tutkimuksessaan he vertasivat lisäksi maissipohjaista ja nurmisäilörehupohjaista ruokintaa keskenään. Maidon rasvahappokoostumukseltaan ihmisterveydelle laadultaan paras vaihtoehto oli nurmisäilörehupohjainen camelinaa sisältävä ruokinta, koska kyseinen ruokinta lisäsi eniten maidon monitydyttymättömien rasvahappojen osuutta. Lampaiden maitotuotos oli puolestaan korkeampi maissipohjaisella camelinaa sisältävällä ruokinnalla (Mierlita ja Vicas 2015).

2.4.2 Yksimahaiset

Siipikarjalla ruokinnalla on tärkeä merkitys, koska vääränlainen ruokinta voi altistaa esimerkiksi nokkimiselle, kannibalismille ja voi heikentää kananmunan kuorien laatua (Lolli ym. 2020). Valajan ym. (2008) mukaan camelinapuristeen aminohappokoostumus on siipikarjalle sopiva. Camelinan soveltuvuudesta yksimahaisten ruokintaan on saatu vaihtelevia tuloksia (taulukko 4).

Taulukko 4. Camelinatutkimuksia yksimahaisilla.

Tutkittava rehu	Kontrollirehu	Annos	Laji	Tulokset	Tutkimus
Camelina-puriste	Valkuaislisätön kontrolli, suhteessa enemmän maissia ja soijarouhetta	200 g/kg tuorepainosta	Munijakanat	Ei negatiivisia vaikutuksia kasvuun tai munan tuotantoon, munan kuoret vahvempia	Lolli ym. 2020
Camelina-rouhe	Maissi-soijarouhe	100 g/kg tuorepainosta	Broilerit	Ei negatiivisia vaikutuksia terveyteen	Pekel ym. 2015
Camelina-rouhe	Maissi-soijarouhe	100 g/kg tuorepainosta	Munijakanat	Tyydyttyneet rasvahapot alhaisin, tyydyttymättömät rasvahapot keltuaisessa korkeain vs maissi/soija	Aziza ym. 2013
Camelina-puriste	Maissitärkkelys	80, 160, 240 g/kg tuorepainosta	Broilerit	Ei negatiivisia vaikutuksia terveyteen, ei lisännyt kuolleisuutta	Oryschak ym. 2020
Camelina-puriste	Soijarouhe	50-250 g/kg tuorepainosta	Munijakanat, broilerit	Monityydyttymättömät rasvahapot ↑ Suuret annokset: paino ↓ rehun saanti ↓	Aronen ym. 2009
Camelina-puriste	Rehuseos, missä rypsiöljyä 60 g/kg	100 g/kg tuorepainosta	Broilerit	lihan mehukkuus ja maku ↓, ei vaikutusta kasvuun	Orczewsk a-Dudek & Pietras 2019
Camelina-öljy	rehuseos, missä rypsiöljyä 60 g/kg	40 g/kg tuorepainosta	Broilerit	lihan mehukkuus ↑, ei vaikutusta kasvuun	Orczewsk a-Dudek & Pietras 2019
Camelina-puriste	Valkuaislisätön kontrolli	150-200 g/kg tuorepainosta	Ankat	Monityydyttymättömät rasvahapot ↑, ruhopaino ja rehun saanti ↓	Juodka ym. 2022b
Camelina-puriste	Maissi-soijarouhe	50, 100, 150 g/kg tuorepainosta	Sika	5 % ei negatiivisia vaikutuksia terveyteen, 10-15 % kasvu ↓, lihassa korkeampi valkuaispitoisuus kontrolliin verrattuna	Hilbrands ym. 2021

Lolli ym. (2020) tutkivat jalostetun camelinalajikkeen puristeen vaikutuksia munijakanojen ruokinnassa verrattuna maissi-soijarouheruokintaan. Lollin ym. (2020) tutkimuksen tulosten mukaan camelinapuriste ruokinnassa ei aiheuttanut kanoilla negatiivisia vaikutuksia niiden hyvinvointiin, kasvuun, tuotokseen tai kananmunan kuoren laatuun. Pekel ym. (2015) tutkivat camelinarouheen ja kuparilisän vaikutuksia broilereilla verrattuna maissi-soijapapuruokintaan. Tutkimustulosten mukaan 100 g/kg camelina ei vaikuttanut negatiivisesti broilereiden kasvuun verrattuna kontrolliruokintaan. Camelinapuristeen glukosinolaattipitoisuus oli 20,3 mmol/g kg ka.

Aziza ym. (2013) tutkivat camelinarouheen vaikutusta ravintoaineiden sulavuuteen kanoilla ja kananmunien laatuun sekä rasvahappokoostumukseen. Kokeessa verrattiin kolmea eri ruokintaa; kontrolliruokintaa, joka sisälsi maissia ja soijaa, camelinarouheruokintaa sekä pellavarouheruokintaa. Tulosten mukaan raakavalkuaisen sulavuus oli suurin kontrolliruokinnalla, camelina- ja pellavaruokintojen välillä ei havaittu eroa. Raakarasvan osuus oli suurempi camelinarouheessa verrattuna pellavarouheeseen. Munantuotanto oli suurempaa ruokittaessa camelina- ja pellavaruokinnalla kontrolliruokintaan verrattuna. Monitydyttymättömien rasvahappojen ja alfa-linoleenirasvahappojen pitoisuus kananmunan keltuaisessa oli korkeampi camelinaruokinnalla verrattuna muihin ruokintoihin, camelinaruokinnalla myös tyydyttyneiden rasvahappojen määrä oli alhaisin (Aziza ym 2013).

Oryschak ym. (2020) tutkivat broilereiden ruokinnan toksisuutta, reuhävikkiä ja ravinteiden sulavuutta, kun broilereiden ruokinnan camelinapitoisuutta nostettiin asteittain verrattuna kontrolliruokintaan. Heidän tutkimuksensa mukaan camelinan määrän nostaminen broilerien ruokinnassa ei kuitenkaan antanut viitteitä toksisuudesta eikä lisännyt broilereiden kuolleisuutta. Tutkimuksen mukaan camelinapuristetta on turvallista antaa osana broilereiden ruokintaa jopa 240 g/kg asti ilman haitallisia vaikutuksia broilerien terveyteen (Oryschak ym. 2020). Aronen ym. (2009) tutkivat camelinaruokinnan vaikutuksia broilereiden lihan laatuun ja kananmunien laatuun. He puolestaan havaitsivat, että suurempi camelinapuristeen osuus ruokinnassa heikensi broilerien painon nousua ja rehunsyöntiä. Kohtuullisella camelinapuriste-annoksella (50–100 g/kg ruokinnan tuorepainosta), ei kuitenkaan havaittu haittavaikutuksia broilerin lihan makuun, lisäksi camelinapuriste paransi lihan rasvahappokoostumusta. Munijakanoilla camelinaruokinnalla ei havaittu negatiivisia vaikutuksia kananmunien laatuun tai tuotokseen (Aronen ym. 2009).

Orczewska-Dudek ja Pietras (2019) tutkivat camelinaöljyn tai camelinapuristeen vaikutuksia broilereiden kasvuun, rasvahappokoostumukseen ja lihan laatuun verrattuna kontrolliruokintaan, joka oli rypsiöljyä sisältävä rehuseos. Heidän tutkimustulosten mukaan camelinalla ei ollut vaikutusta broilereiden kasvuun. Tutkimuksen mukaan kertatydyttymättömien rasvahappojen pitoisuus laski ja monitydyttymättömien rasvahappojen pitoisuus kasvoi lihassa camelinalla ruokittaessa, lisäksi broilereiden kuolleisuus oli pienintä ruokittaessa camelinaöljyllä tai camelinapuristeella kontrolliruokintaan verrattuna. Camelina-öljyllä oli positiivinen vaikutus lihan mehukkuuteen, kun taas camelinapuriste huononsi hieman lihan makua (Orczewska-Dudek ja Pietras 2019).

Juodka ym. (2022a) huomasivat tutkimuksessaan, että camelinapuristeen lisääminen 150–200 g/kg ruokinnan tuorepainosta alensi ankkojen syötävän lihan tuottoa ja rehun kulutusta. Ankkujen maksan rasvahappokoostumuksessa havaittiin merkittäviä muutoksia niin, että monitydyttymättömien rasvahappojen osuus oli lisääntynyt camelinaruokinnalla. Camelinapuristeella ei ollut merkittävää vaikutusta ankkujen painoon verrattuna rypsirouheruokintaan (Juodka 2022a). Juodka ym. 2022b vertailivat camelinan siemenen, camelinaöljyn ja camelinapuristeen vaikutusta ankkujen lihan rasvahappokoostumukseen ja makuun. Tutkimuksen mukaan camelinalla ruokittujen ankkujen aminohappokoostumus oli lähes vastaava rypsirouheella ruokittuihin verrattuna. Lihan valkuaispitoisuus oli hieman korkeampi kontrolliin verrattuna, mutta eroja ei ollut siinä, oliko camelina annettu siemenenä, puristeena vai öljynä (Juodka ym. 2022b). Lisäksi monitydyttymättömien rasvahappojen osuus lisääntyi camelinaruokinnoilla, lihan aistinvaraisessa-analyysissä ei havaittu eroa lihan maussa (Juodka ym. 2022b).

Hilbrands ym. (2021) tutkivat camelinapuristeen vaikutusta sikojen kasvuun. Tutkimuksen tulosten mukaan 50 g/kg camelinapuristeannoksella ei havaittu negatiivisia vaikutuksia sikojen kasvuun tai syöntiin ja tulokset olivat vastaavanlaiset kontrolliruokavalioon verrattuna, joka oli maissi-soijarouhe pohjainen ruokinta. Suuremmilla camelina-annoksilla, 100 g/kg ja 150 g/kg, sikojen päiväkasvu oli alhaisempaa kontrolliruokintaan verrattuna.

2.5 Hampun käyttö eläinten ruokinnassa

Semwogerere ym. (2020) mukaan hampun sivutuotteiden (puriste, öljy, rouhe) kemialliseen koostumukseen vaikuttavat hamppulajike ja siementen käsittelymenetelmät. Tutkimuksen mukaan hampun sivutuotteiden kemiallinen koostumus (raakavalkuainen, rasva, tuhka, NDF, aminohapot) on samankaltainen, kuin soijarouheen kemiallinen koostumus (Semwogerere ym. 2020).

2.5.1 Märehtijät

Hamppupuristetta voidaan ravintoarvojen ja korkean valkuaispitoisuuden puolesta hyödyntää märehtijöiden valkuaisruokinnassa (Semwogerere ym. 2020). Tutkimuksia hampun käytöstä märehtijöillä ja sen vaikutuksia maidon rasvahappokoostumukseen on hyvin vähän (taulukko 5) (Bailoni 2021).

Taulukko 5. Hamppututkimuksia märehtijöillä.

Tutkittava rehu	Kontrollirehu	Annos	Laji	Tulokset	Tutkimus
Hamppupuriste	Valkuaislisä- tön kontrolli	143, 233, 318 g/kg ka	Nauta	Parhaat tulokset maito-, rasva- ja valkuaisuotoksessa 143 g/kg ka annoksella	Karlsson ym. 2020
Hamppu- rouhe	Rypsirouhe	200 g/kg ka	Lammas	Ei negatiivisia vaikutuksia terveyteen Maitotuotos ↑ rasvatuotos ↑	Mustafa ym. 1999
Hampun siemen	Energiatiivis- te	180 g/pv	Lammas	rasvapitoisuus ↑ monityydyttymättömät rasvahapot ↑	Mierlita 2018
Hamppu- puriste	Energiatiivis- te	480 g/pv	Lammas	Maitotuotos ↑ rasvatuotos ↑ rasvapitoisuus ↑ monityydyttymättömät rasvahapot ↑, pitoisuudet nousivat enemmän hampun siemeneen verrattuna	Mierlita 2018
Hamppu- puriste	Soijarouhe	110 g/kg ka	Nauta	Ei negatiivisia vaikutuksia kasvuun tai lihan laatuun, verrattavissa soijarouheeseen	Nchama ym. 2022

Karlsson ym. (2020) tutkivat hamppupuristeen vaikutuksia lehmien maitotuotokseen ja maidon koostumukseen ruokintakokeiden avulla. Annosvastekokeessa hamppupuristeen määrä täydennysvalkuaisena lisääntyi ruokinnassa asteittain. Hamppupuriste korvasi lehmien ruokinnassa kaupallista täysrehua, joka sisälsi myös vitamiineja ja kivennäisaineita. Tutkimuksen mukaan parhaat tulokset kokonaismaitotuotoksessa, maidon rasvatuotoksessa ja maidon valkuaisuutuksessa saatiin, kun hamppuannos oli 143 g/kg ka. Maidon rasvapitoisuus ja valkuaispitoisuus puolestaan laskivat lineaarisesti hamppuannoksen kasvaessa. Tutkimuksen mukaan hamppu toimii arvokkaana valkuaisen ja öljyn lähteenä eläinten ruokinnassa ilman, että se vaatii suuria muutoksia ruokinnassa (Karlsson ym. 2020).

Mustafa ym. (1999) tutkivat hamppuruouheen kuiva-aineen ja raakavalkuaisen hajoavuutta pötsissä verrattuna rypsirouheeseen. Tutkimus tehtiin *in situ* – ja *in vitro* -menetelmillä ja viidellä eri kokoisella hamppuannoksella kasvaville karitsoille. Tulosten mukaan hamppu sopii sulavuuden puolesta lampaille yhtä hyvin, kuin lämpökäsitelty rypsirouhe. Tutkimuksessa ei havaittu haittavaikutuksia tai ongelmia ravintoaineiden hyödyntämisessä lampaille. Hamppu vaikutti turvalliselta valkuaisenlähteeltä jopa annostuksella 200 g/kg ka (Mustafa ym. 1999).

Mierlita (2018) tutki hampun siemenen ja hamppupuristeen vaikutuksia lampaiden maitotuotokseen ja maidon rasvahappokoostumukseen. Tutkimuksen kontrolliruokavalio koostui heinäpohjaisesta ruokinnasta, jota täydennettiin tiivisteellä ja sitä verrattiin hampun siemeneen ja hamppupuristeeseen. Mierlita (2018) havaitsi, että hamppuruokinnat lisäsivät lampaiden maitotuotosta, rasvatuotosta ja maidon rasvapitoisuutta. Maidon monityydyttymättömien rasvahappojen pitoisuus lisääntyi molemmilla ruokinnoilla energiatiivistettä sisältäneeseen kontrolliin verrattuna, mutta tulosten mukaan hamppupuriste paransi maidon rasvahappokoostumusta enemmän verrattuna hampun siemeniin.

Nchama ym. (2022) vertailivat tutkimuksessaan hamppupuristeen ja soijarouheen vaikutuksia teuraslehmien lihan laatuun. He eivät havainneet eroa lehmien päiväkasvussa, syönnissä tai lihan laadussa hamppupuristeen ja soijarouheen välillä. Molemmat ruokinnat lisäsivät lihan monityydyttymättömien rasvahappojen osuutta (Nchama ym. 2022). Nchama ym. (2022) mukaan hamppupuriste sopii yhtä hyvin lehmien ruokintaan kuin soijarouhe.

2.5.2 Yksimahaiset

Hampun käyttö myös yksimahaisten ruokinnassa on lisääntynyt viime aikoina johtuen hampun siemenen hyvästä rasvahappokoostumuksesta (Klir ym. 2019). Tutkimusten mukaan hampulla ei havaittu negatiivisia vaikutuksia yksimahaisten ruokinnassa, eroavaisuudet hampun ja kontrollirehujen välillä olivat melko pieniä (taulukko 6).

Taulukko 6. Hamppututkimuksia yksimahaisilla

Tutkittava rehu	Kontrollirehu	Annos	Laji	Tulokset	Tutkimus
Hamppupuriste	Rypsirouhe	150-200 g/kg tuorepainosta	Ankat	Ruhopainoa ↑ päiväkasvu ↑	Juodka ym. 2022a
Hamppupuriste	Valkuaislisä- tön kontrolli	100 g/kg ka	Munija- kanat	Monityydyttymättömät rasvahapot ↑, ei negatiivisia vaikutusta kananmuniin	Klir ym. 2019
Hamppupuriste	Soijapuriste	50, 150 g/kg/ ka	Broilerit	Ei vaikutusta lihan kemialliseen koostumukseen	Št'astník ym. (2019)
Hamppuöljy	Soijaöljy	50 g/kg tuorepainosta	Sika	Emakon ternimaidon rasvahapot ↑ Porsaas kasvoivat parhaiten öljylisällä	Vodolazsk a & Lauridsen (2020)

Juodka ym. (2022a) tutkivat hamppupuristeen ja camelinapuristeen vaikutuksia ankojen maksan lipidien rasvahappoprofiiliin ja ankojen ruhoon. Kontrolliruokinta koostui rypsiuristeesta. Juodkan ym. (2022a) tutkimuksen tulosten mukaan hamppupuriste lisäsi ankojen ruhopainoa ja päiväkasvua, mutta ei lisännyt monityydyttymättömien rasvahappojen pitoisuutta maksassa.

Klir ym. (2019) tutkimuksen mukaan hamppupuriste kanojen ruokinnassa lisäsi monityydyttymättömien rasvahappojen osuutta kananmunissa, puriste ei vaikuttanut negatiivisesti munivien kanojen tuotukseen tai kanamunien painoon. Št'astník ym. (2019) tutkimuksessa tutkittiin hamppupuristeen vaikutusta broilerin lihaan. Broilereita

ruokittiin kahdella erikokoisella hampupuristeannoksella (50 tai 150 g/kg ka) ja verrattiin kontrolliruokintaan, joka ei sisältänyt hampupuristetta lainkaan, mutta sisälsi enemmän soijapuristetta (190/78 g/kg ka). Tutkimuksen tulosten mukaan hampupuristeella ei ollut merkittävää vaikutusta broilereiden lihan kemialliseen koostumukseen. Aistinvaraisten tulosten, mehukkuutta ja makua arvioiden, mukaan broilerin rintaliha arvioitiin parhaaksi 150 g/kg ka hampupuristeannoksella, myös lihan väri oli parempi hampupuruokinnalla verrattuna kontrolliruokintaan (Št'astník ym. 2019). Vodolazska ja Lauridsen (2020) tutkivat hampuöljyn lisäämistä emakoiden ruokintaan ja vertasivat emakon ternimaidon laatua sekä porsaiden kasvua soijaöljyyn verrattuna. Heidän tulosten mukaan lisäämällä hampuöljyä emakon ruokintaan emakon ternimaidossa oli enemmän monityydyttymättömiä rasvahappoja, ja porsaat kasvoivat parhaiten juomalla tätä ternimaitoa verrattuna soijaöljyllä ruokittujen emakoiden ternimaitoon.

3 TUTKIELMAN TAVOITTEET

Tämän maisterintutkielman tavoitteena oli selvittää hampun viljelykäytäntöjen vaikutusta satotasoon ja satotason vaikutusta siemenen koostumukseen. Lisäksi tutkittiin camelinan siementen koostumusvaihtelua ja camelinan ja hampun siementen haitta-ainepitoisuuksien vaihtelua Suomessa. Camelinan ja hampun siementen koostumuksen perusteella arvioitiin niiden soveltuvuutta märehitijöiden ja yksimahaisten eläinten ruokintaan täydennysvalkuaisrehuna. Maisterintutkielma on osa HaCa -Prot (Camelinan ja hampun sivujakeet hyödyksi: haitta-aineiden kartoitus, *in vitro* valkuaisen arviointi ja metaaninvähennyspotentiaali) -tutkimushanketta.

Tutkielman hypoteesit olivat seuraavat:

1. Hampun satotasossa esiintyy vaihtelua, joka johtuu viljelykäytäntöjen eroista. Typpilannoitus vaikuttaa positiivisesti satotasoon.
2. Hampun siementen koostumuksessa esiintyy vaihtelua, johon vaikuttaa hampun satotaso.
3. Tuotantomuoto vaikuttaa hampun satotasoon, luomutuotannossa satotaso on pienempi.

4 AINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkielman aineisto koostuu kahdesta osasta: 1) hampun viljelytiedot (n=120) ja 2) camelinan (n=5) ja hampun siemennäytteet (n=20), joiden koostumus analysoitiin. Hampun viljelyyn liittyen taustatietoja saatiin hamppuviljelijöille lähetetystä kyselystä. TransFarm oy vastasi kyselyn sisällöstä ja toteutuksesta. Kysely tehtiin Google Forms -lomakkeiden avulla kasvukausien 2021 ja 2022 aikana ja se toistettiin kummankin kasvukauden aikana kaksi kertaa: kylvöjen jälkeen kesällä ja puinnin jälkeen syksyllä. Kyselylomakkeella kerätyt tiedot sisälsivät sekä jatkuvia muuttujia että luokkamuuttujia. Vastauksia kyselyyn saatiin kasvukauden 2021 osalta 61 kpl ja 2022 osalta 59 kpl. Kyselyn perusteella selvitettiin hampun viljelyssä käytetty esikasvi, maalaji, muokkaustekniikka, kylvötietoja, lannoitetietoja, rikkakasvihavaintoja, satotaso ja siemenen kuivaukseen liittyviä tietoja. Tiedot luovutettiin tutkimusryhmälle anonymisoituna siten, että ainoastaan tilan postinumero tuli tutkimusryhmän tietoon. Molemmat kyselylomakkeet ovat tämän tutkielman liitteenä.

Siemennäytteet kerättiin camelinaa (Janakkalan piensiemennäyte oy) ja öljyhampua (TransFarm oy) viljelyttäviltä yrityksiltä. Camelinaa saatiin kasvukauden 2021 sadosta viisi siemennäytettä. Hampusta saatiin kasvukauden 2021 sadosta 50 siemennäytettä, joista valittiin analysoitavaksi 20 näytettä. Hampunäytteiden valinta tehtiin satotason perusteella niin, että näytteistä valittiin kymmenen suurinta satotasoa (>600 kg/ha) ja kymmenen pienintä satotasoa (<400 kg/ha). Lisäksi pyrittiin valitsemaan niin, että otos olisi maantieteellisesti mahdollisimman edustava.

4.1 Näytteiden esikäsittely

Primäärinen kuiva-ainepitoisuus määritettiin kuivaamalla näytteet -lämpökaapissa (Memmert, Memmert GmbH, Schwabach, Saksa) 20–24 tuntia 103 °C lämpötilassa. Laboratorioanalyysinäytteitä kuivattiin tuulettavassa lämpökaapissa ensin tunti 103 °C ja sen jälkeen 50 °C kaksi vuorokautta. Trypsiini-inhibiittorianalyysistä varten näytteet kylmäkuivattiin vakuumpumpulla (DUO 10 M, Pfeiffer Vacuum GmbH, Aßlar, Saksa) varustetulla kylmäkuivaajalla (Beta 2–8 LDplus, Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH, Osterode am Harz, Saksa). Kuivauksen jälkeen näyte jauhettiin analyysien tekoa varten yhden millimetrin seulaa käyttäen

vasaramyllyllä (sakomylly KT-3100, Koneteollisuus Oy, Helsinki, Suomi). Siementen korkea öljypitoisuus toi haasteita jauhamiseen ja osa näytteestä tarttui myllyn seiniin ja muihin osiin kiinni. Camelinan siementen analyysinäyte sekoitettiin vielä tehosekoittimella jauhamisen jälkeen, jotta näyte saataisiin homogeeniseksi.

4.2 Laboratorioanalyysit

Kokonaisten siementen ja puristeiden peruskoostumusanalyysit tehtiin Helsingin yliopiston laboratoriossa. Näytteistä analysoitiin kuiva-aine, tuhka, raakavalkuainen, kokonaisrasva ja NDF. Lisäksi näytteistä analysoitiin haitta-ainepitoisuuksia: camelinasta glukosinolaatit ja trypsiini-inhibiittorit, hampusta trypsiini-inhibiittorit.

Jauhetuista näytteistä määritettiin sekundäärinen kuiva-aine kuivaamalla jauhettua näytettä lämpökaapissa 103 °C lämpötilassa vähintään 16 tuntia. Tuhka määritettiin polttamalla näyte muhveliuunissa 600 °C lämpötilassa 20–24 tuntia. Raakavalkuainen analysoitiin Kjeldahl -menetelmällä. Typen poltto tehtiin Tecator -polttolaitteella (Tecator Digestion Auto ja Tecator Scubber), jonka jälkeen näytteet tislattiin ja titrattiin titrauslaitteistolla (FOSS Kjeltex Auto 2300, Foss, Hillerød, Tanska). Näytteiden valkuaispitoisuus laskettiin kertomalla typpipitoisuus vakiolla 6,25.

Neutraalidetergenttikuitu, NDF analysoitiin Van soest ym. (1996) -menetelmällä. Näytteissä käytettiin alfa-amylaasia. Uutto tehtiin automaattisella FiberTherm FT12 -uuttolaitteella (Gerhardt, Königswinter, Saksa). Kokonaisrasva määritettiin tekemällä ensin HCL-hydrolyysi SoxCap 2047 hydrolyysilaitteella (FOSS Analytical, Hillerød, Tanska), jonka jälkeen näytteitä kuivattiin uunissa 60 °C kaksi vuorokautta. Tämän jälkeen tehtiin rasvan petroolieetteriuutto FOSS Soxtec 8000 uuttoyksiköllä (FOSS Analytical, Hillerød, Tanska). Uutto tehtiin dippaamalla näytettä sisältänyttä pussia viisi kertaa noin 7–10 sekunnin ajan petroolieetteriin. Rasva-analyysissä käytettiin silmäkooltaan 30 µm nylonpussia.

Jauhetusta ja kylmäkuivatusta camelinan siemenestä otettiin näyte, n. 200 mg 10 ml muoviputkeen ja lisättiin 1 ml 67 % metanoli/vesi seosta. Putki kuumennettiin (75°C, 2 min), jäädytettiin ja laitettiin ultraäänilaitteeseen 15 minuutiksi. Sentrifugoinnin jälkeen (10min, 3500 rpm) supernatantti otettiin talteen eppendorf -putkeen. Uutto ja sentrifugointi toistettiin ilman lämmitystä ja ultraäänikäsittelyä ja supernatantti yhdistettiin aiempaan. Yhdistetyt supernatantti -liuokset suodatettiin 0,22 µm

ruiskusuodattimen läpi. Glukosinolaattien 9-metyylisulfinyyli-nonyyli-glukosinolaatti (GS9), 10-metyylisulfinyyli-dekyyli-glukosinolaatti (GS10) ja 11-metyylisulfinyyli-undekyyli-glukosinolaatti (GS11) -pitoisuudet määritettiin nestekromatografisesti (Waters Acquity UPLC, Waters, Milford, MA, Yhdysvallat). Analyysissä käytettiin Acquity UPLC HSS T3 1,8 µm 2,4* 150 mm kolonnia. Mittaus aallonpituus oli 229nm. Eluentti A oli fosfaattipuskuriliuos ja Eluentti B oli asetonitrili. Kolonniin injektointiin 1 µl suodatettua supernatanttiliuosta.

Trypsiini-inhibiittoreiden määrittämiseen käytettiin AOCS Ba 12a-2020-menetelmää (Liu ym. 2020). Kolorimetrisellä menetelmällä mitataan trypsiini-inhibiittoreiden aktiivisuutta, mikä perustuu inhibiittoreiden esiintymisen ja puuttumisen välisen eron mittaamiseen. Menetelmässä jauhetaan ensin kylmäkuivattu näyte, sen jälkeen punnitaan ja laimennetaan vedellä. Seuraavaksi lisätään neljä eri reagenssia ja lingotaan sentrifugilla, minkä jälkeen mitataan trypsiini-yksiköt niiden absorbanssin (410 nm) perusteella spektrofotometrillä (Shimadzu UV-VIS mini 1240, Shimadzu Europa GmbH, Duisburg, Saksa) ja lasketaan tulokset (Liu ym. 2020).

4.3 Tilastolliset menetelmät

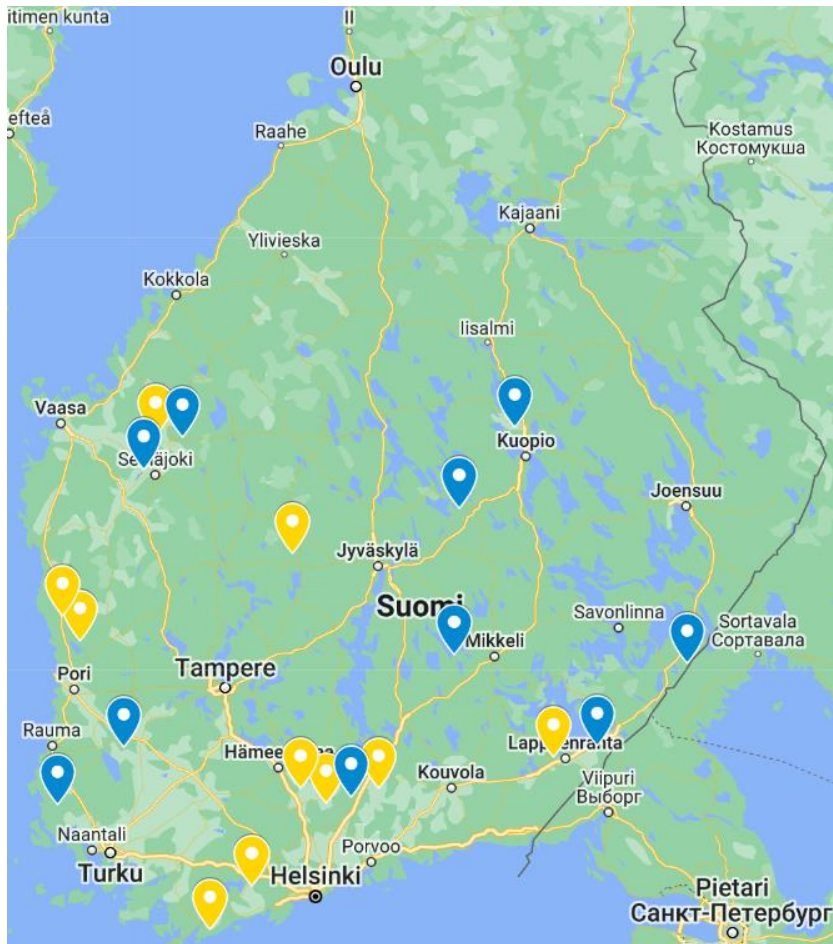
Tutkimuksen hamppuaineisto analysoitiin SAS tilasto-ohjelmalla (SAS Institute Inc. 2002–2012, Versio 9,4, Cary, NC, USA). Viljelykäytäntöjen ja tuotantomuodon (luomu vs. tavanomainen) yhteyttä hampun satotasoluokan jakaumaan, sekä viljelykäytäntöjen yhteyttä tuotantomuodon jakaumaan tarkasteltiin ristiintaulukoinnin avulla käyttäen SAS-ohjelmiston Freq-proseduuria ja khiin neliö (X^2) -testiä. Ristiintaulukoinnissa aineistona oli koko hampun viljelyaineisto (n=120) sisältäen sekä jatkuvia että luokkamuuttujia ja aineisto luokiteltiin kahteen tuotantomuotoon (luomu ja tavanomainen) ja kolmeen satotasoluokkaan: pieni (<400 kg/ha), keskitaso (400-600 kg/ha) ja suuri (>600 kg/ha). Satotasot perustuivat viljelijöiden kyselyissä ilmoittamiin tietoihin.

Varianssianalyysissä käytettiin SAS:n Mixed-proseduuria. Aineisto koostui hampunäytteistä, joiden koostumus oli analysoitu. Varianssianalyysi tehtiin 20 havainnon aineistolla, missä oli 10 pienintä satotasoa (<400 kg/ha) ja 10 suurinta satotasoa (>600 kg/ha). Mallissa kiinteänä tekijänä oli satotasoluokka tai tuotantomuoto. Varianssianalyysillä selvitettiin satotason vaikutusta siemenen

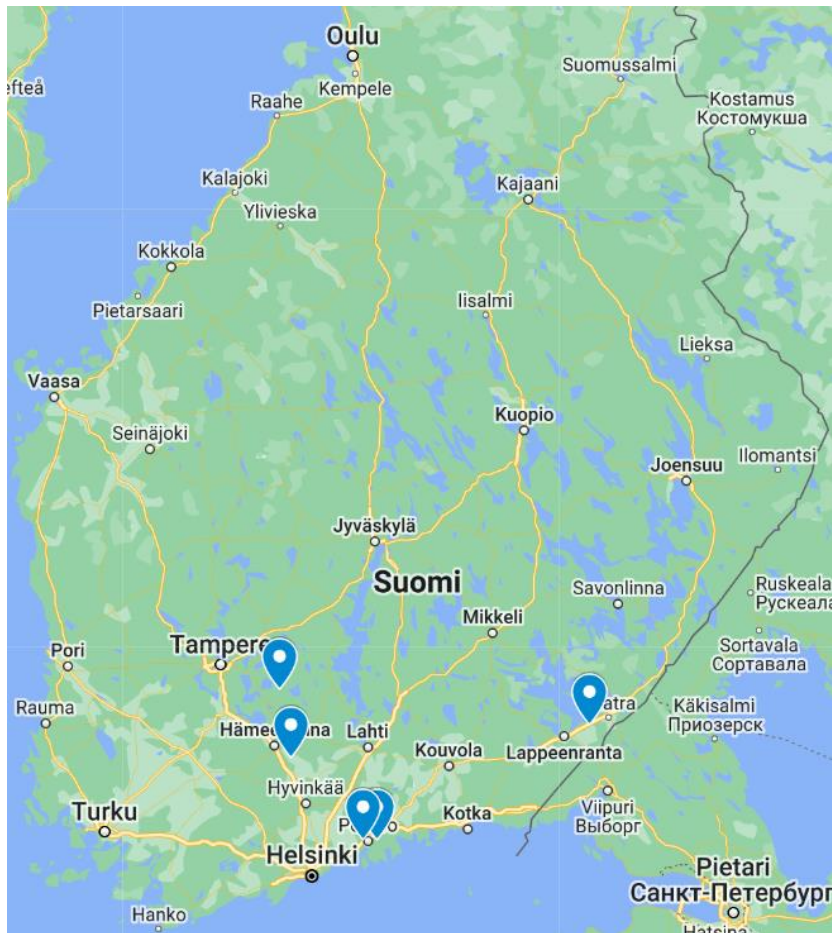
koostumukseen, kasvu-aikaan ja typpilannoitukseen sekä tuotantomuodon (luomu vs. tavanomainen) vaikutusta siemenen koostumukseen, kasvu-aikaan ja typpilannoitukseen. Muut viljelijäkyselyssä kerätyt tiedot eivät olleet jatkuvia muuttujia, joten niitä ei voitu hyödyntää varianssianalyysissä. Satotasoluokkien (pieni vs. suuri) ja tuotantomuotojen (luomu vs. tavanomainen) välisessä vertailussa käytettiin parittaisia vertailuja (Tukeyn t-testi). Muuttujaparien; kasvukorkeus ja kasvu-aika, typpilannoitus ja kasvukorkeus sekä typpilannoitus ja kasvu-aika välisiä yhteyksiä tutkittiin Pearsonin korrelaatiokertoimien avulla käyttäen SAS:n Corr-proseduuria. Ristiintaulukoinnin ja varianssianalyysin tulos tulkittiin suuntaa antavaksi, jos $P \leq 0,10$ ja tilastollisesti merkitseväksi jos $\leq 0,05$. Tilastollisia analyysejä ei tehty camelina-aineistolle sen pienestä havaintomäärästä ($n=5$) johtuen.

5 TULOKSET

Viljelytietojen perusteella hampun viljelijöitä on eri puolella Suomea, Oulun ja Lapin lääniä lukuun ottamatta. Satotason perusteella valittiin analysoitavaksi 10 pienintä hampun satotasoja ja 10 suurinta hampun satotasoja. Pieniä ja suuria satotasojia löytyi samoista maakunnista. Karttaan on merkitty hampun viljelytiedot postinumeron perusteella ($n=120$) (kuva 4). Seuraavassa kartassa on merkittynä keltaisella värillä 10 pienintä hampun satotasoja ja sinisellä värillä 10 suurinta hampun satotasoja (kuva 5). Camelinanäytteiden ($n=5$) sijainnit näkyvät kuvassa 6.



Kuva 5. Hampun siemennäytteet sijainnin mukaan, keltaisella pienimmät satotasot (n=10) ja sinisellä suurimmat satotasot (n=10).



Kuva 6. Camelinan siemennäytteet sijainnin mukaan (n=5).

5.1 Viljelykäytäntöjen yhteys satotasoon

Viljelyaineistossa havaintoja oli yhteensä 120 kappaletta. Ristiintaulukoinnin perusteella typpilannoituksella ei ollut tilastollisesti merkitsevää yhteyttä satotasoon ($P > 0,10$) (taulukko 7). Suurimmalla osalla tiloista (72,0 % tiloista) typpilannoitus oli 80 kg/ha tai alle.

Taulukko 7. Satotasoluokkien määrä ja osuus eri typpilannoitustasoilla.

		Typpilannoitus, kg/ha	
		≤ 80	> 81
Satotaso	n	19	5
< 400 kg/ha	odotettu n	17,29	6,71
	%	28,36	19,23
Satotaso	n	18	5
400-600 kg/ha	odotettu n	16,57	6,43
	%	26,87	19,23
Satotaso	n	30	16
> 600 kg/ha	odotettu n	33,14	12,86
	%	44,78	61,54
Khiin neliö -testin p-arvo 0,349		100	100

Varianssianalyysin perusteella kasvuaika tai typpilannoitustaso eivät eronneet eri satotasoluokissa ($P > 0,10$) (taulukko 8). Korrelaatioanalyysin perusteella typpilannoituksella ei ollut yhteyttä kasvuaikaan ($r = 0,005$; $P > 0,10$; $n = 89$).

Taulukko 8. Kasvuajan ja typpilannoituksen vaikutus hampun satotasoon.

	Satotaso		SEM*	p-arvo
	<400 kg/ha	>600 kg/ha		
Kasvuaika	127,4	135,6	4,562	0,220
Typpilannoitus	63,8	68,9	12,005	0,768

*keskiarvon keskivirhe

Ristiintaulukoinnin perusteella typpilannoituksessa oli eroja tuotantomuotojen välillä. Luomutuotantomuotoluokassa vastauksia oli eniten pienimmässä typpilannoitusluokassa verrattuna muihin luokkiin ($P < 0,001$) ($n = 116$). Tavanomaisessa tuotannossa havainnot jakautuivat osuudet enimmäkseen kahteen suurimpaan typpilannoitusluokkaan (taulukko 9).

Taulukko 9. Tuotantomuotoluokkien määrä ja osuus eri typpilannoitusluokissa.

Tuotantomuoto		Typpilannoitus, kg/ha		
		< 41	≤ 80	> 81
Tavanomainen	n	6	53	31
	odotettu n	17,07	48,10	24,83
	%	27,27	85,48	96,88
Luomu	n	16	9	1
	odotettu n	4,93	13,90	7,17
	%	72,73	14,52	3,13
Khiin neliö -testin p-arvo <0,001		100	100	100

Varianssianalyysin mukaan pienellä aineistolla (n=20) typpilannoituksella puolestaan ei ollut vaikutusta tuotantomuotoon ($P>0,10$) (taulukko 10). Tuotantomuodolla oli varianssianalyysin mukaan (n=20) vaikutusta kasvu-aikaan ($P<0,05$), kasvu-aika oli lyhyempi luomutuotannossa kuin tavanomaisessa tuotannossa (taulukko 20).

Taulukko 10. Tuotantomuodon vaikutus kasvu-aikaan ja typpilannoitukseen.

	Tuotantomuoto		SEM ^{*,1}	p-arvo
	Luomu	Tavanomainen		
<i>n</i>	7	13		
Kasvu-aika	122,43	136,38	5,037	0,039
Typpilannoitus	51	74,615	13,666	0,181

*keskiarvon keskivirhe

¹Aineiston isoin SEM

Ristiintaulukoinnin perusteella tuotantomuodolla ei ollut yhteyttä kasvu-aikaan ($P>0,10$) (n=116). Molemmissa tuotantomuodoissa eniten vastauksia oli kasvu-aikaluokassa 120–140 vuorokautta (taulukko 11).

Taulukko 11. Tuotantomuotoluokkien määrä ja osuus eri kasvuaikaluokissa.

Tuotantomuoto		Kasvuaika, vrk		
		< 120	120-140	> 140
Tavanomainen	n	23	36	31
	odotettu n	22,50	39,57	27,93
	%	79,31	70,59	86,11
Luomu	n	6	15	5
	odotettu n	6,5	11,43	8,07
	%	20,69	29,41	13,89
Khiin neliö -testin p-arvo 0,224		100	100	100

Tuotantomuodolla ja satotasolla oli tilastollisesti merkitsevä yhteys ($P < 0,05$). Luomutuotannossa suurempi osuus havainnoista sijoittui pienimpään satotasoluokkaan ja tavanomaisessa tuotannossa suurin osa havainnoista sijoittui suurimpaan satotasoluokkaan (taulukko 12). Vastaajista 77,5 %:lla oli tavanomainen tuotantomuoto ja 22,5 % oli luomutuotannossa.

Taulukko 12. Satotasoluokkien määrä ja osuus eri tuotantomuodoissa.

		Tuotantomuoto	
		Tavanomainen	Luomu
Satotaso < 400 kg/ha	n	13	10
	odotettu n	17,83	5,17
	%	18,84	50
Satotaso 400-600 kg/ha	n	17	4
	odotettu n	16,28	4,72
	%	24,64	20
Satotaso > 600 kg/ha	n	39	6
	odotettu n	34,89	10,11
	%	56,52	30
Khiin neliö -testin p-arvo 0,018		100	100

Kasvuston korkeudella oli tilastollisesti erittäin merkitsevä yhteys satotasoon ($P < 0,001$). Mitä korkeampi kasvusto, sitä suurempi osuus havainnoista sijoittui suurimpaan satotasoluokkaan (>600 kg/ha) (taulukko 13). Korrelaatioanalyysin

mukaan typpilannoituksella puolestaan ei ollut vaikutusta kasvuston korkeuteen ($r=0,102$; $P>0,10$; $n=89$).

Taulukko 13. Satotasoluokkien määrä ja osuus eri kasvuston korkeusluokissa.

		Kasvuston korkeus, cm	
		< 110	> 110
Satotaso	n	19	5
< 400 kg/ha	odotettu n	10,84	13,16
	%	45,24	9,8
Satotaso	n	14	9
400-600 kg/ha	odotettu n	10,39	12,61
	%	33,33	17,65
Satotaso	n	9	37
> 600 kg/ha	odotettu n	20,77	25,23
	%	21,43	72,55
Khiin neliö -testin p-arvo	<0,001	100	100

Korrelaatioanalyysin perusteella kasvuston korkeudella ja kasvuajalla ei ollut yhteyttä toisiinsa ($r=0,084$; $P>0,10$; $n=89$). Kasvukorkeudella oli suuntaa antava yhteys tuotantomuotoon ($P=0,093$) (taulukko 14). Ristiintaulukoinnin perusteella luomutuotannossa suurempi osuus havainnoista sijoittui suuntaa-anatavasti matalampaan kasvuston korkeusluokkaan ($P<0,10$) kuin tavanomaisessa tuotannossa. Tavanomaisessa tuotantomuodossa kasvuston korkeus jakautui melko tasaisesti kaikkiin kasvukorkeusluokkiin.

Taulukko 14. Tuotantomuotoluokkien määrä ja osus eri kasvukorkeusluokissa.

Tuotantomuoto		Kasvukorkeus, cm		
		< 90	90 - 170	170 - 250
Tavanomainen	n	26	16	27
	odotettu n	30,236	14,73	24,034
	%	66,67	84,21	87,1
Luomu	n	13	3	4
	odotettu n	8,764	4,270	6,966
	%	33,33	15,79	12,9
Khiin neliö -testin p-arvo	0,093	100	100	100

Tulosten perusteella maaperän fosforiluokalla ei ollut yhteyttä hampun satotasoon ($P>0,10$) (taulukko 15). Vastaajista 64,8 % kertoi fosforiluokan olevan huono – välttävä -tasolla ja 35,2 % arvioi fosforiluokan olevan tyydyttävä – korkea -välillä.

Taulukko 15. Satotasoluokkien määrä ja osuus maaperän eri fosforiluokissa.

		Fosforiluokka	
		Huono-välttävä	Tyydyttävä - korkea
Satotaso	n	17	5
< 400 kg/ha	odotettu n	14,25	7,75
	%	29,82	16,13
Satotaso	n	13	8
400-600 kg/ha	odotettu n	13,60	7,40
	%	22,81	25,81
Satotaso	n	27	18
> 600 kg/ha	odotettu n	29,15	15,85
	%	47,37	58,06
Khiin neliö -testin p-arvo 0,363		100	100

Fosforiluokalla ei ollut yhteyttä tuotantomuotoon ($P>0,10$) (taulukko 16). Vastaukset jakautuivat tasaisesti eri fosforiluokkien välillä.

Taulukko 16. Tuotantomuotoluokkien määrä ja osuus maaperän eri fosforiluokissa.

Tuotantomuoto		Fosforiluokka		
		Alhainen-välttävä	Tyydyttävä	Hyvä-korkea
Tavanomainen	n	31	30	27
	odotettu n	27,789	31,649	28,561
	%	86,11	73,17	72,97
Luomu	n	5	11	10
	odotettu n	8,211	9,351	8,439
	%	13,89	26,83	27,03
Khiin neliö -testin p-arvo 0,305		100	100	100

Viljelyvuosien 2021 ja 2022 välillä ei ollut tilastollista yhteyttä satotasoon ($P>0,10$) (taulukko 17). Satotasot jakautuivat samalla tavalla molempina vuosina.

Taulukko 17. Satotasoluokkien määrä ja osuus eri kasvukausina.

		Vuosi	
		2021	2022
Satotaso	n	13	11
< 400 kg/ha	odotettu n	12,13	11,87
	%	27,66	23,91
Satotaso	n	12	11
400-600 kg/ha	odotettu n	11,62	11,38
	%	25,53	23,91
Satotaso	n	22	24
> 600 kg/ha	odotettu n	23,25	22,75
	%	46,81	52,17
Khiin neliö -testin p-arvo	0,867	100	100

Apilan käytöllä hampun aluskasvina ei ollut yhteyttä satotasoon ($P>0,10$) (taulukko 18). Vastaajista 40,5 % käytti apilaa hampun aluskasvina.

Taulukko 18. Satotasoluokkien määrä ja osuus eri aluskasvirhmissä.

		Oliko apilaa aluskasvina?	
		Ei	Kyllä
Satotaso	n	16	7
< 400 kg/ha	odotettu n	13,70	9,30
	%	30,19	19,44
Satotaso	n	10	11
400-600 kg/ha	odotettu n	12,51	8,49
	%	18,87	30,56
Satotaso	n	27	18
> 600 kg/ha	odotettu n	26,80	18,20
	%	50,94	50
Khiin neliö -testin p-arvo	0,333	100	100

Taimettuneiden yksilöiden ja satotasoluokan välillä on suuntaa antava yhteys ($P=0,059$) niin, että taimettuneiden yksilöiden määrän (kpl/m^2) lisääntyessä suurempi osuus havainnoista sijoittui suurimpaan satotasoluokkaan (taulukko 19). Vastaajista 59,6 % arvioi, että taimettuneiden yksilöiden määrä oli keskimäärin yli 75 kpl neliöllä.

Taulukko 19. Satotasoluokkien määrä ja osuus eri taimettumisluokissa.

		Taimettuneiden yksilöiden määrä, kpl/m ²	
		< 75	> 75
Satotaso	n	14	9
< 400 kg/ha	odotettu n	9,30	13,70
	%	38,89	16,98
Satotaso	n	8	13
400-600 kg/ha	odotettu n	8,49	12,51
	%	22,22	24,53
Satotaso	n	14	31
> 600 kg/ha	odotettu n	18,20	26,80
	%	38,89	58,49
Khiin neliö -testin p-arvo 0,059		100	100

Puintikosteudella oli tilastollisesti merkitsevä yhteys satotasoon ($P < 0,05$). Mitä suurempi puintikosteus, sitä suurempi osuus havainnoista sijoittui suurimpaan satotasoluokkaan (>600 kg/ha) (taulukko 20).

Taulukko 20. Satotasoluokkien määrä ja osuus eri puintikosteusluokissa.

		Puintikosteus, %	
		< 20	> 20
Satotaso	n	20	4
< 400 kg/ha	odotettu n	14,87	9,13
	%	35,09	11,43
Satotaso	n	12	10
400-600 kg/ha	odotettu n	13,63	8,37
	%	21,05	28,57
Satotaso	n	25	21
> 600 kg/ha	odotettu n	28,5	17,50
	%	43,86	60
Khiin neliö -testin p-arvo 0,043		100	100

5.2 Siementen kemiallinen koostumus ja haitta-aineet

Camelinan siemenistä oli viisi näytettä, joista kaikista analysoitiin kemiallinen koostumus (taulukko 21). Siementen välillä oli hieman hajontaa kemiallisessa

koostumuksessa, suurimmat eroavaisuudet olivat raakavalkuaisessa ja kokonaisrasvassa, joiden pitoisuudet ovat suuria camelinan siemenissä. Camelinan siementen glukosinolaattipitoisuuksissa oli myös eroavaisuuksia siementen välillä, glukosinolaattien keskiarvo oli 19,47 mmol/kg ka (taulukko 21).

Taulukko 21. Camelinan siementen kemiallinen koostumus, glukosinolaattipitoisuudet ja trypsiini-inhibiittoriaktiivisuus (TIA).

Kemiallinen koostumus	Camelinan siemen					keskiarvo
	1	2	3	4	5	
Kuiva-aine, g/kg	909	918	906	931	916	916
Tuhka g/kg ka	37,5	33,7	39,9	35,9	40,5	37,5
Raakavalkuainen g/kg ka	287	295	267	303	291	289
Kokonaisrasva g/kg ka	389	375	407	410	394	395
Neutraalidetergenttikuitu g/kg ka	154	132	131	131	147	139
Glukosinolaatti, mmol/kg ka	15,8	15,7	22,6	17,0	26,3	19,5
C9*	3,36	3,24	5,76	4,19	6,15	4,54
C10**	9,82	9,90	13,8	10,6	16,6	12,1
C11***	2,63	2,55	3,07	2,23	3,52	2,80
Trypsiini-inhibiittoriaktiivisuus, TIA/ mg ka	15,0	19,1	16,4	22,2	21,2	18,8

*C9= 9- Metyylisulfonyylinonyyliglukosinolaatti

**C10= 10- Metyylisulfonyldekyyliglukosinolaatti

***C11= 11- Metyylisulfonyliundekyyliiglukosinolaatti

Hampun siementen kokonaisrasvapitoisuus vaihteli välillä 327-393 g/kg ka. Hampunsiemenen kokonaisrasvapitoisuus oli suurempi pienen satotason näytteissä kuin suuren satotason näytteissä ($P < 0,001$). Tuhkapitoisuus oli myös suuntaantavasti suurempi pienen satotason näytteissä kuin suuren satotason näytteissä ($P = 0,060$). Näytteiden tuhkapitoisuudet vaihtelivat välillä 54-64 g/kg ka. Hampun siementen kuiva-ainepitoisuudet vaihtelivat välillä 889-948 g/kg ka, NDF-pitoisuudet vaihtelivat välillä 211–279 g/kg ka ja raakavalkuaispitoisuus vaihteli välillä 262-290 g/kg ka. Näytteiden kuiva-ainepitoisuudet, NDF-pitoisuudet ja raakavalkuaispitoisuudet eivät eronneet eri satotasoluokissa ($P > 0,10$; taulukko 22). Hampun siementen TIA-pitoisuudet vaihtelivat välillä 3,7–4,9 TIA/mg ka.

Taulukko 22. Satotason vaikutus hampun siemenen koostumukseen.

	Satotaso		SEM*	p-arvo
	<400 kg/ha	>600 kg/ha		
Kuiva-aine g/kg	918	925	4,6	0,265
Kokonaisrasva g/kg ka:ssa	365	339	4,8	0,001
NDF g/kg ka:ssa	243	248	5,2	0,496
Raakavalkuainen g/kg ka:ssa	277	275	2,6	0,534
Tuhka g/kg ka	59,3	56,8	0,9	0,060
Trypsiini-inhibiittoriaktiivisuus, TIA/mg ka	4,07	4,29	0,1	0,067

*keskiarvon keskivirhe

Hampunsiemenen tuhkapitoisuus oli suurempi luomutuotantomuodossa kuin tavanomaisen tuotantomuodon näytteissä ($P < 0,05$). Kuiva-ainepitoisuus oli suuntaantavasti suurempi tavanomaisen tuotantomuodon siemenissä kuin luomutuotannossa ($P = 0,064$). Näytteiden kokonaisrasvapitoisuudet ($P > 0,10$), NDF-pitoisuudet ($P > 0,10$) ja raakavalkuaispitoisuudet ($P > 0,10$) eivät eronneet eri tuotantomuodoissa (taulukko 23).

Taulukko 23. Tuotantomuodon vaikutus hampun siemenen koostumukseen.

	Tuotantomuoto		SEM*	p-arvo
	Luomu	Tavanomainen		
<i>n</i>	7	13		
Kuiva-aine g/kg	913	926	5,2	0,064
Kokonaisrasva g/kg ka	355	350	7,8	0,606
Neutraalidetergenttikuitu g/kg ka	239	249	6,1	0,218
Raakavalkuainen g/kg ka	276	276	3,1	0,980
Tuhka g/kg ka	60,7	56,6	0,9	0,002
Trypsiini-inhibiittoriaktiivisuus, TIA/mg ka	4,10	4,23	0,1	0,321

*keskiarvon keskivirhe, aineiston isoin SEM

6 TULOSTEN TARKASTELU

6.1 Hampun viljelykäytännöt

Aineiston perusteella hampun satotasoissa esiintyi paljon vaihtelua, satotasot vaihtelivat alle 400 kg/ha sadoista yli 1000 kg/ha satoihin. Vastaajista 25,8 % arvioi satotason olevan alle 400 kg/ha, vastaajista 24,7 % arvioi satotason olevan 400–600 kg/ha ja 49,5 % arvioi satotason olevan yli 600 kg/ha. Myös kirjallisuuden perusteella Suomessa hampun satotasoissa esiintyy paljon vaihtelua. Laineen (2017) mukaan satotasot olivat keskimäärin 600–1000 kg/ha ja luomutuotannossa alle 500 kg/ha. Vuonna 2005 Virkajärven ja Kankaan (2005) mukaan puolestaan hampun satotasot olivat huomattavasti korkeammat, noin 1000–1700 kg/ha. Norokydön (2013) mukaan maaperällä on suuri merkitys sadon kannalta. Varsinais-Suomessa tehdyn kokeen perusteella huonoin sato saatiin savimaalta (580-670 kg/ha) ja paras sato (>1000 kg/ha) multamaalta (Norokytö 2013). Hampun viljelypaikkaa valittaessa on siis syytä huomioida pellon maaperä. Virkajärven ja Kankaan (2005) mukaan hampulla linnut ovat merkittävä satotappioiden aiheuttaja. Aineiston mukaan 42 % vastaajista oli havainnut hemppoja kasvustossa, mikä saattaa heikentää satotasoa. Satotasoeroihin voi vaikuttaa lisäksi se, että aineiston satotasot perustuvat viljelijöiden antamiin tietoihin ja osa vastaajista on voinut arvioida satotason todellista alhaisemmaksi.

Tulosten mukaan hampun satotasaan vaikutti kasvuston korkeus niin, että korkeammalla kasvustolla suurempi osuus havainnoista sijoittui suurimpaan satotasoluokkaan (>600 kg/ha). Myös kirjallisuuden perusteella korkeampi kasvusto antaa suuremman sadon ja kasvuston korkeuteen puolestaan vaikuttaa positiivisesti typpilannoitus (Crowley ja Fröhlich 1998, Papastylianou ym. 2018). Myös Virkajärven ja Kankaan (2005) mukaan hampun riittävällä typpilannoituksella on tärkeä merkitys kasvuston korkeuden ja satotason kannalta, heidän mielestään öljyhampulle sopiva typpilannoitustaso on 50–80 kg/ha. Tässä kokeessa korrelaatioanalyysin perusteella kasvuston korkeudella ja kasvuajalla ei kuitenkaan ollut yhteyttä toisiinsa. Hypoteesin vastaisesti typpilannoitustasolla ja maan fosforiluokalla ei havaittu olevan yhteyttä hampun satotasaan. Myöskään korrelaatioanalyysin perusteella typpilannoituksella ei ollut yhteyttä kasvu-aikaan tai kasvuston korkeuteen. Tähän saattaa osaltaan vaikuttaa se, että aineiston lannoitusmäärät eivät välttämättä ole aivan tarkkoja, koska

typpilannoituksen tarkan määrän mittaaminen maatalaolosuhteissa voi olla hankalaa, etenkin käytettäessä karjanlantaa lannoitteena.

Analyysien perusteella satotasoon vaikutti hypoteesin perusteella oletetusti tuotantomuoto, mikä oli linjassa kirjallisuuden kanssa. Luomutuotannossa satoa rajoittavia tekijöitä voivat olla rikkakasvit ja maaperän alhainen typen määrä (Valantin-Morison ja Meynard 2008, Heller ym. 2010, Toneca 2014). Typpilannoitusta käytettiin enemmän tavanomaisessa tuotannossa verrattuna luomutuotantoon, mikä johtuu todennäköisesti käytettävissä olevista lannoitteista luomutuotannon ja tavanomaisen tuotannon välillä. Tulosten mukaan typpilannoitus ei ollut suoraan yhteydessä satotasoon, mutta tuotantomuoto oli kuitenkin yhteydessä satotasoon ja typpilannoitus oli yhteydessä tuotantomuotoon.

Tilastollisten analyysien mukaan puintikosteus vaikutti tilastollisesti merkitsevästi satotasoon niin, että suuremmalla kosteudella suurempi osuus havainnoista sijoittui suurimpaan satotasoluokkaan (>600 kg/ha). Tämä voi johtua siitä, että satotaso on mitattu ennen kuivausta, jolloin kosteus vaikuttaa sadon painoon positiivisesti. Satotasoon vaikutti myös taimettuneiden yksilöiden määrä niin, että yksilöiden määrän lisääntyessä havaintojen osuus suurimmassa satotasoluokassa lisääntyi. Taimimäärän ollessa suurempi, myös satoa tuottavia kasveja on todennäköisesti enemmän. Virkajärvi ja Kangas (2005) havaitsivat myös, että taimitiheydellä oli positiivinen vaikutus satoon ja taimitiheyteen puolestaan vaikutti kylvösiementen määrä. Lisäksi tiheämpi kasvusto varjostaa tehokkaasti rikkakasveja (Piotrowski ja Carus 2011).

Luomutuotannossa kasvuaika oli lyhyempi (122 vrk), kuin tavanomaisessa tuotannossa (136 vrk). Viljelyaineiston mukaan hampun kasvuaika oli 106–164 vuorokautta kylvöpäivästä puintipäivään. Kylvöajankohta sijoittui suurimmalla osalla vastaajista toukokuun puolivälistä kesäkuun alkuun. Puintiajankohta oli keskimäärin syyskuun lopusta lokakuun alkuun. Typpilannoitusmäärien erot tuotantomuotojen välillä saattavat vaikuttaa siihen, että luomutuotannossa kasvuaika oli lyhyempi. Virkajärven ja Kankaan (2005) mukaan typpilannoitus vaikuttaa kasvien tuleentumiseen ja siten korjuun ajoittamiseen. Suurempi typpilannoituksen määrä kasvattaa satoa pidempään, jolloin myös kasvukausi pitenee. Voimakas typpilannoitus saattaa kasvattaa kasvustoa niin korkeaksi, että sen puiminen hankaloituu (Norokytö 2013). Virtasen (2021) mukaan hampun kasvuaika on keskimäärin 112–141 vuorokautta, mikä on linjassa tulosten kanssa. Kasvuaikaan vaikuttavat sääolosuhteet, kasvupaikka ja lajike (Virtanen 2021).

Aineiston luotettavuutta saattaa heikentää se, että vastaukset ovat viljelijöiden omia tietoja ja arvioita, ei tarkoin menetelmin mitattuja tuloksia. Aineisto antoi kuitenkin kattavan kuvan hampun viljelykäytännöistä suomalaisilla maataloilla.

6.2 Camelinan ja hampun siementen koostumus

Camelinan ja hampun siemenet sisältävät runsaasti valkuaista ja rasvaa. Siementen kemialliset koostumukset olivat näiden osalta yhteneväiset kirjallisuuden kanssa (taulukot 1,7,8). Analyysien mukaan camelinan siementen kokonaisrasvapitoisuus oli 375–410 g/kg ka ja kirjallisuuden mukaan camelinan rasvapitoisuus on noin 320–460 g/kg ka (Vollmann ym. 2007, Waraich 2013). Camelinan siemenessä on runsaasti terveydelle hyviä rasvahappoja, koska siemenen rasvahapoista jopa 89,8 g/100 g on tyydyttymättömiä rasvahappoja ja monitydyttymättömiä rasvahappoja 55,2 g/100 g (Bayat ym. 2015). Rypsiöljyssä puolestaan monitydyttymättömien rasvahappojen osuus on 35,1 g/100 g ja soijaöljyssä 60,1 g/100 g (Vehovsky ym. 2019). Hampun siementen kokonaisrasva oli tässä kokeessa 327–393 g/kg ka, mikä oli hieman enemmän aikaisempiin tutkimuksiin nähden. Kirjallisuuden mukaan hampun siementen kokonaisrasvapitoisuus vaihtelee välillä 300–327 g/kg ka (Mierlita 2018, Klir 2019, Luke 2023). Suomen viileä ilmasto saattaa vaikuttaa siementen korkeampaan rasvapitoisuuteen (Eynck ja Falk 2013) Hampun siemenen rasvahapoista noin 76,0 g/100 g on monitydyttymättömiä rasvahappoja (Pojić ym. 2014). Camelina ja hamppu sisältävät vähemmän raakarasvaa kuin rypsin siemen (489 g/kg ka), mutta raakavalkuaispitoisuus on rypsilä puolestaan pienempi (188 g/kg ka) (taulukko 1). Soijapavun siemen puolestaan sisältää keskimäärin enemmän raakavalkuaista (403 g/kg ka), mutta vähemmän raakarasvaa (211 g/kg ka) (taulukko 1).

Pienimuotoiset erot koostumuksissa kirjallisuuden, ja analyysitulosten välillä voivat johtua eri lajikkeista sekä eroavaisuuksista viljelykäytännöissä ja menettelytavoissa. Lisäksi eroihin saattaa vaikuttaa rasva-analyysissä käytetyt liuottimet, jotka voivat olla esimerkiksi asetonia tai petrolieetteriä. Asetoni ja petrolieetteri ovat orgaanisia liuottimia, joista asetoni liuottaa paremmin polaarisia yhdisteitä ja petrolieetteri puolestaan liuottaa paremmin polaarittomia yhdisteitä, kuten rasvahappoja (Nawaz ym. 2020). Tässä kokeessa oli käytössä petrolieetteri, mikä on tehokas rasvojen liuotin.

Hampun siemenissä kokonaisrasvapitoisuudet olivat korkeampia alhaisemman satotason siemenissä (365 g/kg ka), kuin korkeamman satotason siemenissä (339 g/kg ka). Kirjallisuuden perusteella siementen rasvapitoisuuden ja 1000 siemenen painon yhteydestä esitetään ristiriitaisia tuloksia. Vollmann ym. (2007) havaitsivat tutkimuksessaan, että siementen rasvapitoisuus oli suurempi, mitä pienempi 1000 siemenen paino. Abdollahin ym. (2020) tutkimuksen mukaan vastaavasti 1000 siemen paino oli yhteydessä satotasoon ja siemenen rasvapitoisuuteen niin, että korkeammalla sadolla myös 1000 siemenen paino oli suurempi ja rasvapitoisuus suurempi. Tsalikin ym. (2021) tutkimuksessa puolestaan ei ollut merkittävää yhteyttä satotason ja 1000 siemenen painon välillä, mutta 1000 siemenen painolla oli yhteys kasvukauteen niin, että suurin 1000 siemenen paino oli kolmannen vuoden sadossa verrattuna ensimmäisen ja toisen vuoden satoon. Satotasoissa ja siemen rasvapitoisuuksissa oli alueellisia eroja (Abdollahi ym. 2020). Kirjallisuuden perusteella siemenen rasvapitoisuuteen vaikuttavat valon ja kosteuden määrä, lajike, lämpötila sekä alueelliset erot (Abdollahi ym. 2020). Eynckin ja Falkin (2013) tutkimuksen mukaan pohjoisilla viljelyalueilla rasvapitoisuus on suurempi johtuen todennäköisesti siitä, että viileä ja kostea sää edistää siementen kypsymistä ja täyttymistä. Myös Šidlauskasin ja Tarakanovasin (2004) mukaan kasvuston tiheys ja sääolosuhteet näyttivät vaikuttavan kasvin typpipitoisuuteen, siemenen koostumukseen ja sadon määrään. Alhaisemmassa ilman lämpötilassa kasvin kasvu-aika on pidempi ja siemenen rasvapitoisuus kasvoi, lisäksi korkeampi maaperän kosteus vaikutti positiivisesti siementen rasvapitoisuuteen (Šidlauskas ja Tarakanovas 2004).

Rathken ym. (2004) mukaan typpilannoituksen määrä vaikutti rypsin siemenen koostumukseen ja satotasoon niin, että suurella typpilannoitusmäärällä siemenen rasvapitoisuus oli pienempi, mutta satotaso oli korkeampi. Lannoittamattomalla alueella siemenen rasvapitoisuus oli suurin, mutta satotaso pienin (Rathke ym. 2004). Hellerin ym. (2010) tutkimuksessa havaittiin pellavan siemenissä samankaltaisia tuloksia; rasvapitoisuus oli suurempi pienemmän sadon siemenissä ja pienempi sato oli luomutuotannossa verrattuna tavanomaiseen tuotantoon. Tutkimuksen mukaan siemenen paino vaikutti olevan yhteydessä rasvapitoisuuteen niin, että suuremmalla siemenen painolla myös rasvapitoisuus oli suurempi (Hellerin ym. 2010). Tässä kokeessa hampun kokonaisrasvapitoisuus tai raakavalkuaispitoisuus eivät eronneet tuotantomuodon mukaan, mutta alhaisemman sadon siemenissä rasvapitoisuus oli kuitenkin korkeampi.

Hampunsiemenen tuhkapitoisuus oli suurempi luomutuotannossa (60,7 g/kg ka) kuin tavanomaisessa tuotannossa (56,6 g/kg ka). Tämä voi johtua eroista satotasoissa luomun ja tavanomaisen välillä, sillä tuhkapitoisuus oli myös suurempi pienen satotason näytteissä (59,3 g/kg ka) kuin suuren satotason näytteissä (56,8 g/kg ka). Kirjallisuuden perusteella hampun siemenen tuhkapitoisuus on vaihdellut 47–60 g/kg ka välillä (Bailoni ym. 2021, Luke 2023). Poisan ym. (2010) mukaan hampun tuhkapitoisuus riippuu maan epäorgaanisten aineiden määrästä, jotka hampun imee itseensä kasvukauden aikana. Kuiva-ainepitoisuus puolestaan oli suurempi tavanomaisen tuotantomuodon siemenissä (926 g/kg) kuin luomutuotannossa (913 g/kg). Kuiva-ainepitoisuuteen Poisan ym. (2010) mukaan vaikuttaa typpilannoitus, korkeampi kuiva-aine ja typpilannoitus olivat yhteydessä korkeampaan satotasoon. Aikaisemmissa tutkimuksissa hampun siementen kuiva-aine oli 920 g/kg ka. Raakavalkuaispitoisuus camelinan siemenellä oli analyysitulosten mukaan 267–303 g/kg ka, mikä oli alhaisempi kuin kirjallisuudessa esitetty, 357 g/kg ka. Hampun siemenellä raakavalkuaispitoisuus oli 262–290 g/kg ka, mikä oli puolestaan hieman korkeampi kirjallisuuteen verrattuna, 260 g/kg ka. Iraklin ym. (2019) mukaan hampun siementen valkuaispitoisuuteen vaikuttaa etenkin lajike, heidän tutkimuksensa mukaan Finolassa oli korkeimmat valkuais- ja rasvapitoisuudet. Camelinan siementen NDF-pitoisuudet olivat huomattavasti alhaisemmat (131–154 g/kg ka) kirjallisuuteen verrattuna (253–299 g/kg ka) (Hurtaud ja Peyraud 2007, Almeida ym. 2013). Crowleyn ja Fröhlichin (1998) mukaan camelinan siemenen koostumukseen vaikuttivat lajike ja ympäristöolosuhteet, viljelykäytännöllä ei puolestaan ollut vaikutusta. Hampun siementen NDF-pitoisuudet olivat 211–279 g/kg ka, mitkä olivat vain hieman alhaisemmat, mitä kirjallisuudessa esitetty, 297 g/kg ka (Klir ym. 2019).

6.3 Haitta-aineet

Camelinan siementen glukosinolaattipitoisuudet olivat hieman korkeammat kirjallisuuteen verrattuna. Näytteiden glukosinolaattien yhteismäärissä oli suuria eroja, glukosinolaattipitoisuus oli lähes kaksinkertainen pienimmän ja suurimman siemenen välillä (15,7 vs. 26,3 mmol/kg ka). Tutkimusten mukaan glukosinolaattipitoisuudet vaihtelevat 13,6–24,6 mmol/kg ka välillä lajikkeesta riippuen (Russo ja Reggiani 2012, Russo ym. 2014). Camelinan glukosinolaattipitoisuudet ovat korkeita rypsiin, $2,08 \pm 0,74 \mu\text{mol/g}$ ka ja hampun, $3,80 \pm 0,27 \mu\text{mol/g}$ verrattuna (Mattila ym. 2018, Pojic

ym. 2014). Tutkimusten mukaan kasvien glukosinolaattipitoisuuteen vaikuttavat kasvuympäristö, maaperä ja rikkipitoisuus maaperässä, viljelykäytännöt ja ilmasto (Tripathi ja Mishra 2007, Lolli ym., 2020, Sarramone ym. 2020). Lisäksi eri lajikkeiden välillä on eroja glukosinolaattipitoisuuksissa (Russo ym. 2014). Direktiivin (2008/76/EY) mukaan camelinaa ja sen sivutuotteita voidaan kuitenkin käyttää eläinten rehuna edellyttäen, että glukosinolaattipitoisuus ei ole haitaksi eläinten terveydelle.

Matthäusin ja Zubrin (2000) mukaan camelinan glukosinolaattipitoisuus riippuu siemenen alkuperästä ja he havaitsivat, että talvilajikkeilla glukosinolaattipitoisuus oli suurin ja kesälajikkeilla pienin, yksi syy tähän oli erot maaperän rikkipitoisuudessa. Russo ja Reggiani (2014) havaitsivat päin vastasia tuloksia, sillä heidän mukaansa glukosinolaattipitoisuudet olivat suurempia kevätlajikkeissa verrattuna talvilajikkeisiin. Juodkan ym. (2022b) mukaan glukosinolaattipitoisuudet ovat korkeampia siemenpuristeissa kuin kokonaisissa siemenissä, koska glukosinolaatit jäävät puristeisiin öljynpuristuksen yhteydessä. Tämä voi rajoittaa niiden käyttöä eläinten ruokinnassa, koska yleensä ruokinnassa käytetään juuri puristeita ja rouheita, harvemmin kokonaisia siemeniä.

Kasvinjalostuksella voidaan kehittää rypsin tavoin camelinalajikkeita, joissa glukosinolaattipitoisuus on pienempi, mutta se vie aikaa. Suomessa ei tällä hetkellä ole käytössä kasvinjalostusohjelmaa camelinalle. Euroopassa on saatu jalostettua lajikkeita, missä glukosinolaattipitoisuudet ovat alhaisempia (Lolli ym. 2020). Lollin ym. (2020) tutkimuksen mukaan camelinapuristeen glukosinolaattipitoisuus oli 15,5 mmol/kg ka ja sitä kokeiltiin munijakanojen ruokinnassa 100 g/kg ja 200 g/kg annoksina. Ruokinnan kokonaisglukosinolaattipitoisuudet olivat 100 g/kg annoksella $1,66 \pm 0,08$ mmol/kg ka ja 200 g/kg annoksella $3,37 \pm 0,02$ mmol/kg ka (Lolli ym. 2020). Tutkimuksen mukaan myös isompi camelina-annos sopi kanojen ruokintaan, koska sillä ei havaittu negatiivisia vaikutuksia kanojen munantuotantoon tai kasvuun (Lolli ym. 2020).

Glukosinolaatit ovat goitrogeenisia yhdisteitä, jotka suurina määrinä heikentävät kilirauhashormonin toimintaa ja vaikeuttaa jodin saatavuutta kilpirauhasessa (Tripathi ja Mishra 2017). Jodi on välttämätön ravintoaine kilpirauhasen toiminnalle (Erlund ym. 2017). Trøan ja Prestløyken (2015) tutkimuksen mukaan lisääntynyt glukosinolaattipitoisuus lypsylehmien ruokinnassa oli yhteydessä vähentyneeseen jodipitoisuuteen lehmien maidossa, suurimalla glukosinolaatti -määrällä maidon jodi pitoisuus oli merkittävästi pienempi verrattuna pienempiin glukosinolaatti -määriin.

Ruokinnassa käytettiin rypsipuristetta, missä glukosinolaattipitoisuus oli matala (0,93 mmol/kg) tai korkea (13,95 mmol/kg) sekä lisäksi rypsirouhetta, missä glukosinolaattipitoisuus oli 6,05 mmol/kg (Trøan ja Prestløyken 2015). Maito ja maitovalmisteet ovat merkittäviä jodin lähteitä suomalaisille, sillä noin kolmannes jodista saadaan maitovalmisteiden kautta (Erlund ym. 2017).

Russon ja Reggianin (2017) mukaan munijakanoilla tuotos häiriintyy, mikäli glukosinolaattipitoisuus rehussa on yli 2,5 mmol/kg. Tämän mukaan, että camelinarouhe voi sisältää jopa 25 mmol/kg glukosinolaatteja, koska täysrehuissa glukosinolaattien laimennuskerroin on 10-kertainen (Russo ja Reggiani 2017).

Lypsylehmä saa valkuaisista nurmisäilörehusta, mutta maitotuotoksen tueksi käytetään täydennysvalkuaisrehua, jonka määrä yleensä riippuu lehmien tuotoksesta. Jos oletetaan, että 43,2 kg/pv maitotuotoksella lypsylehmälle annetaan täydennysvalkuaisrehua 1,5 kg/pv (kuiva-aine 870 g/kg) tai 3 kg/pv (kuiva-aine 873 g/kg) (Pursiainen ym., 2008) ja täydennysvalkuaisrehun glukosinolaattipitoisuus vastaa nyt tehdyn tutkimuksen minimi- tai maksimimäärää (15,7 tai 26,3 mmol/kg ka), saadaan glukosinolaattien saanniksi:

$$1500 \text{ g} * 0,870 \text{ g/kg} * 0,0157 \text{ mmol/kg} = 20,5 \text{ mmol/pv}$$

$$1500 \text{ g} * 0,870 \text{ g/kg} * 0,0263 \text{ mmol/kg} = 34,3 \text{ mmol/pv}$$

$$3000 \text{ g} * 0,873 \text{ g/kg} * 0,0157 \text{ mmol/kg} = 41,1 \text{ mmol/pv}$$

$$3000 \text{ g} * 0,873 \text{ g/kg} * 0,0263 \text{ mmol/kg} = 68,9 \text{ mmol/pv}$$

Trøan ym. (2018) tutkimuksen mukaan rypsituotteet lypsylehmien ruokinnassa vähensivät maidon jodipitoisuutta, vaikka käyttäisi alhaisen glukosinolaattipitoisuuden omaavia lajikkeita. Heidän mukaansa jodin saanti väheni rypsipuristeen määrän lisääntyessä, mutta jo 0,96 mmol/pv glukosinolaattisaanti vaikutti maidon jodipitoisuuteen ja heikensi jodin siirtymistä maitoon.

Trypsiini-inhibiittoriaktiivisuudet olivat camelinanäytteissä 15,0–22,2 TIA/mg ka ja hampunäytteissä välillä 4,29–4,9 TIA/mg ka. Hampunäytteiden pitoisuudet olivat keskimäärin korkeammat suuremman sadon siemenissä (4,29 TIA/mg ka) verrattuna pienemmän sadon siemeniin (4,07 TIA/mg ka). Kirjallisuuden mukaan TIA-pitoisuudet olivat camelinan siemenissä 12,1–18,0 TIA/mg ka ja hampun siemenissä 10,8–27,7

TIA/mg ka (Almeida ym. 2013, Galasson ym. 2016). Hampun siementen TIA-pitoisuudet olivat tämän kokeen tulosten mukaan huomattavasti alhaisemmat kuin kirjallisuudessa esitetyt ja camelinalla puolestaan keskimäärin hieman korkeammat. Galasson ym. (2016) mukaan hampun TIA-pitoisuudet eivät ole vaarallisen korkealla tasolla ja esimerkiksi soijapavun TIA-pitoisuus (37,5 TIA/mg ka, Zheng ym. 2017) on korkeampi. Russon ja Reggianin (2013) tutkimus osoitti, että haitta-aineiden määrässä on suuria eroja eri hampulajikkeiden välillä. Cipollini ja Bergelson (2001) mukaan siemenen trypsiini-inhibiittori-pitoisuus oli alhaisempi suurella kasvitihedellä ja pienemmällä lannoitusmäärällä (Cipollini ja Bergelson 2001).

Haitta-aineisiin voidaan vaikuttaa eri prosessointimenetelmillä. Boran (2014) mukaan lämpökäsittely on tehokas menetelmä proteaasi-inhibiittoreiden rakenteen tuhoamiseksi. Tripathin ja Mishran (2007) mukaan glukosinolaattien määrää pystyttiin vähentämään mikronisoinnin ja ekstruusion avulla. Haitta-aineiden kemialliset ominaisuudet ja rakenne vaikuttavat siihen, mikä prosessointimenetelmää toimii haitta-aineiden vaikutuksien minimoimiseksi (Bora 2014).

Kirjallisuuden mukaan camelina ja hamppu sopivat siemenen kemiallisen koostumuksen puolesta hyvin osaksi märehelijöiden ruokintaa ja kohtuullisilla annoksilla myös yksimahaisille. Camelinan ja hampun todettu parantavan maidon, lihan ja kananmunien rasvahappokoostumusta (Hurtaud ja Peyraud 2007, Paula ym. 2019, Sarramone ym. 2020) Märehelijöillä glukosinolaattien vaikutukset eivät ole vakavia, mutta muun muassa pötsin haihtuvien rasvahappojen tuotannon on havaittu vähentyvän liian suuresta glukosinolaattien määrästä (Tripathi ja Mishra 2007). Yksimahaisilla suurien glukosinolaattimäärien on todettu aiheuttavan jodin puutetta, vähentävän kasvua ja heikentävän syöntiä sekä tuotosta (Almeida ym. 2013, Pekel ym. 2015, Tripathi ja Mishra 2007).

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tulosten mukaan hampun satotasoissa esiintyi vaihtelua ja myös kirjallisuuden mukaan satotasot vaihtelivat paljon. Hypoteesin mukaisesti luomutuotannossa satotasot ovat pienempiä, mikä johtuu osin lannoituseroista tuotantomuotojen välillä. Kirjallisuudesta poiketen ja hypoteesin vastaisesti lannoituksella ei havaittu olevan yhteyttä hampun satotasoon. Tulosten mukaan typpilannoitus ei ollut suoraan yhteydessä satotasoon, mutta tuotantomuoto oli kuitenkin yhteydessä satotasoon ja typpilannoitus puolestaan oli yhteydessä tuotantomuotoon. Hampun pieniä ja suuria satotasoja löytyi samoista maakunnista, joten maantieteellinen sijainti ei vaikuttaisi ennustavan hampun satotasoa. Satotasotiedot ja lannoitusmäärät perustuvat viljelijöiden omiin tietoihin ja arvioihin, mikä saattaa hieman vaikuttaa tuloksiin.

Hypoteesin mukaisesti hampun siementen koostumuksessa esiintyi vaihtelua. Tulosten mukaan vaihtelua oli siementen kokonaisrasvapitoisuudessa ja tuhkapitoisuudessa niin, että pitoisuudet olivat suuremmat pienemmässä satotasossa. Myös kirjallisuuden perusteella siementen rasvapitoisuus vaikuttaa olevan suurempi pienemmän sadon siemenissä. Tuotantomuoto puolestaan vaikutti hampun siemenen kuiva-ainepitoisuuteen ja tuhkapitoisuuteen. Hampun siementen TIA-pitoisuus oli suurempi suuremmassa satotasossa.

Tämän kokeen analyysitulosten ja kirjallisuuden perusteella camelina ja hamppu soveltuvat siemenen koostumuksen, glukosinolaattipitoisuuden ja trypsiini-inhibiittoriaktiivisuuden perusteella osaksi kotieläinten ruokintaa täydennysvalkuaisrehuna.

Tutkielma antoi arvokasta tietoa hampun viljelymenetelmistä. Lisäksi siementen kemiallisten koostumusten analysointi ja haitta-ainemääritykset antoivat tukea jo aiemmin kirjallisuudessa tutkitulle asialle. Aihe on tärkeä myös siksi, että camelinan ja hampun haitta-ainepitoisuuksista Suomessa viljeltäessä ei ole vielä tietoa. Tietoa camelinan ja hampun käytöstä eläinten ruokinnassa tarvitaan kuitenkin lisää. Etenkin hampun soveltuvuutta osana nautojen valkuaisruokintaa tulisi tutkia enemmän. Tutkimustuloksia aiheesta on tällä hetkellä vähän, mikä on luultavasti yksi syy siihen, että camelinaa ja hampua ei vielä yleisesti käytetä osana eläinten ruokintaa.

8 KIITOKSET

Lämmin kiitos ohjaajalleni tutkijatohtori Marjukka Lammiselle tuesta ja neuvoista koko tutkielman prosessin ajan. Kiitos Helsingin yliopiston kotieläintieteen laboratorion väki opeista ja analyysien loppuun viemisestä. Lopuksi haluan kiittää tuesta ja avusta kotijoukkoja, jotka mahdollistivat opiskelun työn ja lasten ohella.

LÄHTEET

- Abdollahi, M., Sefidkon, F., Calagari, M., Mousavi, A. & Mahomoodally, M.F. 2020. A comparative study of seed yield and oil composition of four cultivars of Hemp (*Cannabis sativa* L.) grown from three regions in northern Iran. *Industrial Crops and Products*, 2020, 152.
- Ahmadvandi, H.R., Zeinodini, A., Ghobadi, R. & Gore, M. 2021. Benefits of Adding Camelina to Rainfed Crop Rotation in Iran: A Crop with High Drought Tolerance. *Agrotechniques in Industrial Crops*, 2021, 1(2): 91-96.
- Alexander, J., Auðunsson, G.A., Benford, D., Cockburn, A., Cravedi, J-P., Dogliotti, E., Di Domenico, A., Fernández-Cruz, M.L., Fürst, P., Fink-Gremmels, J., Galli, C.L., Grandjean, P., Gzyl, J., Heinemeyer, G., Johansson, N., Mutti, A., Schlatter, J., Van Leeuwen, R., Van Peteghem, C. & Verger, P. 2007. Glucosinolates as undesirable substances in animal feed. Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain. *The EFSA Journal* (2008) 590, 1–76.
- Almeida, F.N., Htoo, J.K., Thomson, J. & Stein H.H. 2013. Amino acid digestibility in camelina products fed to growing pigs. *Canadian Journal of Animal Science* 2022, 93: 335-343.
- Aronen, I., Valkonen, E., Tupasela, T., Hiidenhovi, J. & Valaja, J. 2009. The effect of Camelina sativa cake on fatty acid composition and sensory quality of eggs and broiler meat. Raisio Feed Ltd. MTT Agrifood Research Finland.
- Aziza, A.E., Panda, A.K., Quezada, N. & Cherian, G. 2013. Nutrient digestibility, egg quality, and fatty acid composition of brown laying hens fed camelina or flaxseed meal. *Journal of Applied Poultry Research* 2013, 22 :832–841.
- Bailoni, L., Bacchin, E., Trocino, A. & Arango, S. 2021. Hemp (*Cannabis sativa* L.) Seed and Co-Products Inclusion in Diets for Dairy Ruminants: A Review. *Animals* 2021, 11, 856.
- Bayat, A.R., Kairenius, P., Stefański, T., Leskinne, H., Comtet-Marre, S., Forano, E., Chaucheyras-Durand, F., Shingfield, K.J. 2015. Effect of camelina oil or live yeasts (*Saccharomyces cerevisiae*) on ruminal methane production, rumen fermentation, and milk fatty acid composition in lactating cows fed grass silage diets. *Journal of Dairy Science*, 2015, 98: 3166–3181.
- Bora, P. 2014. Anti-Nutritional Factors in Foods and their Effects. *Journal of Academia and Industrial Research* 2014, 3: 6.

- Callaway, J.C. 2004. Hempseed as a nutritional resource: An overview. *Euphytica* 2004, 140: 65–72.
- Cipollini, D-F. & Bergelson, J. 2001. Plant Density and Nutrient Availability Constrain Constitutive and Wound-induced Expression of Trypsin Inhibitors in *Brassica napus*. *Journal of Chemical Ecology*, 2001, 27, 3.
- Ciurescu, G., Ropota, M., Toncea, I. & Habeanu, M. 2016. Camelia (*Camelina sativa* L. Crantz Variety) Oil and Seeds as n-3 Fatty Acids Rich Products in Broiler Diets and Its Effects on Performance, Meat Fatty Acid Composition, Immune Tissue Weights, and Plasma Metabolic Profile. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2016, 18:315-326.
- Crowley, J.G. & Fröhlich, A. 1998. Factors affecting the composition and use of camelina. European Agricultural Guidance and Guarantee Fund.
- Erlund I., Tapanainen, H., Arohonka, P., Valsta, L., Råman, L., Kaartinen, N., Ali-Kovero, K., Aalto, S., Reinivuo, H., Virtanen, S. 2017. Jodin saanti ja elimistön joditila. Ravitseemus Suomessa – FinRavinto 2017 -tutkimus.
- Euroopan komission direktiivi 2008/76/EY. Euroopan Yhteisöjen komissio 25,7,2008. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=CELEX:32008L0076>
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2002/32/EY. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:02002L0032-20171225jafrom=PT>
- Euroopan Unionin direktiivi 2860/2000. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:32000R2860jaqid=1469284457545>
- European Food Safety Authority, EFSA 2015. Scientific Opinion on the risks for human health related to the presence of tetrahydrocannabinol (THC) in milk and other food of animal origin. *EFSA Journal* 2015;13(6):4141.
- Eurostat 2022. Crop production in EU standard humidity. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/APRO_CPSH1_custom_1780_282/default/table?lang=ene
- Eynck, C. & Falk, K.C. 2013. *Camelina* (*Camelina Sativa*). Teoksessa: Singh, B. (toim.) *Biofuel Crops: Production, Physiology and Genetics*. London, UK. 370–385.
- Feedipedia. Animal feed resources information. <https://www.feedipedia.org/>
- Fukase, E. & Martin, W. 2020. Economic growth, convergence, and world food demand and supply. *World Development* 132 (2020) 104954.

- Galasso, I., Russo, R., Mapelli, S., Ponzoni, E., Brambilla, I.M., Battelli, G. & Reggiani, R. 2016. Variability in Seed Traits in a Collection of *Cannabis sativa* L. Genotypes. *Frontiers in Plant Science* 2016, 7.
- Halmemies-Beauchet-Filleau, A., Shingfield, K.J., Simpura, I., Kokkonen, T., Jaakkola, S., Toivonen, V. & Vanhatalo, A. 2017. Effect of incremental amounts of camelina oil on milk fatty acid composition in lactating cows fed diets based on a mixture of grass and red clover silage and concentrates containing camelina expeller. *Journal of Dairy Science* 2017, 100:305–324.
- Heller, K., Andruszewska, A. & Wielgusz, K. 2010. The cultivation of linseed by ecological methods. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2010, 55:3.
- Hilbrands, A.M., Johnston, L.J., Cox, R.B., Forcella, F., Gesch, R. & Li, Y.Z. 2021. Effects of increasing dietary inclusion of camelina cake on growth performance of growing-finishing pigs. *Translational Animal Science* 2021, 5:1-10.
- Hurtaud, C. & Peyraud, J.L. 2007. Effects of Feeding Camelina (Seeds or Meal) on Milk Fatty Acid Composition and Butter Spreadability. *Journal of Dairy Science* 2007, 90:5134–5145.
- Irakli, M., Tsaliki, E., Kalivas, A., Kleisiaris, F., Sarrou, E. & Cook, C. 2019. Effect of Genotype and Growing Year on the Nutritional, Phytochemical, and Antioxidant Properties of Industrial Hemp (*Cannabis sativa* L.) Seeds. *Antioxidants*, 2019, 8:10, 491.
- Jaakkola, S. 2001. Glukosinolaatit ja niiden hajoamistuotteet kasvinsuojelussa. Teoksessa: Hyvärinen, H. (toim.). *Kasvipiperäiset biomolekyylit -glukosinolaatit. Kirjallisuuskatsaus. MTT, sarja A, 90, 32–49.*
- Jansik, C 2022. Öljy- ja valkuaismarkkinat. Teoksessa: Latvala, T., Väre, M. ja Niemi, J. *Maa- ja elintarviketalouden suhdannekatsaus 2022. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 44/2022, Luonnonvarakeskus.* <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-434-0>
- Juodka, R., Juskiene, V., Juska, R., Leikus, R., Stankeviciene, D., Kadziene, G. & Nainiene, R. 2022a. The effect of dietary hemp and camelina cakes on liver fatty acid profile of ducks. *Journal of Applied Animal Research* 2022, Vol. 50:1, 152-160.

- Juodka, R., Nainienė, R., Juškienė, V., Juška, R., Leikus, R., Kadžienė, G. & Stankevičienė, D. 2022b. Camelina (*Camelina sativa* (L.) Crantz) as Feedstuffs in Meat Type Poultry Diet: A Source of Protein and n-3 Fatty Acids.
- Karlsson, L., Finell, M. & Martinsson, K. Effects of increasing amounts of hempseed cake in the diet of dairy cows on the production and composition of milk. *Animal* 2010; 4:10, 1854–1860.
- Keski-Saari, S., Kuittinen, S., Pappinen, R., Pappinen, A. & Keinänen, M. 2022. Öljy- ja kuituhampun mahdollisuudet uusien hampputuotteiden raaka-aineena. Loppuraportti, Hankenumero 112972. Ympäristö- ja biotieteiden laitos, Metsätieteiden osasto. Itä-Suomen Yliopisto.
- Keskitalo, M. 2001. Glukosinolaattien biokemia ja esiintymiseen vaikuttavat kasvutekijät. Teoksessa: Hyvärinen, H. (toim.). Kasviperäiset biomolekyylit - glukosinolaatit. Kirjallisuuskatsaus. MTT, sarja A, 90, 32–49. <http://www.mtt.fi/asarja/pdf/asarja90.pdf>
- Klir, Ž., Novoselec, J. & Antunović, Z. 2019. An overview on the use of hemp (*Cannabis sativa* L.) in animal nutrition. *Poljoprivreda* 25:2019 (2) 52–61.
- Laine, A. 2017. Öljyhamppu. FutureCrops – Uusia kasvilajeja tuotantoon, tietoa ja elämyksiä kysynnän ja liiketoiminnan tueksi. Luonnonvarakeskus.
- Liu, K., Seegers, S., Cao, W., Wanasundara, J., Chen, J., Esteves da Silva, A., Ross, G., Franco, A.L., Vrijenhoek, T., Bhowmik, P., Li, Y., Wu, X. & Bloomer, S. 2020. An International Collaborative Study on Trypsin Inhibitor Assay for Legumes, Cereals, and Related Products. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 98: 375–390.
- Lolli, S., Grilli, G., Ferrari, L., Battelli, G., Pozzo, S., Galasso, I., Russo, R., Brasca, M., Reggiani, R. & Ferrante, V. 2020. Effect of Different Percentage of Camelina sativa Cake in Laying Hens Diet: Performance, Welfare, and Eggshell Quality. *Animals* 2020, 10, 1396.
- Luke 2020. Viralliset lajikekokeet, kevättrypsi, 2013–2020. Luke tutkimustulostietokannat.
- Luke 2023. Rehutaulukot. Luke tutkimustulostietokannat.
- Luke 2022b. Viralliset lajikekokeet, kevättrapsi, 2015–2022. Luke tutkimustulostietokannat.

- Macedo, M.N., DeFries, R.S., Morton, D.C., Stickler, C.M., Galford, G.L. & Shimabukuro, Y.E. 2012. Decoupling of deforestation and soy production in the southern Amazon during the late 2000s. *PNAS*, 2012, 109: 4, 1341-1346.
- Malvisalo, T. & Luotola, E. 2020. Hampun tuotannon ja käyttömahdollisuuksien esiselvitys. Hankenumero: 112781.
- Mattila, P., Pihlava, J-M., Hellström, J., Nurmi, M. Eurola, M., Mäkinen, S., Jalava, T. & Pihlanto, A. 2018. Contents of phytochemicals and antinutritional factors in commercial protein-rich plant products.
- Mierliță, D. 2018. Effects of diets containing hemp seeds or hemp cake on fatty acid composition and oxidative stability of sheep milk. *South African Journal of Animal Science* 2018, 48:3.
- Mierlita, D. & Vicas, S. 2015. Dietary effect of silage type and combination with camelina seed on milk fatty acid profile and antioxidant capacity of sheep milk. *South African Journal of Animal Science* 2015, 45:1.
- Moser, B.R. 2010. Camelina (*Camelina sativa* L.) oil as a biofuel's feedstock: Golden opportunity or false hope? *Lipid Technology* December 2010, 22: 12.
- Mustafa, A., McKinnon J. & Christensen, D. 1999. The nutritive value of hemp meal for ruminants. *Canadian Journal of Animal Science* 1999; 79.
- Matthäus, B. & Zubr, J. 2000. Variability of specific components in *Camelina sativa* oilseed cakes. *Industrial Crops and Products* 2000, 12: 9–18.
- Na, G., Mu, X., Grabowski, P., Scmutz, J. & Lu, C. 2019. Enhancing microRNA167A expression in seed decreases the α -linolenic acid content and increases seed size in *Camelina sativa*. *The Plant Journal*, 2019, 98: 346–358.
- Nawaz, H., Shad, M., Rehman, N., Andaleeb, H. & Ullah, N. 2020. Effect of solvent polarity on extraction yield and antioxidant properties of phytochemicals from bean (*Phaseolus vulgaris*) seeds. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2020,56.
- Nchama, C.N.N., Fabro, C., Baldini, M., Saccà, E., Foletto, V., Piasentier, E., Sepulcri, A. & Corazzin, M. 2022. Hempseed By-Product in Diets of Italian Simmental Cull Dairy Cows and Its Effects on Animal Performance and Meat Quality. *Animals* 2022, 12, 1014.
- NorFor. Feed Table. <http://feedstuffs.norfor.info/>
- Norokytö Noora 2013. Öljyhamppu, opas viljelyyn ja käsittelyyn. Turun ammattikorkeakoulun puheenvuoroja 75. Tampere 2013.

- Obour, A.K., Sintim, H.Y., Obeng, E. & Jeliakov, V.D. 2015. Oilseed Camelina (*Camelina sativa* L Crantz): Production Systems, Prospects and Challenges in the USA Great Plains. *Advances in Plants ja Agriculture Research* 2015, 2(2): 00043.
- Orczewska-Dudek, S. & Pietras, M. 2019. The Effect of Dietary Camelina sativa Oil or Cake in the Diets of Broiler Chickens on Growth Performance, Fatty Acid Profile, and Sensory Quality of Meat. *Animals* 2019, 9, 734.
- Oryschak, M.A., Christianson, C.B. & Beltranena, E. 2020. Camelina sativa cake for broiler chickens: effects of increasing dietary inclusion on clinical signs of toxicity, feed disappearance, and nutrient digestibility. *Animal Science* 2020, 4:1263–1277.
- Papastylianou, P., Kakabouki, I. & Travlos, I. 2018. Effect of Nitrogen Fertilization on Growth and Yield of Industrial Hemp (*Cannabis sativa* L.).
- Paula, E.M., Galoro da Silva, L., Brandao, V.L.N., Dai, X. & Faciola, A.P. 2019. Feeding Canola, Camelina, and Carinata Meals to Ruminants. *Animals* 2019, 9, 704.
- Pekel, A.Y., Kim, J.I., Chapple, C. & Adeol, O. 2015. Nutritional characteristics of camelina meal for 3-week-old broiler chickens. *Poultry Science*, 2015.
- Piotrowski & Carus, M. 2011. Ecological benefits of hemp and flaxcultivation and products. Nova Institut, 2011.
- Pojic, M., Aleksandra Mis´an, A., Sakacˇ, M., Hadnađev, T.D., Šaric´, B., Milovanovic, I. & Hadnađev, M. 2014. Characterization of Byproducts Originating from Hemp Oil Processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2014, 62, 12436–12442.
- Pursiainen, P., Jaakkola, S., Tuori, M., Rinne, M. & Vanhatalo, A. 2008. Rypsi- ja soijapuriste puna-apilasäilörehun valkuaistäydennyksenä. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote nro 23.
- Rathke, G.-W., Christen, O. & Diepenbrock, W. 2004. Effects of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown in different crop rotations. *Field Crops Research*, 2005, 94: 103–113.
- Russo, R., Galasso, I. & Reggiani, R. 2014. Variability in Glucosinolate Content among Camelina Species. *American Journal of Plant Sciences*, 2014, 5, 294-298.
- Russo, R. & Reggiani, R. 2012. Antinutritive Compounds in Twelve Camelina sativa Genotypes. *American Journal of Plant Sciences*, 2012, 3, 1408-1412.

- Russo, R. & Reggiani, R. 2013. Variability in Antinutritional compounds in Hempseed meal of Italian and French varieties. *Plant* 2013; 1(2): 25-29.
- Russo, R. & Reggiani, R. 2017. Glucosinolates and Sinapine in Camelina Meal. *Food and Nutrition Sciences*, 2017,8,12.
- Sarramone, J.P., Gervais, R., Benchaar, C. & Chouinard, P.Y. 2020. Lactation performance and milk fatty acid composition of lactating dairy cows fed Camelina sativa seeds or expeller. *Animal Feed Science and Technology* 270, 2020; 114697.
- Semwogerere, F., Katiyatiya, C.L.F., Chikwanha, O.C., Marufu, M.C. & Mapiye, C. 2020. Bioavailability and Bioefficacy of Hemp By-Products in Ruminant Meat Production and Preservation: A Review. *Frontiers in Veterinary Science*, 2020, Vol 7, 572906.
- Šidlauskas, G. & Tarakanovas, P. 2004. Factors affecting nitrogen concentration in spring oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Plant Soil Environment*, 2004, 50, 5: 227–234.
- Suomen kasvilajikeluettelo 2022. Lajikkeet ja alkuperäiskasvit. Ruokavirasto.
- Štastník, O., Jůzl, M, Karásek, F., Fernandová, D., Mrkvicová, E., Pavlata, L., Nedomová, S., Vyhnánek, S., Trojan, V. & Doležal, P. 2019. The effect of hempseed expellers on selected quality indicators of broiler chicken's meat. *Acta Vet. BRNO* 2019, 88: 121–128.
- Taranu, I., Gras, M., Pistol, G.C., Motiu, M., Marin, D.E., Lefter, N., Ropota, M. & Habeanu, M. 2014. PUFA Rich Camelina Oil By-Products Improve the Systemic Metabolism and Spleen Cell Functions in Fattening Pigs. *Plos One* 2014, Vol 9, 10.
- Toncea, I. 2014. The seed yield potential of Camelia-first Romanian cultivar of Camelina (*Camelina sativa* L. Crantz). *Romanian Agricultural Research*, 2014: 31.
- Tripathi, M.K. & Mishra, A.S. 2007. Glucosinolates in animal nutrition: A review. *Animal Feed Science and Technology* 132 (2007) 1–27.
- Trøan, G., Pihlava, J-M., Brandt-Kjelsenc, A., Salbuc, B & Prestløyken, E. 2018. Heat-treated rapeseed expeller press cake with extremely low glucosinolate content reduce transfer of iodine to cow milk. *Animal Feed Science and Technology*, 2018, Vol., 239: 66-73.

- Trøan, G. & Prestløyken, E. 2015. Effect of different rapeseed products and increasing glucosinolate intake on iodine concentration in cow milk. *Ruminant Nutrition*.
- Tsaliki, E., Kalivas, A., Jankauskiene, Z., Irakli, M., Cook, Grigoriadis, C., Panoras, I., Vasilakoglou, I. & Dhima, K. 2021. Fibre and Seed Productivity of Industrial Hemp (*Cannabis sativa* L.) Varieties under Mediterranean Conditions. *Agronomy* 2021, 11(1), 171.
- Valaja, J., Valkonen, E., Venäläinen, E., Tupasela, T. & Hiidenhovi, J. 2008. Camelinapuriste siipikarjan ruokinnassa. Suomen Maataloustieteellisen seuran tiedote, nro 23.
- Valantin-Morison, M. & Meynard, J.M. 2008. Diagnosis of limiting factors of organic oilseed rape yield. A survey of farmers' fields. *Agronomy Sustainable Development*, 2008, 28: 527–539.
- Vastolo A., Calabrò S., Pacifico., Koura B.I. & Cutrignelli M.I. 2021. Chemical and nutritional characteristics of *Cannabis sativa* L. co-products. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 2021; 105:1-9.
- Vehovský, K., Stupka, R., Zadinová, K., Šprysl, M., Okrouhlá, M., Lebedová, N., Mlyneková, E., Čítek, J. 2019. Effect of dietary rapeseed and soybean oil on growth performance, carcass traits, and fatty acid composition of pigs. *Brazilian Journal of Animal Science*, 2019, 48.
- Virkajärvi, P & Kangas, A. 2005. Öljyhampun viljelytekniikka. MTT, Pohjois-Savon tutkimusasema, Maaninka MTT, Etelä-Pohjanmaan tutkimusasema, Ylistaro.
- Virtanen, T. 2021. Öljyhampun markkinat kasvavat – katso vinkit viljelyyn. VYR, Viljelyn yhteistyöryhmä.
- 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* 2020, 11:28.
- Vollmann, J., Moritz, T., Kargl, C., Baumgartner, S. & Wagentristl, H. 2007. Agronomic evaluation of camelina genotypes selected for seed quality characteristics. *Industrial Crops and Products* 26: 270–277.
- VYR 2018. Viljelyalat lajikkeittain 2018. Viljelyalan yhteistyöryhmä.
- VYR 2021. Viljelyalat lajikkeittain 2021. Viljelyalan yhteistyöryhmä.
- Waraich¹, E.A., Ahmed, Z., Ahmad, R., Ashraf, M.Y., Saifullah, Naeem, M.S. & Rengel, Z. 2013. *Camelina sativa*, a climate proof crop, has high nutritive value and

multiple uses: a review. *Australian Journal of Crop Science* 2013, 7(10):1551-1559.

Zheng, L., Li, D., Li, Z.-L., Kang, L.-N., Jiang, Y.-Y., Liu, X.-Y., Chi, Y.-P., Li, Y.-Q. & Wang, J.-H. 2017. Effects of *Bacillus* fermentation on the protein microstructure and anti-nutritional factors of soybean meal. *Letters in Applied Microbiology*.

LIITE 1: Viljelijäkysely osa 1**Trans Farm öljyhampun viljelijäkysely 2022 osa 1.**

*Pakollinen

1. Etunimi *

2. Sukunimi *

3. Maakunta *

Merkitse vain yksi soikio.

- Ahvenanmaa
- Etelä-Karjala
- Etelä-Pohjanmaa
- Etelä-Savo
- Kainuu
- Kanta-Häme
- Keski-Pohjanmaa
- Keski-Suomi
- Kymenlaakso
- Pirkanmaa
- Pohjanmaa
- Pohjois-Karjala
- Pohjois-Savo
- Päijät-Häme
- Satakunta
- Uusimaa
- Varsinais-Suomi

4. Paikkakunta *

5. Tuotantomuoto *

Merkitse vain yksi soikio.

- Tavanomainen
- Luomu

6. Öljyhampun kylvöala ha

7. Öljyhampun esikasvi

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- Kevätviljat
- Syysviljat
- Nurmi
- Herne/härkäpapu
- Öljykasvi Muu:
- _____

8. Esikasvilla käytetyt rikkakasviaineet

9. Maalaji *

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- Eloperäinen
- Hieta
- Hiesu
- Savi
- Muu:
- _____

10. Syysmuokkaus

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- Kyntö
- Kultivointi
- Lautasmuokkaus
- Sänki Muu:
- _____

11. Kevätmuokkaus

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- Kyntö
- Kultivointi
- Lautasmuokkaus
- Joustopiikkiäestys
- Jyrsiminen
- Suorakylvö
- Muu:
- _____

12. Glyfosaattivalmisteen käyttö ennen kylvöä

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- Kyllä
- Ei

13. Kylvöajankohta *

Esimerkki: 7,1,2019

14. Kylvösiemenmäärä kg/ha *

15. Kylvösiemenerän itävyys-% *

16. Kylvösyvyys

Merkitse vain yksi soikio.

1 cm

2 cm

3 cm

4 cm

17. Pellon forforiluokka

Merkitse vain yksi soikio.

Huono

Huononlainen

Välttävä

Tyydyttävä

Hyvä

Korkea

Arveluttavan korkea

18. Lannoitelaji *

esim. 26-0-1-4 tai sian kuivalanta

19. Lannoitteen määrä kg/ha tai l/ha *

20. Typpilannoituksen määrä N kg/ha tai l/ha *

21. Aluskasvi

Merkitse vain yksi soikio.

- Apilat
- Monivuotinen nurmi tai nurmiseos
- Yksivuotinen nurmi tai nurmiseos
- Ei aluskasvia Muu:
- _____

22. Taimettumisvaiheen sääolot

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- Normaalit
- Kuivaa
- Lämmintä Kostea
- Märkää
- Lohkolla kuorettumista
- Kylmää
23. Monta yksilöä taimettui neliölle *

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- < 50 kpl/m²
- 50-75 kpl/m²
- 75-100 kpl/m²
- 100-125 kpl/m²
- 125-150 kpl/m²
- 150 kpl/m² tai enemmän

24. Rikkakasvien määrä

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- Vähän
 Kohtalaisesti
 Runsaasti

25. Hamppukasvuston peittävyys

Merkitse vain yksi soikio.

- Kasvusto peittää rikat kokonaan
 Kasvusto peittää rikat osittain Kasvusto ei
 juurikaan peitä rikkoja Muu:

26. Rikkahavainnot

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- Savikka
 Tatar-kasvit
 Matara
 Juolavehänä/heinämäiset rikkakasvit
 Muut leveälehtiset rikkakasvit
 Jääntivilja Muu:

27. Pölyttäjäkasvien (hede) ja satoa tuottavien kasvien (emi) suhde (%). Hedekasvit kuihtuvat pois pölytyksen jälkeen, heinäkuun alkupuolella hedekasveilla isompi kukka

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- Hedekasveja 50 % - emikasveja 50 %
- Hedekasveja 55 % - emikasveja 45 %
- Hedekasveja 60 % - emikasveja 40 %
- Emikasveja 55 % - hedekasveja 45 %
- Emikasveja 60 % - hedekasveja 40 % Muu:
- _____

28. Muuta huomioitavaa, esimerkiksi kasvuston tasaisuus, päisteet ym.

29. Miten päädyit viljelemään öljyhamppua?

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- Halusin monipuolistaa tilamme viljelykiertoa.
- Viljelen Kuminaa ja haluan nyt kokeilla myös öljyhamppua.
- Kaipasin vaihtelua viljelykiertoon.
- Öljyhampun hyvän esikasviarvon takia.
- Näin ilmoituksen netissä.
- Uteliaisuudesta/kokeilunhalusta Kaveri suositteli.
- Toivon saavani parempaa taloudellista tulosta öljyhampun viljelyllä.
- Arvostan öljyhampun tehokasta hiilensidontakykyä.
- Muu:

30. Mistä etsit tietoa öljyhampun viljelykäytännöistä?

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- Trans Farmin verkkosivulta viljelyoppaasta.
 - Soitin Trans Farmin viljelyneuvojalle.
 - Trans Farmin somekanavista.
 - Kysyin kaverilta.
 - Joltain muulta verkkosivulta.
 - Muu:
-

Kiitos vastauksesta! Lahjakortin voittaneille ilmoitetaan henkilökohtaisesti.



Google ei ole luonut tai hyväksynyt tätä sisältöä.

LIITE 2: Viljelijäkysely osa 2**SUURI ÖLJYHAMPPUKYSELY 2022****Osa 2.**

*Pakollinen

1. Nimi *

2. Sähköposti *

3. Maakunta *

Merkitse vain yksi soikio.

- Ahvenanmaa
- Etelä-Karjala
- Etelä-Pohjanmaa
- Etelä-Savo
- Kainuu
- Kanta-Häme
- Keski-Pohjanmaa
- Keski-suomi
- Kymenlaakso
- Pirkanmaa
- Pohjanmaa
- Pohjois-Karjala
- Pohjois-Savo
- Päijät-Häme
- Satakunta
- Uusimaa
- Varsinais-Suomi

4. Paikkakunta *

5. Tuotantomuoto *

Merkitse vain yksi soikio.

- Tavanomainen
- Luomu

6. Maalaji *

Merkitse vain yksi soikio.

- Eloperäinen
- Hieta
- Hiesu
- Savi
- Muu:
-

7. Kasvukauden sääolot *

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- Optimaaliset
- Kuivaa
- Lämmintä
- Kostea
- Märkää
- Kylmää
- Muu:
-

8. Mahdollisen aluskasvin menestyminen *

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- En käyttänyt aluskasvia
- Aluskasvi onnistui hyvin
- Aluskasvi ei taimettunut kunnolla tai jäi harvaksi/aukkoiseksi
- Aluskasvi kasvoi liian pitkäksi ja siitä oli haittaa puinnissa Muu:
-
-

9. Mikäli käytit aluskasvia, mikä aluskasvi oli kyseessä

10. Keskimääräinen kasvuston korkeus ennen puintia *

Merkitse vain yksi soikio.

- < 90 cm
- 90 - 130 cm
- 130 - 170 cm
- 170 - 210 cm yli
- 210 cm

11. Keskimääräinen tähkän pituus *

Merkitse vain yksi soikio.

- < 10 cm
- 10-30 cm
- 30-50 cm
- yli 50 cm

12. Puintiajankohta *

Esimerkki: 7,1,2019

13. Puintikosteus *

Merkitse vain yksi soikio.

- < 15 %
- 15-20 %
- 20-25 %
- > 25 %

14. Varastointikosteus *

Merkitse vain yksi soikio.

- 6 %
- 7 %
- 8 %

15. Arvioitu satotaso *

Merkitse vain yksi soikio.

- < 400 kg/ha
- 400-600 kg/ha
- 600-800 kg/ha
- 800-1000 kg/ha
- > 1000 kg/ha

16. Monta prosenttia kasvustosta oli tuleentunut puintihetkellä?

Merkitse vain yksi soikio.

- 60 %
- 70 %
- 80 %
- 90 %
- 100 %

17. Puimurin tyyppi *

Merkitse vain yksi soikio.

- Kohlinpuimuri
- Rumpupuimuri
- Hybridipuimuri

18. Puimurin merkki ja malli

19. Miten puinti sujui? *

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- Sujui hyvin
- Ihan ok
- Vähän ongelmia Todella
- haastavaa Muu:
- _____

20. Kietoiko hamppukasvusto puimuriin puidessa? *

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- Ei kietonut lainkaan
- Kietoi jonkin verran
- Kietoi paljon

21. Mikäli vastasit edelliseen kysymykseen hampun kietoneen jonkin verran tai paljon, kerrothan vielä, mihin hamppu kietoi.

22. Kuivaustekniikka *

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- Kylmäilmakuivuri
- Lämminilmakuivuri
- Puhalluskärryt

23. Kuivauslämpötila *

Merkitse vain yksi soikio.

- < 40 C°
- 40 C°
- 45 C°
- 50 C°
- 55 C°
- > 60 C°

24. Käyttiinkö kuivauksen apuna puskurivarastoja? *

Merkitse vain yksi soikio.

- Puhalluskärryt
- Puhallussiilot
- Ei

25. Havaittiinko hemppoja kasvustossa? *



Merkitse vain yksi soikio.

- Kyllä
 Ei
 En osaa sanoa

26. Torjuttiinko hemppoja kasvustosta jollain tavalla?

Merkitse vain yksi soikio.

- Ei
 Kyllä

27. Jos vastasit edelliseen kysymykseen kyllä. Miten hemppoja torjuttiin?

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- Pelotinkuvat
 Paineilmakarkotin
 Linnunpelätin
 Muu:

28. Hyödynnettiinkö muuta kasvustoa jotenkin?

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- Ei, puimurin silppurilla peltoon.
 Kyllä, olki paalattiin kuivikkeeksi.
 Kyllä, olki kerättiin kuitukäyttöön.

29. Mitä lohkolla on tehty puinnin jälkeen? *

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- Ei vielä mitään
- Sänki silputtu tai niitetty
- Kynnetty
- Kultivoitu
- Lautasmuokattu
- Kylvetty syysvilja Muu:
- _____

30. Koitko joitain seuraavista haasteeksi öljyhampun viljelyssä? *

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- Kylvöajankohdan määrittäminen.
 - Kylvö
 - Rikat
 - Puintiajankohdan määrittäminen.
 - Puinti
 - Kuivaus
 - En minkään, kaikki sujui hyvin.
 - Muu:
- _____

31. Mitä muita huomioita teit kasvukaudella (esimerkiksi kasvuston tasaisuus, maalajin vaihtelun vaikutus, rikkakasvit)

32. Oletko kiinnostunut jatkamaan öljyhampun viljelyä? *

Merkitse vain yksi soikio.

Kyllä

En

Ehkä

33. Jos vastasit edelliseen kysymykseen en tai ehkä, miksi?

Google ei ole luonut tai hyväksynyt tätä sisältöä.

Google Forms

Kiitos vastauksesta! Lahjakortin voittaneille ilmoitetaan henkilökohtaisesti.



**Kaikkien vastanneiden
kesken arvotaan 3 kpl
50 € lahjakortteja
HamppuFarmin
verkkokauppaan!**



hamppufarmi.fi

