



Öljy- ja kuituhampun mahdollisuudet uusien hampputuotteiden raaka-aineena

Hankenumero 112972

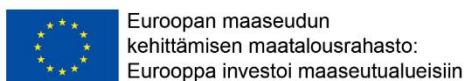
Loppuraportti

27.4.2022

Sarita Keski-Saari, Suvi Kuittinen, Riika Pappinen, Ari Pappinen, Markku Keinänen

Itä-Suomen yliopisto

Ympäristö- ja biotieteiden laitos, Metsätieteiden osasto



Öljy- ja kuituhampun mahdollisuudet uusien hampputuotteiden raaka-aineena

Hankenumero 112972

Loppuraportti 27.4.2022

Sarita Keski-Saari^a, Suvi Kuittinen^b, Riika Pappinen^b, Ari Pappinen^b, Markku Keinänen^a

Itä-Suomen yliopisto

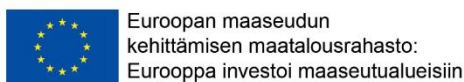
^aYmpäristö- ja biotieteiden laitos

^bMetsätieteiden osasto

ISBN: 978-952-61-4701-7 (PDF)

Kiitokset

Kiitämme kaikkia tapaamiamme hamppualan yritysten edustajia sekä hamppunviljelijöitä hyvistä keskusteluista ja luvasta kerätä hamppunäytteitä pelloilta. Erytisesti kiitämme seuraavia: Jyrki Leppälä, Mikko Ilmoniemi, Tuomo Häkkinen, Tommi Saltiola, Lasse Kuurila ja Satu Pura. Kiitämme kaikkia kyselyyn vastanneita viljelijöitä. Kiitämme laboratoriotyöskentelyavusta Sonja Suvantoa ja hanketyötuesta Marja-Leena Hirvosta Riveriasta. Työskentely tapahtui Itä-Suomen yliopiston Ympäristö- ja Biotieteiden laitoksella sekä Metsätieteiden osastolla. Esiselvityshankkeen rahoitti Elinkeino-, Liikenne- ja Ympäristökeskus ja hanke kuului Euroopan Maaseudun kehittämisen maatalousrahaston Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelmaan 2014-2020.



Sisällysluettelo

Lyhenteet.....	7
Tiivistelmä.....	8
Abstract	10
1. Johdanto	12
1.1. Hampu kasvilajina.....	12
1.2. Hampuntuotanto Suomessa ja maailmalla	13
1.3. Hampun kannabinoidit ja niiden lääkinnällinen käyttö.....	14
1.4. Kannabinoidien biosynteesi.....	16
1.5. Kannabinoidien uutto ja kemiallinen määrittäminen.....	20
1.6. Kannabinoidien pitoisuuksiin vaikuttavia biologisia tekijöitä	21
1.6.1. Eri kasvinosien välinen vaihtelu.....	21
1.6.2. Lajikkeiden välinen ja sisäinen vaihtelu.....	22
1.6.3. Kasvukauden aikainen ja vuosien välinen vaihtelu	24
1.7. Kannabinoidien pitoisuuksiin vaikuttavia teknisiä tekijöitä	24
1.7.1. Hampumateriaalin kuivaus.....	24
1.7.2. Säilytysolosuhteiden vaikutus	25
1.7. Dekarboksylaatiomenetelmät	26
1.8. CBD:n käyttö eri maissa ja mahdolliset uudet hampputuotteet	27
1.10. CBD:n tuotantopotentiaali Suomessa	28
2. Hankkeen tavoitteet	29
3. Materiaalit ja menetelmät.....	31
3.1. Tilavierailut ja kerätyt hamppukasvinäytteet.....	31
3.2. Sivuvirtamateriaali.....	33
3.3. Muut hampputuotemateriaalit	34
3.4. Standardiyhdisteet	35
3.5. Kannabinoidien uutto	36
3.6. Kannabinoidien analyysi nestekromatografisesti.....	38
3.7. Dekarboksylaatiokokeet	39
3.8. Kukintojen kuvaaminen	42
3.9. Viljelijätapaamiset, haastattelut ja kysely	42
4. Tulokset	43

4.1. Standardiyhdisteiden analyysi.....	43
4.2. Hampunäytteiden kannabinoidikoostumus.....	46
4.3. Sivuvirtamateriaalin kannabinoidikoostumus.....	48
4.4. Dekarboksylaatiokokeet sivuvirtamateriaalilla	49
4.5. Dekarboksylaatiokoe kylmäkuivatulla hampumateriaalilla	51
4.6. Vihreiden ja ruskeiden kukintojen välinen vaihtelu	52
4.7. Eri ajankohtien välinen vaihtelu	53
4.8. CBDA:n saanto eri peltoilta	54
4.9. Yksilöiden välinen vaihtelu	55
4.10. Eri kuituhampulajikkeiden vertailu.....	55
4.11. Muut hampputuotteet	55
4.11. Sivuvirtamateriaalin koostumus.....	59
4.12. Hampun kukinnan makroskooppinen kuvaaminen	60
4.13. Viljelijäkyselyn tulokset	63
4.13 Alustava arvoketjuanalyysi	65
5. Johtopäätökset	68
6. Viitteet.....	69
Liite 1: Kysely öljyhampun viljelijöille.....	75
Liite 2: Raportti hampunviljelijöille suunnatun kyselytutkimuksen tuloksista.....	79

Kuvaluettelo

Kuva 1. Öljy- ja kuituhampun viljelypinta-alat (ha) Suomessa vuosina 2010-2020	13
Kuva 2. Keskeisten kannabinoidien synteesireitti	17
Kuva 3. Kannabinoidien rakenteita	18
Kuva 4. Δ^9 -tetrahydrokannabinolin hapettuminen ilmakehän hapen vaikutuksesta	19
Kuva 5. Kannabinoidien rakenteita	19
Kuva 6. Ruskeita ja vihreitä hampunkukintoja	32
Kuva 7. Luomuviljelty hampupelto kahtena eri ajankohtana.....	32
Kuva 8. Kuituhamppulajikkeita	33
Kuva 9. Sivuvirtamateriaalia a) lähikuvassa ja b) säkeissä.....	34
Kuva 10. Hampunsiemensatoa ja -puintia.....	34
Kuva 11. Hampputuotteita a) maltaankaltainen tuote, b) hampuproteiini, c) kuorittu hampunsiemen ja d) paahdettu hampunsiemen	35
Kuva 12. Näyttemateriaalin kylmäkuivaus paperipusseissa kylmäkuivaajassa	37
Kuva 13. Näytteiden seulonta a) näyte seulonnassa, b) näyte seulonnan jälkeen, c) ja d) varret ja siemenet seulalla	37
Kuva 14. Uuttovaiheita, a) uuttoliuoksen annostelu annostelijalla, b) uutto ultraäänisonikaattorissa	38
Kuva 15. Suodatus a) sivuvirtamateriaalille ja b) pelloilta kerätyille hampunäytteille	38
Kuva 16. Työssä käytetty HPLC-laitteisto	39
Kuva 17. Ensimmäisen kuumennuskokeen toteutus sivuvirtamateriaalilla lasipurkeissa	40
Kuva 18. Toisen kuumennuskokeen lasipurkit survottuna täyteen sivuvirtamateriaalia	40
Kuva 19. Kuumennuskoe etanoliiuutteille näytepulloissa	41
Kuva 20. Tuoreena kerätyllä kylmäkuivatulla hampukasvimateriaalilla toteutettu kuumennuskoe.....	41
Kuva 21. Standardiyhdisteiden HPLC- DAD -kromatogrammi, aallonpituus 278 nm	43
Kuva 22. Happomuotoisten kannabinoidistandardiyhdisteiden absorptiospektrit Retentioaikajärjestyksessä kannabidiolihapo CBDA, kannabigerolihapo CBGA ja tetrahydrokannabinolihapo THCA.....	44
Kuva 23. Neutraalien kannabinoidistandardiyhdisteiden absorptiospektrit	45
Kuva 24. Kannabinolin (CBN) ja kannabikromeenin (CBC) standardiyhdisteiden absorptiospektrit	45
Kuva 25. CBDA:n, CBD:n, THCA:n, Δ^9 -THC:n ja CBN:n standardisuorat aallonpituudella 278 nm	46
Kuva 26. a) Finola-öljyhampun kromatogrammi, jossa merkitty tunnistetut yhdisteet, b) sama näyte, johon on lisätty stardardisekoitusta, merkittynä kaikki standardiyhdisteet	47
Kuva 27. Tentatiivisesti nimettyjen kannabidivariinihapon (CBDVA) ja (\pm)-kannabikromeenihapon (CBCA) spektri Finola-öljyhampunäytteestä.....	47
Kuva 28. Finola-öljyhampun kromatogrammi.....	48
Kuva 29. <i>Flavonoidi (retentioajalla 17,9 min), joka on kromatogrammissa ennen CBGA:ta</i>	48
Kuva 30. Finola-öljyhampun sivuvirtamateriaalin kromatogrammi.....	49
Kuva 31. Kannabinoidien pitoisuudet dekarboksylaatiokokeessa, joka tehtiin hampun sivuvirtamateriaalilla lasipurkeissa 70 °C uunissa	50
Kuva 32. Kannabinoidien (CBDA, CBD, THCA, Δ^9 -THC, CBN, Δ^8 -THC) pitoisuudet dekarboksylaatiokokeessa, joka tehtiin hampun sivuvirtamateriaalilla lasipurkeissa 100 °C uunissa.....	51
Kuva 33. Tuoreena kerättyjen kylmäkuivattujen Finola-öljyhampun kukintojen dekarboksylaatiokokeen (8 h 100 °C) CBDA-, CBD-, THCA- ja Δ^9 -THC-pitoisuus	52
Kuva 34. Vihreiden ja ruskeiden Finola-lajikkeen kukintojen CBDA-, CBD- ja THCA-pitoisuus eri pelloilla ...	53
Kuva 35. Finola-lajikkeen kukintojen CBDA-, CBD- ja THCA-pitoisuus kahtena eri ajankohtana	54
Kuva 36. Neljän kuituhamppulajikkeen kukintojen CBDA-, CBD- ja THCA-pitoisuus	55
Kuva 37. Maltaankaltaisen hampputuotteen kromatogrammit aallonpituudella 278 ja 210	56
Kuva 38. Hampuproteiininäytteiden kromatogrammi aallonpituudella 278 ja 210	57

Kuva 39. Kuorittujen siementen kromatogrammi aallonpituudella 278 ja 210	58
Kuva 40. Paahdettujen siementen kromatogrammit aallonpituuksilla 278 ja 210	58
Kuva 41. Hampun kukinnon ylälehden yläpintaa, a) tavanomainen valokuva (RGB), b) fluoresenssikuva eksitaatiovalona 310 nm led-valot	60
<i>Kuva 42. Hampun kukinnon ylälehden alapintaa, a) tavanomainen valokuva (RGB), b) fluoresenssikuva eksitaatiovalona 365 nm ledejä, joissa suodin 275-375 nm.....</i>	<i>60</i>
Kuva 43. Lähikuvassa Finola-öljyhampun rauhaskarvoja kukinnon ylälehden pinnalla	61
Kuva 44. Vihreän verhiön rauhaskarvoja, a) verhiön emin sikiäintä suojaava osa, b) verhiön kärki	61
Kuva 45. Kypsää siementä ympäröivän ruskean verhiön rauhaskarvoja, a) tavanomainen valokuva (RGB), b) fluoresenssikuva eksitaatiovalona 365 nm ledejä, joissa suodin 275-375 nm.....	61
Kuva 46. Hampun kukinnon ruskeita verhiöitä, joissa paljon trikomeja, a) tavanomainen valokuva (RGB), b) fluoresenssikuva eksitaatiovalona 365 nm ledejä, joissa suodin 275-375 nm, c) fluoresenssikuva eksitaatiovalona 310 nm ledejä.....	62
Kuva 47. Viljelijöiden kokemus hampunviljelystä vuosina	63
Kuva 48. Öljyhampun viljelyn tuotto ennen veroja (€/ha)	67

Taulukkoluetelo

Taulukko 1. Kemotyyppien ryhmittely luokkiin I, II ja III (De Meijer ym. 1992)	16
Taulukko 2. Finola-lajikkeen eri kasvinosien CBDA, CBD-, THCA- ja THC-pitoisuuksia kirjallisuuslähteistä sekä CBD / THC -suhde	23
Taulukko 3. Näytteenotot, ajankohta, paikkakunta, viljelytapa ja viljelijä.....	31
<i>Taulukko 4. Standardiyhdisteet</i>	<i>43</i>
Taulukko 5. Sivuvirtamateriaalin koostumus	59
Taulukko 6. Hampun katetuottolaskennassa käytettyjä taustatietoja	66

Lyhenteet

CBC	Kannabikromeeni
CBCA	Kannabikromeenihappo
CBD	Kannabidioli
CBDA	Kannabidiolihappo
CBDV	Kannabidivariini
CBDVA	Kannabidivariinihappo
CBG	Kannabigeroli
CBGA	Kannabigerolihappo
CBN	Kannabinoli
CRM	Vahvistettu vertailumateriaali Certified reference material
DW	Kuivapaino (dry weight)
GC-MS	Kaasukromatografia-massaspektrometria
HPLC	Korkean erotuskyvyn nestekromatografia
ka.	Keskiarvo
Δ^8 - THC	Δ^8 -Tetrahydrokannabinoli
Δ^9 - THC	Δ^9 -Tetrahydrokannabinoli
9-THC	Δ^9 -Tetrahydrokannabinoli
THC	Δ^9 -Tetrahydrokannabinoli
THCA	Tetrahydrokannabinolihappo
THCV	Tetrahydrokannabivariini

Tiivistelmä

Hamppu (*Cannabis sativa* L.) on monimuotoinen viljelykasvi, josta on kehitetty lajikkeita eri käyttötarkoituksiin: öljy-, kuitu-, lääke- ja huumekasviksi. Hyöty- eli teollisuushamppulajikkeisiin luetaan öljy- ja kuituhamppu. Lääke- ja huumekasveja nimitetään lääke- ja päihdekannabikseksi. Öljyhampun viljelyala Suomessa on viime vuosina kasvanut.

Kukinnot sisältävät kannabinoideja, joista suurin pitoisuus öljy- ja kuituhamppulajikkeissa on kannabidiolihapolla (CBDA). Kannabidiolia (CBD) saadaan CBDA:sta dekarboksylaatiassa kuumentamalla. CBD:llä on markkina-arvoa ja sitä voidaan käyttää rohdoksena, öljynä, hartsina, sähkösavukkeiden nesteenä (e-nesteenä), ravintolisänä, ihonhoidossa ja kosmetiikassa. CBD on myös lääkeaine. Tällä hetkellä Suomessa hampun kannabinoideja sisältävien kasvosien käyttö elintarvikkeina ei ole sallittua, vaan edellyttää uuselintarvikelain mukaisen uuselintarvikeluvan hankkimista. Suomessa elintarvikkeet eivät saa sisältää huumausaineeksi luokiteltavaa Δ^9 -tetrahydrokannabinolia (THC). Koska Δ^9 -THC:n enimmäismäärälle ole määritelty raja-arvoa, sen tulkitaan tarkoittavan nollatoleranssia. Lainsäädäntö vaihtelee EU-maissa ja on oletettavissa, että Euroopan komissio linjaa kantansa Δ^9 -THC:n enimmäispitoisuudeksi uuselintarvikkeiden luetteloinnin yhteydessä, jolloin Suomessakin tilanne arvioidaan uudelleen.

Öljy- ja kuituhampun mahdollisuudet uusien hampputuotteiden raaka-aineena -hankkeessa selvitettiin Suomessa viljeltävien öljy- ja kuituhamppulajikkeiden kukintojen ja lehtien soveltuvuutta mahdollisten uusien hampputuotteiden raaka-aineena. Hankkeessa 1) laadittiin kooste alan nykytilanteesta ja uusien hampputuotteiden mahdollisesta kysynnästä, 2) selvitettiin Finola-öljyhamppu- sekä neljän kuituhamppulajikkeen kukintojen kemiallista koostumusta sekä dekarboksylaatiomenetelmän vaikutusta hyödynnettävien yhdisteiden laatuun ja määrään, 3) toteutettiin viljelijäkysely ja laadittiin alustava arvoketjuanalyysi.

Jotta kannabinoideista voitaisiin valmistaa uusia CBD-pohjaisia hampputuotteita, tarvitaan lainsäädäntö, joka mahdollistaa CBD-utteen hyödyntämisen luontaistuotteena, elintarvikkeena ja/tai kosmetiikassa. CBD:llä on markkinapotentiaalia, koska luontaistuotemarkkinoilla on kysyntää uusille tuotteille. Kokemus maista, joissa CBD-utteen on markkinoilla, osoittaa ostajien löytävän tuotteet.

Finola-öljyhampun kukinto- ja lehtimateriaali sisälsi kannabidiolihappoa (CBDA) keskimäärin 14,5 mg/g kuivapainoa kohti. Parhaalla pellolla CBDA:ta oli 17,8 mg/g kuivapainoa kohti. Kukinto- ja lehtimateriaalin tetrahydrokannabinolihappo (THCA)-pitoisuus oli hyvin alhainen, n. 0,4 mg/g eli alle 0,04 %.

Suurin tässä hankkeessa mitattu CBD-pitoisuus oli 11,9 mg/g, joka saatiin dekarboksylaatiassa kylmäkuivatusta Finola-öljyhampun kukinto- ja lehtimateriaalista, joka sisälsi CBDA:ta 8,5 mg/g. Tällöin dekarboksylaatiomenetelmänä oli kukinto- ja lehtimateriaalin kuumennus uunissa kahdeksan tuntia 100 asteessa täyteen pakatussa suljetussa lasiastiassa hapen läsnäolon minimoimiseksi. Täyteen pakkaaminen lisäsi saantoa merkittävästi, ja hapen poistaminen typpikaasua käyttämällä vain hieman.

CBD:n saantoon peltopinta-alaa kohti vaikuttaa dekarboksylaatiomenetelmän tehokkuus, kukintomateriaalin CBDA-pitoisuus sekä kukintomateriaalin määrä. Tässä työssä kukintomateriaalin määrää peltopinta-alaa kohti ei arvioitu.

Hampunsiementuotannon sivuvirtana syntyy kasvimateriaalia, joka sisältää kannabinoideja. Suurin sivuvirtamateriaalista mitattu CBD-pitoisuus tässä työssä oli 8,5 mg/g, joka saatiin kahdeksan tunnin 100 °C dekarboksylaatiassa typetyksen jälkeen. Kyseinen sivuvirtamateriaali sisälsi ilman kuumennusta CBDA:ta 5,6 mg/g ja CBD:ta 3,8 mg/g. Tällä hetkellä viljelijät eivät hyödynnä sivuvirtamateriaalia muuten kuin maanparannusaineena.

Maltaankaltainen hampputuote, hampuproteiini, paahdetut siemenet ja kuoritut siemenet eivät sisältäneet kannabinoideja.

Öljyhampua tällä hetkellä viljeleville ja aiemmin viljelleille viljelijöille osoitetulla kyselytutkimuksella kartoitettiin heidän näkemyksiään ja kiinnostustaan hampunkorjuusta jäävien sivuvirtojen hyödyntämiseen. Kyselyyn vastasi 44 viljelijää. Vastaajista noin puolet oli kiinnostuneita hampun sivuvirtamateriaalin hyödyntämisestä ja valmiutta lisäinvestointien tekemiseen löytyi. Vastaavasti noin puolet eivät olisi valmiita tekemään lisäinvestointeja, vaikka sivuvirtamateriaalista tulisi myyntituote. Alustava arvoketjuanalyysi osoittaa, että kustannusten ja riskien hallinta on haastavaa.

Abstract

Hemp (*Cannabis sativa* L.) is a varied plant species with several cultivars developed for different purposes. These cultivars include oil, fibre, medicinal and drug plants. Industrial hemp includes oil and fibre hemp cultivars, whereas medicinal and drug plants are called cannabis. The cultivation of oil hemp in Finland has been increasing in recent years.

The hemp inflorescence contains cannabinoids. Cannabidiolic acid (CBDA) is the most abundant cannabinoid in oil and fibre hemp cultivars. Cannabidiol (CBD) is formed from CBDA by spontaneous decarboxylation or by heating. CBD is a high value product that can be used as natural product, oil, electric cigarette liquid (e-liquid) and as cosmetics. CBD is also a pharmacologically active substance. Currently the use of cannabinoid containing plant parts of hemp or cannabis plants as foodstuff in Finland is not legal, but a novel food license is required in accordance with novel food law. Foodstuff is not allowed to contain drug substances such as Δ^9 -tetrahydrocannabinol (Δ^9 -THC) in Finland. Whereas no threshold value for maximum concentration of Δ^9 -THC in foodstuff is set, it is currently interpreted as zero tolerance. Legislation varies within EU among EU countries. It can be expected that European Commission will declare its stand as maximum concentration of Δ^9 -THC in Novel Food Catalog. Then situation will be re-evaluated in Finland as well.

In the project Oil and Fibre Hemp as Raw Material for New High Value Products, we evaluated the applicability of inflorescence and leaves of oil and fibre hemp cultivars cultivated in Finland as material to develop new high value products. Inflorescences contain CBDA that can be decarboxylated to CBD.

In the project, we 1) wrote a review of current state of CBD business and possible uses of new CBD products, 2) analysed cannabinoids in inflorescences with leaves of oil hemp cultivar Finola and four fibre hemp cultivars and the effect of decarboxylation method to the composition and content of the compounds, 3) executed a questionnaire survey to the prevailing and former farmers of hemp and carried out a preliminary value chain analysis.

To be able to start producing CBD products in Finland, a legislation that enables the use of CBD extracts and oils as natural products, foodstuff and/or in cosmetics would be needed. CBD has market potential in the natural product business. Experience from other countries shows that there is demand in the market for CBD based products.

The inflorescences and leaves of oil hemp cultivar Finola contained on average about 14.5 mg/g DW (on dry weight basis) CBDA. The highest measured CBDA concentration on a single hemp field was 17.8 mg/g DW. The inflorescences and leaves of Finola contained a very low concentration of tetrahydrocannabinolic acid (THCA), on average 0.4 mg/g (0.04 %).

The highest concentration of CBD measured in this study was 11.9 mg/g. It was measured for inflorescence and leaf material, excluding seeds and stems, of Finola oil hemp decarboxylated by heating in an oven at 100 °C in tightly closed fully packed glass vessels for 8 hours. The inflorescence materials including leaves contained 8.5 mg/g CBDA before decarboxylation. Fully packing increased yield by decreasing air content in the vessel, whereas gaseous nitrogen only slightly benefited in comparison to fully packing.

CBD yield per field area is influenced by the efficiency of decarboxylation method, CBDA concentration of the inflorescence material and quantity of inflorescence material per m². In this work, quantity of inflorescence material per area was not estimated.

Oil hemp production creates side stream material that contains cannabinoids. The highest CBD concentration of side stream material measured in this study was 8.5 mg/g, which was received eight hour 100 °C heating after gaseous nitrogen flow for 1 min. Without heating that side stream material contained 5.6 mg/g CBDA and 3.8 mg/g CBD DW. Currently side streams are used only for soil conditioning.

Malt-like hemp product, hemp protein, peeled seeds and roasted seeds did not contain cannabinoids.

We executed a questionnaire for current and former hemp farmers to survey their interest in side stream utilization and willingness to make investments for it. Forty-four farmers answered. Half of them were interested in using side streams and making investments for that, whereas half of them were not interested even if side streams would become a value product. A preliminary value chain analysis shows that cost and risk management can be a challenge.

1. Johdanto

1.1. Hamppu kasvilajina

Hamppu (*Cannabis sativa* L.) on monimuotoinen kasvilaji, joka on levinnyt ihmisen mukana kaikille asutuille mantereille. Se on hamppukasvien heimoon (Cannabaceae) kuuluva yksivuotinen putkilokasvi. Hamppulajikkeet on jalostettu viljelykasveiksi. Villinä esiintyvä hamppu on todennäköisesti villiintynyttä viljelykarkulaisalkuperää (Small 2015). Viljelykasvina hamppu on monipuolinen ja eri lajikkeita käytetään eri käyttötarkoituksiin: öljy-, kuitu-, lääke- ja huumekasvina. Hyöty- eli teollisuushampulajikkeisiin luetaan öljy- ja kuituhamppu. Lääke- ja huumekasveja nimitetään lääke- ja päihdekannabikseksi.

Öljyhampulajikkeita viljellään öljypitoisten siementen tuottamiseksi elintarvikekäyttöön, öljyksi ja kasviproteiinin lähteeksi. Lisäksi hampunsiementä käytetään eläinten rehuna ja siemenöljyä kosmetiikassa. Hyöty- eli teollisuushampun perinteinen käyttö oli pitkään kuidun tuottaminen. Teollisuushampun varren kuitua voidaan hyödyntää erilaisiin tekstiileihin, köysiin, paperiin ja kartonkeihin. Lisäksi hampun puumaista päistärettä voidaan käyttää kuivikkeena tai rakennus- ja eristemateriaaleina. Lääke- ja huume-kannabilajikkeita kasvatetaan niiden kemiallisen koostumuksen vuoksi ja ne poikkeavat kemialliselta koostumukseltaan hyötyhampusta.

Kasvioissa hamppu (mukaan lukien cannabis) määritellään yhdeksi monimuotoiseksi kasvilajiksi, jolla on eri kemiallisia fenotyyppisiä. Hampun suuri lajinsisäinen vaihtelu on mahdollistanut eri käyttötarkoituksiin soveltuvien lajikkeiden kehittämisen (esim. Small 2015). Alalajeja voidaan erottaa kaksi (*sativa* ja *indica*) tai kolme (kolmantena *ruderalis*) (Small ja Cronquist 1976; Small 2015). Toisaalta on myös ehdotettu, että hamppusuvussa olisi kaksi tai kolme eri hampulajia: *Cannabis sativa*, *C. indica* ja *C. ruderalis* (Hillig ym. 2004), koska eri hampulinjat ovat geneettisesti eriytyneet toisistaan. Viljelykasvien itsenäiseen lisääntymiseen kykenemättömien alalajien nimeäminen erillisiksi kasvilajeiksi voidaan kuitenkin katsoa olevan ihmisen vaikutuksen yliarviointia. Lisäksi alalajit risteytyvät keskenään ja risteymien luokittelu eri alalajeihin on vaikeaa.

Teollisuushampun eli öljy- ja kuituhampulajikkeiden viljely on laillista kaikissa Euroopan maissa. Lääkekannabiksen viljely ei ole Suomessa sallittua ja EU-maissa sitä voidaan viljellä vain luvanvaraisesti lääkekäyttöön. Kannabiksen kasvatusta huumeainekäyttöön on kaikissa Euroopan

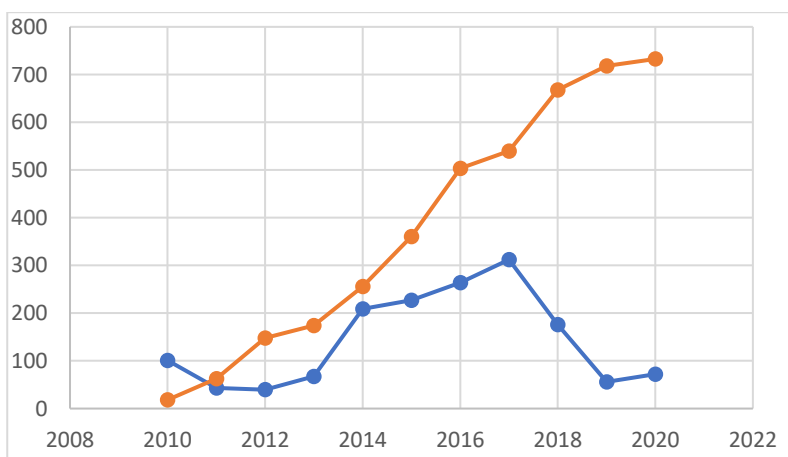
maissa laitonta. Kannabistuotteiden myynti, hallussapito tai polttaminen on useimmissa Euroopan maissa laitonta.

Hamppu on kaksikotinen eli sen emikukinnot ovat emikasveissa ja hedekukinnot hedekasveissa. Hedekasvit ovat lyhytikäisempiä kuin emikasvit ja ne kuolevat pois tuotettuaan siitepölyn. Osa jalostetuista lajikkeista on yksikotisia eli niiden emi- ja hedekukinnot ovat samassa yksilössä. Jalostetuissakin lajikkeissa kaksikotisuus yleisempää kuin yksikotisuus. Hamppu on tuulipölytteinen eli sen siitepöly leviää tuulen mukana.

1.2. Hampuntuotanto Suomessa ja maailmalla

Öllyhampun tuotanto Suomessa on kasvanut vuosina 2010-2020 (Kuva 1). Öllyhampusta on kehitetty Suomessa hamppulajike Finola, jonka tuottaja on ollut Finola Oy ja kehittäjät Aino Hemmilä ja Jace C. Callaway. Nykyään Finola-kiylvösiementä tuottaa TransFarm Oy. Finola on kaksikotinen hamppulajike ja tällä hetkellä Suomessa ainoa öllyhamppulajike, jonka viljelyyn saa EU-tukea.

Suomessa hyötyhampun käytön haasteita on ryhmitelty seuraavasti: 1) haasteet viljelyssä, 2) poliittisen ohjauksen ja tukipolitiikan luomat haasteet sekä 3) kaupallisen kehityksen haasteet (Norokytö 2010). Suurin haaste on koko tuotantoketjun yhteensovittaminen, koska viljelyn kannattavuus määräytyy jalostajan raaka-ainetarpeesta. Koko tuotantoketju on kannattava silloin, kun viljelijöiden tuottaman sadon määrä on tasapainossa tuotantolaitosten kapasiteetin kanssa. Kysyntää hampputuotteille on (Norokytö 2010).



Kuva 1. Ölly- ja kuituhampun viljelypinta-alat (ha) Suomessa vuosina 2010-2020

Oranssi öllyhamppu, sininen kuituhamppu. Lähde Ruokavirasto.

Öljyhampulle on julkaistu viljelyopas (Norokytö 2013). Hikevä multava maa sopii parhaiten hampunviljelyyn (Norokytö 2013). Hampulla on voimakas paalujuuri ja se parantaa peltomaan laatua kuohkeuttamalla sitä. Hampu soveltuu hyvin vuoroviljelyyn, koska se rajoittaa tiheänä kasvustona kasvaessaan rikkakasvien kasvua. Hampulla on pitkä kasvukausi (120-130 päivää, toisinaan pidempikin) ja se on syksyn viimeisiä puitavia kasvilajeja (Norokytö 2013).

Hampunsiemen on hyväksytty elintarvikekäyttöön kaikissa EU-maissa. Finola-lajikkeen siemen sisältää noin 25 % proteiinia, noin 30% öljyä, noin 30 % liukenematonta kuitua ja loput hiilihydraatteja (Callaway 2004, Vonapartis ym. 2015, Mattila ym. 2018). Hampunsiemenöljyn rasvahapoista monitydyttämättömiä rasvahappoja on yli 90 % (Callaway 2004, Vonapartis ym. 2015). Hampunsiemenen rasvahapoissa *omega-6* : *omega-3* suhde on noin 2,5 : 1, joka on ravitsemuksellisesti erinomainen (Callaway ym. 2004).

Kuituhampun tuotantoala Suomessa oli enimmillään vuonna 2017 yli 300 ha (Kuva 1). Kuituhampun keruu tehdään keväällä talven jälkeen, mikä mahdollistaa hyvälaatuisen kuidun saannin (Norokytö 2010). Viime vuosina kuituhampun tuotanto on vähentynyt. Kuituhampun tuotannon kannattavuutta on Suomessa tutkittu laajasti (Ikonen 2015, Sorsa 2016, Tomppo ym. 2017, Matila 2018, Malvisalo ja Luotola 2020). Johtopäätöksenä on ollut, että kuituhampun tuotanto vaatii panostusta hampukuidulle sopiviin tuotantotiloihin ja laitteisiin. Vastaavasti viljelijä tarvitsisi varmuuden siitä, että sekä kuitu- että päistärejakeen sadolle olisi ostaja. Tällä hetkellä kuituhampun tuotanto on Suomessa kannattamatonta (Ikonen 2015, Matila 2018) tai heikosti kannattavaa (Malvisalo ja Luotola 2020), vaikka kuituhamppu kiinnostaisi esimerkiksi vaatetuotannossa synteettisten kuitujen vaihtoehtona (Sorsa 2016) sekä rakennusmateriaalina esimerkiksi hampubetonina (Norokytö ja Simi 2018).

Maailmalla öljy- ja kuituhampun tuotanto on suurta Kanadassa, Intiassa ja Kiinassa. Kanadassa öljyhampusta tuotetaan esimerkiksi hamppuöljyä, välipaloja, olutta, hiustenhoitotuotteita, kosteusvoiteita, aromaterapiatuotteita ja kosmetiikkaa. Yhdysvalloissa hampuntuotanto on kasvussa (Cherney ja Small 2016). Euroopassa hampua tuotetaan mm. Ranskassa ja Italiassa.

1.3. Hampun kannabinoidit ja niiden lääkinällinen käyttö

Hampun kannabinoidit ovat rakenteeltaan fenolisia terpenoideja. Kannabinoidit esiintyvät hampukasvissa pääosin karboksyylihappoina. Tärkeimmät hampussa esiintyvät kannabinoidit ovat kannabidiolihappo (CBDA) ja tetrahydrokannabinolihappo (THCA). Näiden vastaavat neutraalit

muodot ovat kannabidioli (CBD) ja Δ^9 -tetrahydrokannabinoli (Δ^9 -THC, THC). Happomuodoista muodostuu neutraaleja muotoja spontaanisti kuumennettaessa ja valon vaikutuksesta. Varastoinnissa neutraaleja kannabinoideja muodostuu myös huoneenlämmössä ja pimeässä, kunhan reaktiolle annetaan riittävästi aikaa. Kemiallista reaktiota, jossa karboksyylihapporyhmä irtoaa kannabinoidirungosta, kutsutaan dekarboksylaatioksi.

CBD:llä ja Δ^9 -THC:lla on raportoitu lääkinnällisiä vaikutuksia ja siksi ne kiinnostavat lääketeollisuutta. CBD luokitellaan lääkeaineeksi. CBD on antipsykoottinen, tulehduksia hillitsevä, antibakteerinen, antimikrobinen eikä sillä ole huumaavia vaikutuksia. CBD:tä käytetään puhtasaineena vaikeiden epilepsiamuotojen kuten Lennox–Gastaut´n oireyhtymän hoidossa (Metsähonkala ja Linnankivi 2018, Lähdesmäki ja Komulainen 2020). Δ^9 -THC on päihdyttävä, psykoaktiivinen ja riippuvuutta aiheuttava. Δ^9 -THC on luokiteltu huumausaineeksi. Sillä on tulehdusta ja pahoinvointia hillitseviä vaikutuksia. Syöpäkivun hoidossa kunto on kohentunut lääkekannabiksen vaikutuksesta paljon tai hyvin paljon yhdellä potilaalla kuudestatoista (Häuser ym. 2018). Muun kuin syöpäsairauden aiheuttaman kivun hoidossa lääkekannabiksen on todettu auttavan yhtä potilaista kahdestakymmenestäneljästä, kun kivun väheneminen 30 % katsottiin riittäväksi vaikutukseksi (Stockings ym. 2018). Suurin osa potilaista ei saanut lääkekannabiksesta apua eikä kipuvaste lääkekannabikseen poikennut plasebosta, kun tarkkailtiin 50 % kivun alennusta (Stockings ym. 2018, Kalso ym. 2016). Toisaalta lääkekannabiksen todettiin aiheuttavan haitallisia sivuvaikutuksia yhdelle potilaalle kuudesta (Stockings ym. 2018), mikä tarkoittaa, että lääkekannabishoidosta hyötyviä potilaita oli vähemmän kuin haittavaikutuksia saavia potilaita.

Hyötyhamppu- ja lääke- tai huume-kannabislajikkeiden kemiallinen ryhmittely tehdään niiden THC : CBD -suhteen mukaan (de Meijer ym. 1992) (Taulukko 1). Kemotyyppissä I on pieni CBD-pitoisuus, korkea THC-pitoisuus ja siten suuri THC:CBD -suhde. Kemotyyppissä III on korkea CBD-pitoisuus, pieni THC-pitoisuus ja siten pieni THC:CBD -suhde. Kemotyyppi II on niiden välimuoto, jossa CBD- ja THC-pitoisuus ovat suunnilleen yhtä suuret. Small ja Cronquist (1976) määrittelivät THC-pitoisuuden rajaksi teollisuushampulle 0,3 %. Luokittelussa THC-pitoisuudella tarkoitetaan yhteenlaskettua THC:n ja THCA:n pitoisuutta sen jälkeen, kun THCA on dekarboksyloitu THC:ksi.

Taulukko 1. Kemotyyppien ryhmittely luokkiin I, II ja III (De Meijer ym. 1992)

Kemotyyppi	CBD-pitoisuus	THC-pitoisuus	THC:CBD-suhde
I	Pieni (<0,5 %)	Korkea (>0,5 %)	>1
II	Välimuoto (CBD=THC)	Välimuoto (CBD=THC)	1
III	Korkea (>0,5 %)	Pieni (<0,5 %)	<1

Öljy- ja kuituhamppulajikkeet ovat kemotyyppiä III. Öljy- ja kuituhamppulajikkeiden korkea CBD-pitoisuus, alhainen THC-pitoisuus ja alhainen THC:CBD-suhde on vahvasti perinnöllinen. Päihdekannabislajikkeet ovat kemotyyppiä I. Yleisimmät lääkekannabislajikkeet ovat joko kemotyyppiä I tai II, joten Δ^9 -THC on useimmissa lääkekannabislajikkeissa suurimpana pitoisuutena esiintyvä kannabinoidi. Tavallisesti lääkekannabislajikkeet sisältävät sekä CBD:tä että THC:tä. Esimerkiksi MS-taudin aiheuttaman lihasjäykkyyden hoidossa käytetään sekä CBD:tä että THC:tä sisältävää lääkekannabisvalmistetta. Suomessa MS-taudin hoitoon hyväksytty sumutteena annosteltava lääkevalmiste Sativex sisältää CBD:tä 2,5 mg ja THC:tä 2,7 mg. Lääkekannabislajikkeista esimerkiksi Bedropuur[®]:ssa ja Bedrocan[®]:ssa on suuri THC-pitoisuus eli ne edustavat tyyppiä I, kun taas Bediol[®] on tyyppiä II (Fischedick ym. 2010, Calvi ym. 2018).

Viljelyyn hyväksytyjen öljy- ja kuituhamppulajikkeiden suurin hyväksytty THC-pitoisuus vaihtelee eri maissa. Suomessa saa laillisesti kasvattaa hampulajikkeita, joiden THC-pitoisuus on alle 0,2 %. THC-pitoisuudella tarkoitetaan tässä näytteen sisältämää kokonais-THC-pitoisuutta sen jälkeen, kun näytteen sisältämä THCA on dekarboksyloitu THC:ksi. Ely-keskus valvoo näytteenotoin lajikkeiden THC-pitoisuutta. Hampulajikkeen EU-tukikelpoisuus määräytyy sen THC-pitoisuuden mukaan. Hampulajikkeesta otettujen näytteiden keskimääräinen THC-pitoisuus ei saa ylittää 0,2 %:a kahtena peräkkäisenä vuonna. Yhdysvalloissa ja joissain Euroopan maissa, kuten Tsekissä, korkein sallittu THC-pitoisuus on 0,3 %. Koska hampuyksilöiden välillä on suurta vaihtelua THC-pitoisuudessa (de Meijer ym. 1992, Giese ym. 2015), peltoa edustava näytteen tulee koostua 50 hampuyksilöstä.

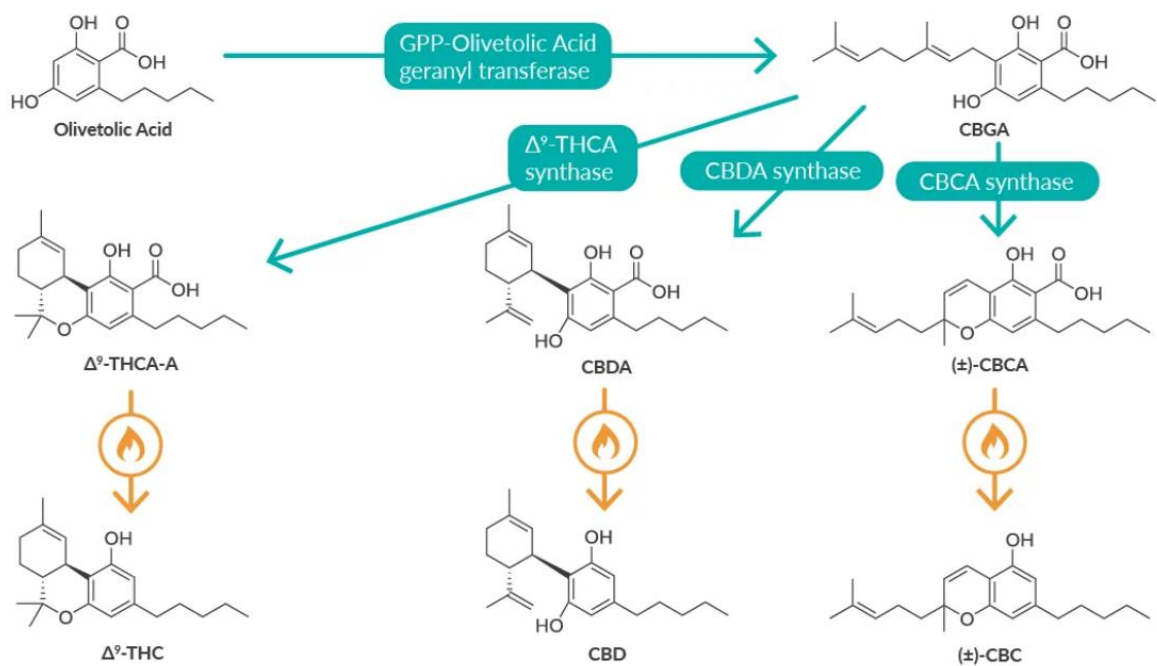
1.4. Kannabinoidien biosynteesi

Keskeisiä hampussa esiintyviä kannabinoideja ovat CBDA:n ja THCA:n lisäksi kannabikromeenihappo (CBCA) ja kannabigerolihappo (CBGA). Kannabinoidien synteesireitillä ensimmäinen kannabinoidi on CBGA, joka muodostuu entsyymaattisesti olivetolihaposta ja geranyylipyrofosfaatista (GPP). CBGA on lähtöaine entsyymaattisille reaktioille, joissa syntyvät CBDA,

THCA ja CBCA. Kannabidiolisyntaasi syntetisoi CBDA:ta, tetrahydroksikannabinoliyhapposyntaasi THCA:ta ja kannabikromeeni-happo-syntaasi CBCA:ta.

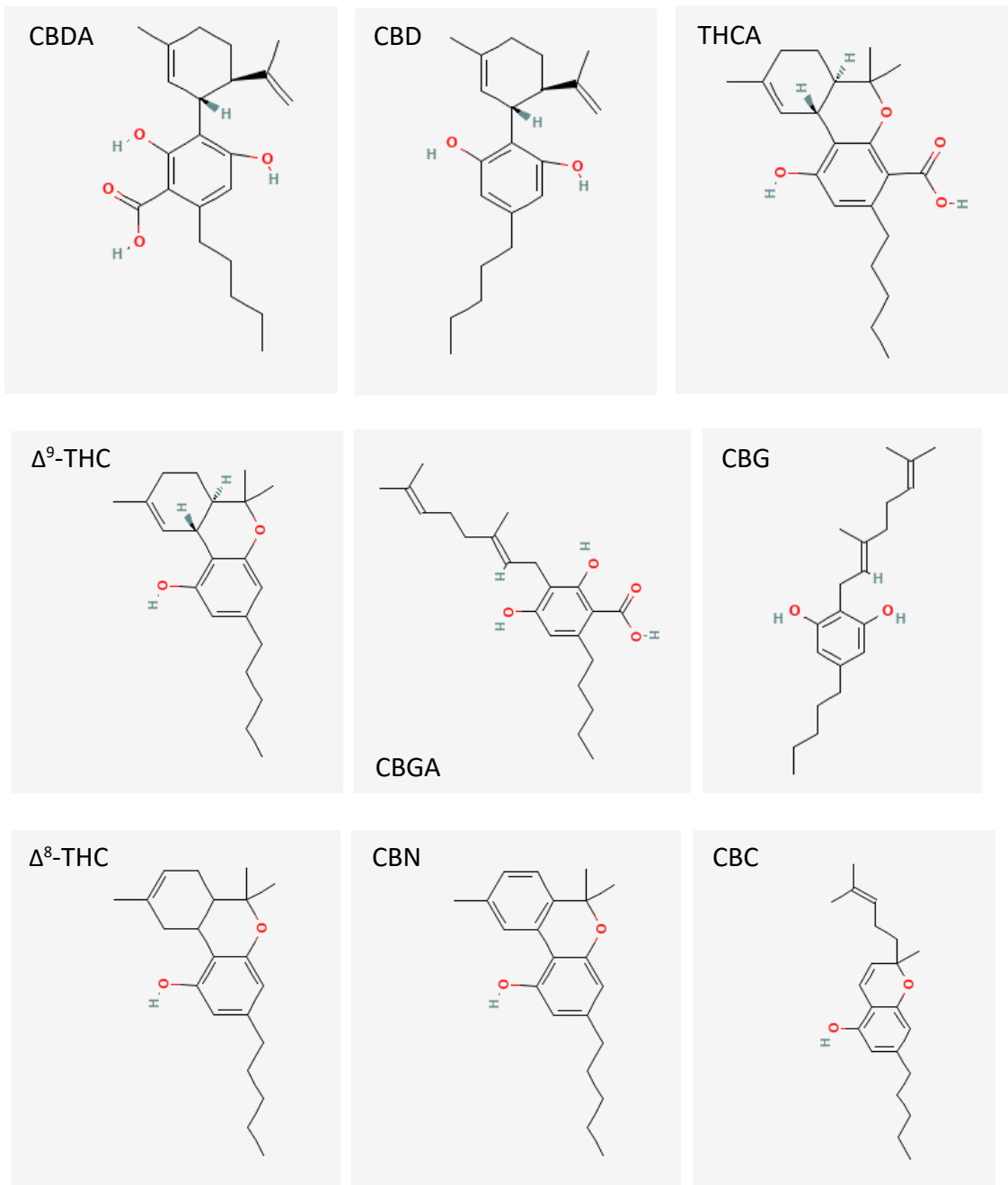
Happomuotoja vastaavat neutraalit muodot ovat tunnetuimpia kannabinoideja: CBD, Δ^9 -THC, kannabikromeeni (CBC) ja kannabigeroli (CBG). Neutraaleja muotoja muodostuu spontaanisti varastoinnissa ajan kanssa, kuumennettaessa ja valon vaikutuksesta. Dekarboksylaatio on puhtaasti kemiallinen reaktio, jossa karboksyylihapporyhmä irtoaa kannabinoidirungosta. Reaktio ei siis tarvitse entsyymiä katalyytikseen eli kyseessä ei ole entsyymaattinen reaktio.

Kannabinoidien synteesireitti on nykyään hyvin tunnettu (Kuva 2), samoin kuin niiden rakenteet (Kuva 3). Biosynteesistä on tehty useita katsausartikkeleita, joista löytyy tarkempi kuvaus synteesireitistä sekä kannabinoideille tyypillisistä reaktioista (Flores-Sanchez ja Verpoorte 2008, Gülck ja Møller 2020, Tahir ym. 2021). Yhdistekirjosta kattavan yleiskatsauksen ovat kuvanneet Gülck ja Møller (2020) sekä Citti ym. (2020).



Kuva 2. Keskeisten kannabinoidien synteesireitti

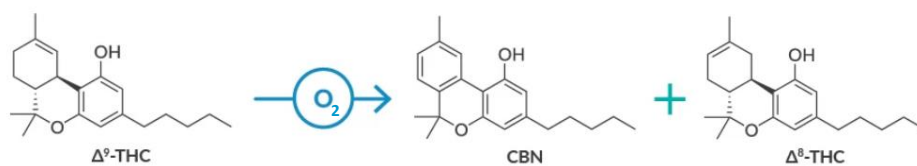
(Cayman Chemicals). Liekkisymboli ilmentää dekarboksylaatiota kuumentamalla



Kuva 3. Kannabinoideiden rakenteita

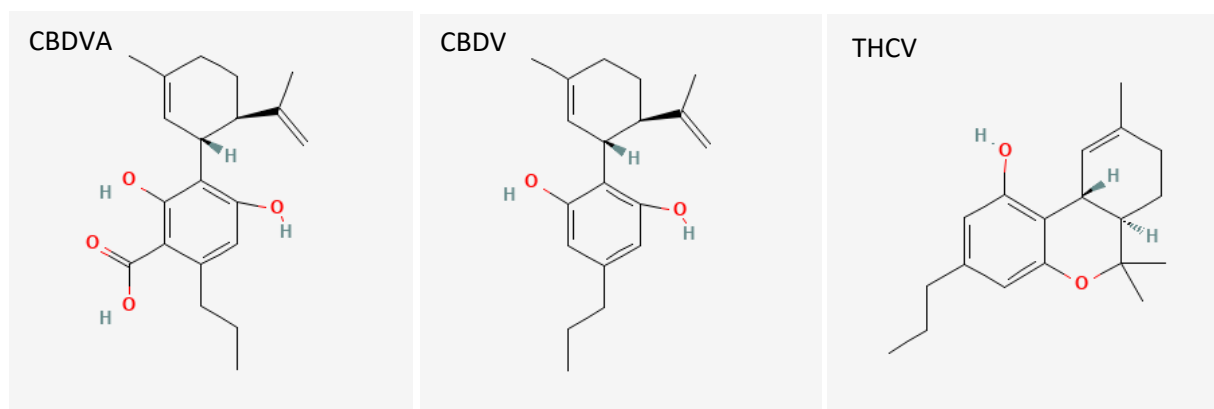
Kannabidioli CBDA, kannabidioli CBD, tetrahydrokannabidioli A THCA-A, Δ^9 -tetrahydrokannabinoli Δ^9 -THC, kannabigeroli CBGA, kannabigeroli CBG, Δ^8 -tetrahydrokannabinoli Δ^8 -THC, kannabinioli CBN, kannabikromeeni CBC (PubChem)

Kannabinoidit ovat herkkiä reagoimaan ja muuttumaan esimerkiksi ilman hapen vaikutuksesta hapettumistuotteikseen. CBDA voi hapettua kannabinodiolihapoksi (CBNDA) ja CBD kannabinodioliksi (CBND) (Citti ym. 2020). Vastaavasti THCA voi hapettua kannabinolihapoksi (CBNA) ja THC kannabinoliksi (CBN) (Citti ym. 2020). CBN:ää ja Δ^8 -tetrahydrokannabinolia (Δ^8 -THC) muodostuu Δ^9 -THC hapettuessa ilmakehän hapen vaikutuksesta (Kuva 4.). CBDA voi myös muuttua muodostamalla rengasrakenteen, jolloin muodostuu kannabielsoinhatta (CBEA) ja vastaavasti CBD:stä kannabielsoinia (CBE) (Flores-Sanchez ja Verpoorte 2008, Citti ym. 2020).



Kuva 4. Δ^9 -tetrahydrokannabinolin hapettuminen ilmakehän hapen vaikutuksesta kannabinoliksi (CBN) ja Δ^8 -tetrahydrokannabinoliksi (Δ^8 -THC) (Cayman Chemicals)

Edellä kuvattujen olivetoidien, joissa isoprenoidirungon sivuketjuna on pentyyliryhmä, lisäksi hampussa esiintyy varinoideja (Kuva 5), joissa sivuketjuna on propyyliiryhmä (Gülck ja Møller 2020). Finola-öljyhampussa on kannabidivariinihappoa (CBDVA), josta kuumennettaessa muodostuu vastaavaa neutraalia muotoa kannabidivariinia (CBDV) (Pavlovic ym. 2019). Osassa kannabislajikkeista on myös tetrahydrokannabivariinihappoa (THCVA), josta kuumennettaessa muodostuu tetrahydrokannabivariinia (THCV) (Gülck ja Møller 2020), mahdollisesti vähäisiä määriä myös Finola-lajikkeessa (Pavlovic ym. 2019).



Kuva 5. Kannabinoidien rakenteita

Kannabidivariinihappo CBDVA, kannabidivariini CBDV, tetrahydrokannabivariini THCVA (PubChem)

1.5. Kannabinoidien uutto ja kemiallinen määrittäminen

Kannabinoidit uutetaan tavallisesti kuivatusta kasvimateriaalista. Kannabinoidien uuttoa kasvimateriaalista edeltää tavallisesti jauhaminen tai seulominen. Siemenet ja varret poistetaan uutettavasta materiaalista. Kannabinoidit uutetaan yleisimmin joko liotinuutolla tai ylikriittisellä hiilidioksidiuutolla (Citti ym. 2018a, Nahar ym. 2020). Liotinuutossa käytetään perinteisesti maserointia eli sekoitusta liuottimessa, kuten 96% etanolissa (Brighenti ym. 2017). Uutto voidaan tehdä myös ultraäänisonikaattorissa, mikroalloilla tai paineistetussa uuttolaitteistossa (pressurized liquid extraction). Kannabinoidien uutosta on tehty useita kirjallisuuskatsauksia, joissa on kuvattu eri uuttomenetelmien työvaiheita ja vertailtu saantoa (Citti ym. 2018a, Nahar ym. 2020). Keskeisin uuttotehokkuuden määrittäjä on uuttoliuottimen määrä suhteessa uutettavaan kiinteään kasvimateriaaliin. Pyrittäessä kvantitatiiviseen uuttoon hyvä uuttosuhde on esimerkiksi 1: 100 (Brighenti ym. 2017), käytännössä käytetään usein pienempiä uuttosuhteita, esimerkiksi 1:20.

Kannabinoidimäärittämiseen on kehitetty useita tarkasti standardoituja ja kalibroituja menetelmiä, joiden tarkoituksena on tuottaa analysoitavan materiaalin tarkka pitoisuus keskeisille kannabinoideille, erityisesti CBD:lle ja THC:lle (Berthold ym. 2020). Kun analysoidaan esimerkiksi päihde- tai lääkekannabismateriaalin THC-pitoisuutta, on pitoisuuden tarkka ja luotettava määrittäminen tärkeää, että materiaalin laatu tulee arvioitua oikein ja oikeudenmukaisesti (Sarma ym. 2020). Kannabinoidien määrittämisessä voidaan käyttää kaasukromatografiaa yhdistettynä massaspektrometriin (GC-MS) sekä nestekromatografiaa (HPLC) UV-VIS-detektorilla tai massaspektrometrin kanssa. Kannabinoidien kemiallisesta määrittämisestä on tehty useita kirjallisuuskatsauksia (Citti ym. 2018a, Citti ym. 2020).

Kun kannabinoidit analysoidaan kaasukromatografi-massaspektrometrilla (GC-MS), kannabinoidihapoista irtoaa karboksyylihapporyhmä, jolloin niistä tulee vastaavia neutraaleja kannabinoideja. Näin tapahtuu, koska määrittäminen tehdään korkeassa lämpötilassa. EU:ssa standardimenetelmä THC-pitoisuuden määrittämiseksi on kaasukromatografinen menetelmä, jossa näytteen kokonais-THC-pitoisuus analysoidaan THCA:n dekarboksylaation jälkeen (E.C. Union). Menetelmän mittausepätaarkkuus riippuu lineaarisesti analysoitavasta THC-pitoisuudesta ollen mittaluokassa 0,2 – 1 % (Sgrò ym. 2022). Happomuotoiset ja neutraalit kannabinoidit saadaan kaasukromatografisesti analysoitua erikseen lisäämällä laboratoriotyöskentelyyn derivointivaihe (silylointi), mikä lisää näytteenvalmistusaikaa.

Nestekromatografinen erottelu on hyvä menetelmä kannabinoidien analysoinnissa, koska sillä saadaan määritettyä kannabinoidihappojen ja neutraalien kannabinoidien pitoisuudet erikseen ilman derivointivaihetta. Nestekromatografia-UV/Vis-detektoria käytetään yleisesti kannabinoidien analysointiin. Nestekromatografia-massaspektrometrillä voidaan analysoida suuri joukko kannabinoideja niille spesifisillä massayhdistelmillä (McRae ja Melanson 2020).

Kannabinoidien kemiallisen analyysin tekee erityisen haastavaksi standardiyhdisteiden epästabiilius (Citti ym. 2020). Standardiyhdisteet on säilytettävä pakastimessa ja peräkkäisiä sulamis- ja pakastussyklejä on vältettävä (Citti ym. 2020). Jos esimerkiksi CBD:n standardina käytetään valmistetta, jossa CBD:n pitoisuus on erilaisten hapettumisreaktioiden vuoksi alempi kuin sen ilmoitetaan olevan, eikä käytetyn standardin alentunutta pitoisuutta havaita analysoinnin yhteydessä, arvioidaan standardisuoran avulla analysoitavien näytteiden pitoisuudet virheellisesti suuremmiksi kuin ne todellisuudessa ovat.

1.6. Kannabinoidien pitoisuuksiin vaikuttavia biologisia tekijöitä

1.6.1. Eri kasvosien välinen vaihtelu

Kannabinoidit ovat kukintovarren yhdisteitä, joista suurin osa on kukinnan verholehdissä ja ylälehdissä. Kannabinoidien biosynteesin viimeisimmät vaiheet, joissa CBDA ja THCA muodostuvat, tapahtuvat rauhaskarvoissa (trikomeissa, englanniksi glandular trichome). Yhdisteet varastoituvat rauhaskarvojen apoplastitilassa (Gülck ja Møller 2020). Rauhaskarvoja on eniten kukan verhiössä, jotka ympäröi emin sikiäintä ja myöhemmin kypsää siementä. Myös kukintoa ympäröivissä ylälehdissä on paljon rauhaskarvoja. Alalehdissä kannabinoideja on vähemmän kuin ylälehdissä (Burgel ym. 2020). Esimerkiksi Futura75-lajikkeessa oli CBDA:ta myöhäisessä kukintovaiheessa kypsissä kukinnoissa 2,7 %, ylälehdissä 2,4 % ja alalehdissä 1,7 % (Burgel ym. 2020). Kypsässä kukintovaiheessa Finola-öljyhampussa oli CBDA:ta kukinnoissa noin 1,5 %, ylälehdissä 1,1 % ja kasvulehdissä 0,3 % (Burgel ym. 2020).

Hampun kukinnan verhiössä ja ylälehdissä on varrellisia ja varrettomia rauhaskarvoja, pieniä pallomaisia rauhaskarvoja sekä tavallisia karvoja (Livingston ym. 2020). Varrellisia rauhaskarvoja on kukinnan verhiössä ja ylälehdissä. Varrettomia rauhaskarvoja on kukinnan lisäksi kasvulehdissä. Suojuslehdissä ja verhiöissä varrellisten rauhaskarvojen esiasteet näyttävät varrettomilta rauhaskarvoilta, mutta niistä kehittyy varrellisia rauhaskarvoja (Livingston ym. 2020). Sekä varrelliset että varrettomat rauhaskarvat sisältävät kannabinoideja (Happyana ym. 2013, Livingston

et al. 2020), mutta varrellisissa rauhaskarvoissa kannabinoideja on enemmän. Varrellisten rauhaskarvojen autofluoresenssi sinisellä aallonpituusalueella (460 nm) liittyy niiden suureen kannabinoidipitoisuuteen (Livingston ym. 2020). Varrellisista rauhaskarvoista on eristetty kannabinoidibiosynteesireitin keskeiset entsyymit THCA-syntaasi ja CBDA-syntaasi (Rodziewicz ym. 2019). Varrelliset ja varrettomat rauhaskarvat poikkeavat toisistaan terpenoidikoostumukseltaan: Varrellisissa kypsissä rauhaskarvoissa on monoterpeenejä moninkertaisesti enemmän kuin seskviterpeenejä, kun taas varrettomat rauhaskarvat sisältävät enemmän seskviterpeenejä kuin monoterpeenejä (Livingston ym. 2020).

Hampun varret ja juuret sisältävät kannabinoideja vain hyvin pieniä pitoisuuksia (Stout ym. 2012, Jin ym. 2020). Juurien kokonaiskannabinoidipitoisuus on 0.001-0.004 % (Jin ym. 2020). Hampunsiemenissä kannabinoideja on vain erittäin pieninä pitoisuuksina, kuituhamppulajikkeissa 0-12 µg/g (Ross ym. 2000). Hampunsiemen on rakenteellisesti pähkylä (englanniksi achene) eli kuiva hedelmä ja kannabinoidit esiintyvät perikarpin eli hedelmänkuoren pinnalla. Pestäessä hedelmänkuorta kloroformilla valtaosa (noin 90%) yhdisteistä peseytyy ensimmäisessä pesussa pois, mikä osoittaa yhdisteiden sijaitsevan hedelmänkuoren pinnalla. Todennäköisesti siemenet eivät itsessään sisällä kannabinoideja, vaan pienet pitoisuudet johtuvat kontaminaatiosta verhiöön ja ylälehtiin (Ross ym. 2000).

1.6.2. Lajikkeiden välinen ja sisäinen vaihtelu

Eri hamppu- ja kannabislajikkeet eroavat toisistaan kannabinoidiprofiililtaan. Yhdeksää eri kuituhamppulajiketta vertailtaessa kukintojen CBDA-pitoisuus vaihteli välillä 0,1-46,8 mg/g ja CBD-pitoisuus 0,1-23,9 mg/g kuivapainoa kohti (Brighenti ym. 2017). Seitsemän kuitu- ja öljyhamppulajikkeen vertailussa lajikkeiden välillä havaittiin suuria eroja eri kannabinoidien pitoisuuksissa (Burgel ym. 2020). Futura75, Féroda17, Félina32 ja Ferimon olivat lajikkeita, joilla oli sekä hyvä biomassan tuottokyky että korkea CBDA-pitoisuus (Burgel ym. 2020). Niiden kukintojen CBDA-pitoisuus oli sadonkorjuuvaiheessa seuraavanlainen: Futura75 1,8 %, Féroda17 noin 1,3 %, Félina32 noin 1,7 % ja Ferimon noin 0,7 %, mikä johti biomassan tuoton huomioiden neliometriä kohden mitattuna seuraaviin CBDA-saantoihin: Futura75 noin 4500 mg m⁻², Féroda17 noin 6000 mg m⁻², Félina32 noin 5000 mg m⁻² ja Ferimon noin 2000 mg m⁻² (Burgel ym. 2020).

Finola-öljyhamppulajikkeen sisältämiä CBDA, CBD, THCA ja THC-pitoisuuksia on tutkittu useissa tutkimuksissa eri maissa (Taulukko 2.). Finola-lajikkeen kukinnot sisälsivät CBDA:tä kypsässä

kukintovaiheessa 1,5 % ja sadonkorjuuvaiheessa CBDA:tä 1,6 % ja CBD:ta 0,17 % (Burgel ym. 2020). THCA:ta niissä oli vain hyvin vähän, 0,05 % (Burgel ym. 2020). Osassa tutkimuksista kannabinoidien happo- ja neutraalimuodot (CBDA ja CBD, THCA ja THC) on analysoitu kokonaispitoisuutena erottelematta toisistaan. Kasvihuoneessa kasvanut Finola-lajike sisälsi CBD:ta eri lannoitus- ja rhizobiumbakteerikäsittelyissä 1,90-2,06 %, kun CBDA oli dekarboksyloitu CBD:ksi uunikuivatuksella 80 °C:ssa, kunnes kuivapaino ei enää muuttunut (Pagnani ym. 2018). Itävallassa Finola-öljyhampun lehtien CBD-pitoisuus oli 19,8 mg/g ja THC-pitoisuus yllättävän korkea 2,2 mg/g paineistetussa 1 tunnin liuotinuutossa 100 °C:ssa (Serna-Loaiza ym. 2020). Italiassa pellolla kasvaneiden Finola-öljyhampun kukintojen CBDA-pitoisuus oli 23,5 mg/g ja CBD-pitoisuus 2,6 mg/g (Pavlovic ym. 2019).

Taulukko 2. Finola-lajikkeen eri kasvinosien CBDA, CBD-, THCA- ja THC-pitoisuuksia kirjallisuuslähteistä sekä CBD / THC -suhde

*Yksiköt ovat mg/g DW, paitsi * µmol/g DW.*

CBDA	CBD	CBDA +CBD	THCA	THC	THCA +THC	CBD /THC	Kasvinosa	Viite
17	1,5	18,5	0,5			37	Kukinnot	Burgel ym. 2020
10	0,9	10,9	0,4			27,3	Ylälehdet	Burgel ym. 2020
3	0,2	3,2					Alalehdet	Burgel ym. 2020
		20,6			1,7	12,1	Kukinto lehtineen	Pagnani ym. 2018
23,5	2,6	26,1	0,4	0,3	0,7	37,3	Kukinto	Pavlovic ym. 2019
	19,8	19,8		2,2	2,2	9	Lehdet	Serna-Loaiza ym. 2020
					<0,1		Kukinto lehtineen	Small ja Marcus 1992
		352			13,2	26,7	Verhiö	Livingston ym. 2020
2,4*							Emikukka	Stout ym. 2012
0,5*							Lehdet	Stout ym. 2012

Eri kannabislajikkeiden välillä on vastaavia suuria eroja kannabinoidipitoisuuksissa. Esimerkiksi yksitoista lääkekannabislajiketta poikkesivat toisistaan huomattavasti sekä yhdiste-koostumukseltaan että kannabinoidipitoisuuksiltaan (Fischedick ym. 2010). Vastaavasti eri puolilta Yhdysvaltoja takavarikoidut päihdekannabisnäytteet poikkesivat toisistaan kannabinoidien laadun ja määrien suhteen (Al Bakain ym. 2020).

Emikasvit tuottavat enemmän kannabinoideja kasvaessaan ilman hedekasveja kuin kasvaessaan hedekasvien kanssa samalla pellolla pölytyksen jälkeen. Pölytettynä emikasvit panostavat

siementen tuotantoon, jolloin kannabinoidien pitoisuudet jäävät pienemmiksi (Chandra ym. 2017). Vastaavasti silloin, kun halutaan panostaa siementuotantoon, on hedekasveja oltava pellolla.

1.6.3. Kasvukauden aikainen ja vuosien välinen vaihtelu

Kasvukauden aikana kannabinoidipitoisuus (massaprosentteina) kasvoi öljy- ja kuituhamppu-lajikkeilla kasvukauden edetessä vegetatiivisesta vaiheesta kukintovaiheeseen (Burgel ym. 2020, Ingallina ym. 2020). Kypsissä kukinnoissa CBDA-pitoisuus oli useimmissa lajikkeissa suurempi kuin myöhemmin siemenen sadonkorjuuvaiheessa (Burgel ym. 2020). Finola:ssa kukintojen CBDA-pitoisuus oli vähän suurempi sadonkorjuuvaiheessa kuin kypsässä kukinnossa (Burgel ym. 2020). Toisaalta CBDA:n kokonaissaanto oli kaikilla lajikkeilla sadonkorjuuvaiheessa suurempi kuin kukintovaiheessa, koska kukinnon biomassa kasvoi voimakkaasti kukintovaiheesta sadonkorjuuvaiheeseen (Burgel ym. 2020). Suurimmat CBDA-saannot neliometriä kohti saatiin sadonkorjuuvaiheessa (Burgel ym. 2020).

Yksittäisen hampukasviyksilön kannabinoidien pitoisuuksien suhteet eivät muutu kasvukauden aikana (Burgel ym. 2020). Kun jokin hampulajike sisälsi vähän THC:ta suhteessa CBDA:han kasvukauden alussa, niin suhde oli sama myös kasvukauden lopussa. Kasvu- ja kukintovaiheen kannabinoidikoostumus ennusti hyvin vahvasti kypsän siemenvaiheen kannabinoidikoostumusta myös aasialaisilla kannabisalkuperillä (Welling ym. 2018).

1.7. Kannabinoidien pitoisuuksiin vaikuttavia teknisiä tekijöitä

1.7.1. Hampumateriaalin kuivaus

Hampumateriaalin kuivaustapa ja -lämpötila vaikuttavat kannabinoidipitoisuuksiin. Kuivaus olisi syytä suorittaa välittömästi sadonkorjuun jälkeen, koska kostea kasvimateriaali on altis erilaisille homeille. Lääkinnällisen hampun kuivauksessa ja yleisemmin pienimuotoisessa tuotannossa kuivaus perustuu usein kasvien ripustamiseen väljästi tilaan, jossa on tehostettu ilmanvaihto ja mahdollisesti kohotettu lämpötila. Erilaiset kohotetun lämpötilan kuivaamistavat esim. lämpökaapissa sekä kylmäkuivausmenetelmät ovat myös yleisesti käytettyjä (Ubeed ym. 2022). Kuivaamista lämpösäteilyn tai mikroaaltojen avulla on sovellettu erityisesti tutkimuksessa (Ubeed ym. 2022). Kylmäkuivaaminen vakuudessa on kemiallisen koostumuksen kannalta hellävaraisin menetelmä ja sitä on sovellettu myös tässä tutkimuksessa. Näin kuivatussa materiaalissa kannabinoidit ovat lähes täysin happomuodoissaan eikä dekarboksyloituneita neutraaleja muotoja

esiinny kuin hyvin vähäisessä määrin. Kuivaaminen muilla tavoin aiheuttaa havaittavissa määrin kannabinoidien dekarboksylaatiota, mistä johtuen materiaalissa esiintyy myös neutraaleja muotoja, yleisesti muutamia prosentteja kokonaispitoisuudesta, mutta joissakin tapauksissa enemmänkin. Kun hamppumateriaalia kuivattiin 90 °C lämpötilassa, 13-14 % CBDA:sta dekarboksyloitui neutraaliin CBD-muotoon (Chen ym. 2021). Kohotetuissa lämpötiloissa kuivaaminen johtaa myös kannabinoidien kokonaispitoisuuden pienenemiseen muutamilla prosenteilla.

1.7.2. Säilytysolosuhteiden vaikutus

Kuivatun hamppumateriaalin säilytys vaikuttaa myös olennaisesti kannabinoidipitoisuuksiin. Kannabinoidien pysyvyys varastoinnin aikana riippuu kunkin yhdisteen reaktioherkkyydestä, THC:n ollessa vähemmän pysyvä kuin CBD (Lindholst ym. 2010). Kannabinoidien säilyvyyden kannalta olennaista on riittävän alhainen lämpötila 4 °C tai alempi ja suojaaminen valolta. Vuoden säilytys säilyttäminen 25 °C lämpötilassa valolta suojattunakin voi johtaa n. 10 – 33% pienenemiseen CBDA:n ja THCA:n pitoisuuksissa, erityisesti jauhetussa kasvimateriaalissa (Milay ym. 2020). Suurin osa hajonneista happomuodoista on muuntunut neutraaliin muotoon säilytyksessä, mutta myös materiaalin kokonaiskannabinoidipitoisuus laskee yhdisteiden hapettumisen ja haihtumisen vuoksi. Säilytyksen kokonaistappiot vaihtelevat hamppulajikkeista, materiaalin koostumuksesta (esim. mahdollinen jauhatus), kosteuspitoisuudesta ja säilytysolosuhteista riippuen.

CBD:n pitoisuudessa on havaittu pientä vähenemistä neljän vuoden säilytyksessä valaistussa tilassa huoneenlämmössä, kun taas pimeässä pakastimessa -20°C:ssa CBD-pitoisuus säilyi muuttumattomana (Lindholst ym. 2010). Päihdekannabis-hartsinäytteen CBD-pitoisuus aleni valaistussa tilassa +22°C:ssa 19 % ensimmäisen vuoden aikana, kun taas pimeässä jääkaapissa +4°C:ssa pitoisuus aleni 17 % (Trofin ym. 2012). Hartsinäytteessä kannabinoidien pitoisuuksien muutos on suurempaa kuin ehjässä kasvimateriaalissa, jossa rauhaskarvat suojaavat yhdisteitä. Hamppuöljyssä CBDA:n säilyvyyden on laskettu olevan lämpötilariippuvaista (Citti ym. 2018b). CBDA:n pitoisuuden arvioitu puoliintumisaika hamppuöljyssä on +25 °C:n lämpötilassa 45 päivää ja +5 °C:n lämpötilassa noin 20 kuukautta (Citti ym. 2018b). CBD:n pitoisuudet ovat olleet kaupallisesti myynnissä olevissa tuotteissa, esimerkiksi CBD-öljyissä tai tupakkatuotteissa, vaihtelevia tuotteesta toiseen ja tyyppillisesti CBD-pitoisuus on ollut pienempi kuin tuotteessa on ilmoitettu (Pavlovic ym. 2018b, Zivovinovic ym. 2018).

1.7. Dekarboksyylaatiomenetelmät

Neutraalimuotoisia kannabinoideja voidaan tuottaa happomuotoisista esiasteista kuumentamalla uunissa korkeassa lämpötilassa, esimerkiksi CBD:ta CBDA:sta. Kuumennuslämpötila ja -aika vaikuttavat lopputuotteen saantoon. Yleisesti kuumennuksessa käytetään esimerkiksi 145 °C:ssa puoli tuntia (Calvi ym. 2018, Pacifici ym. 2017) tai 130 °C:ssa kaksi tuntia (Ingallina ym. 2020). Lämpötilaa voidaan alentaa, kun samalla pidennetään kuumennusaikaa. Moreno ym. 2020 testasivat ja mallinsivat CBDA:n ja THCA:n dekarboksylaation kinetiikkaa ja he päättelivät, että pyrittäessä CBD:n pitoisuuden maksimointiin siihen soveltuisi parhaiten 25 tuntia 80 °C:ssa, kun taas THC:n tuottamiseen paras aika- ja lämpötilayhdistelmä olisi 6,5 min 160 °C:ssa. CBD:n tuottamiseen pitkä aika alhaisessa lämpötilassa soveltui parhaiten, koska CBD:n hajoaminen tai höyrystyminen väheni alhaisissa lämpötiloissa. THC:n tuottamiseen lyhyt aika korkeassa lämpötilassa oli parempi, koska THC:n saanto väheni kuumennusajan pidentyessä myös alhaisemmissa lämpötiloissa. Jos haluaa CBD:n saannon olevan hyvä, mutta ei halua tuotteen sisältävän THC:ta, on pidempi kuumennusaika suhteellisen matalassa lämpötilassa hyvä lähtökohta. Kun hamppunäytettä kuumennettiin 100 °C:ssa, CBD:n pitoisuus alkoi laskea 30 h:n jälkeen, kun taas THC:n pitoisuus aleni jo 4 h:n jälkeen (Zivovinovic ym. 2018). Kannabinoidien väheneminen kuumennettaessa korkeassa 122 °C:n tai 145 °C:n lämpötilassa avoimessa astiassa johtuu suurelta osin höyrystymisestä, mikä on todennettu muodostuneiden kaasujen ohutlevykromatografia-analyysillä (Veress ym. 1990). CBDA:n dekarboksylaatiossa on todettu saannon olevan odotettua pienempi, minkä arveltiin johtuvan joko CBDA:n tai CBD:n reaktioista, joita ei kyetty selittämään (Wang ym. 2016). Alle 100 °C:n lämpötilassa CBDA:n dekarboksylaatio CBD:ksi noudattaa ensimmäisen asteen kinetiikkaa eli CBD:n kertyminen on suorassa suhteessa CBDA:n määrään (Citti ym. 2018b). Yli 100 °C:n lämpötiloissa CBDA:n väheneminen ei johda samassa suhteessa CBD:n pitoisuuden kasvuun, vaan joko syntyy tuntemattomia sivutuotteita tai CBD höyrystyy (Citti ym. 2018b, Moreno ym. 2020). CBDA:n häviäminen ilman CBD:n vastaavaa pitoisuuden kasvua vähenee, kun happea ei ole läsnä, mikä viittaa CBDA:n hapettumisreaktioihin (Moreno ym. 2020).

Toisaalta neutraalien kannabinoidien pitoisuuksien maksimointi kuumentamalla aiheuttaa terpeenien ja erityisesti monoterpeenien voimakkaan vähenemisen kuumennettavasta hampputuotteesta, koska kuumennettaessa monoterpeenit haihtuvat ilmaan (Calvi ym. 2018). Jos halutaan tuottaa esimerkiksi lääkerohdoskannabista, jossa on runsas terpenoidikoostumus, on

parasta valmistaa tuotteesta öljyä ilman kuumentamista esimerkiksi höyrytislamalla (Romano ja Hazekamp 2013, Citti ym. 2016, Calvi ym. 2018).

1.8. CBD:n käyttö eri maissa ja mahdolliset uudet hampputuotteet

CBD:n markkinat kasvavat voimakkaasti useissa eri maissa, kuten Kanadassa ja Yhdysvalloissa. CBD on monikäyttöinen. Sitä käytetään rohdoksena, öljynä, hartsina, sähkösavukkeiden nesteenä (e-nesteenä) sekä ravintolisänä (Brighenti ym. 2021). CBD-öljyllä on kasvava suosio ihonhoidossa ja kosmetiikassa.

1.9. CBD:tä koskeva lainsäädäntö Suomessa tällä hetkellä Suomessa hampun kannabinoideja sisältävien kasvinosien käyttö elintarvikkeina ei ole tällä hetkellä sallittua. Suomessa elintarvikkeet eivät saa sisältää huumausaineeksi luokiteltavaa THC:tä, eikä THC:n enimmäismäärälle ole tällä hetkellä määritelty raja-arvoa, minkä tulkitaan tarkoittavan nollatoleranssia. Lainsäädäntö vaihtelee EU-maissa ja esimerkiksi Sveitsissä sallitaan elintarvikkeissa pieniä pitoisuuksia THC:tä (Giroud 2002). Euroopan komission työ hampun ja sen eri kasvinosien käyttöhistoriatietojen tarkennuksen osalta uuselintarvikeluetteloon (Novel Food Catalogue) on kesken, joten kun se valmistuu, on oletettavissa, että Euroopan komissio linjaa kantansa THC:n enimmäispitoisuudeksi. Tällöin Suomessakin arvioidaan tilanne uudelleen.

Tällä hetkellä hampun lehti- tai kukintomateriaalin käyttö uuselintarvikkeen kuten CBD- uutteen valmistukseen edellyttää uuselintarvikelain mukaisen uuselintarvikeluvan hankkimista. Lupaprosessi on hidas ja monivaiheinen.

CBD-uutteiden tuonti Suomeen kosmetologiakäyttöön ei tällä hetkellä ole sallittua. CBD luokitellaan lääkeaineeksi, jonka käyttö on luvanvaraista. Lääkeaineiden maahantuontia valvoo Suomessa Lääkealan turvallisuus- ja kehittämiskeskus Fimea.

Suomessa lääkekannabiksen kasvatusta lääkekäyttöön ei ole sallittua. Maissa, joissa kannabiksen viljely lääkinnälliseen käyttöön on sallittua, on kansalliseen lainsäädäntöön sisällytetty viljelyn, sadon ja jakelun hallinnoinnin valvontamenettelyt. Kannabiksen lääkekasvituotannon tai kannabisperäisten lääkkeiden tuotannon mahdollistaminen Suomessa vaatisi muutoksia huumausainelainsäädäntöön.

1.10. CBD:n tuotantopotentialiaali Suomessa

CBD:n tuottamiseen voidaan käyttää sadonkorjuumenetelmiä, jotka maksimoivat CBD:n saannon. Vaihtoehtoisesti on ehdotettu, että CBD:tä voidaan tuottaa öljysiementuotannon sivuvirtana. Öljyhampun siementuotannon sivutuotteena syntyvän kasvimateriaalin hyödyntämistä CBD:n tuottamiseen ei ole tutkittu paljon. Esimerkiksi Burgel ym. 2020 kehottivat, että hampunbiomassatuottoa ja kannabinoideipitoisuuksia pitäisi tutkia yhdessä sadon kokonaismäärän ymmärtämiseksi. Vaikka öljyhampun tuotanto on kannattavaa, olisi tuottavuuden lisäys tervetullutta ja saattaisi innostaa uusia viljelijöitä kokeilemaan öljyhampun viljelyä.

CBD:n tuottamisen arvoketjun arvioiminen on hankalaa, koska CBD:n tuottaminen ei nykyisessä lainsäädäntötilanteessa ole Suomessa sallittua. Toisaalta kiinnostus CBD:tä kohtaan Euroopassa on laajaa. On mahdollista, että lainsäädäntöön tulee muutoksia, kun Euroopan komissio linjaa kantansa Δ^9 -THC:n enimmäispitoisuudeksi. Siksi hampunsiementuotannon sivuvirtojen hyödyntämistä kannattaa pohtia myös tuottavuuden kannalta.

2. Hankkeen tavoitteet

Hankkeen tavoitteena oli selvittää Suomessa viljeltävien öljy- ja kuituhamppulajikkeiden kukintojen ja lehtien soveltuvuutta mahdollisten uusien hampputuotteiden raaka-aineena. Pääpaino oli jalostusasteeltaan korkeammissa tuotteissa, joiden tuottamiseen voitaisiin hyödyntää jo olemassa olevan öljyhampunviljelyn arvoketjun sivuvirtoja.

Työ jakautui kolmeen osaan:

- I. Kooste alan nykytilanteesta ja uusien hampputuotteiden mahdollisesta kysynnästä
- II. Hamppulajikkeiden kemiallisen koostumuksen selvittäminen sekä dekarboksylaatio-menettelmän vaikutus hyödynnettävien yhdisteiden laatuun ja määrään
- III. Viljelijäkysely, viljelijä- ja yritysyhteistyö sekä alustava arvoketjuanalyysi

Alan nykytilannetta ja arvioita mahdollisista uusista tuotteista sekä niiden kysynnästä käsitellään johdannossa sekä tuottajille tehdyssä kyselyssä.

Kemiallisessa osuudessa selvitettiin Finola-öljyhampun sekä kuituhampulajikkeiden kukinnon kemiallista koostumusta. Työssä keskityttiin analysoimaan kannabinoideja. Erityisinä mielenkiinnon kohteina olivat kannabidiolihappo CBDA ja kannabidioli CBD. Hamppumateriaalissa CBDA-pitoisuus on suuri, kun taas CBD on tutkimuksen kohdeyhdiste. Koska CBDA halutaan dekarboksyloida CBD:ksi, testattiin tässä työssä dekarboksylaation lämpötilan ja keston vaikutusta tuotetun CBD:n määrään. Lisäksi analysoitiin otoksenomaisesti, sisältävätkö nykyiset hampputuotteet kannabinoideja.

CBDA:n dekarboksylaatiosta CBD:ksi tiedetään, että matalammassa lämpötilassa täydelliseen dekarboksylaatioon tarvitaan pidempi aika ja korkeammassa lämpötilassa lyhyempi aika. Tässä työssä tutkittiin lämpötilan ja kuumennusajan yhdysvaikutusta CBDA:n dekarboksylaatioon sekä kuumennuksen toteutuksen yksityiskohtien vaikutusta CBD:n saantoon. Koska näytteen altistuminen hapettumiselle saattaa johtaa ei-toivottuihin sivureaktioihin, tutkittiin typetyksen ja avoimen tai suljetun lasiastian vaikutusta CBD:n saantoon. Lisäksi testattiin uutteen kuumennusta nestemäisenä uutteenä ja kuivattuna. Dekarboksylaatiokokeet toteutettiin sivuvirtamateriaalilla.

Erillisinä tutkimuskysymyksinä selvitettiin pelloilta kerätyistä hamppuyksilöistä:

1. Silmämääräisesti näkyvän kypsyysasteen vaikutusta kannabinoidipitoisuuksiin eli vihreiden ja ruskeiden kukintojen eroja kannabinoidipitoisuuksissa puintiajankohdan lähestyessä tai puintiajankohtana, kun hamppupellolla oli löydettävissä sekä vihreitä että ruskeita hamppuyksilöitä. Vihreissä hampuissa siemenet olivat vielä raakoja ja ruskeissa hamppuyksilöissä siemenet olivat kypsiä tai lähes kypsiä.
2. Eri peltojen välistä vaihtelua, jolloin peltojen väliseen vaihteluun sisältyy eri paikkakuntien ja eri tuotantotapojen (tavanomainen tai luomutuotanto) välinen vaihtelu.
3. Kahden eri näytteenottoajankohdan välistä muutosta samalta pelloilta kerätyistä näytteistä.
4. Eri kuituhamppulajikkeiden välisiä eroja.
5. Yksilöiden välistä vaihtelua kannabinoidipitoisuuksissa.

Hankkeessa toteutettiin tilavierailuja, kysely viljelijöille sekä alalla jo toimivien yritysten haastatteluja. Viljelijäkyselyssä selvitettiin öljyhampunviljelijöiden halukkuutta ja valmiutta puintijätteen keräämiseen, kuivaukseen ja varastointiin. Tavoitteena oli arvioida koko tuotantoketjun eri osapuolten näkemyksiä ja halukkuutta osallistua CBD:tä sisältävien niche-tuotteiden kehittämiseen. Alustavassa arvoketjuanalyysissä kiinnitetään erityisesti huomiota tuotantopanosten määrään ja kustannuksiin suhteessa uusien tuotteiden mahdolliseen lisäarvoon hampun viljelyn kannalta.

3. Materiaalit ja menetelmät

3.1. Tilavierailut ja kerätyt hamppukasvinäytteet

Näytteenotot tehtiin Itä-Suomessa Liperissä, Keski-Suomessa Jyväskylässä ja Laukaalla sekä Hausjärvellä Kanta-Hämeessä syys- ja lokakuussa 2020 (Taulukko 3). Hamppupelloista kaksi oli luomuviljelyssä, muut tavanomaisessa viljelyssä. Kunakin näytteenottopäivinä näytteeksi kerättiin kustakin hamppuyksilöstä kukintovarsi lehtineen muovipussiin. Näytteet säilytettiin kylmälaukuissa matkan ajan ja pakastettiin Joensuussa.

Taulukko 3. Näytteenotot, ajankohta, paikkakunta, viljelytapa ja viljelijä

Päivämäärä	Paikkakunta	Viljelytapa	Viljelijä
8.9.2020	Jyväskylä	Luomu	Mikko Ilmoniemi
22.9.2020	Hausjärvi	Tavanomainen	Jyrki Leppälä
1.10.2020	Jyväskylä	Luomu	Mikko Ilmoniemi
1.10.2020	Laukaa	Tavanomainen	Tuomo Häkkinen

Tutkimuskysymyksiä selvitettiin

1. Vihreiden ja ruskeiden kukintojen eroja kannabinoidipitoisuuksissa

-Syksyn keräysajankohtina hamppupelloilla oli jo ihan ruskeita hamppuyksilöitä, joissa siemenet olivat kypsiä tai lähes kypsiä, mutta myös vihreitä hamppuyksilöitä, joissa siemenet olivat vielä raakoja

-Haluttiin selvittää silmämääräisesti näkyvän kypsyysasteen vaikutusta kannabinoidien määriin, mikä oli biologisen vaihtelun osalta tärkeä tutkimuskysymys

-Vihreitä ja ruskeita hamppuyksilöitä kerättiin kolmelta eri pellolta: Hausjärvi Oitista 22.9.2020, Jyväskylästä luomuviljelypellolta 1.10.2020 ja Laukaalta 1.10.2020

2. Eri peltojen välistä vaihtelua

-Peltojen välillä vaihtelivat sekä peltojen sijainti eri paikkakunnilla että tuotantotapa (luomu tai tavanomainen)



Kuva 6. Ruskeita ja vihreitä hampunkukintoja

Kuvattu Hausjärven Oitissa 22.9.2020

3. Muutosta eri ajankohtien välillä samalla pellolla

-Jyväskylässä otettiin luomupellolla näytteet sekä syys- että lokakuussa, joten voimme pienimuotoisesti verrata muutosta näytteenottoajankohtien välillä



Kuva 7. Luomuviljelty hampupelto kahtena eri ajankohtana

Kuvattu Jyväskylässä 8.9.2020 ja 1.10.2020

4. Eri kuituhamppulajikkeiden välisiä eroja

-neljästä eri kuituhamppulajikkeesta otettiin näytteet Laukaalla (viljelijä Tuomo Häkkinen) 1.10.2020. Haluttiin selvittää eri kuituhamppulajikkeiden kannabinoidipitoisuuksia.



Kuva 8. Kuituhamppulajikkeita

Kuvattu Laukaalla 1.10.2020

5. Yksilöiden välistä vaihtelua

-Kukin hamppuyksilö uutettiin erikseen eikä tehty kokoomanäytteitä

3.2. Sivuvirtamateriaali

TransFarm Oy oli kerännyt kuivattua puintijätettä syksyllä 2019. Sivuvirtamateriaali oli kuivattu ja varastoitu suursäkkeihin Hausjärven Oitissa. Kannabinoidit uutettiin ja analysoitiin sivuvirtamateriaalista samalla menetelmällä kuin kukintonäytteistä. Lisäksi analysoitiin vakiomenetelmin näytteiden hiilihyaatti-, ligniini-, tuhka- ja uuteaineainepitoisuus.



Kuva 9. Sivuvirtamateriaalia a) lähikuvassa ja b) säkeissä

Kuvattu a) laboratoriossa, b) TransFarm:n varastossa



Kuva 10. Hampunsiemensatoa ja -puintia

Kuvattu Jyväskylässä 1.10.2020

3.3. Muut hampputuotemateriaalit

Saimme lahjoituksina seuraavat hampputuotteet, joista analysoimme kannabinoidipitoisuudet: Maltaankaltainen hampputuote, hamppuproteiini, kuorittu hampunsiemen ja paahdettu hampunsiemen.



Kuva 11. Hampputuotteita a) maltaankaltainen tuote, b) hamppuproteiini, c) kuorittu hampunsiemen ja d) paahdettu hampunsiemen

3.4. Standardiyhdisteet

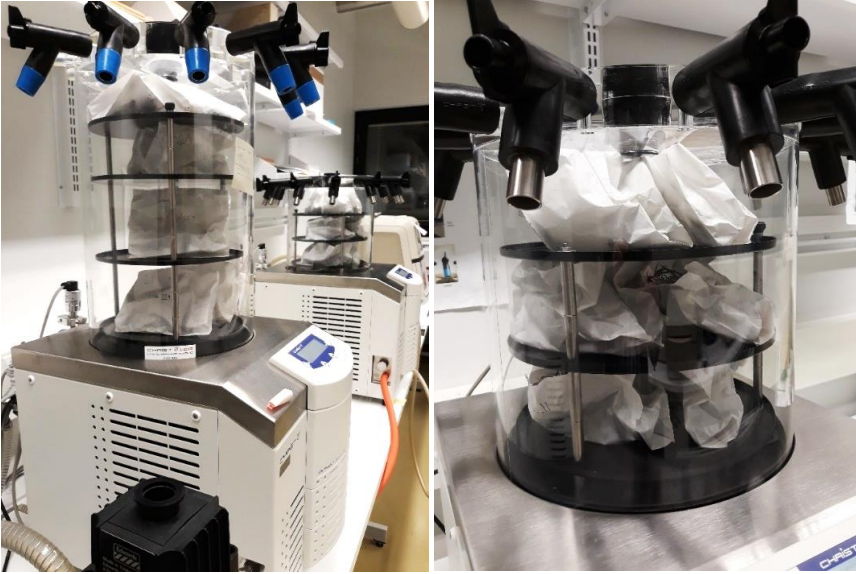
Lääkealan turvallisuus- ja kehittämiskeskuksesta Fimeasta pyydettiin vastuuhenkilöiden nimitys sekä hankittiin käsittely- ja tuontilupa standardisekoituksen tilaamiseen. Luvat tarvittiin, koska standardisekoitus sisälsi huumausaineiksi luokiteltavat Δ^9 -THC:n ja Δ^8 -THC:n. Standardisekoitus oli virallisesti hyväksyttyä standardilaatua (certified reference material, CRM) ja sisälsi retentioaika-järjestyksessä seuraavat 11 yhdistettä: kannabidivariini (CBDV), tetrahydrokannabivariini (THCV), kannabidioli (CBD), kannabigeroli (CBG), kannabidiolihappo (CBDA), kannabinoli (CBN), kannabigerolihappo (CBGA), Δ^9 -tetrahydrokannabinoli (Δ^9 -THC), Δ^8 -tetrahydrokannabinoli (Δ^8 -THC), (\pm)-kannabikromeeni (CBC), tetrahydrokannabinolihappo A (THCA-A). Kutakin yhdistettä oli 250 $\mu\text{g}/\text{ml}$ asetonitrilissä.

3.5. Kannabinoidien uutto

Tässä hankkeessa tavoite oli määrittää riittävän vertailukelpoisella tarkkuudella kuumennuksen vaikutusta hampumateriaalin CBD-pitoisuuteen sekä kannabinoidien pitoisuuksien vaihtelua pelloilta kerätyissä näytteissä. Työssä ei oltu kiinnostuneita tarkasta CBD-pitoisuudesta vaan siitä, voidaanko hampunviljelylle saada lisää kannattavuutta ottamalla puintijäte talteen ja tuottamalla siitä uusia hampputuotteita. Työn tavoite vaikutti menetelmän valintaan siten, että haluttiin riittävän toistettavia tuloksia, mutta toisaalta uutossa tehtiin työvaiheita säästäviä ratkaisuja.

Sivuvirtamateriaalia kustakin uunituskokeesta punnittiin kaksi rinnakkaista 0,5 g näytettä 50 ml:n sentrifugiputkiin. Näytteet uutettiin 25 ml 96% etanolissa ultraäänisonikaattorissa 15 minuuttia, sentrifugoitiin $10000 \times g$ 3 min ja suodatettiin suodatinpaperin läpi falcon-putkeen. Sakka uutettiin vielä toisen kerran 25 ml 96% etanolissa ultraäänisonikaattorissa 15 minuuttia, sentrifugoitiin $10000 \times g$ 3 min ja suodatettiin suodatinpaperin läpi samaan falcon-putkeen. Hampputuotenäytteet uutettiin muuten samoin, paitsi Supernatantti sekoitettiin sekoittajalla ja siitä otettiin 0,7 ml osanäyte eppendorf-putkeen. Osanäytteet haihdutettiin kuiviin vakuumikonsentraattorilla $45\text{ }^{\circ}\text{C}$. Näytteet säilytettiin $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ pakastimessa, kunnes ne analysoitiin. Analysointipäivänä näyte liuotettiin 70 % MeOH:iin, sekoitettiin sekoittajalla 20 s ja suodatettiin RC-ruiskusuodattimen läpi näytepulloon.

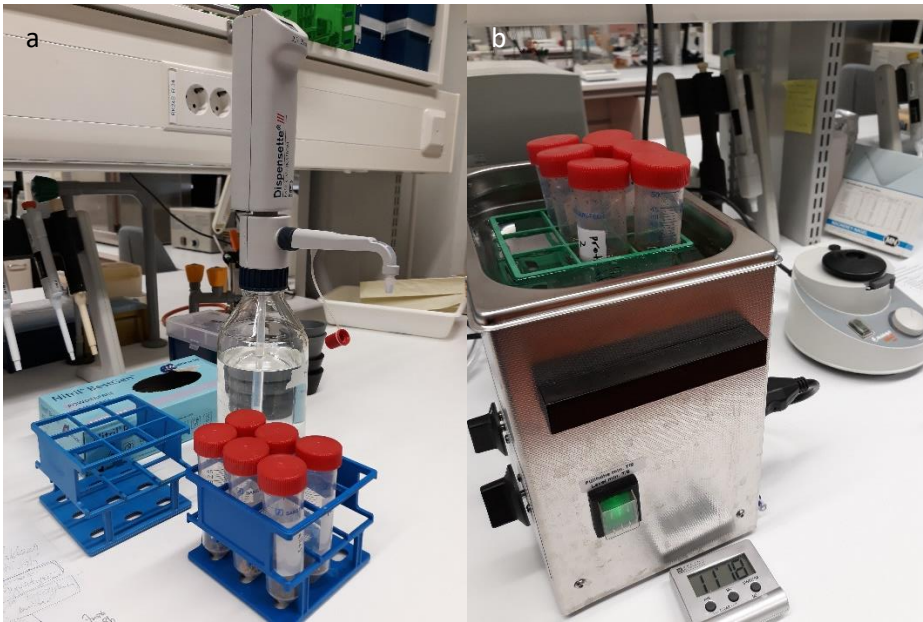
Pelloilta kerätyt ja pakastetut näytteet kylmäkuivattiin 42 tuntia 0,3 mbar ja 4 tuntia 0,1 mbar. Näytteet säilytettiin eksikaattorissa, kunnes ne analysoitiin. Varsi ja siemenet seulottiin näytteestä erilleen 2 mm seulalla. Kukin hamppuyksilö uutettiin erikseen. Hampun lehti- ja kukintomateriaalia punnittiin 0,5 g 50 ml:n sentrifugiputkeen. Näytteet uutettiin 35 ml 96% etanolissa ultraäänisonikaattorissa 15 minuuttia, sentrifugoitiin $10000 \times g$ 3 min ja suodatettiin suodatinpaperin läpi lasipurkkiin. Sakka uutettiin vielä toisen kerran 35 ml 96% etanolissa ultraäänisonikaattorissa 15 minuuttia, sentrifugoitiin $10000 \times g$ 3 min ja suodatettiin suodatinpaperin läpi samaan lasipurkkiin. Supernatantti sekoitettiin sekoittajalla ja siitä otettiin 0,7 ml osanäyte eppendorf-putkeen. Osanäytteet haihdutettiin kuiviin vakuumikonsentraattorilla $45\text{ }^{\circ}\text{C}$. Näytteet säilytettiin $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ pakastimessa, kunnes ne analysoitiin. Analysointipäivänä näyte liuotettiin 70 % MeOH:iin, sekoitettiin sekoittajalla 20 s ja suodatettiin RC-ruiskusuodattimen läpi näytepulloon.



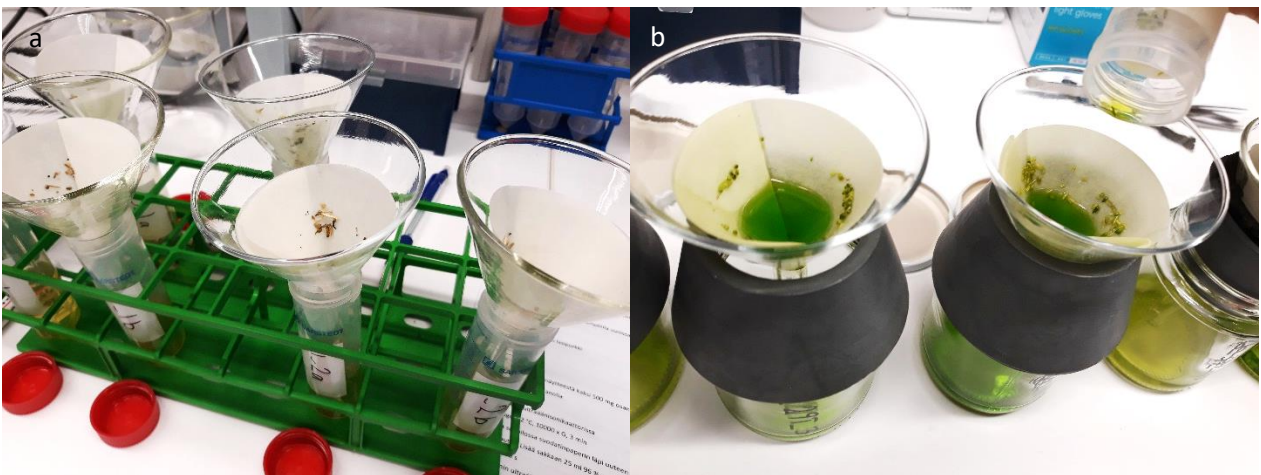
Kuva 12. Näyttemateriaalin kylmäkuivaus paperipusseissa kylmäkuivaajassa



Kuva 13. Näytteiden seulonta a) näyte seulonnassa, b) näyte seulonnan jälkeen, c) ja d) varret ja siemenet seulalla



Kuva 14. Uttovaiheita, a) uuttoliuoksen annostelu annostelijalla, b) uutto ultraäänisonikaattorissa

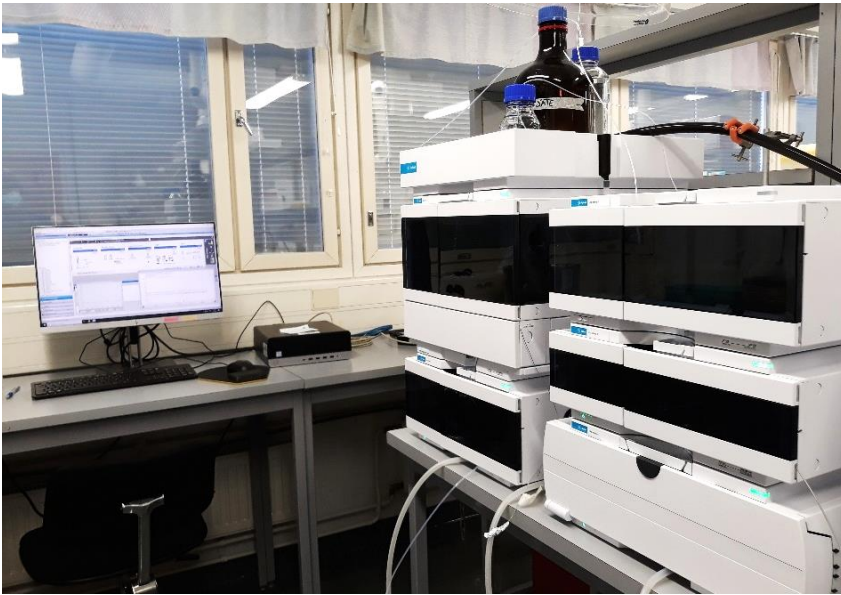


Kuva 15. Suodatus a) sivuvirtamateriaalille ja b) pelloilta kerätyille hammunäytteille

3.6. Kannabinoidien analyysi nestekromatografisesti

Kannabinoidit analysoitiin korkean resoluution nestekromatografialaitteistolla (HPLC, high performance liquid chromatography) UV- (PDA, photodiode array) detektorilla (Agilent Technologies). Kannabinoidit ajettiin Kinetex C18-kolonnilla, partikkelikoko 1,7 μm , 100 \times 3 mm (Phenomenex). Ajoliuksina oli (A) 0,1 % muurahaishappo milliporevedessä ja (B) metanoli. Virtaus oli 0,45 ml/min. Gradientti oli lineaarinen seuraavasti: 0 min 60% B, jossa pidettiin 2 min, sitten lineaarinen gradientti 23 min 85 % B, 25 min 95 % B, jossa pidettiin 10 min ja 1 min aikana palattiin

60% B. Tasapainotus oli 13 min näytteiden välissä. Injisointilavuus oli 5 µl. Seitsemän pisteen standardisuora ajettiin samalla menetelmällä kuin näytteet.



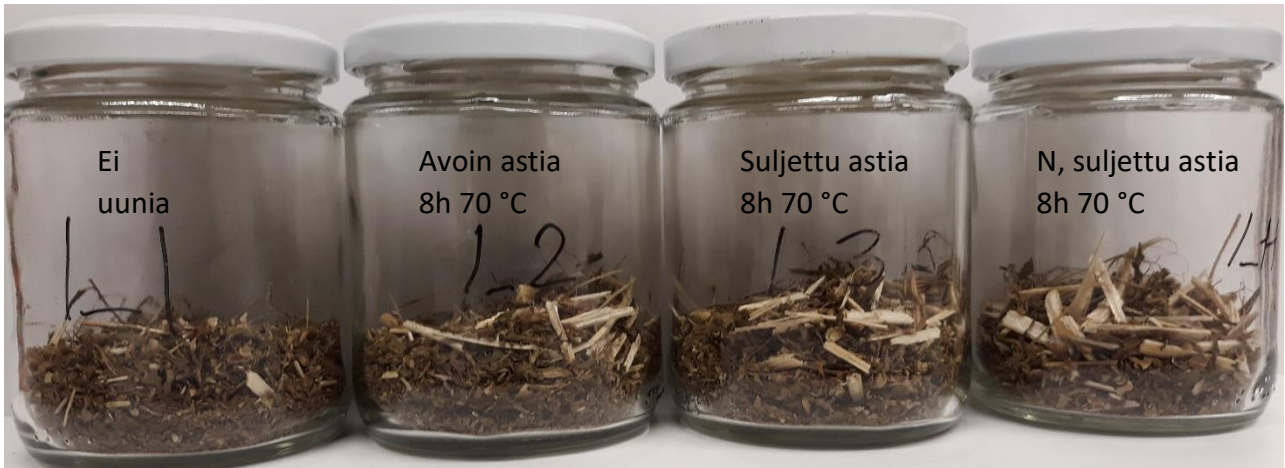
Kuva 16. Työssä käytetty HPLC-laitteisto

3.7. Dekarboksyylaatiokokeet

Dekarboksyylaatiokokeet toteutettiin pääosin TransFarm Oy:n sivuvirtamateriaalilla. Ensimmäisessä kokeessa kuivattua puintijätettä punnittiin 10 g lasipurkkeihin ja testattiin eri kuumennusaikoja sekä eri kuumennustapoja 70 °C uunissa. Kuumennusajat olivat 2h, 8 h ja 24 h.

Käsittelyt olivat seuraavat:

1. Kontrollina toimi näyte, jota ei kuumennettu lainkaan
2. Avoin lasipurkki uunissa 70 °C
3. Ilman tyytystä suljettu lasipurkki uunissa 70 °C
4. Tyytys 1 min, suljettu lasipurkki uunissa 70 °C

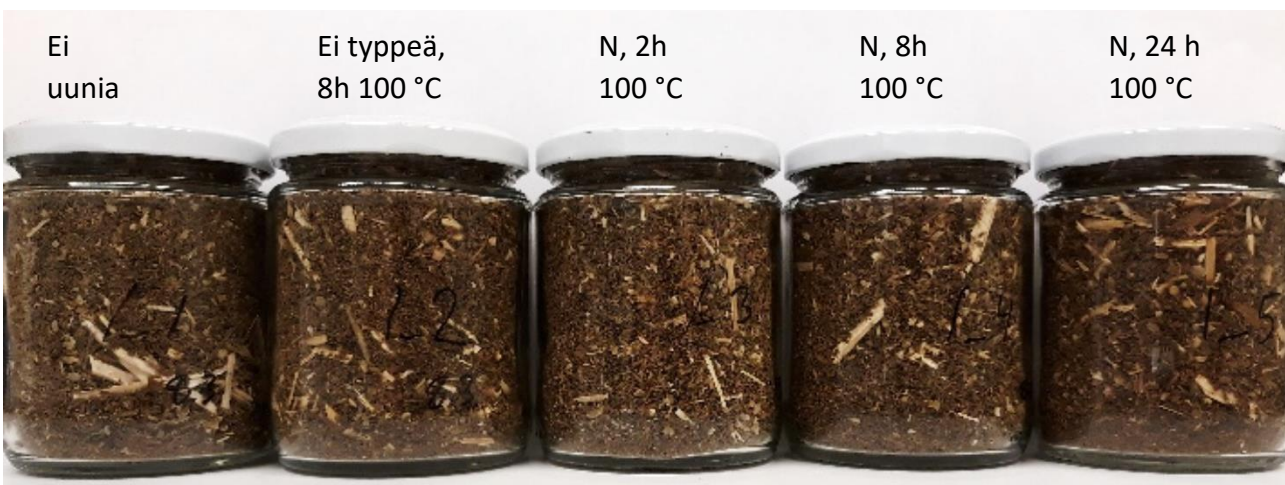


Kuva 17. Ensimmäisen kuumennuskokeen toteutus sivuvirtamateriaalilla lasipurkeissa

Kuvassa 8 h sivuvirtamateriaalinäytteet, kussakin purkissa 10 g näytettä

Toisessa kokeessa viisi lasipurkkia täytettiin survinta apuna käyttäen kuivatulla puintijätteellä, kuhunkin purkkiin noin 53 g hammppumateriaalia. Tällöin hapelle ei jäänyt tilaa suljetussa astiassa. Lisäksi testattiin typetystä hapen syrjäyttämiseksi. Kokeen käsittelyt olivat seuraavat:

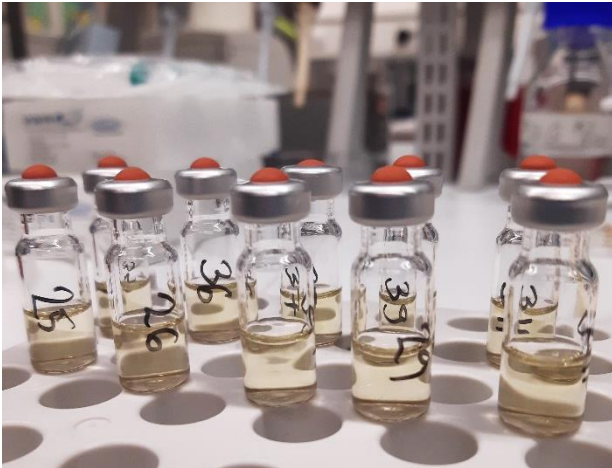
1. Kontrollina toimi näyte, jota ei kuumennettu lainkaan
2. Suljettu lasipurkki ilman typetystä 8 h uunissa 100 °C
3. Typetys 1 min, suljettu lasipurkki 2h uunissa 100 °C
4. Typetys 1 min, suljettu lasipurkki 8h uunissa 100 °C
5. Typetys 1 min, suljettu lasipurkki 24h uunissa 100 °C



Kuva 18. Toisen kuumennuskokeen lasipurkit survottuna täyteen sivuvirtamateriaalia

Kuva kokeen jälkeen. Näytteiden väri ei muuttunut kokeen aikana. N = 1 min typetys ennen koetta

Dekarboksylaatiokokeen toteutusta uutteille kokeiltiin sivuvirtamateriaalilla. Testattiin sekä uunikuumentusta uuttoliuksessa (etanolissa) että kuiviin haihdutetulle uutteelle. Uunin lämpötila oli 90 °C ja kokeen kesto 2h. Koe toteutettiin 1 ml:n osanäytteille näytepulloissa. Dekarboksylaation toteutuksessa uuton jälkeen uutteille olisi etuna, että materiaali sopisi pieneenkin uuniin.



Kuva 19. Kuumennuskoe etanoliuutteille näytepulloissa

Korkit nousivat uunissa koholle, kun haihtumistuotteet pyrkivät ulos pulloista

Tuoreena kerätyllä kylmäkuivatulla hammppukukintomateriaalilla tehtiin dekarboksylaatiokoe, jossa hammppumateriaalia kuumennettiin suljetussa täyteen pakatussa lasipurkissa 8h 100 °C (Kuva 20). Astian pakkaaminen täyteen kasvimateriaalia pienentää hapelle jäävää tilavuutta astiassa. Koe toteutettiin eri paikoista kerätyllä kokoomanäytteellä.



Kuva 20. Tuoreena kerätyllä kylmäkuivatulla hammppukasvimateriaalilla toteutettu kuumennuskoe

Materiaalina kukinnot lehtineen, varret ja siemenet seulottuna pois

3.8. Kukintojen kuvaaminen

Liperistä kerättiin 12.10.2020 hampun kukintoja tuoreena kuvantamista varten. Kuvaamiseen käytettiin Leica Z6APO-makroskooppia. Väriavokuvat otettiin käyttäen rengas-led-valaisinta. Fluoresenssikuvauksessa käytettiin UV-led-lamppuja (Thorlabs), joiden UV-valon keskiaallonpituus oli 310 nm ja 365 nm. Aallonpituuskaistanleveydet olivat 365 nm: 7.5 nm, 310 nm: 10 nm (puolikorkeusleveys).

3.9. Viljelijätapaamiset, haastattelut ja kysely

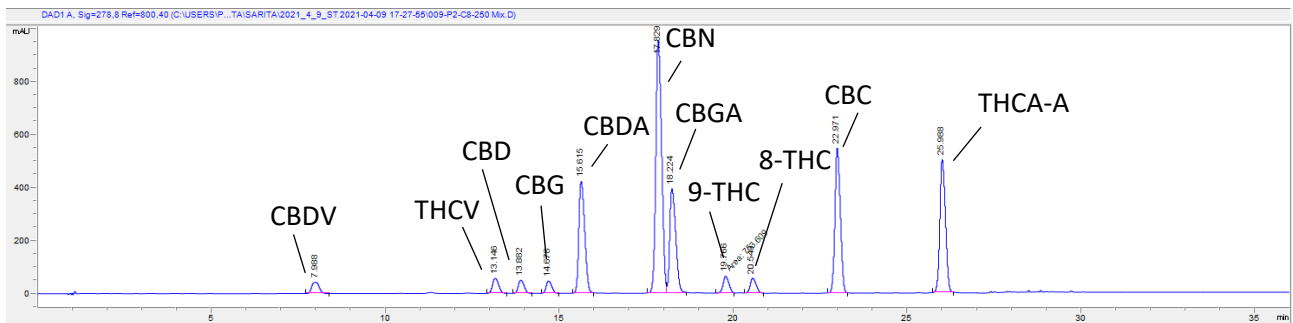
Näytteiden keräämisen yhteydessä keskusteltiin viljelijöiden kanssa hankkeesta ja hampunviljelystä. Hampunviljelyn haasteisiin kuuluu, että hampunsiemenen kylvö tapahtuu keväällä mahdollisimman varhain mutta lämpimään maahan. Puintiajankohta on myöhään syksyllä juuri ennen lumentuloa. Tapaamisissa kävi ilmi, että kiinnostusta CBD:n hyödyntämistä kohtaan löytyi, mutta lainsäädännön aiheuttamat haasteet tunnistettiin. Kaikki viljelijät osallistuivat tutkimukseen mielellään ja näytteiden keruuajankohdat saatiin sovittua helposti.

Hampunviljelijöille ja hamppua aiemmin viljelleille kohdennettu kysely toteutettiin marraskuussa 2021. Kyselyn kysymykset ovat liitteenä (Liite 1).

4. Tulokset

4.1. Standardiyhdisteiden analyysi

Hankkeessa kehitetty menetelmä soveltui erinomaisesti kannabinoidien analysointiin. Menetelmän erottelukyky oli erittäin hyvä. Kukin standardiyhdiste erottui kromatogrammissa omaksi piikikseen (Kuva 21, Taulukko 4).



Kuva 21. Standardiyhdisteiden HPLC- DAD -kromatogrammi, aallonpituus 278 nm

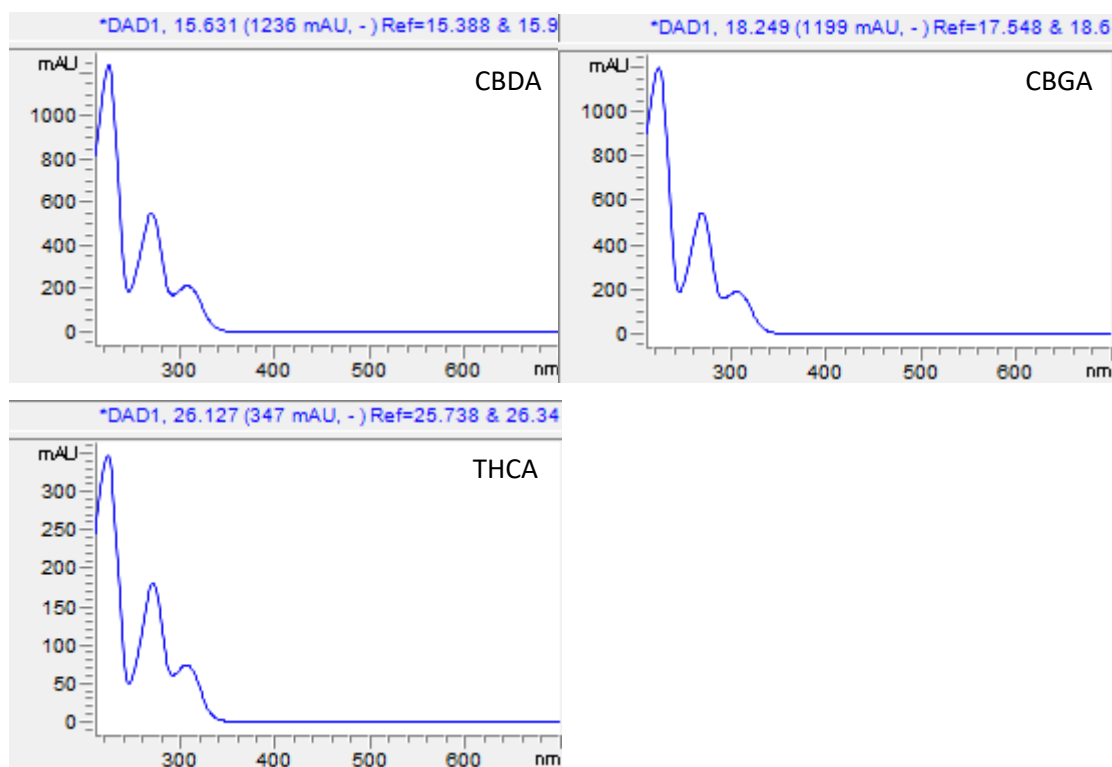
Pitoisuus 250 µg/ml. Yhdisteet retentioaika-järjestyksessä, liikkuva faasi metanoli. Kannabidivariini CBDV, tetrahydrokannabivariini THCV, kannabidioli CBD, kannabigeroli CBG, kannabidiolihappo CBDA, kannabinoli CBN, kannabigerolihappo CBGA, Δ^9 -tetrahydrokannabinoli Δ^9 -THC, Δ^8 -tetrahydrokannabinoli Δ^8 -THC, (\pm)-kannabikromeeni CBC, tetrahydrokannabinolihappo A THCA-A.

Taulukko 4. Standardiyhdisteet

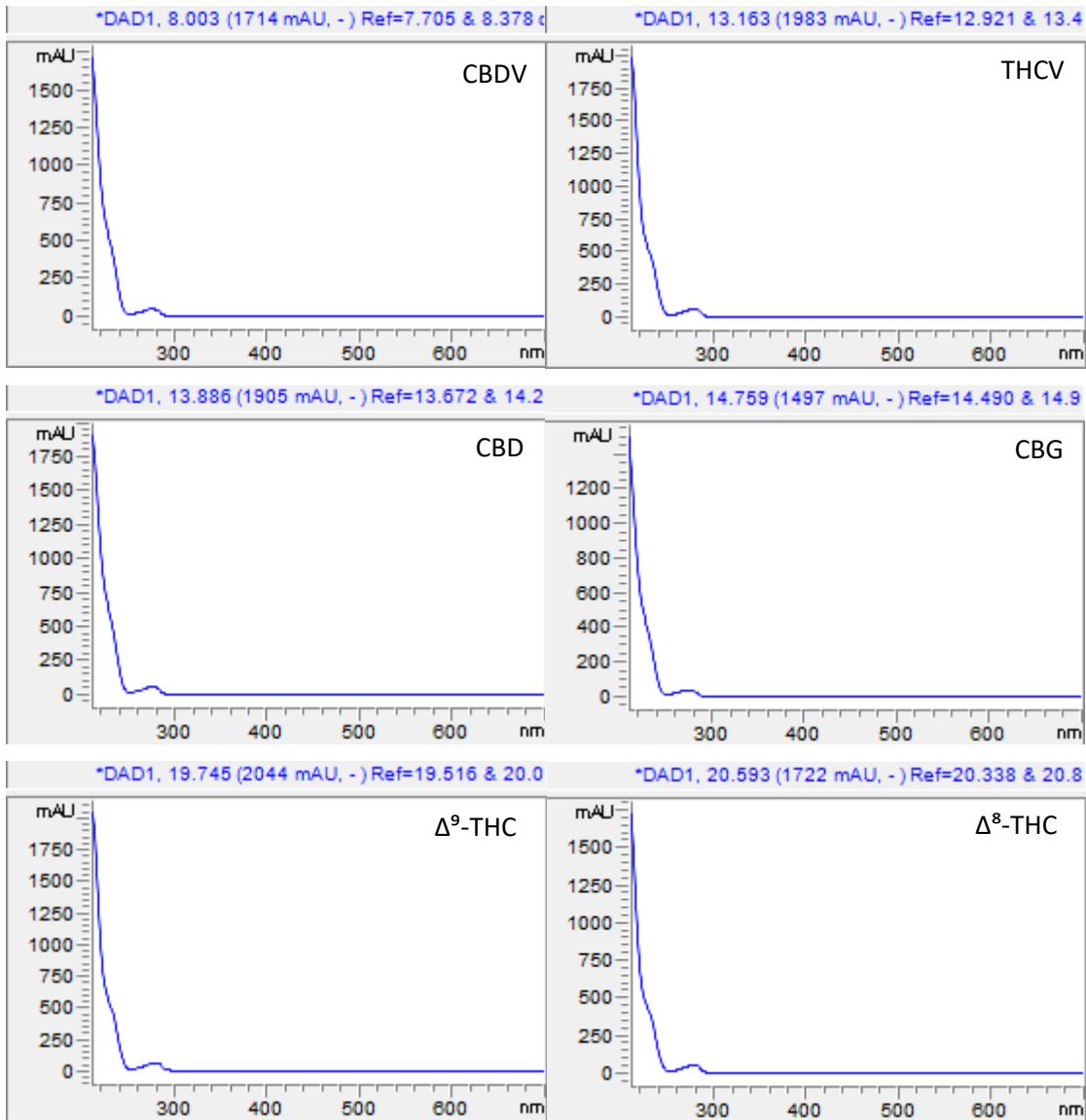
Yhdisteet retentioaikajärjestyksessä (liikkuvana faasina metanoli), lyhenteet, CAS-numerot, retentioajat (Rt). Standardiseoksena Cayman Chemical Phytocannabinoid Mixture 11, joka on vahvistettu vertailumateriaali (Certified Reference Material, CRM)

Kannabinoidistandardiyhdiste	Lyhenne	CAS nro	Rt
Kannabidivariini	CBDV	24274-48-4	8,0
Tetrahydrokannabivariini	THCV	31262-37-0	13,1
Kannabidioli	CBD	13956-29-1	13,9
Kannabigeroli	CBG	25654-31-3	14,7
Kannabidiolihappo	CBDA	1244-58-2	15,6
Kannabinoli	CBN	521-35-7	17,8
Kannabigerolihappo	CBGA	25555-57-1	18,2
Δ^9 -Tetrahydrokannabinoli	Δ^9 -THC	1972-08-3	19,8
Δ^8 -Tetrahydrokannabinoli	Δ^8 -THC	5957-75-5	20,5
Kannabikromeeni	CBC	20675-51-8	23,0
Tetrahydrokannabinolihappo A	THCA-A	23978-85-0	26,0

Standardiyhdisteet antoivat PDA:lla niille tyypilliset spektrit (Kuvat 22-24). Happomuotoisilla kannabinoideilla on absorptiohuiput aallonpituuksilla 230, 270 ja 310 nm. Neutraalit kannabinoidit absorboivat voimakkaimmin aallonpituudella 205 nm, mutta niillä on myös pieni absorptiohuippu aallonpituudella 280 nm. CBN:lla on sille tyypillinen spektri, jossa absorptiohuiput ovat 220 nm ja 280 nm ja CBC:lla absorptiohuiput ovat 230 nm ja 280 nm. Standardiyhdisteiden 7 pisteen standardisuorat tehtiin aallonpituudella 278, koska kyseisellä aallonpituudella kaikki yhdisteet antoivat hyvän lineaarisen vasteen (Kuva 25).

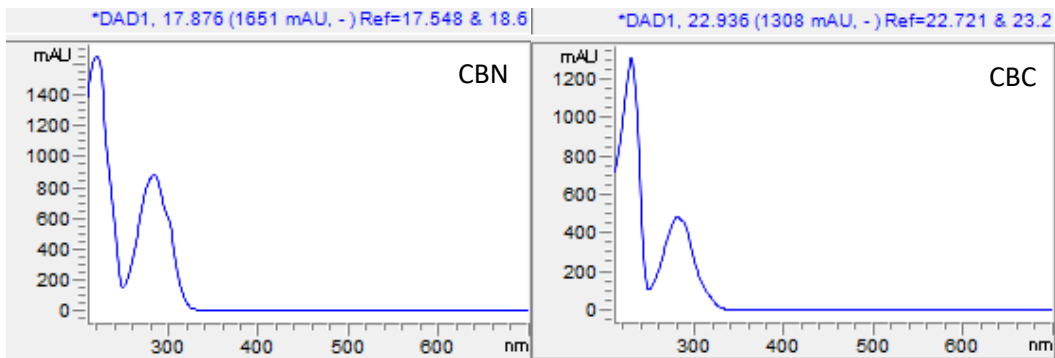


Kuva 22. Happomuotoisten kannabinoidistandardiyhdisteiden absorptiospektrit Retentioaikajärjestyksessä kannabidiolihapo CBDA, kannabigerolihapo CBGA ja tetrahydrokannabinolihapo THCA.

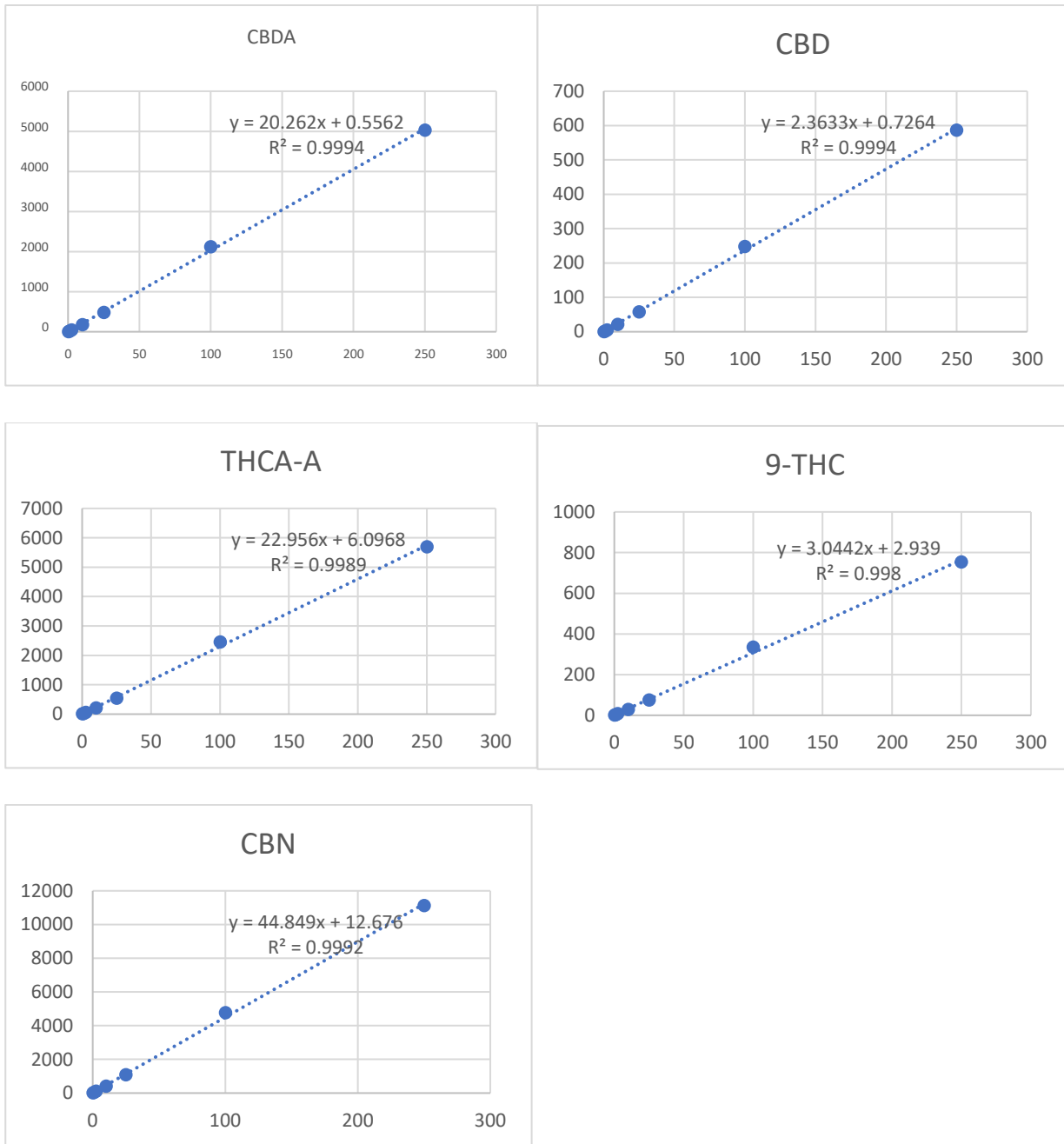


Kuva 23. Neutraalien kannabinoidistandardiyhdisteiden absorptiospektrit

Kannabidiivariini CBDV, tetrahydrokannabivariini THCv, kannabidioli CBD, kannabigeroli CBG, Δ^9 -tetrahydrokannabinoli Δ^9 -THC, Δ^8 -tetrahydrokannabinoli Δ^8 -THC



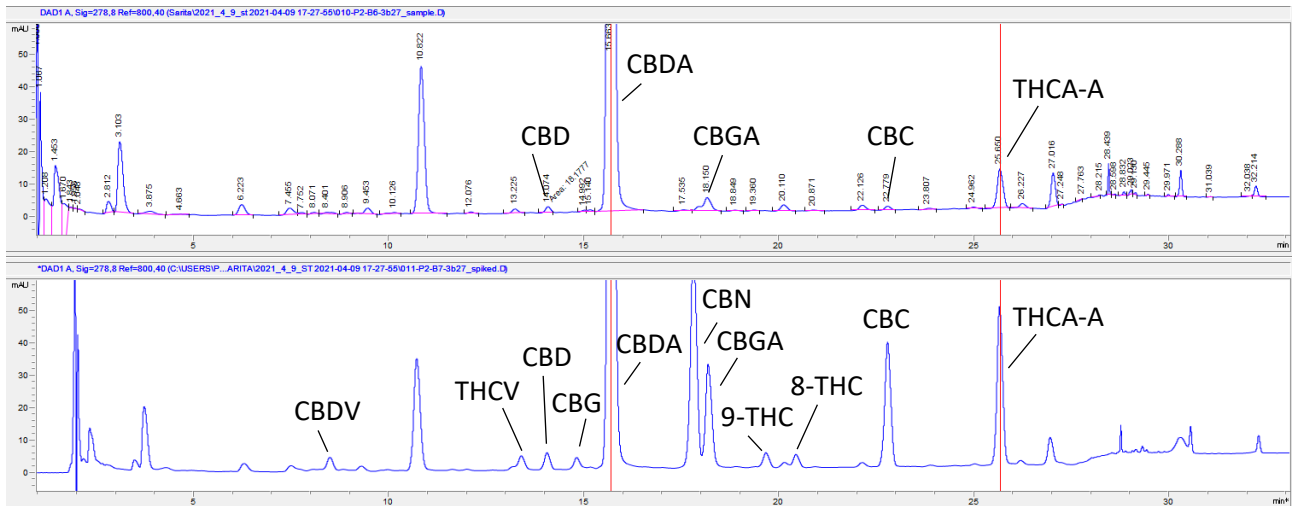
Kuva 24. Kannabinolin (CBN) ja kannabikromeenin (CBC) standardiyhdisteiden absorptiospektrit



Kuva 25. CBDA:n, CBD:n, THCA:n, Δ^9 -THC:n ja CBN:n standardisuorat aallonpituudella 278 nm

4.2. Hamppunäytteiden kannabinoidikoostumus

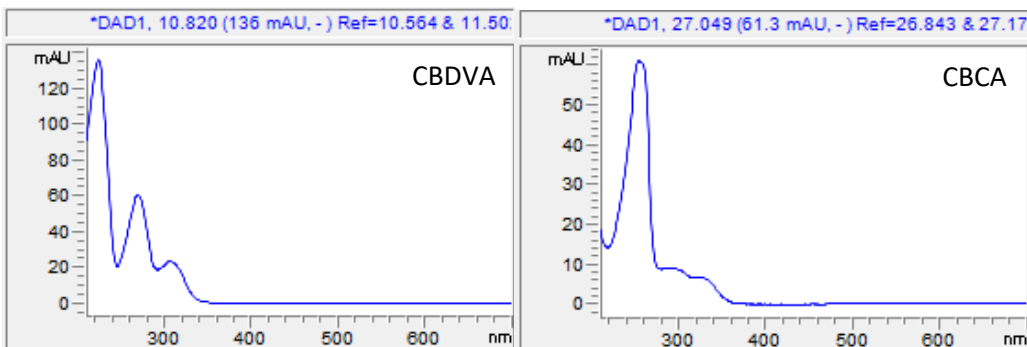
CBDA oli suurimpana pitoisuutena esiintyvä kannabinoidi Finola-öljyhampussa. Muita Finola-lajikkeessa esiintyviä kannabinoideja olivat CBD, CBGA, CBC ja THCA-A (Kuva 26a). Kyseisten yhdisteiden identifikaatio varmistettiin lisäämällä standardiseosta näytteeseen, jolloin nähtiin kyseisten yhdisteikkien kasvavan (Kuva 26 b).



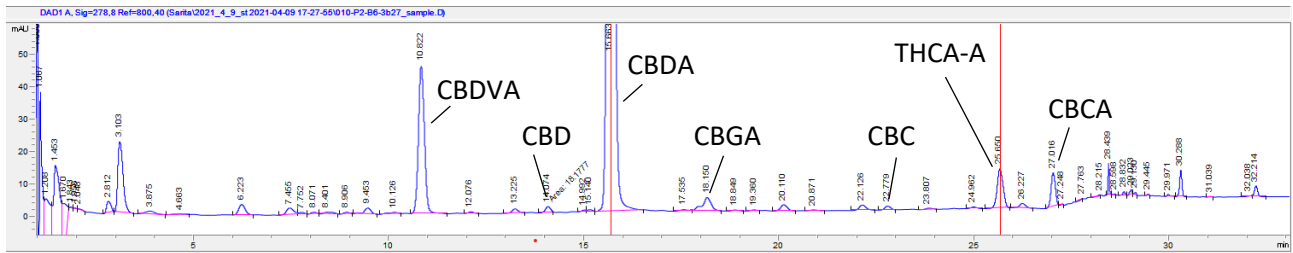
Kuva 26. a) Finola-öljyhampun kromatogrammi, jossa merkitty tunnistetut yhdisteet, b) sama näyte, johon on lisätty standardisekoitusta, merkittynä kaikki standardiyhdisteet

Kannabidioli CBD, kannabidiolihappo CBDA, kannabigerolihappo CBGA, tetrahydrokannabinolihappo A THCA-A, muut ks. Taulukko 4.

Hampunäytteissä oli kannabinoidien lisäksi useita muita yhdisteitä kuten fenolisia yhdisteitä ja terpeenejä, mutta tässä työssä analysoimme vain kannabinoideja. Keskeisten standardien kannabinoidien avulla tunnistettujen lisäksi näytteissä oli useita pieniä piikkejä, jotka antoivat kannabinoideille tyypillisen spektrin. Näistä nimesimme tentatiivisesti kirjallisuudessa esiintyvien retentioaikajärjestyksen (Pavlovic ym. 2019) ja spektrien (Hazekamp ym. 2005) perusteella (\pm)-kannabikromeenihapon (CBCA) (Kuvat 27-28). Lisäksi aikaisen retentioajan perusteella voitiin tentatiivisesti nimetä kannabidivariinihappo (CBDVA), jonka voidaan olettaa esiintyvän hampunäytteissä suhteellisen suurena pitoisuutena (Pavlovic ym. 2019) (Kuvat 27-28). Kannabidiolia (CBN) ei tuoreena kerätyissä hampunäytteissä ollut (Kuvat 26, 29).



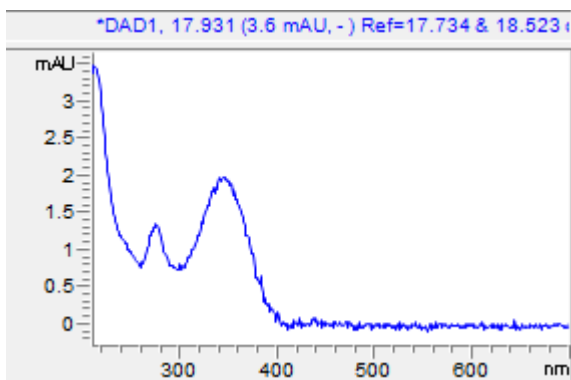
Kuva 27. Tentatiivisesti nimettyjen kannabidivariinihapon (CBDVA) ja (\pm)-kannabikromeenihapon (CBCA) spektri Finola-öljyhampunäytteestä.



Kuva 28. Finola-öljyhampun kromatogrammi

Merkittynä CBDVA, CBD, CBDA, CBGA, CBC, THCA-A ja CBCA. CBDVA ja CBCA tentatiivisia.

CBDVA:ta ja CBCA:ta ei ollut standardiseoituksessa ja siksi niitä ei voitu varmuudella tunnistaa.

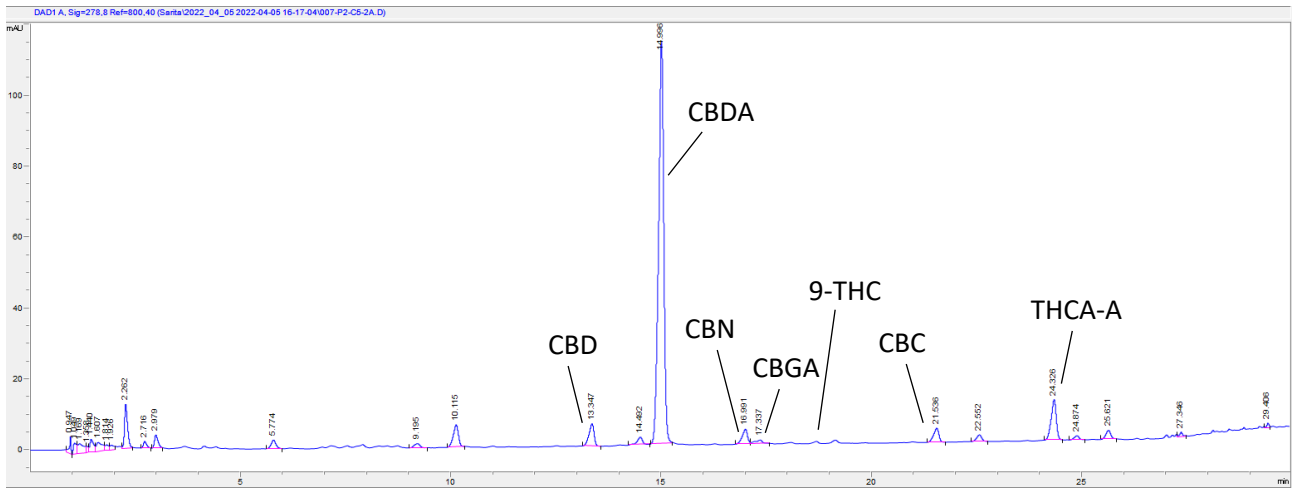


Kuva 29. Flavonoidi (retentioajalla 17,9 min), joka on kromatogrammissa ennen CBGA:ta

Kyseessä ei ole CBN, vaikka pelkän retentioajan perusteella niin voisi kuvitella. Yhdisteen spektri on flavonoidille tyypillinen.

4.3. Sivuvirtamateriaalin kannabinoidikoostumus

Sivuvirtamateriaali oli kuivattua puintijätettä ja sen kannabinoidikoostumus poikkesi jonkin verran tuoreena kerätystä hampumateriaalista (Kuva 30). Todennäköisesti sen koostumus oli muuttunut kuivauksen aikana. Sivuvirtamateriaali sisälsi CBD:tä enemmän suhteessa CBDA:han kuin pelloilta tuoreena kerätyt hampunäytteet. Lisäksi sivuvirtamateriaali sisälsi kannabinolia CBN, jota tuoreena kerätty kasvimateriaali ei sisältänyt. Sivuvirtamateriaali sisälsi myös Δ^9 -tetrahydrokannabinolia Δ^9 -THC hyvin pienenä pitoisuutena.



Kuva 30. Finola-öljyhampun sivuvirtamateriaalin kromatogrammi

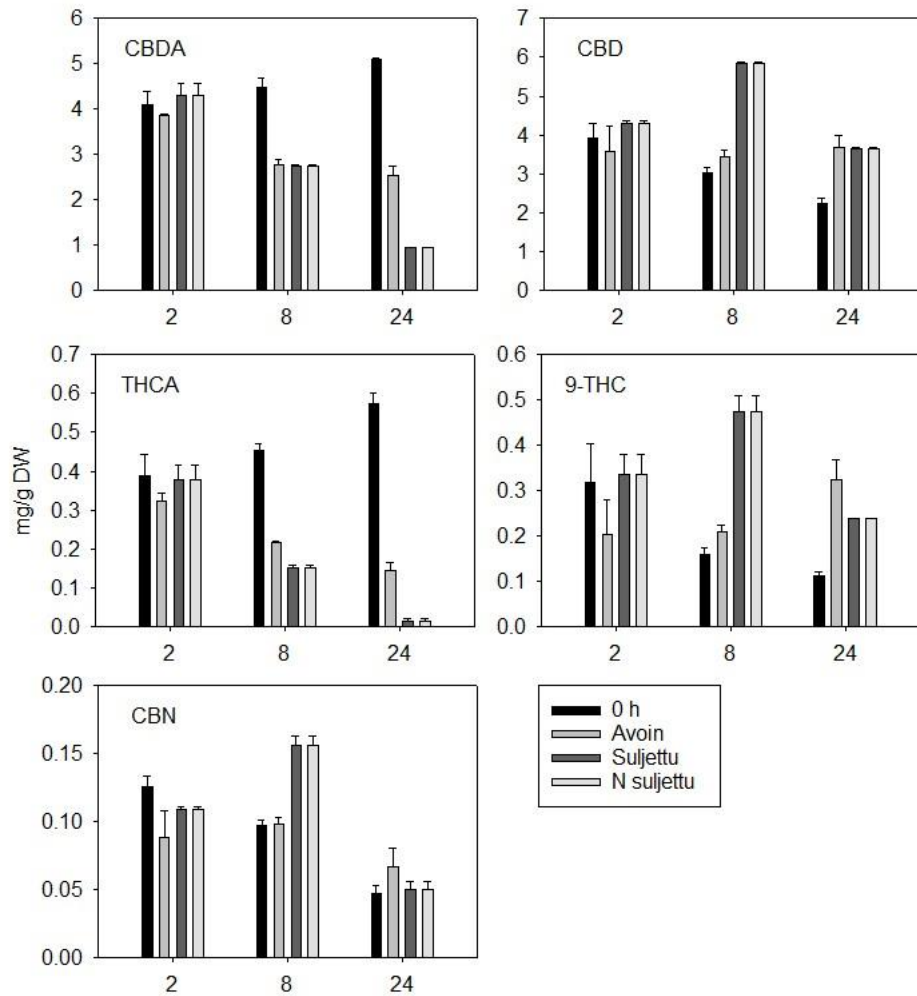
Merkittäviä CBD, CBDA, CBN, CBGA, Δ^9 -THC, CBC ja THCA-A

4.4. Dekarboksyylaatiokokeet sivuvirtamateriaalilla

Kun sivuvirtamateriaalia kuumennettiin 70 °C uunissa avoimessa, suljetussa ja tyytettyssä suljetussa astiassa, CBD:n saanto oli suurin suljetussa tyytettyssä astiassa. Kuitenkaan uunin lämpötila 70 °C ei ollut riittävä, että kaikki CBDA olisi dekarboksyloitunut. CBD:n saanto 70 °C:ssa oli kaiken kaikkiaan heikko, tyytettyssä suljetussa lasipurkissa 5,8 mg/g (Kuva 31).

Kun sivuvirtamateriaalia kuumennettiin 100 °C uunissa suljetuissa täyteen survotuissa tyytettyissä astioissa, oli CBD:n saanto paras 8 tunnin kuumennuksen jälkeen verrattuna kahden ja 24 tunnin uunikäsittelyyn (Kuva 32). Korkeimman saannon käsittelyssä (8h 100 °C, tyytetyn jälkeen) sivuvirtamateriaalin CBD-pitoisuus dekarboksylaation jälkeen oli 8,5 mg/g. Ennen dekarboksylaatiota kyseisessä sivuvirtamateriaalissa oli CBDA:ta 5,6 mg/g ja CBD:ta 3,8 mg/g. Tyytetyt vaikutti vähän CBD:n saantoon parantaen sitä hieman (Kuva 32). Kuumennettaessa 100 °C uunissa näytteissä muodostui pieniä määriä kannabinolia (CBN:ää) ja 8-THC:a, mikä viittaa siihen, että THCA oli hajonnut paitsi 9-THC:ksi, myös siitä eteenpäin.

Dekarboksylaatiokokeen toteuttamista kokeiltiin myös utteille kaksi tuntia 90 °C:ssa (Kuva 19), mutta kannabinoidien saanto jäi sivuvirtamateriaaliutteissa pieneksi sekä etanolissa että kuivattuna toteutetussa kokeessa (tuloksia ei esitetä). CBD hajosi tai höyrystyi pois näytteistä. Dekarboksylaation toteuttaminen utteille todettiin hankalaksi eikä koetta toistettu.

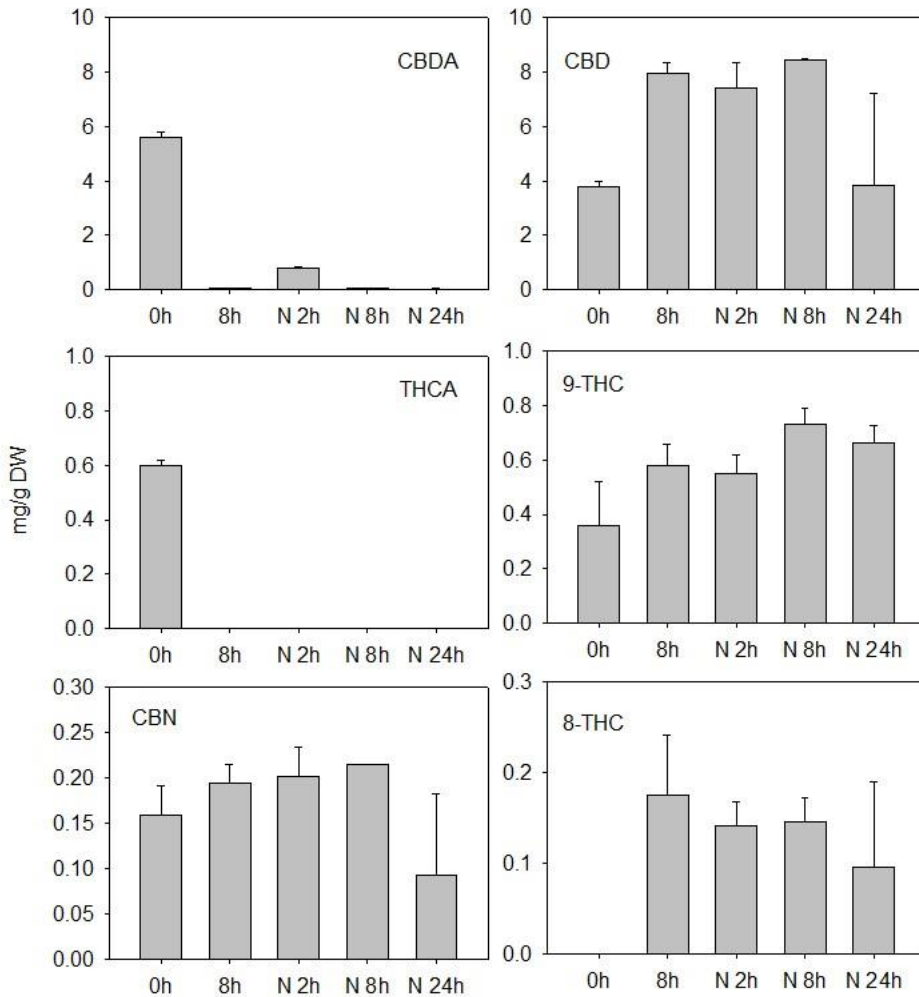


Kuva 31. Kannabinoidien pitoisuudet dekarboksylaatiokokeessa, joka tehtiin hampun sivuvirtamateriaalilla lasipurkeissa 70 °C uunissa

Keskiarvo, keskiarvon keskivirhe, osassa näytteistä keskivirhe niin pieni, ettei erotu

0h = Vertailunäyte ilman kuumennusta (kontrolli), Avoin = Avoin lasipurkki, Suljettu = Suljettu lasipurkki, =, N = tyytys ennen uuniin laittamista, kuumennuksen kesto 2, 8 tai 24 h

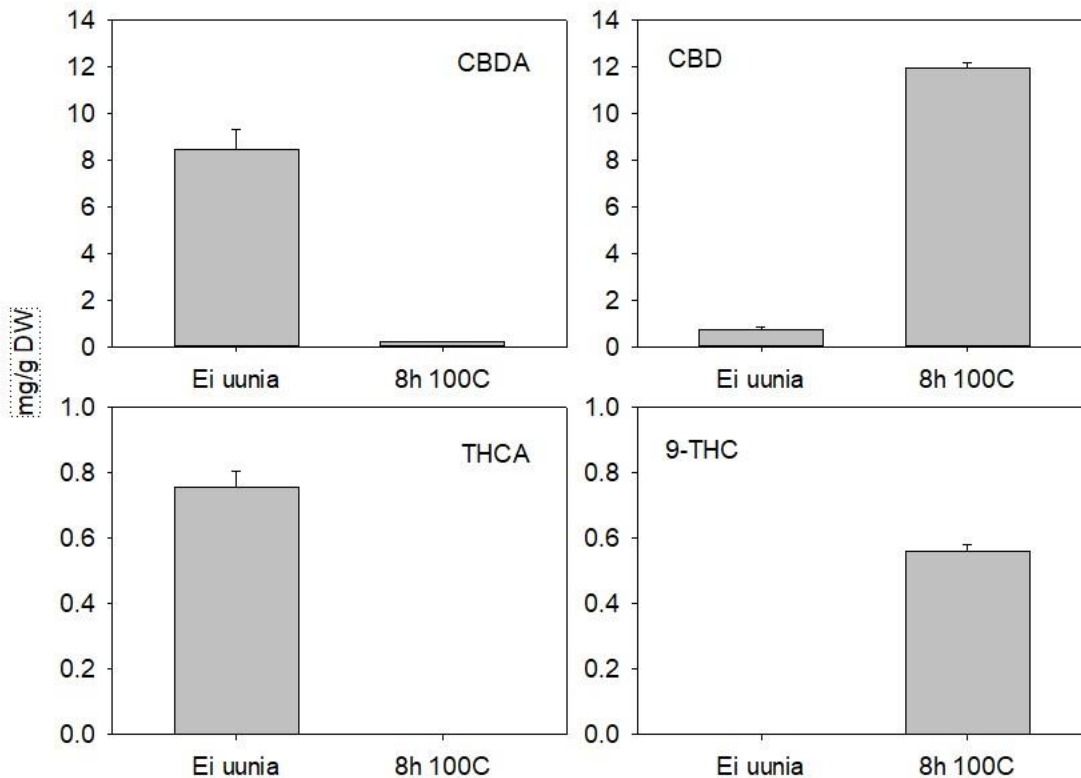
Kannabidiolihappo CBDA, kannabidioli CBD, tetrahydrokannabinolihappo A THCA-A, tetrahydrokannabinoli Δ^9 -THC, kannabinoli CBN



Kuva 32. Kannabinoidien (CBDA, CBD, THCA, Δ^9 -THC, CBN, Δ^8 -THC) pitoisuudet dekarboksylaatiokokeessa, joka tehtiin hampun sivuvirtamateriaalilla lasipurkeissa 100 °C uunissa 0h = Vertailunäyte ilman kuumennusta (kontrolli), 2h, 8h, 24 h = kuumennuksen kesto, N = typetys ennen uuniin laittamista. Kahdeksan tunnin näyte tehtiin sekä ilman typetystä että typetyksen kanssa. Keskiarvo, keskiarvon keskivirhe, osassa näytteistä keskivirhe niin pieni, ettei erotu

4.5. Dekarboksylaatiokoe kylmäkuivatulla hampumateriaalilla

Kylmäkuivatulla Finola-öljyhampumateriaalilla tehtiin dekarboksylaatiokoe, jossa kukinto- ja lehtimateriaalia kuumennettiin suljetussa täyteen pakatussa lasipurkissa 8h 100 °C. Kokeessa saatu CBD-pitoisuus oli 11,9 mg/g (Kuva 33). Tällöin kaikki CBDA oli lähes täydellisesti dekarboksyloitunut. Kyseisessä eri näyte-eristä kootussa kokoomanäytteessä oli CBDA:ta 8,5 mg/g (Kuva 33).

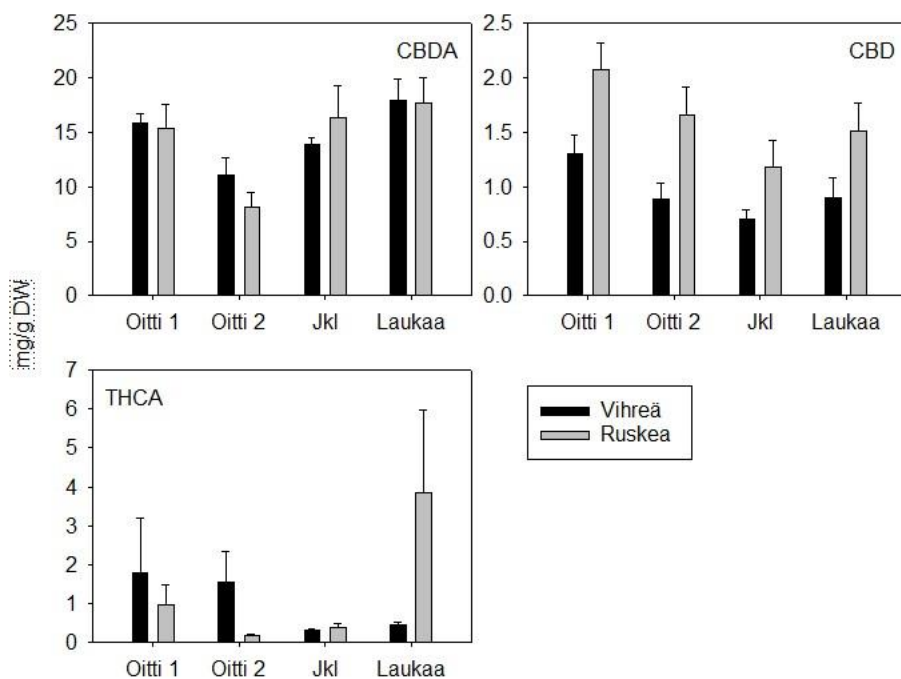


Kuva 33. Tuoreena kerättyjen kylmäkuivattujen Finola-öljyhampun kukintojen dekarboksylaatiokokeen (8 h 100 °C) CBDA-, CBD-, THCA- ja Δ^9 -THC-pitoisuus Keskiarvo, keskiarvon keskivirhe, mg/g DW. Huomioi, että y-akselin asteikko vaihtelee

4.6. Vihreiden ja ruskeiden kukintojen välinen vaihtelu

Vihreitä ja ruskeita kukintoja lehtineen kerättiin kolmelta eri paikkakunnalta, Oitista sekä pellon matalakasvuisesta (1) että korkeakasvuisesta (2) päästä. Finola-lajikkeen CBDA-pitoisuudessa ei ollut selkeää eroa vihreiden ja ruskeiden kukintojen välillä, vaan peltojen väliset erot olivat suuremmat (Kuva 34). CBD-pitoisuus oli suurempi ruskeissa kuin vihreissä kukinnoissa (Kuva 34), mikä viittaa siihen, että kukinnan edetessä osa happomuodoista saattaa dekarboksyloitua jo kasvissa. Kaiken kaikkiaan CBD-pitoisuus oli kuitenkin pieni, kun dekarboksylaatiota kuumentamalla ei tehty. CBD:n ja CBDA:n kokonaissaannon kannalta ei ole suurta merkitystä sillä, ovatko kukinnot vihreitä vai ruskeita kasvimateriaalin korjuuajikana. THCA:n pitoisuus oli kaikissa näytteissä hyvin pieni. Keskimäärin THCA-pitoisuus oli n. 0,4 mg/g eli 0,04 % kuivapainosta. Suurin peltokohtainen näytteiden THCA-pitoisuuden keskiarvo oli 2,2 mg/g eli 0,2 % kuivapainosta, mutta siinä hajonta oli

suuri ja tälläkin pelloilla suurimmassa osassa hamppuyksilöistä THCA-pitoisuus oli n. 0,5 mg/g. THC-pitoisuus oli pelloilta kerätyissä kukintonäytteissä alle menetelmän havaitsemisrajan.

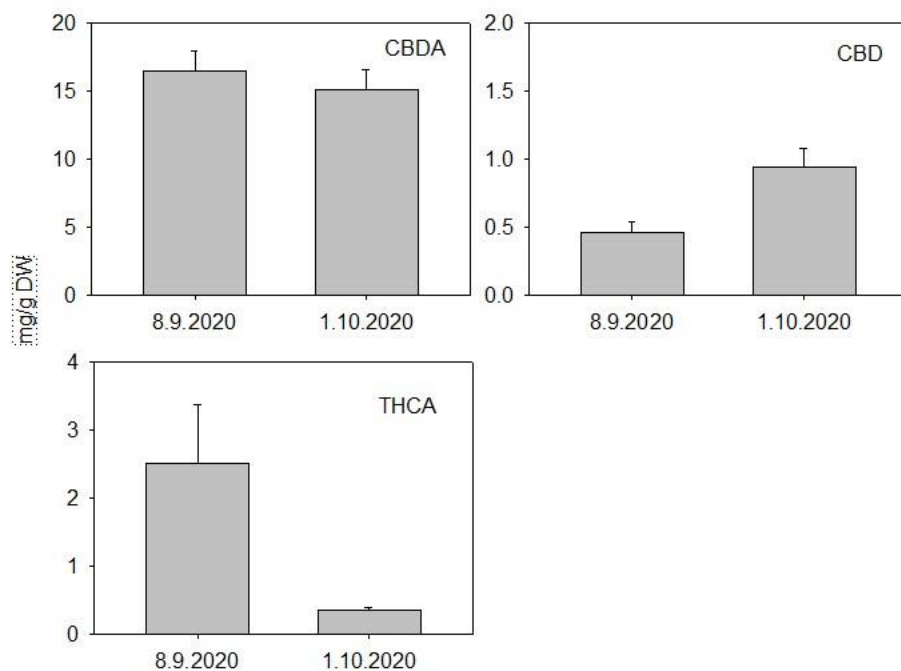


Kuva 34. Vihreiden ja ruskeiden Finola-lajikkeen kukintojen CBDA-, CBD- ja THCA-pitoisuus eri pelloilla

Keskiarvo, keskiarvon keskivirhe, mg/g DW, kolmelta eri paikkakunnalta (Oitti, Jyväskylä, Laukaa) sekä Oitista saman pellon matala (1)- ja korkea-(2)-kasvuisesta päästä

4.7. Eri ajankohtien välinen vaihtelu

Samalta pelloilta 8. syyskuuta ja 1. lokakuuta 2020 kerätyissä näytteissä oli ajankohtien välillä eroa yhdisteiden pitoisuuksissa. CBDA-pitoisuus ei muuttunut tai aleni hyvin vähän, CBD-pitoisuus kasvoi ja THCA-pitoisuus aleni syyskuun aikana (Kuva 35). Kuten edellä, tämäkin tulos viittaa kasvissa tapahtuvaan happomuotojen dekarboksylaatioon neutraaleiksi muodoiksi vähäisessä määrin jo kasvissa kukinnan edetessä. THC:tä ei näytteissä havaittu.



Kuva 35. Finola-lajikkeen kukintojen CBDA-, CBD- ja THCA-pitoisuus kahtena eri ajankohtana Keskiarvo, keskiarvon keskivirhe, mg/g DW, näytteet luomupelloilta Jyväskylästä

4.8. CBDA:n saanto eri peltoilta

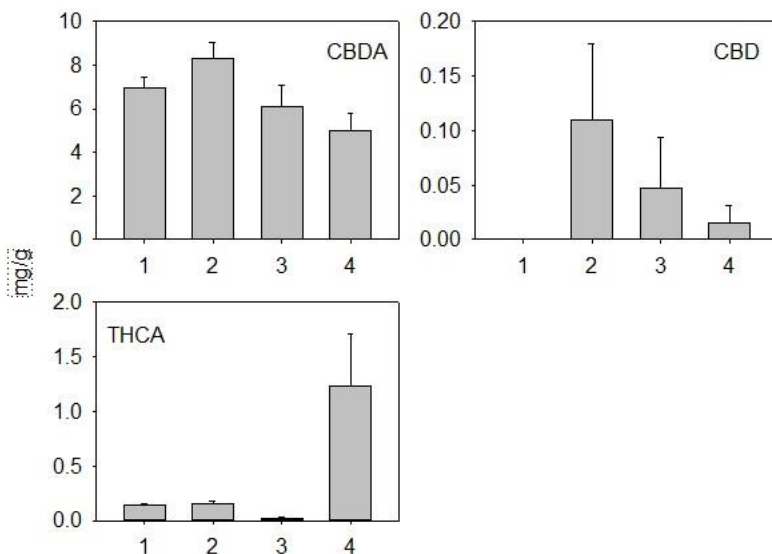
Finola-öljyhampun CBDA-pitoisuus oli keskimäärin 14,5 mg/g ja CBD-pitoisuus 1.3 mg/g (Kuva 34), mikä vastaa keskimäärin kirjallisuudessa mainittuja pitoisuuksia. Parhaalla pellolla CBDA:ta oli keskimäärin 17,8 mg/g kuivapainoa kohti. Jyväskylässä luomuviljelypellossa CBDA-pitoisuus (ka. 15,2 mg/g) oli yhtä suuri kuin tavanomaisessa viljelyssä olleissa pelloissa. Oitissa korkeakasvuissa päässä peltoa (Oitti 2) CBDA-pitoisuus oli pienempi (ka. 9,6 mg/g) kuin saman pellon matalakasvuissa päässä (ka. 15,6 mg/g) (Kuva 34). Parempi kasvu esimerkiksi ravinteiden paremman saatavuuden vuoksi saattaisi vaikuttaa kannabinoideiden pitoisuutta alentavasti, mutta koska kyseessä olivat vain yksittäiset havainnot, ei niiden perusteella voi tehdä asiasta päätelmiä. Lisäksi on huomioitava, että yhdisteen saantoon peltoneliometriä kohti vaikuttaa paitsi yhdisteen pitoisuus kasvimateriaalissa, myös kasvimateriaalin biomassa, joka korkeakasvuissa kasvustossa todennäköisesti on suurempi.

4.9. Yksilöiden välinen vaihtelu

Yksilöiden välillä oli sekä määrällistä vaihtelua yhdisteiden pitoisuuksissa (kvantitatiivista vaihtelua) (Kuva 34, keskiarvon keskivirheet) että vaihtelua kannabinoidien yhdistekoostumuksessa (kvalitatiivista vaihtelua). Sattuma vaikutti peltokeskiarvoihin paljon, koska analysoimme yksittäisiä hamppuyksilöitä, emmekä kokoomanäytteitä. Kannabigerolia (CGB) havaittiin vain osassa yksilöitä.

4.10. Eri kuituhamppulajikkeiden vertailu

Kuituhamppulajikkeet poikkesivat toisistaan sekä kannabinoidipitoisuuksiltaan että kannabinoidikoostumukseltaan eli kaikkia yhdisteitä ei ollut lainkaan kaikissa lajikkeissa (Kuva 36). CBDA-pitoisuus oli keskimäärin pienempi kuin Finola-öljyhampussa, kuituhamppujen lajikekohtaisen keskiarvon ollessa 5-8,3 mg/g. THC:tä ei havaittu. Myös lajikkeen sisäinen vaihtelu kannabinoidien pitoisuuksissa oli kuituhamppulajikkeissa pienempää kuin Finola:ssa.



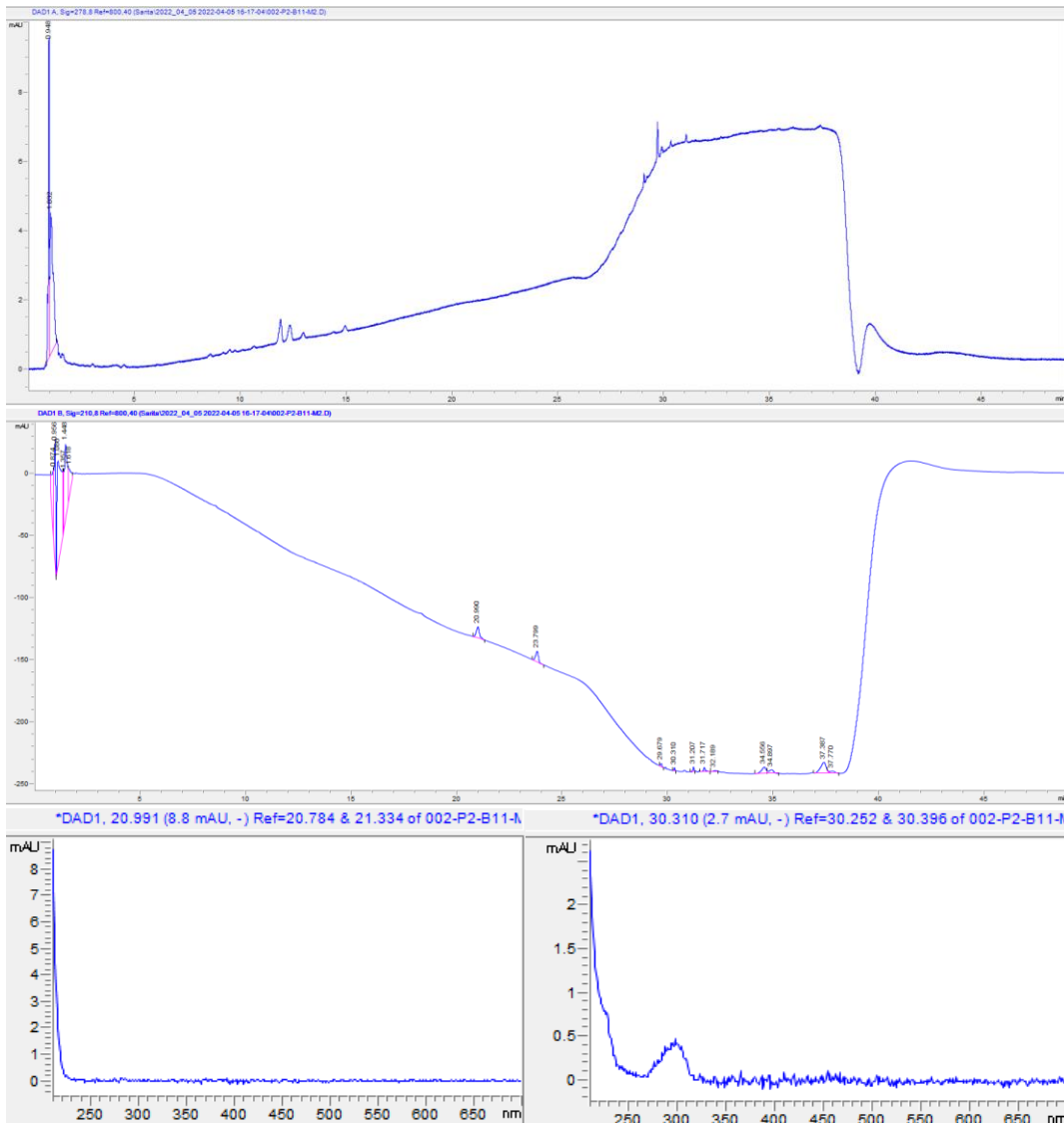
Kuva 36. Neljän kuituhamppulajikkeen kukintojen CBDA-, CBD- ja THCA-pitoisuus

Keskiarvo, keskiarvon keskivirhe, mg/g DW, näytteet Laukaalta

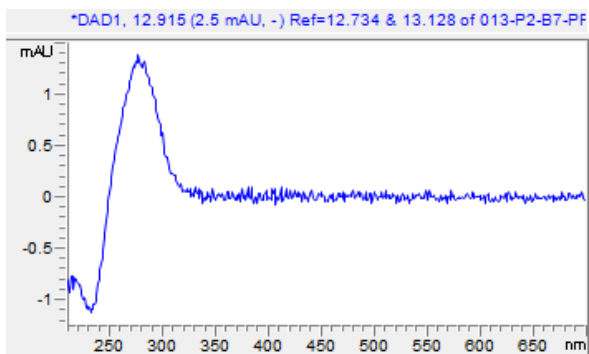
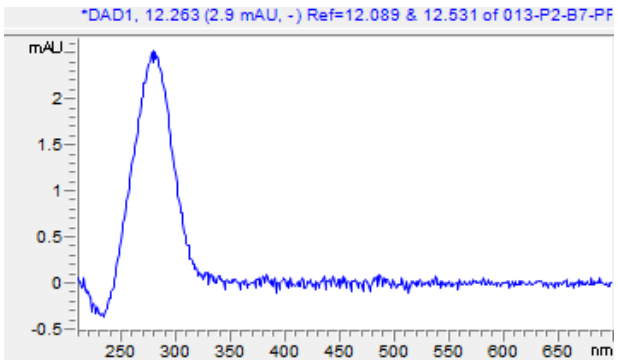
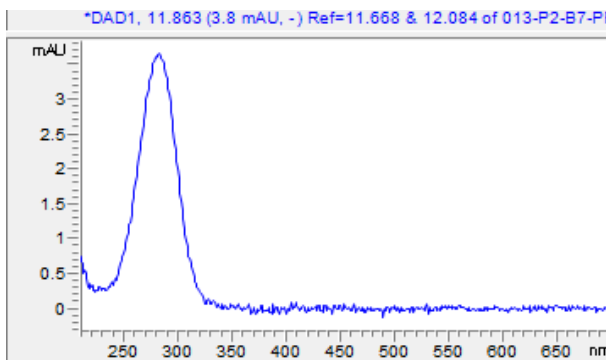
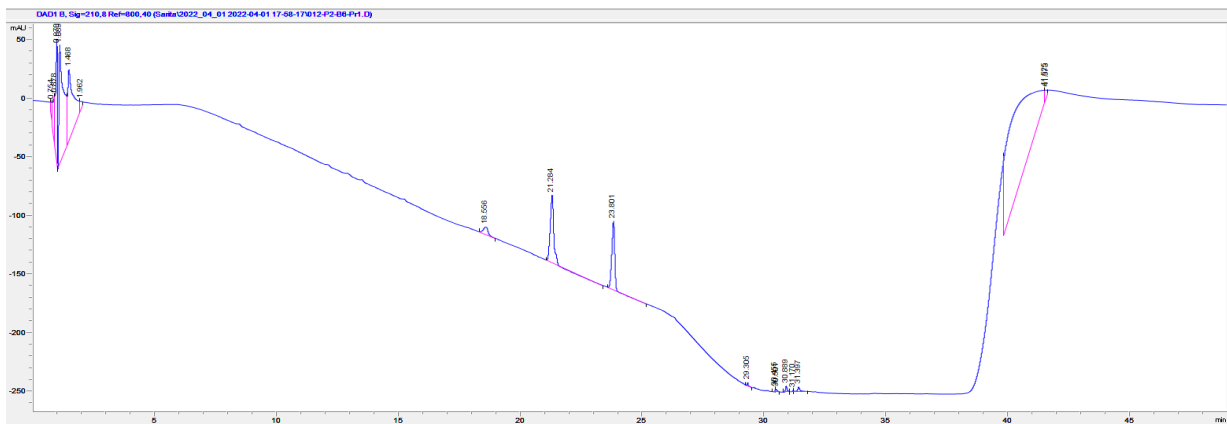
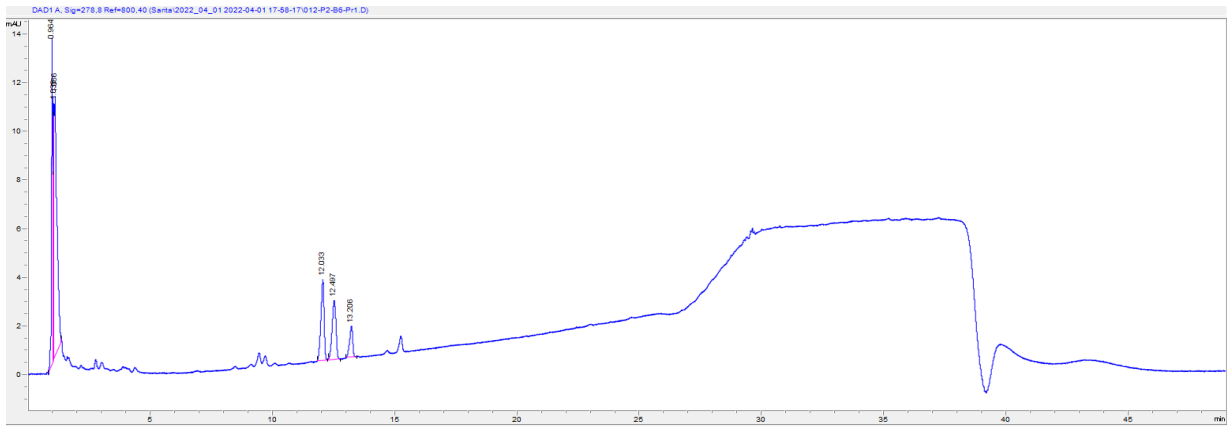
4.11. Muut hampputuotteet

Maltaankaltainen hampputuote, hamppuproteiini, paahdetut siemenet ja kuoritut siemenet eivät sisältäneet kannabinoideja, kun analysoimme ne kehittämällämme menetelmällä (Kuvat 37-40). Menetelmällämme pystyy standardisuoran perusteella havaitsemaan hyvinkin pieni määrä

kannabinoideja. Analyseissä käytetyllä aallonpituudella (278 nm) havaittiin jopa 0,25 µg/ml kannabinoidistandardiyhdistepitoisuudet.

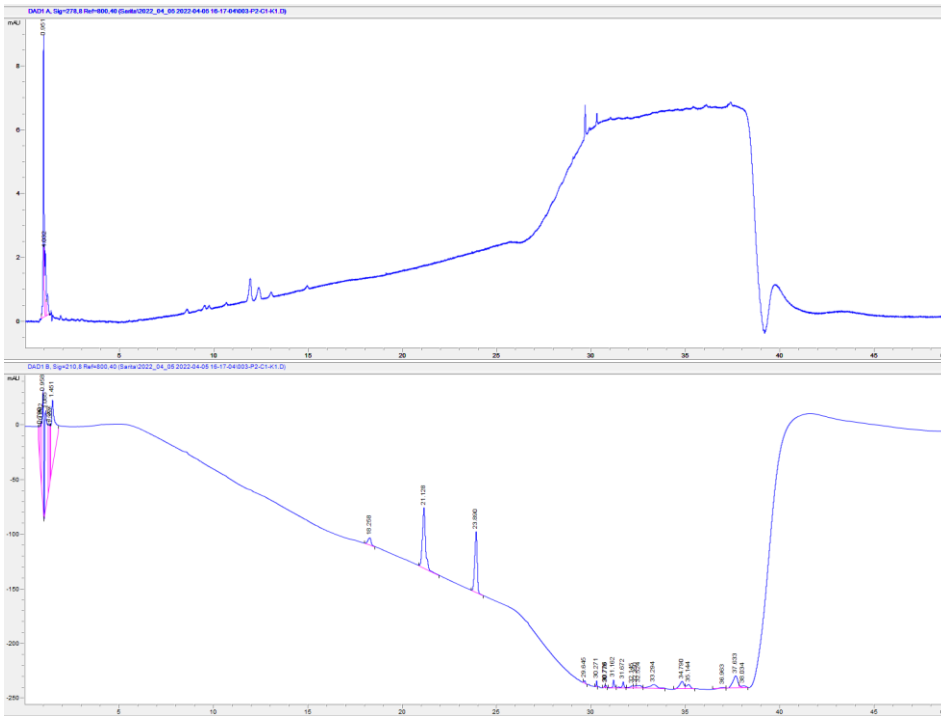


Kuva 37. Maltaankaltaisen hampputuotteen kromatogrammit aallonpituudella 278 ja 210
Maltaankaltainen hampputuote ei sisällä yhtään kannabinoidipiikkiä. Kaikkien havaittujen yhdisteiden määrät olivat hyvin pieniä. Aallonpituudella 210 näkyvät yhdisteet eivät ole kannabinoideja, niistä kahden spektri esimerkkinä



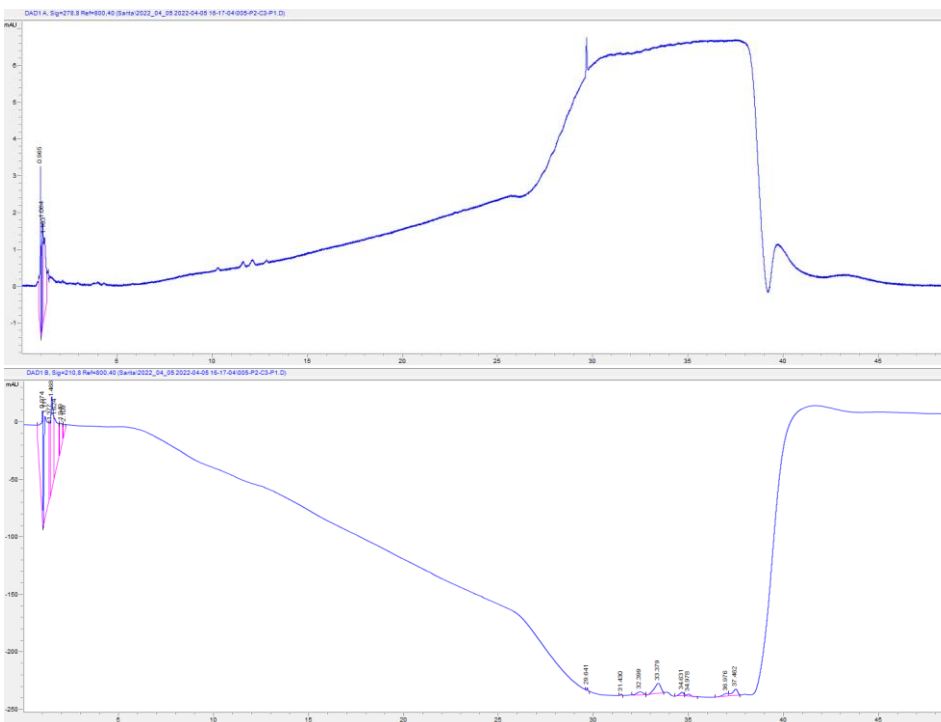
Kuva 38. Hamppuproteiininäytteiden kromatogrammi aallonpituudella 278 ja 210

Hamppuproteiini ei sisällä yhtään kannabinoidia. Suurimmat piikit muistuttavat oligopeptidejä, joissa on aromaattisia aminohappoja. Aallonpituudella 210 näkyvät yhdisteet eivät ole kannabinoideja. Ne muistuttavat maltaankaltaisen tuotteen yhdisteitä, kenties suoraketjuisia hiilivetyjä.



Kuva 39. Kuorittujen siementen kromatogrammi aallonpituudella 278 ja 210

Siemenet eivät sisällä yhtään kannabinoidia. Yhdisteiden määrät ovat pieniä. Aallonpituudella 210 näkyvät yhdisteet eivät ole kannabinoideja, vaan niiden spektrit muistuttavat maltaankaltaisen hampputuotteen ja hamppuproteininäytteen piikkien spektrejä.



Kuva 40. Paahdettujen siementen kromatogrammit aallonpituuksilla 278 ja 210

Paahdettujen ja kuorittujen siementen yhdistekoostumus on keskenään hyvin samanlainen

4.11. Sivuvirtamateriaalin koostumus

Sivuvirtamateriaalin hiilihydraatti-, ligniini, tuhka- ja uuttoainepitoisuudet neljästä eri kuivauserästä esitetään taulukossa 5. Uuteainepitoisuudessa ovat mukana myös kannabinoidit. Jos kannabinoidit hyödynnettäisiin sivuvirtamateriaalista, jäljelle jäisi uutejäte. Uutosta jäänyt jäte voitaisiin kompostoida ja levittää maahan maanparannusaineeksi, tuottaa siitä biokaasua tai nestemäisiä biopolttoaineita käymisteitse tai polttaa energiaksi. Sivuvirtamateriaalin kokonaissokeripitoisuus oli varsin matala ja tuhkapitoisuus korkea, joten biopolttoaineiden ja myös biokaasun saanto jäisi todennäköisesti varsin matalaksi. Polttoainetuotannon kannalta lignoselluloosamateriaali on haastava, mutta kannabinoidien uuttaminen saattaisi vähentää myös käymisprosessien inhibitiota, jota erilaiset uuteaineet, kuten fenoliset yhdisteet, aiheuttavat. Lämpöarvo oli myös matalampi kuin esimerkiksi puun. Näitä vaihtoehtoja ei erikseen arvioitu kustannuslaskelmassa, mutta niiden arviointia varten tuotettiin lähtötietoja (Taulukko 5).

Taulukko 5. Sivuvirtamateriaalin koostumus

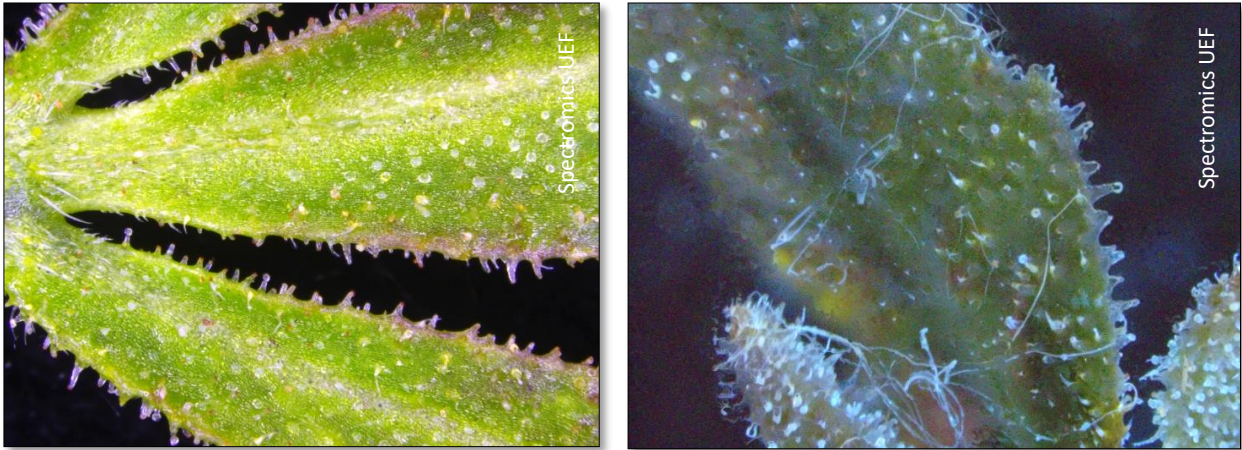
Hiilihydraatti-, Klason-ligniini, tuhka- ja uuteainepitoisuudet, % DW, hiili-, vety-, happipitoisuudet (% DW), VM = volatile matter = haihtuvat ainesosat (% DW), FC = Fixed carbon = jäljelle jäävä osuus hiiltä pyrolyysissä haihtuvien yhdisteiden poistuttua (% DW), ominaiskosteus painoprosentteina (% w/w), energiasisältö MJ/kg, HHV= Higher heating value eli ylempi lämpöarvo; LHV = Lower heating value eli alempi lämpöarvo. HHV tarkoittaa teoreettista kokonaisenergiämäärää, LHV on tehollinen lämpöarvo, jossa on otettu huomioon energiahäviöt, jotka aiheutuvat lähinnä veden höyrystyslämmöstä.

Puinti-jäte-erä	Glukaani	Ksylaani	Arabi-naani	Mannaa-ni	Kokonais-sokerit	Ligniini	Tuhka	Uute-aineet
1	12.9	2.0	1.0	1.0	18.6	17.4	22.0	25.8
2	14.1	2.3	1.2	0.9	20.3	18.8	17.2	26.0
3	16.6	3.1	1.3	1.1	24.1	22.8	15.9	20.9
4	14.9	2.9	1.2	1.0	22.2	19.0	21.4	22.2
Ka	14.6	2.6	1.2	1.0	21.3	19.5	19.1	23.7

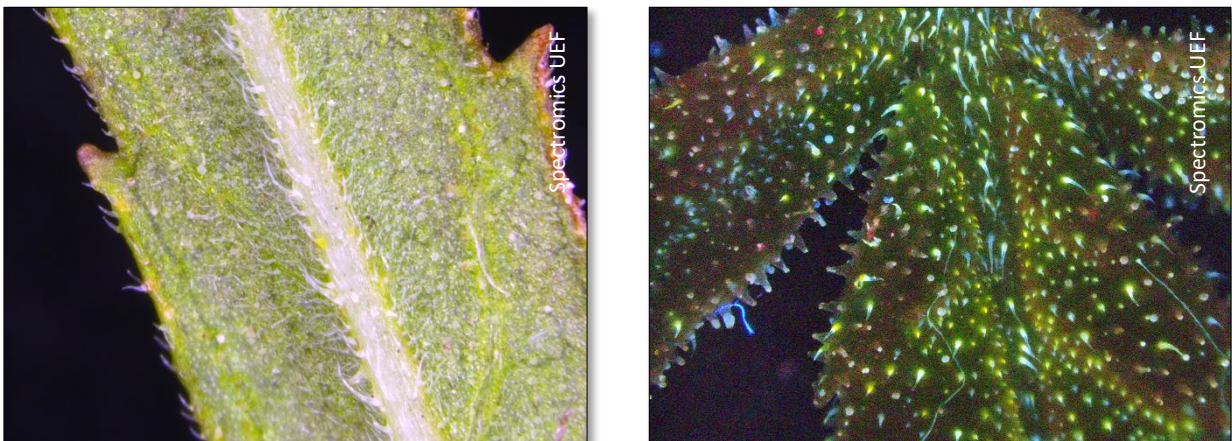
Erä	Hiili	Vety	Happi	VM	FC	Kosteus	HHV	LHV
1	42.6	5.0	27.5	70.1	7.9	9.9	17.1	16.0
2	43.8	5.2	31.3	71.4	11.4	11.3	16.9	15.7
3	45.1	5.3	30.9	71.9	12.2	11.3	18.7	17.5
4	42.6	5.0	28.3	70.1	8.6	10.1	16.7	15.7
Ka	43.5	5.1	29.5	70.9	10.0	10.6	17.3	16.2

4.12. Hampun kukinnan makroskooppinen kuvaaminen

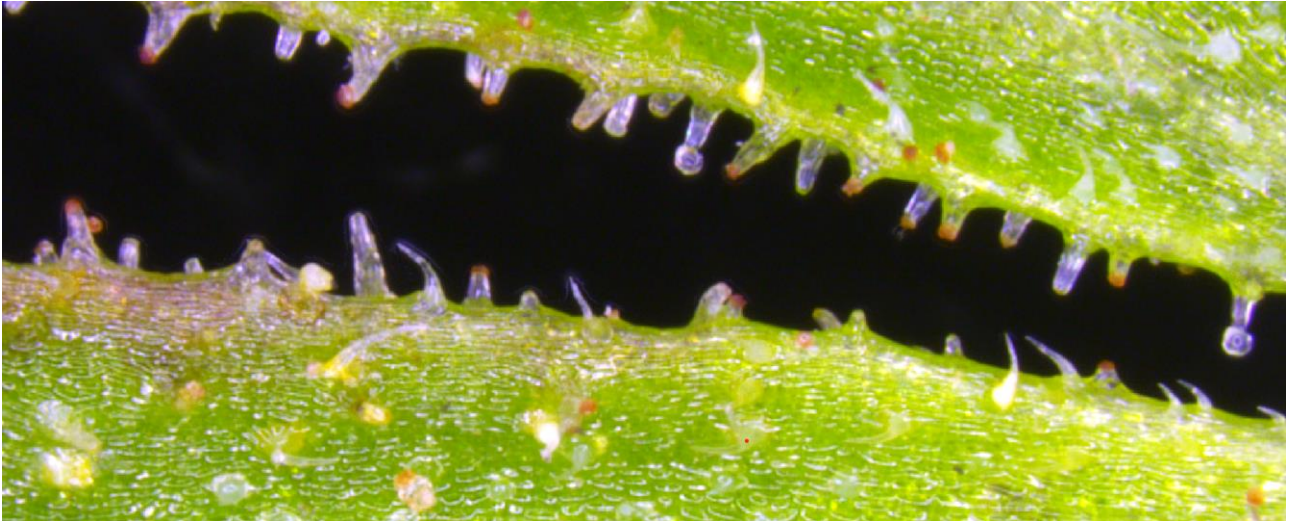
Hampun kukinnan ylälehdissä rauhaskarvat sijaitsevat lehtien reunoissa ja erityisesti lehden alapinnalla (Kuvat 41-43). Rauhaskarvoja on runsaimmin verhiöissä (Kuvat 44-46).



Kuva 41. Hampun kukinnan ylälehden yläpintaa, a) tavanomainen valokuva (RGB), b) fluoresenssikuva eksitaatiovalona 310 nm led-valot



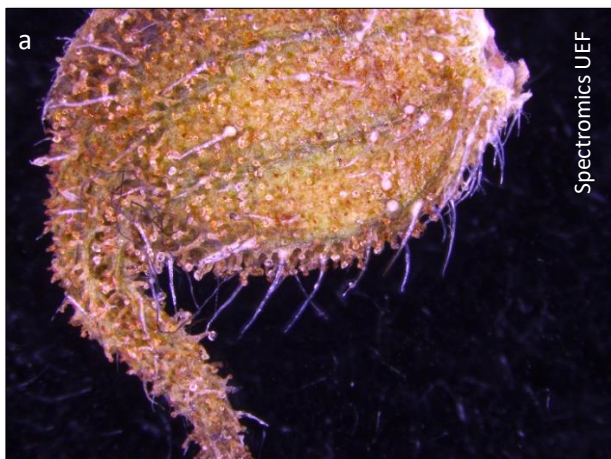
Kuva 42. Hampun kukinnan ylälehden alapintaa, a) tavanomainen valokuva (RGB), b) fluoresenssikuva eksitaatiovalona 365 nm ledejä, joissa suodin 275-375 nm



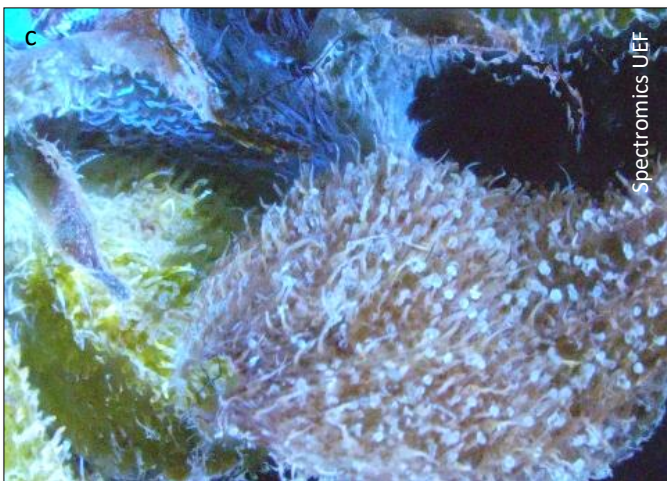
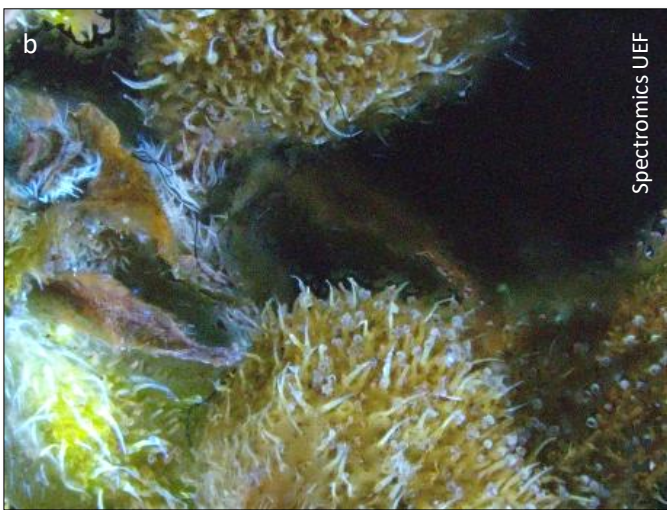
Kuva 43. Lähikuvassa Finola-öljyhampun rauhaskarvoja kukinnon ylälehden pinnalla



Kuva 44. Vihreän verhiön rauhaskarvoja, a) verhiön emin sikiäintä suojaava osa, b) verhiön kärki



Kuva 45. Kypsää siementä ympäröivän ruskean verhiön rauhaskarvoja, a) tavanomainen valokuva (RGB), b) fluoresenssikuva eksitaatiovalona 365 nm ledejä, joissa suodin 275-375 nm

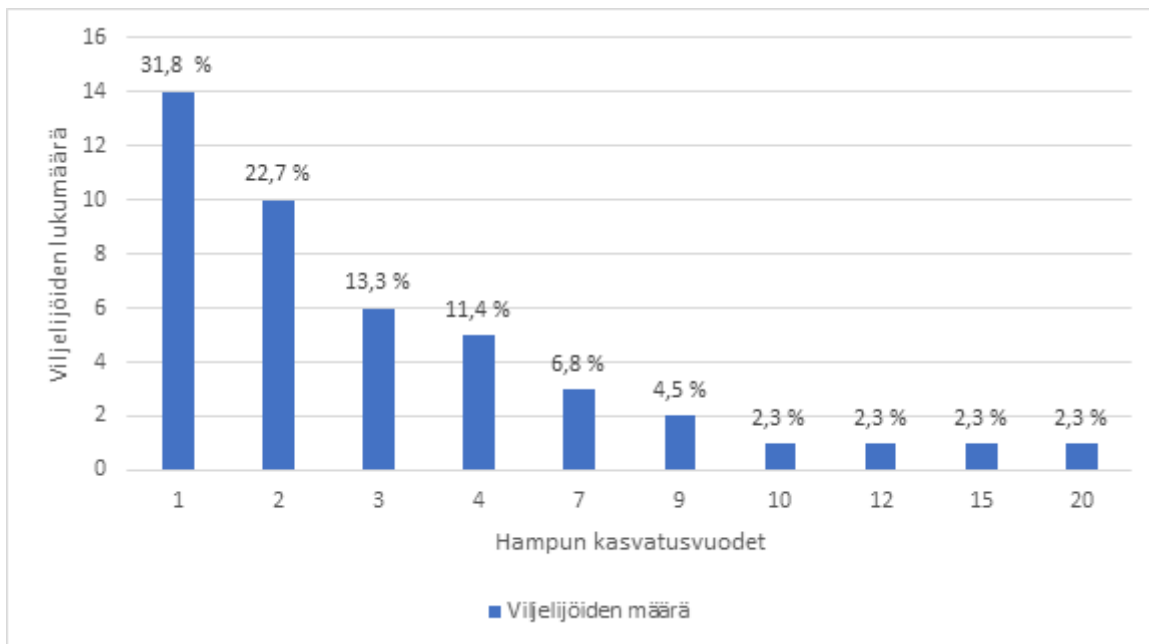


Kuva 46. Hampun kukinnon ruskeita verhiöitä, joissa paljon trikomeja, a) tavanomainen valokuva (RGB), b) fluoressikuva eksitaatiovalona 365 nm ledejä, joissa suodin 275-375 nm, c) fluoressikuva eksitaatiovalona 310 nm ledejä c-kuvassa kohde siirtynyt siten, että alempi verhiöistä täyttää melkein koko kuva-alan

4.13. Viljelijäkyselyn tulokset

Osana Öljy- ja kuituhampun mahdollisuudet uusien hampputuotteiden raaka-aineena –hanketta toteutettiin kysely, jolla pyrittiin selvittämään öljyhampua tällä hetkellä viljelevien ja aiemmin viljeleiden viljelijöiden näkemyksiä ja kiinnostusta hampunkorjuusta jäävien sivuvirtojen keräämiseen, käsittelyyn ja hyödyntämiseen liittyen. Kyselyn tarkoituksena oli tuottaa tietoa myös öljyhampun viljelyn arvoketjun kehittämisen tarpeisiin. Kyselyyn vastasi 44 hampunviljelijää, joista kaikki olivat kasvattaneet Finola-öljyhampua, mutta kaksi oli sen lisäksi kasvattanut jotain muuta lajiketta (Fedora, Uso). Kyselyyn vastanneista maatalousyrittäjiä oli 64,8 %, eläkeläisiä 15,9 %, palkansaajia 12,5 % ja muita yrittäjiä 6,8 %. Vastaajien maatiloista hieman yli 60 % oli yhden henkilön omistuksessa ja liki kolme neljänestä kaikista viljelijöistä myös asui maatilallaan. Toiseksi yleisintä oli omistaa tila yhdessä puolison kanssa tai että tila oli yhtymä. Vain muutamien vastaajien tila oli kuolinpesä tai osakeyhtiö.

Viljelijöistä neljä oli kasvattanut hampua 10 vuotta tai enemmän, vastaajista muut olivat kasvattaneet keskimäärin 2–3 vuotta. Vastaajista noin kolmannes (n=14) oli kuitenkin kasvattanut hampua vain vuoden (Kuva 47).



Kuva 47. Viljelijöiden kokemus hampunviljelystä vuosina

Hampun puinti oli 81 % tiloista toteutettu itse ja vastaavasti 19 % tiloista oli toteuttanut sen ostopalveluna. Mitä suurempi tilan koko, sitä todennäköisemmin hamppu puitiin itse. Vastaajista 88,4 % oli punnut hampun puimakoneella. Jos hamppua ei ollut puitu koneella, se oli joko kerätty käsin, murskattu maahan, jätetty puimatta kokonaan tai sitten puintia ei epäonnistuneen sadon vuoksi ollut lainkaan. Lähes poikkeuksetta puintijäte oli jätetty peltoon: vain yksi 44 vastaajasta oli kerännyt puintijätteen talteen noukinvaunulla, joskaan jätettä ei ollut jatkokäsitelty, vaan se oli säilötty aumaan ja käytetty katteena ja kompostina.

Kysyttäessä löytyykö tilalta kone- ja laitevalmiudet puintijätteen talteenottoa, käsittelyä ja varastointia varten, vastaajista 68,3 % ilmoitti, että tarvittavia koneita ja laitteita ei löydy. Vastaajista 26,8 % kertoi, että kalustoa löytyy ainakin jossain määrin, muun muassa lautasniittokone, noukintavaunu, kuivuri ja pyörö- tai pienpaalain mainittiin. Samalla kyselyyn vastanneista vajaa puolet (45 %) ilmoitti, ettei olisi kiinnostunut tekemään lisäinvestointeja hampun puintijätteen korjuu-, kuivaus- tai varastointiratkaisuihin, vaikka puintijätteestä tulisi myyntituote. Liki yhtä moni (42,5 %) taas suhtautui lisäinvestointeihin positiivisesti. Muutamit heistä huomauttivat, että valmiutta kyllä olisi, jos sen voisi tehdä yhteistyössä muiden tilojen tai yhteistyökumppanien kanssa, tai siinä tapauksessa, että toiminnan tiedettäisiin olevan taloudellisesti mielekästä.

Kun kysyttiin viljelijöiltä kannattavaa myyntihintaa puintijätteelle joko kuivattuna tai muuten käsiteltynä, vastaajien oli toistaiseksi haasteellista arvioida kannattavaa hintaa, koska se riippuisi vahvasti investointien, korjuu- ja käsittelykulujen ja käyttökustannuksien määrästä sekä mahdollisesti siitä, kuka esimerkiksi kuivauksesta ja varastoinnista vastaa; viljelijä vaiko ostaja. Myös tuotteen laatuvaatimusten pohdittiin vaikuttavan käytettyihin menetelmiin sekä siten hintaan, sillä esimerkiksi kukintojen tai lehtimassan laatu saattaa kärsiä puidessa herkästi, mikä vaatisi erityishuomiota. Eräs vastaajista huomioi, että ”CBD:n hyödyntäminen on laadukkaampaa käsityötä, jossa kerätään mahdollisesti avomaalla riviviljelty kasvi varsineen kuivumaan sisätiloihin. Silloin ei puhuta enää jätteestä.” Arvioidut hinnat vaihtelivat kuitenkin sekä 20–50 €/t että 100–300 €/t välillä.

Pieni osa vastaajista ilmoitti haluavansa mieluummin käyttää jätteen itse. Eräs vastaajista kommentoikin, että olki ja päistäre kasvualustaan muokattuna olisi suureksi hyödyksi maaperälle; ”jos ne kerätään pois pellostasta, ei pellon viljelykierrossa päästä hampun tuomaan hyötyyn”. Saattoi myös olla, että viljelijä oli toteuttanut puinnin ostopalveluna eikä itse ollut kiinnostunut puintijätteen hyödyntämisestä, mutta puinnista vastannut henkilö mahdollisesti olisi. Toisaalta

eräällä viljelijällä oli kokemusta puintijätteen käsittelystä ja olkijätteen myynnistä muun muassa eristetutantoon, mutta toistaiseksi toimimaton tekniikka Suomessa oli vesittänyt yrityksen ja saanut kiinnostuksen lopahtamaan.

Yhteenvetona voidaan todeta, että öljyhampun viljelyyn liittyy monia motivoivia tekijöitä, sillä hamppu koettiin markkinoiden osalta potentiaalisena, ehkä jopa trendikkäänäkin kasvina, jolla oli monia erinomaisia ominaisuuksia. Myös sen hyvä viljelyvarmuus, maata parantavat vaikutukset ja sopivuus vuoroviljelyyn olivat syitä kasvattaa hamppua. Samoin uteliaisuus ja halu kokeilla uutta motivoivat. Toisaalta öljyhampun viljelyssä maaperän sekä kylvö- ja korjuuolosuhteiden, usein juurisäiden vaikutus sadon ja sadonkorjuun onnistumiseen oli suuressa roolissa. Valitettavasti niihin oli usein melko vaikeaa tai jopa mahdotonta vaikuttaa itse ja kasvattaminen oli siltä osin epävarmaa. Aina tarkkaa syytä sadon epäonnistumiseen ei osattu välttämättä sanoa.

Puinti oli ylivoimaisesti eniten mainittu haaste koko viljelyprosessissa, johtuen hampun kuitumaisuudesta – puinti oli kuidun kiertymisen takia erittäin työlästä ja vaati huippukunnossa olevia laitteita. Myös hyviä kokemuksia puinnista oli muutamia. Aineistosta ei kuitenkaan noussut esiin mainintoja tiettyjen laitteiden tai menetelmien paremmasta sopivuudesta puintiin ja hampun jatkokäsittelyyn.

Viljelyyn motivoivia tekijöitä ja myös hyviä kokemuksia, onnistumisia sekä innostusta jatkaa kasvattamista tulevaisuudessa löytyi. Yleisesti ottaen kuitenkin alalle toivottiin selkeämpää tulevaisuudennäkymää, toimivampaa tekniikkaa ja varmuutta toimivista markkinoista, mitkä todennäköisesti myös vaikuttaisivat ratkaisevasti viljelijöiden halukkuuteen sitoutua hampunviljelyyn. Lisäksi siemenen kallis hinta ja hampunviljelyyn liittyvä raskas säätely koettiin negatiivisesti. Monesti viljelijöiden saamat tuotot olivat verrattain pieniä.

Kyselyn tarkemmat tulokset ovat koosteena tämän raportin liitteessä 2.

4.13 Alustava arvoketjuanalyysi

Öljyhampun viljely on jo varsin vakiintunutta toimintaa ja hamppua viljelee kokenut joukko osaajia. Lisäksi alalle tulee uusia viljelijöitä, joista osa lopettaa varsin piankin. Öljyhampun arvoketju on viljelijän näkökulmasta tavanomaista peltoviljelyä ja viljelyyn saa samat tuet kuin esim. rypsin viljelyyn. Hamppu tarvitsee runsaasti ravinteita tuottaakseen runsaan sadon ja öljyhampun viljelyn kannattavuuteen vaikuttaa erityisesti lannoitteiden hinta, joka vuonna 2022 oli varsin korkea

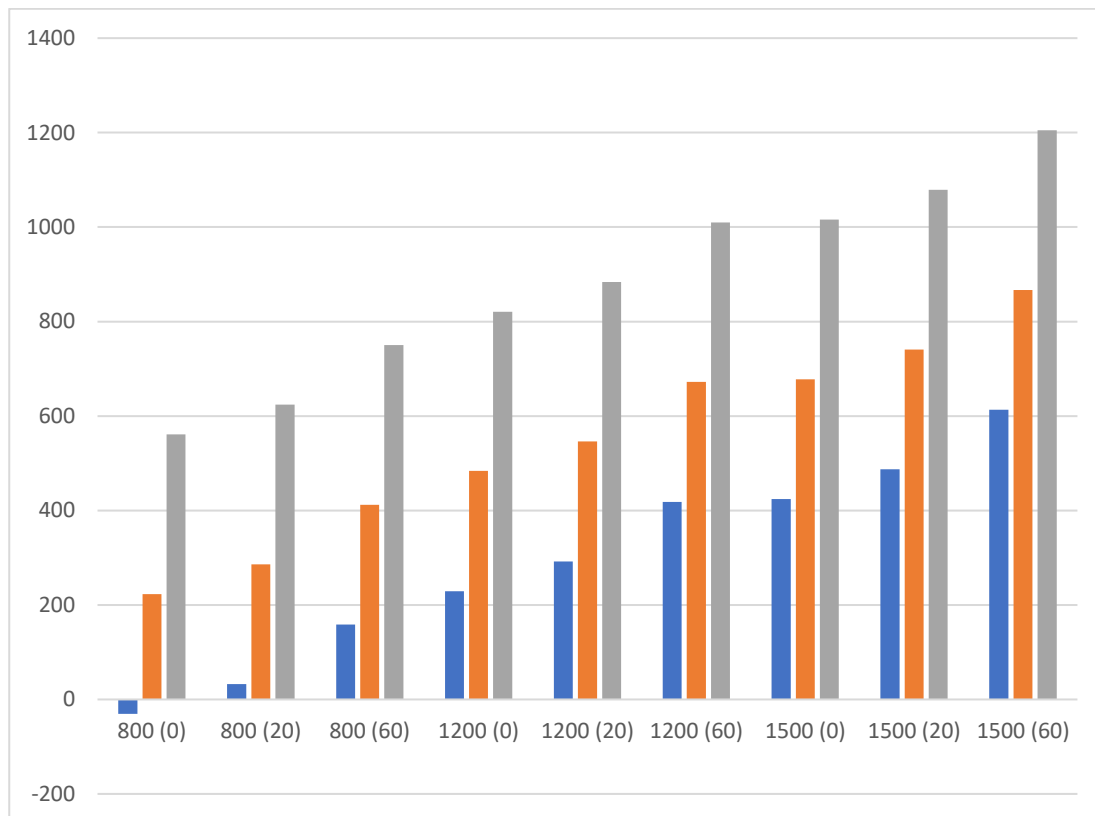
(Taulukko 6.). Öljyhampun siemen hinta oli kyselynkin mukaan myös merkittävä viljelykustannuksiin vaikuttava tekijä kuten korkealla oleva polttoöljyn hinta (Taulukko 6). Lajittelun jälkeen hampun varastoidaan kuivattuna linnuilta ja jyräjiltä suojattuna. Siemen säilyy varastossa laadukkaana 2-3 vuotta korjuusta.

Taulukko 6. Hampun katetuottolaskennassa käytettyjä taustatietoja

Satotasot		800 – 1500 kg / ha	Transfarm Oy
Puintijätteen määrä / ha	Pyöröpaali	3150 kg / ha	Kysely
Siemenen hinta	25 kg / ha	9,5 € / kg	Finola Ky
Korjuukustannukset		25 € / tonni	https://jukuri.luke.fi/handle/10024/5515682022
Polttoöljyn hinta	24.4.2022	1,88 € / l	Päivän hinta
Traktorin kulutus		18 l / h	https://www.energia.agrotekno.fi/wp-content/uploads/2021/04/Polttoaineenkulutus-peltotoissa.pdf
Lannoitteet	79,8 kg N / ha	0,964 € / kg	https://www.hankkija.fi
Kalkki (ylläpitokalkitus 6 vuoden välein)	6 tn / ha / 5 v. 21 € / t	1,2 t / ha / v.	https://www.lantmannenagro.fi/tuotteet/lannoitteet-ja-kalkit/maanparannuskalkki/
Viljelmän perustamisyökustannus	0,19 h/ha	a 45 € /ha	https://www.energia.agrotekno.fi/wp-content/uploads/2021/04/Polttoaineenkulutus-peltotoissa.pdf
Siemen myyntihinta	1 € / kg	2021	Transfarm Oy
Puintijätteen arvioitu kauppahinta	20 – 60 € / t		Kysely
Laskennassa käytetyt tuet	0 € / ha 254 € / ha 592 € / ha	2022	Vuoden 2022 ennakoitujen pinta-alaperusteisten tuet A- ja B-alueella (euroa/ha). Öljy- ja valkuaiskasvit / kasvitila. Perustuki ja viherryttämistuki 254 €; kaikki tuet 592 € (sisältää myös luonnonhaittakorvauksen ja ympäristökorvauksen)

Öljyhampun tuottamasta biomassasta käytännössä vain siemenet korjataan ja loppu jää peltoon. Siementä öljyhampun tuottaa maaperästä, lannoituksesta ja kesän sääoloista riippuen 500 – 1500 kg keskisadon ollessa 700 – 800 kg /ha. Puinnin yhteydessä jäljelle jäävät kukinnot ja lehdet voisivat mahdollistaa hampun arvoketjun täydentämisen, koska niistä voidaan eristää arvokkaita aineita.

Tässä yhteydessä keskityttiin arvioimaan öljyhampun arvoketjua siltä osin, jos hampun puinnissa jäljelle jäävällä osalla olisi joku markkinahinta (Taulukko 6). Puintijätteen toivotun markkinahinnan suuruutta arvioitiin kyselyn sekä aiempien – lähinnä viljan olkeen – liittyvien selvitysten perusteella. Vuonna 2022 öljyhampun kannattavuus näyttää haasteelliselta korkeiden lannoituskustannusten vuoksi ja satotaso vaikuttaa merkittävästi tuotannon kannattavuuteen, niin, että korkeimmilla satotasoilla saavutetaan sama vuosituotto ilman tukia kuin mitä pienimmillä satotasoilla saadaan kaikkien tukien kanssa (Kuva 48). Tukien merkitys hehtaarikohtaisessa tuotossa on keskeinen. Öljyhampun puintijätteen hyödynnettävän osan määrää on vaikea arvioida luotettavasti, mutta jos puintijätteillä olisi markkinahintana olisi 20 tai 60 €/t, olisi siitä saatava tulonlisä jo merkittävä kaikilla satotasoilla.



Kuva 48. Öljyhampun viljelyn tuotto ennen veroja (€/ha)

Tuotto ennen veroja erilaisilla siemensatotasoilla (800 – 1500 €/ha) sekä erilaisilla lehti-/varsibiomassan myyntiarvoilla (0, 20 ja 60 €/t) ja erilaisilla tukitasoilla (sininen väri = ei tukea, oranssi väri = perustuki ja viherryttämistuki (254 €/ha), harmaa väri = kaikki tuet, sisältäen luonnonhaittakorvauksen ja ympäristökorvauksen (592 €/ha))

5. Johtopäätökset

Finola-öljyhampun kukinto- ja lehtimateriaalissa oli kannabidiolihappoa (CBDA) keskimäärin 14,5 mg/g kuivapainoa kohti. Parhaalla pellolla CBDA:ta oli noin 17,8 mg/g kuivapainoa kohti. Kukinto- ja lehtimateriaalin THCA- pitoisuus oli keskimäärin hyvin alhainen, n. 0,4 mg/g eli alle 0,04 %. Haluttua kohdeyhdistettä kannabidiolia (CBD) tuotetaan CBDA:sta dekarboksylaatiassa kuumentamalla.

Suurin tässä hankkeessa mitattu CBD-pitoisuus oli 11,9 mg/g, joka saatiin dekarboksylaatiassa kylmäkuivatusta Finola-öljyhampun kukinto- ja lehtimateriaalista, joka sisälsi CBDA:ta 8,5 mg/g. Dekarboksylaatiomenetelmänä oli kukinto- ja lehtimateriaalin kuumennus täyteen pakatussa suljetussa lasiastiassa uunissa kahdeksan tuntia 100 °C. Täyteen pakkaaminen lisäsi saantoa merkittävästi, ja typetyks siihen verrattuna vain hieman.

CBD:n saantoon peltopinta-alaa kohti vaikuttaa dekarboksylaatiomenetelmän tehokkuus, kukintomateriaalin CBDA-pitoisuus sekä kukintomateriaalin määrä. Tässä työssä kukintomateriaalin määrää peltopinta-alaa kohti ei arvioitu.

Hampunsiementuotannon sivuvirtana syntyy kasvimateriaalia, joka sisältää kannabinoideja. Suurin sivuvirtamateriaalista mitattu CBD-pitoisuus tässä työssä oli 8,5 mg/g, joka saatiin kahdeksan tunnin 100 °C dekarboksylaatiassa typetyksen jälkeen. Kyseinen sivuvirtamateriaali sisälsi ilman kuumennusta CBDA:ta 5,6 mg/g ja CBD:ta 3,8 mg/g. Tällä hetkellä viljelijät eivät hyödynnä sivuvirtamateriaalia muuten kuin maanparannusaineena.

Maltaankaltainen hampputuote, hampputuote, paahdetut siemenet ja kuoritut siemenet eivät sisältäneet kannabinoideja.

Jotta kannabinoideista voitaisiin valmistaa uusia CBD-pohjaisia hampputuotteita, tarvitaan lainsäädäntö, joka mahdollistaa CBD-uuhteiden hyödyntämisen luontaistuotteena, elintarvikkeena ja/tai kosmetiikassa. CBD:llä on markkinapotentiaalia, koska luontaistuotemarkkinoilla on kysyntää uusille tuotteille. Kokemus maista, joissa CBD-uuhteita on markkinoilla, osoittaa ostajien löytävän tuotteet.

Öljyhampua tällä hetkellä viljeleville ja aiemmin viljelleille viljelijöille osoitetulla kyselytutkimuksella kartoitettiin heidän näkemyksiään ja kiinnostustaan hampunkorjuusta jäävien sivuvirtojen hyödyntämiseen. Kyselyyn vastasi 44 viljelijää. Vastaajista noin puolet oli kiinnostuneita hampun sivuvirtamateriaalin hyödyntämisestä ja valmiutta lisäinvestointien tekemiseen löytyi.

Vastaavasti noin puolet eivät olisi valmiita tekemään lisäinvestointeja, vaikka sivuvirtamateriaalista tulisi myyntituote. Alustava arvoketjuanalyysi osoittaa, että kustannusten ja riskien hallinta on haastavaa.



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

6. Viitteet

- Al Bakain, R.Z., Al-Degs, Y.S., Cizdziel, J.V., Elsohly, M.A., 2020. Comprehensive classification of USA cannabis samples based on chemical profiles of major cannabinoids and terpenoids. *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies* 43, 172–184. <https://doi.org/10.1080/10826076.2019.1701015>
- AL Ubeed, H.M.S., Wills, R.B.H., Chandrapala, J., 2022. Post-Harvest Operations to Generate High-Quality Medicinal Cannabis Products: A Systemic Review. *Molecules* 27, 1719. <https://doi.org/10.3390/molecules27051719>
- Berthold, E.C., Yang, R., Sharma, A., Kamble, S.H., Kanumuri, S.R., King, T.I., Popa, R., Freeman, J.H., Brym, Z.T., Avery, B.A., McCurdy, C.R., 2020. Regulatory sampling of industrial hemp plant samples (*Cannabis sativa* L.) using UPLC-MS/MS method for detection and quantification of twelve cannabinoids. *Journal of Cannabis Research* 2, 42. <https://doi.org/10.1186/s42238-020-00050-0>
- Brighenti, V., Pellati, F., Steinbach, M., Maran, D., Benvenuti, S., 2017. Development of a new extraction technique and HPLC method for the analysis of non-psychoactive cannabinoids in fibre-type *Cannabis sativa* L. (hemp). *J Pharm Biomed Anal* 143, 228–236. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2017.05.049>
- Brighenti, V., Protti, M., Anceschi, L., Zanardi, C., Mercolini, L., Pellati, F., 2021. Emerging challenges in the extraction, analysis and bioanalysis of cannabidiol and related compounds. *J Pharm Biomed Anal* 192, 113633. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2020.113633>
- Burgel, L., Hartung, J., Pflugfelder, A., Graeff-Hönninger, S., 2020. Impact of growth stage and biomass fractions on cannabinoid content and yield of different hemp (*Cannabis sativa* L.) genotypes. *Agronomy* 10, 372. <https://doi.org/10.3390/agronomy10030372>
- Callaway, J.C., 2004. Hempseed as a nutritional resource: An overview. *Euphytica* 140, 65–72. <https://doi.org/10.1007/s10681-004-4811-6>
- Cayman Chemicals <https://www.caymanchem.com/news/degradants-formed-during-phytocannabinoid-processing> (ladattu viimeksi 20.1.2022)
- Calvi, L., Pentimalli, D., Panseri, S., Giupponi, L., Gelmini, F., Beretta, G., Vitali, D., Bruno, M., Zilio, E., Pavlovic, R., Giorgi, A., 2018b. Comprehensive quality evaluation of medical *Cannabis sativa* L. inflorescence and macerated oils based on HS-SPME coupled to GC-MS and LC-

- HRMS (q-exactive orbitrap®) approach. *J Pharm Biomed Anal* 150, 208–219. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2017.11.073>
- Chandra, S., Lata, H., ElSohly, M.A., Walker, L.A., Potter, D., 2017. Cannabis cultivation: Methodological issues for obtaining medical-grade product. *Epilepsy Behav* 70, 302–312. <https://doi.org/10.1016/j.yebeh.2016.11.029>
- Chen, C., Wongso, I., Putnam, D., Khir, R., Pan, Z., 2021. Effect of hot air and infrared drying on the retention of cannabidiol and terpenes in industrial hemp (*Cannabis sativa* L.). *Industrial Crops and Products* 172, 114051. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114051>
- Cherney, J.H., Small, E., 2016. Industrial hemp in North America: Production, politics and potential. *Agronomy* 6, 58. <https://doi.org/10.3390/agronomy6040058>
- Citti, C., Ciccarella, G., Braghiroli, D., Parenti, C., Vandelli, M.A., Cannazza, G., 2016. Medicinal cannabis: Principal cannabinoids concentration and their stability evaluated by a high performance liquid chromatography coupled to diode array and quadrupole time of flight mass spectrometry method. *J Pharm Biomed Anal* 128, 201–209. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2016.05.033>
- Citti, C., Braghiroli, D., Vandelli, M.A., Cannazza, G., 2018a. Pharmaceutical and biomedical analysis of cannabinoids: A critical review. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, Review issue 2017* 147, 565–579. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2017.06.003>
- Citti, C., Pacchetti, B., Vandelli, M.A., Forni, F., Cannazza, G., 2018b. Analysis of cannabinoids in commercial hemp seed oil and decarboxylation kinetics studies of cannabidiolic acid (CBDA). *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 149, 532–540. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2017.11.044>
- Citti, C., Linciano, P., Panseri, S., Vezzalini, F., Forni, F., Vandelli, M.A., Cannazza, G., 2019. Cannabinoid profiling of hemp seed oil by liquid chromatography coupled to high-resolution mass spectrometry. *Frontiers in Plant Science* 10.
- Citti, C., Russo, F., Sgrò, S., Gallo, A., Zanotto, A., Forni, F., Vandelli, M.A., Laganà, A., Montone, C.M., Gigli, G., Cannazza, G., 2020. Pitfalls in the analysis of phytocannabinoids in cannabis inflorescence. *Anal Bioanal Chem* 412, 4009–4022. <https://doi.org/10.1007/s00216-020-02554-3>
- de Meijer, E.P.M., van der Kamp, H.J., van Eeuwijk, F.A., 1992. Characterisation of Cannabis accessions with regard to cannabinoid content in relation to other plant characters. *Euphytica* 62, 187–200. <https://doi.org/10.1007/BF00041753>
- E.C. Union method for the quantitative determination of the Δ^9 -tetrahydrocannabinol content in hemp varieties. Delegated Regulation (EU) No 639/2014, Annex III as amended by Regulation (EU) 2017/1155. *OJ L* 167, 30.6.2017, p. 1–15. http://data.europa.eu/eli/reg_del/2017/1155/oj. (ladattu viimeksi 24.4.2022.)
- Fischedick, J.T., Hazekamp, A., Erkelens, T., Choi, Y.H., Verpoorte, R., 2010. Metabolic fingerprinting of *Cannabis sativa* L., cannabinoids and terpenoids for chemotaxonomic and drug standardization purposes. *Phytochemistry* 71, 2058–2073. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2010.10.001>
- Flores-Sanchez, I.J., Verpoorte, R., 2008. Secondary metabolism in cannabis. *Phytochem Rev* 7, 615–639. <https://doi.org/10.1007/s11101-008-9094-4>

- Giese, M.W., Lewis, M.A., Giese, L., Smith, K.M., 2015. Development and validation of a reliable and robust method for the analysis of cannabinoids and terpenes in Cannabis. *J AOAC Int* 98, 1503–1522. <https://doi.org/10.5740/jaoacint.15-116>
- Giroud, C. 2002. Analysis of Cannabinoids in Hemp Plants. *Chimia* 56: 80–83.
- Gülck, T., Møller, B.L., 2020. Phytocannabinoids: Origins and biosynthesis. *Trends in Plant Science* 25, 985–1004. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2020.05.005>
- Happyana, N., Agnolet, S., Muntendam, R., Van Dam, A., Schneider, B., Kayser, O., 2013. Analysis of cannabinoids in laser-microdissected trichomes of medicinal Cannabis sativa using LCMS and cryogenic NMR. *Phytochemistry* 87, 51–59. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2012.11.001>
- Hazekamp, A., Peltenburg, A., Verpoorte, R., Giroud, C., 2005. Chromatographic and spectroscopic data of Cannabinoids from Cannabis sativa L. *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies* 28, 2361–2382. <https://doi.org/10.1080/10826070500187558>
- Hillig, K.W., 2005. Genetic evidence for speciation in Cannabis (Cannabaceae). *Genet Resour Crop Evol* 52, 161–180. <https://doi.org/10.1007/s10722-003-4452-y>
- Häuser, W., Welsch, P., Klose, P., Radbruch, L., Fitzcharles M.-A., 2019. Efficacy, tolerability and safety of cannabis-based medicines for cancer pain. A systematic review with meta-analysis of randomised controlled trials. *Schmerz* 33: 424–436. <https://doi.org/10.1007/s00482-019-0373-3>
- Ikonen, J. 2015. Kuituhampun kasvatuksen ja jalostuksen liiketoimintamallit. Opinnäytetyö, Karelia Ammattikorkeakoulu.
- Ingallina, C., Sobolev, A.P., Circi, S., Spano, M., Frascchetti, C., Filippi, A., Di Sotto, A., Di Giacomo, S., Mazzocanti, G., Gasparrini, F., Quaglio, D., Campiglia, E., Carradori, S., Locatelli, M., Vinci, G., Rapa, M., Ciano, S., Giusti, A.M., Botta, B., Ghirga, F., Capitani, D., Mannina, L., 2020. Cannabis sativa L. Inflorescences from Monoecious Cultivars Grown in Central Italy: An Untargeted Chemical Characterization from Early Flowering to Ripening. *Molecules* 25, 1908. <https://doi.org/10.3390/molecules25081908>
- Jin, D., Dai, K., Xie, Z., Chen, J., 2020. Secondary metabolites profiled in Cannabis inflorescences, leaves, stem barks, and roots for medicinal purposes. *Sci Rep* 10, 3309. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60172-6>
- Kalso, E., Simojoki, K., Palva, E. 2016. Kannabistako kipuläkkeeksi? *Lääkärilehti* 7/2016 vsk 71: 493–497.
- Lindholst, C., 2010. Long term stability of cannabis resin and cannabis extracts. *Australian Journal of Forensic Sciences* 42, 181–190. <https://doi.org/10.1080/00450610903258144>
- Livingston, S.J., Quilichini, T.D., Booth, J.K., Wong, D.C.J., Rensing, K.H., Laflamme-Yonkman, J., Castellarin, S.D., Bohlmann, J., Page, J.E., Samuels, A.L., 2019. Cannabis glandular trichomes alter morphology and metabolite content during flower maturation. *The Plant Journal* 20.
- Lähdesmäki, T., Komulainen, J. (2020). Kannabidioli lienee tehokas lisälääke äkilliseen kaatumiseen johtavien kohtausten hoitoon Lennox–Gastaut´n oireyhtymän (LGS) hoidossa. Näytönastekatsaus, Julkaistu: 27.02.2020. Käypä hoito, Duodecim. <https://www.kaypahoito.fi/nak09426>

- Malvisalo T., Luotola, E. 2020. Hampun tuotannon ja käyttömahdollisuuksien esiselvitys. Loppuraportti, Hankenumero: 112781
- Matila, K. 2018. Kuituhampun mahdollisuudet Kainuussa. Opinnäytetyö, Oulun ammattikorkeakoulu.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/154709/matila_kaisa.pdf?sequence=1
- Mattila, P., Mäkinen, S., Euroola, M., Jalava, T., Pihlava, J.-M., Hellström, J., Pihlanto, A., 2018. Nutritional value of commercial protein-rich plant products. *Plant Foods Hum Nutr* 73, 108–115. <https://doi.org/10.1007/s11130-018-0660-7>
- McRae, G., Melanson, J.E., 2020. Quantitative determination and validation of 17 cannabinoids in cannabis and hemp using liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Anal Bioanal Chem* 412, 7381–7393. <https://doi.org/10.1007/s00216-020-02862-8>
- Metsähonkala, E.-L., Linnankivi, T. 2018. Kannabidioli epilepsian hoidossa. *Lääkärilehti* 50-52/2018 vsk 73: 3007–3010.
- Milay, L., Berman, P., Shapira, A., Guberman, O. ja Meiri, D. 2020. Metabolic Profiling of Cannabis Secondary Metabolites for Evaluation of Optimal Postharvest Storage Conditions. *Frontiers in Plant Science*, article 583605.
- Moreno, T., Dyer, P., Tallon, S., 2020. Cannabinoid Decarboxylation: A Comparative Kinetic Study. *Ind. Eng. Chem. Res.* 59, 20307–20315. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.0c03791>
- Mostafaei Dehnavi, M., Ebadi, A., Peirovi, A., Taylor, G., Salami, S.A., 2022. THC and CBD Fingerprinting of an Elite Cannabis Collection from Iran: Quantifying Diversity to Underpin Future Cannabis Breeding. *Plants* 11, 129. <https://doi.org/10.3390/plants11010129>
- Nahar, L., Uddin, S.J., Alam, M.A., Sarker, S.D., 2021. Extraction of naturally occurring cannabinoids: an update. *Phytochem Anal* 32, 228–241. <https://doi.org/10.1002/pca.2987>
- Norokytö, N. 2010. Hyötyhampun käytön haasteet ja mahdollisuudet Suomessa. Opinnäytetyö (AMK), Turun Ammattikorkeakoulu.
- Norokytö, N. 2013. Öljyhamppu -Opas viljelyyn ja käsittelyyn. Turun ammattikorkeakoulun puheenvuoroja 75, Turun ammattikorkeakoulu.
- Norokytö ja Simi 2018. Rakennetaan hampusta. Loppuraportti.
- Pacifici, R., Marchei, E., Salvatore, F., Guandalini, L., Busardò, F.P., Pichini, S., 2017. Evaluation of cannabinoids concentration and stability in standardized preparations of cannabis tea and cannabis oil by ultra-high performance liquid chromatography tandem mass spectrometry. *Clin Chem Lab Med* 55, 1555–1563. <https://doi.org/10.1515/cclm-2016-1060>
- Pagnani, G., Pellegrini, M., Galieni, A., D’Egidio, S., Matteucci, F., Ricci, A., Stagnari, F., Sergi, M., Lo Sterzo, C., Pisante, M., Del Gallo, M., 2018. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) in Cannabis sativa ‘Finola’ cultivation: An alternative fertilization strategy to improve plant growth and quality characteristics. *Industrial Crops and Products* 123, 75–83. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.06.033>
- Pavlovic, R., Nenna, G., Calvi, L., Panseri, S., Borgonovo, G., Giupponi, L., Cannazza, G., Giorgi, A., 2018. Quality traits of “cannabidiol oils”: Cannabinoids content, terpene fingerprint and oxidation stability of European commercially available preparations. *Molecules* 23, E1230. <https://doi.org/10.3390/molecules23051230>

- Pavlovic, R., Panseri, S., Giupponi, L., Leoni, V., Citti, C., Cattaneo, C., Cavaletto, M., Giorgi, A., 2019. Phytochemical and Ecological Analysis of Two Varieties of Hemp (*Cannabis sativa* L.) Grown in a Mountain Environment of Italian Alps. *Frontiers in Plant Science* 10.
- Rodziewicz, P., Lorocho, S., Marczak, Ł., Sickmann, A., Kayser, O., 2019. Cannabinoid synthases and osmoprotective metabolites accumulate in the exudates of *Cannabis sativa* L. glandular trichomes. *Plant Science* 284, 108–116. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.04.008>
- Romano, L.L., Hazekamp, A., 2013. Cannabis oil: Chemical evaluation of an upcoming cannabis-based medicine. *Cannabinoids* 1, 1–11.
- Ross, S., Mehmedic, Z., Murphy, T., Elsohly, M., 2000. GC-MS analysis of the total Δ^9 -THC content of both drug- and fiber-type *Cannabis* seeds. *Journal of analytical toxicology* 24, 715–7. <https://doi.org/10.1093/jat/24.8.715>
- Sarma, N.D., Waye, A., ElSohly, M.A., Brown, P.N., Elzinga, S., Johnson, H.E., Marles, R.J., Melanson, J.E., Russo, E., Deyton, L., Hudalla, C., Vrdoljak, G.A., Wurzer, J.H., Khan, I.A., Kim, N.-C., Giancaspro, G.I., 2020. Cannabis inflorescence for medical purposes: USP considerations for quality attributes. *J. Nat. Prod.* 83, 1334–1351. <https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.9b01200>
- Serna-Loaiza, S., Adamczyk, J., Beisl, S., Kornpointner, C., Halbwirth, H., Friedl, A., 2020. Pressurized Liquid Extraction of Cannabinoids from Hemp Processing Residues: Evaluation of the Influencing Variables. *Processes* 8, 1334. <https://doi.org/10.3390/pr8111334>
- Sgrò, S., Lavezzi, B., Caprari, C., Polito, M., D’Elia, M., Lago, G., Furlan, G., Girotti, S., Ferri, E.N., 2021. Delta9-THC determination by the EU official method: evaluation of measurement uncertainty and compliance assessment of hemp samples. *Anal Bioanal Chem* 413, 3399–3410. <https://doi.org/10.1007/s00216-021-03283-x>
- Small, E., 2015. Evolution and classification of *Cannabis sativa* (marijuana, hemp) in relation to human utilization. *Bot. Rev.* 81, 189–294. <https://doi.org/10.1007/s12229-015-9157-3>
- Small, E., Cronquist, A., 1976. A practical and natural taxonomy for *Cannabis*. *Taxon* 25, 405–435. <https://doi.org/10.2307/1220524>
- Small, E., Marcus, D., 2003. Tetrahydrocannabinol levels in hemp (*Cannabis sativa*) germplasm resources. *Economic Botany* 57, 545–558. [https://doi.org/10.1663/0013-0001\(2003\)057\[0545:TLIHCS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0013-0001(2003)057[0545:TLIHCS]2.0.CO;2)
- Sorsa, J.M. 2016. Teollinen hamppu (*Cannabis sativa* L.) ja sen käyttökohteet. LuK-tutkielma, Itä-Suomen yliopisto.
- Stockings, E., Campbell, G., Hall, W.D., Nielsen, S., Zagic, D., Rahman, R., Murnion, B., Farrell, M., Weier, M., Degenhardt, L. 2018. Cannabis and cannabinoids for the treatment of people with chronic noncancer pain conditions: a systematic review and meta-analysis of controlled and observational studies. *Pain* 159: 1932-1954.
- Stout, J.M., Boubakir, Z., Ambrose, S.J., Purves, R.W., Page, J.E., 2012. The hexanoyl-CoA precursor for cannabinoid biosynthesis is formed by an acyl-activating enzyme in *Cannabis sativa* trichomes. *Plant J* 71, 353–365. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2012.04949.x>
- Tahir, M.N., Shahbazi, F., Rondeau-Gagné, S., Trant, J.F., 2021. The biosynthesis of the cannabinoids. *Journal of Cannabis Research* 3, 7. <https://doi.org/10.1186/s42238-021-00062-4>

- Tomppo, L., Turpeinen, T., Lappalainen, R., Jokela, L. 2017. Kuituhampun kokonaisvaltainen käyttö. Loppuraportti, Itä-Suomen yliopisto ja Juankosken/Kuopion kaupunki.
- Trofin, I., Dabija, G., Vaireanu, D.-I., Laurentiu, F., 2012. The Influence of Long-term Storage Conditions on the Stability of Cannabinoids derived from Cannabis Resin. *Revista de Chimie* 63, 422–427.
- Veress, T., Szanto, J.I., Leisztner, L., 1990. Determination of cannabinoid acids by high-performance liquid chromatography of their neutral derivatives formed by thermal decarboxylation: I. Study of the decarboxylation process in open reactors. *Journal of Chromatography A* 520, 339–347. [https://doi.org/10.1016/0021-9673\(90\)85118-F](https://doi.org/10.1016/0021-9673(90)85118-F)
- Vonapartis, E., Aubin, M.-P., Seguin, P., Mustafa, A.F., Charron, J.-B., 2015. Seed composition of ten industrial hemp cultivars approved for production in Canada. *Journal of Food Composition and Analysis* 39, 8–12. <https://doi.org/10.1016/j.ifca.2014.11.004>
- Wang, M., Wang, Y.-H., Avula, B., Radwan, M.M., Wanas, A.S., van Antwerp, J., Parcher, J.F., ElSohly, M.A., Khan, I.A., 2016. Decarboxylation Study of Acidic Cannabinoids: A Novel Approach Using Ultra-High-Performance Supercritical Fluid Chromatography/Photodiode Array-Mass Spectrometry. *Cannabis and Cannabinoid Research* 1, 262–271. <https://doi.org/10.1089/can.2016.0020>
- Welling, M.T., Liu, L., Raymond, C.A., Ansari, O., King, G.J., 2018. Developmental Plasticity of the Major Alkyl Cannabinoid Chemotypes in a Diverse Cannabis Genetic Resource Collection. *Frontiers in Plant Science* 9. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01510>
- Zivovinovic, S., Alder, R., Allenspach, M.D., Steuer, C., 2018. Determination of cannabinoids in *Cannabis sativa* L. samples for recreational, medical, and forensic purposes by reversed-phase liquid chromatography-ultraviolet detection. *Journal of Analytical Science and Technology* 9, 27. <https://doi.org/10.1186/s40543-018-0159-8>

Liite 1: Kysely öljyhampun viljelijöille

Kysely öljyhampun viljelijöille

Tämän kyselyn tavoitteena on koota tietoa hampunviljelijöiden näkemyksistä ja kiinnostuksesta hampunkorjuusta jäävien sivuvirtojen keräämiseen, käsittelyyn ja hyödyntämiseen liittyen. Kyselyyn osallistuvien viljelijöiden vastauksia käytetään Öljy- ja kuituhampun mahdollisuudet uusien hampputuotteiden raaka-aineena -hankkeen loppuraportissa ja mahdollisessa erillisessä julkaisussa.

Tällä kyselyllä kartoitamme öljyhamppua tällä hetkellä viljelevien ja aiemmin viljelleiden viljelijöiden näkemyksiä siementuotannon sivuvirtojen käytöstä.

Öljyhampun viljely on nouseva maatalouden tuotantomuoto Suomessa. Öljyhampun puinnissa jää jäljelle hampun olki, tyhjät kukinnot ja akanat. Hampun olkea voidaan käyttää esimerkiksi kuivikkeena tai tehdä siitä biohiiltä. Kukinnoissa on myös arvokkaita kemikaaleja, joiden talteenottoon ei tällä hetkellä kuitenkaan ole valmista tuotantoketjua.

Kyselyn tarkoituksena on tuottaa tietoa myös öljyhampun viljelyn arvoketjun kehittämisen tarpeisiin.

Kyselyyn vastaaminen vie 10 minuuttia.

Pyydämme vastauksia 07.12.2012 mennessä.

Vastauksenne käsitellään luottamuksellisesti, eikä teitä voida tunnistaa tuloksista. Yhteystietonne on saatu Ruokaviraston asiakasrekisteristä ja ne hävitetään kyselyn sulkeuduttua.

Ensimmäinen osio sisältää taustatietokysymyksiä kyselyä varten

1. Syntymävuosi

2. Sukupuoli

Nainen

Mies

Muu

3. Mikä on ammattinne?

Palkansaaja

Maatalousyrittäjä

Metsätalousyrittäjä

Muu yrittäjä

Eläkeläinen

Opiskelija

Muu, mikä?

4. Maatilanne omistusmuoto

Tila on yhden henkilön omistuksessa

Tila omistetaan yhdessä puolison kanssa

Tila on yhtymä

Tila on kuolinpesä

Muu, mikä?

5. Asuinpaikkanne suhteessa maatalaan

Asun maatilalla

Asun samassa kunnassa kuin missä maatilani sijaitsee

Asun eri kunnassa kuin missä maatilani sijaitsee

6. Mikä on tilanne koko?

Alle 10 ha

10-19.9 ha

20-49.9 ha

50-99.9 ha

100-199.9 ha

200-499.9 ha

Yli 500 ha

7. Montako hehtaaria tilanne pinta-alasta on peltoviljelyssä?

8. Mitkä ovat tilanne muut viljelykasvit öljyhampun lisäksi?

Toinen osio sisältää kysymyksiä hampunviljelystä ja siemensadosta

9. Montako vuotta olette viljellyt hamppua?

10. Mikä on viljelemänne hamppulajike(lajikkeet)?

Finola

Jokin muu, mi(t)kä?

11. Kuinka paljon teillä oli hampun viljelypinta-alaa (ha) vuonna 2021?

12. Jos ette viljelleet öljyhamppua vuonna 2021, aiotteko viljellä sitä tulevaisuudessa?

Kyllä, miksi?

Ei, miksi?

13. Mikä on ollut keskimääräinen hampunsiemensatonne hampunviljelyalaa kohti (kg/ha)?

14. Mikä on ollut hampunviljelyn osuus tilanne euromääräisestä tuotosta (%)?

15. Toteutitteko puinnin itse vai ostopalveluna?

Toteutettu itse

Ostopalveluna

16. Miten puinti toteutettiin?

Puimakoneella (merkki?)

Muulla tavoin, miten?

17. Otettiinkö puintijätteet talteen vai jäivätkö ne peltoon?

Otettiin talteen

Jäivät peltoon

Kolmas osio sisältää kysymyksiä liittyen puintijätteeseen ja sen käsittelyyn

Jos ette ole ottaneet puintijätettä talteen, voitte siirtyä suoraan osioon neljä, kysymykseen 23.

18. Millä menetelmällä puintijätteen talteenotto toteutettiin?

(Valitse sopivin vaihtoehto)

Kerättiin pellolta suurpaalaimella

Kerättiin pellolta pienpaalaimella

Kerättiin pellolta tarkkuussilppurilla

Muulla tavoin (miten?)

19. Mikä oli arvioitu tuoreen puintijätteen määrä hampunviljelyalaa kohden (t/ha)?

(1 t = 1000 kg)

20. Millä menetelmällä talteenotettu puintijäte käsiteltiin?

(Valitse sopivin vaihtoehto)

Kuivattiin latokuivurissa

Kuivattiin pellolla

Kuivattiin muulla tavoin, miten?

Säilöttiin muulla tavoin, miten?

Ei käsitelty

21. Millä menetelmällä talteenotettu puintijäte varastoitettiin?

22. Miten olette hyödyntäneet talteenotettua puintijätettä?

(Voitte valita useamman vaihtoehdon)

Hyödynsin myymällä puintijätteen kuivikkeeksi

Hyödynsin myymällä puintijätteen lämpöenergiaksi

Hyödynsin myymällä muuhun tarkoitukseen, mihin?

Hyödynsin itse, miten?

En hyödyntänyt mitenkään

Neljäs osio sisältää kysymyksiä liittyen hampun hyödyntämiseen tulevaisuudessa

23. Löytyykö tilaltanne kone- ja laitevalmiudet puintijätteen talteenottoa, käsittelyä ja varastointia varten?

24. Olisitteko kiinnostunut tekemään lisäinvestointeja hampun puintijätteen korjuu-, kuivaus- tai varastointiratkaisuihin, jos puintijätteestä tulee myyntituote?

25. Millä hinnalla arvoisitte olevanne valmis myymään kuivatun tai muuten käsitellyn hampun puintijätteen (€/t)?

26. Mitkä ovat hampunviljelyyn motivoivia tekijöitä?

(Voitte valita useamman vaihtoehdon)

Hampun sopivuus vuoroviljelyyn

Hampun sopivuus luomoviljelyyn

Hampun hyvä tuottavuus

Peltojeni maalajien soveltuvuus hampunviljelyyn

Olen hampun sopimusviljelijä

Minulla on yritystoimintaa hamppuun liittyen

Muu, mi(t)kä?

27. Mitkä ovat kokemuksenne mukaan hampunviljelyn ongelmakohtia?

28. Vapaamuotoisesti hampusta (esimerkiksi viljelyvarmuus, satomäärien vaihtelut eri vuosina)

Raportti hampunviljelijöille suunnatun kyselytutkimuksen tuloksista

Ölly- ja kuituhampun mahdollisuudet uusien hampputuotteiden raaka-aineena -hanke

Riika Pappinen, Sarita Keski-Saari, Ari Pappinen, Markku Keinänen, Suvi Kuittinen



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

Sisällysluettelo

1 Kyselytutkimuksen tarkoitus	3
2 Viljelijöiden taustatiedot	4
3 Kokemuksia hampun viljelyn eri vaiheista	6
3.1 Hampunviljelyyn motivoivia tekijöitä	6
3.2 Hampunviljelyn haasteet	7
3.3 Puiminen ja jatkokäsittely	8
3.4 Siemensato ja saatu tuotto	10
4 Halukkuus jatkaa hampunviljelyä	11
5 Tiivistelmä	13

Kuvat

Kuva 1 Viljelijöiden kokemus hampunviljelystä vuosina	4
Kuva 2 Hampun viljelyyn motivoivia tekijöitä	6
Kuva 3 Viljelijöiden käyttämät puimakoneet	8
Kuva 4 Viljelijöiden kiinnostus puintijätteen korjuu-, kuivaus- ja varastoratkaisujen lisäinvestointeihin	9
Kuva 5 Viljelijöiden ilmoittama keskimääräinen tuotto (kg/ha)	10
Kuva 6 Hampunviljelyn osuus tilan euromääräisestä tuotosta (%)	11
Kuva 7 Hampunsiemensato ja tuotto tilan koon mukaan	11

Taulukot

Taulukko 1 Viljelijöiden peltoala	5
Taulukko 2 Viljelijöistä niiden, jotka eivät kasvattaneet hamppua vuonna 2021, kiinnostus kasvattaa sitä tulevaisuudessa	12



1 Kyselytutkimuksen tarkoitus

Öljyhampun viljely on nouseva maatalouden tuotantomuoto Suomessa. Öljyhampun puinnissa jää jäljelle hampun olki, tyhjät kukinnot ja akanat. Hampun olkea voidaan käyttää esimerkiksi kuivikkeena tai tehdä siitä biohiiltä. Kukinnoissa on myös arvokkaita kemikaaleja, joiden talteenottoon ei tällä hetkellä kuitenkaan ole valmista tuotantoketjua.

Kyselytutkimus on osa Öljy- ja kuituhampun mahdollisuudet uusien hampputuotteiden raaka-aineena -hanketta. Kyselytutkimuksen avulla pyrittiin selvittämään öljyhamppua tällä hetkellä viljelevien ja aiemmin viljelleiden viljelijöiden näkemyksiä ja kiinnostusta hampunkorjuusta jäävien sivuvirtojen keräämiseen, käsittelyyn ja hyödyntämiseen liittyen. Kyselyn tarkoituksena oli tuottaa tietoa myös öljyhampun viljelyn arvoketjun kehittämisen tarpeisiin.

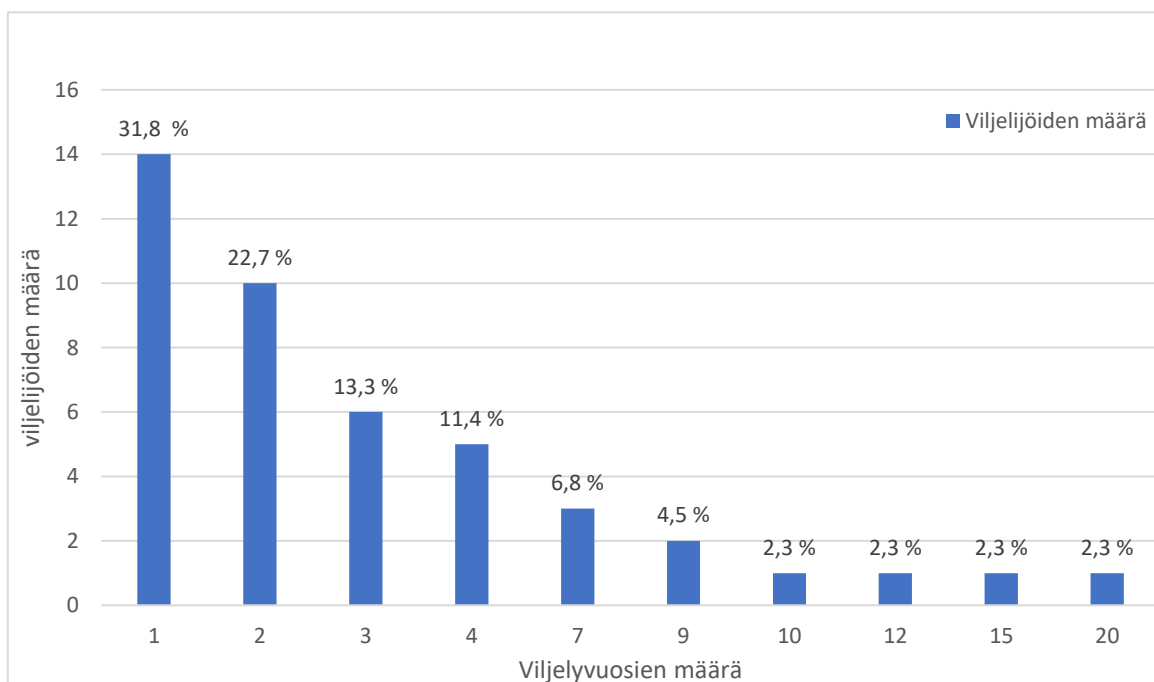
Kyselytutkimukseen vastasi 44 viljelijää talvella 2021.



2 Viljelijöiden taustatiedot

Kyselyyn vastanneet 44 viljelijää kuuluivat neljään eri ammattiryhmään: maatalousyrittäjiin (64,8 %), eläkeläisiin (15,9 %), palkansaajiin (12,5 %) ja muihin yrittäjiin (6,8 %). Vastaajien maataloista hieman yli 60 % oli yhden henkilön omistuksessa ja liki kolme neljännestä kaikista viljelijöistä myös asui maatilallaan. Toiseksi yleisintä oli omistaa tila yhdessä puolison kanssa tai se, että tila oli yhtymä. Vain muutamien vastaajien tila oli kuolinpesä tai osakeyhtiö.

Viljelijöistä kaikki olivat kasvattaneet öljyhamppu Finolaa, mutta kaksi viljelijää oli sen lisäksi kasvattanut jotain muuta lajiketta (Fedora, Uso). Viljelijöistä neljä oli kasvattanut hampppua 10 vuotta tai enemmän, vastaajista muut olivat kasvattaneet keskimäärin 2–3 vuotta (Kuva 1). Vastaajista noin kolmannes (n=14) oli kuitenkin kasvattanut hampppua vain vuoden.



Kuva 1 Viljelijöiden kokemus hampunviljelystä vuosina

Ammattiryhmistä palkansaajat olivat kasvattaneet hampppua 1–2 vuotta, eläkeläiset 1–3 vuotta ja muut yrittäjät 4–9 vuotta. Maatalousyrittäjät olivat suurin hampunviljelijöinä toimiva ryhmä, joten heidän kokemusvuotensa jakaantuivat varsin tasaisesti, mutta kuitenkin niin, että kaikki 10 vuotta tai sitä enemmän hampppua viljelleistä olivat juuri maatalousyrittäjiä. Kolme vastanneista kertoi, että



ei ollut viljeltyt hampua vuonna 2021, mutta oli kuitenkin viljeltyt sitä aiempina vuosina ja piti tuolloin väliuotta.

Taulukko 1 Viljelijöiden peltoala

Tilan koko	Vastaajista	Ammatti	Peltoviljelyssä (ka)	Viljeli öljyhampua 2021	Jos viljeli öljyhampua 2021, kuinka paljon peltopinta-alasta (ka)?
0–10 ha	5 (11,4 %)	2 palkansaaja 1 maatalousyrittäjä 1 muu yrittäjä 1 eläkkeellä	6,5 ha	2	3,05 ha
10–19,9 ha	2 (4,6 %)	1 maatalousyrittäjä 1 eläkkeellä	16,3 ha	1	0,02 ha
20–49,9 ha	8 (18,2 %)	4 eläkkeellä 3 maatalousyrittäjä 1 muu yrittäjä	26,7 ha	3	4,3 ha
50–99,9 ha	13 (29,5 %)	8,5 maatalousyrittäjä 2,5 palkansaaja 1 muu yrittäjä 1 eläkkeellä	46,9 ha	5	13,8 ha
100–199,9 ha	11 (25 %)	10 maatalousyrittäjä 1 palkansaaja	99,3 ha	5	15 ha
200–499,9 ha	5 (11,4 %)	5 maatalousyrittäjä	218,2 ha	4	8,9 ha
500+ ha	0	-	-	0	0 ha
YHT.	44			20	



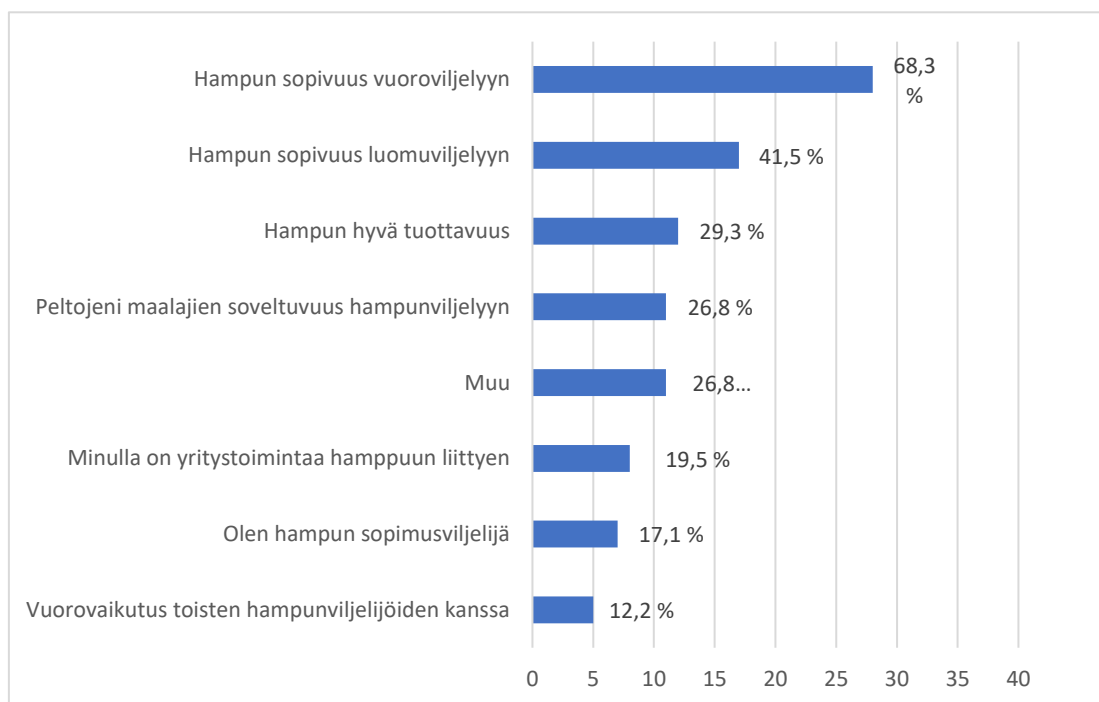
3 Kokemuksia hampun viljelyn eri vaiheista

3.1 Hampunviljelyyn motivoivia tekijöitä

Hampunviljelyyn motivoivia tekijöitä oli useita (Kuva 2). Liki 70 % (n=28) kyselyyn vastanneista kasvattajista vastasi motivoivaksi tekijäksi hampun sopivuuden vuoroviljelyyn. Vähäisin kasvattamiseen motivoiva tekijä oli vuorovaikutus toisten hampunviljelijöiden kanssa (12,2 %, n=5).

Muita motivaattoreita oli muun muassa hampun maaperän rakennetta parantava vaikutus. Hampun kerrottiin sitovan hiiltä, toimivan mehiläiskasvina sekä tukahduttavan rikkaruohoja, minkä vuoksi se sopii muun muassa mansikan esikasviksi. Myös terveysvaikutukset sekä hyvät ominaisuudet ruoka-aineena mainittiin; sen erinomainen valkuaispitoisuus, öljyn terveelliset vaikutukset, torjunta-aineettomuus ja gluteenittomuus. Hampun CBD yhdisteiden koettiin lisäksi tuovan paljon mahdollisuuksia ja herättävän kiinnostusta.

Yksi vastaajista taas näki hampun tulevaisuuden trendinä ja sen mahdollisuudet tekstiili- ja rakennusmateriaalituotannossa sekä muovin korvaavana raaka-aineena. Eräällä vastaajista oli toiveena jatkojalostaa hampputuotteita suoramyyntiin. Kasvattamiseen motivoivia syitä olivat lisäksi uteliaisuus sekä halu kokeilla ja kehittää uutta.



Kuva 2 Hampun viljelyyn motivoivia tekijöitä



3.2 Hampunviljelyn haasteet

Kaikista kyselyyn vastanneista 38 viljelijää kertoi kokemuksistaan hampunviljelyn ongelmakohtista. Ongelmia ilmeni pitkin hampunviljelyprosessia.

Hampunviljelyyn vaadittavat olosuhteet mainittiin viljelijöiden keskuudessa yleiseksi haasteeksi. Viljelyvarmuus oli sinänsä hyvä ja hyvin onnistuessaan kasvusto oli parhaimmillaan vahvaa, hyvin peittävä ja korjuuvarmaa, mutta hampun koettiin reagoivan olosuhteisiin herkästi. Kylvön ja taimettumisen aikaiset säät vaikuttivat vastaajien mukaan herkästi sadonmuodostukseen, ja erityisesti keväinen kuivuus saattoi johtaa siihen, että kasvusto jäi pieneksi ja itäminen epäonnistui. Sen lisäksi, jos taimettuminen oli kuivuuden takia heikkoa, rikkaruohot saattoivat ottaa vallan. Sateinen kesä taas saattoi aiheuttaa pahkahometta, joka tappoi kasvustoa. Myös pitkä kasvukausi oli toisinaan koettu haasteelliseksi.

Maaperään liittyvät ominaisuudet, ravinnepitoisuus sekä happamuus vaikuttivat paljon hampunviljelyn onnistumiseen. Vastauksissa mainittiin maalajin, vedenläpäisevyyden, maaperän tiivistymisen sekä laadun epätasaisuuden – jopa yksittäisen pellon tai lohkojen sisällä – vaikuttavan huomattavasti viljelyn ja tasaisen kasvuston saavuttamiseen. Kevyen ja hikevän tai läpäisevän multamaan koettiin olevan hampunviljelyn kannalta paras; moreenimaa ja savinen maaperä sen sijaan tuottivat yleensä huonompia tuloksia. Moninaisten vaikuttavien tekijöiden vuoksi lopullinen sato saattoi olla hyvin vaihtelevaa ja hyvän keskitason saavuttaminen erittäin vaikeaa.

Mainituista ongelmista suuri osa liittyi kuitenkin hampun puintiin, joka koettiin erityisen työlääksi. Tyypillisesti puinnissa kasvustoa ja kuitua kerääntyi puimureiden koneiston ja akselien ympärille, jopa kesken puinnin, jolloin tukkeutunutta konetta joutui puhdistamaan usein. Joskus tukkeutunutta puimuria joutui puhdistamaan käsipelillä tai koneiden kasvustoa keräävät kohdat teippaamaan. Ongelma esiintyi joidenkin vastaajien mukaan silloin, kun kasvusto oli erityisen pitkää esimerkiksi (liiallisen) lannoituksen takia. Myös koneiden hajoamisriski huolestutti. Osalle vastaajista puinnin tekivät haasteelliseksi myös huonot sääolosuhteet puinnin ajoituksessa myöhäiselle syksylle. Puintijätteen käsittely ja muokkaus maahan nykyisellä kalustolla oli koettu vaikeaksi, samoin hampun ja siementen kuivaus.

Suhteessa myytyyn satoon osa viljelijöistä koki siementen hinnan liian kalliiksi. Tuotteiden alhaiset hinnat ja myyntikanavien vähyyt eivät tehneet viljelystä kannattavaa. Lisäksi joidenkin vastaajien mukaan hampunviljelyyn liittyvä säätely, kuten tukihakemuksen erillisehdot, siemenpussien

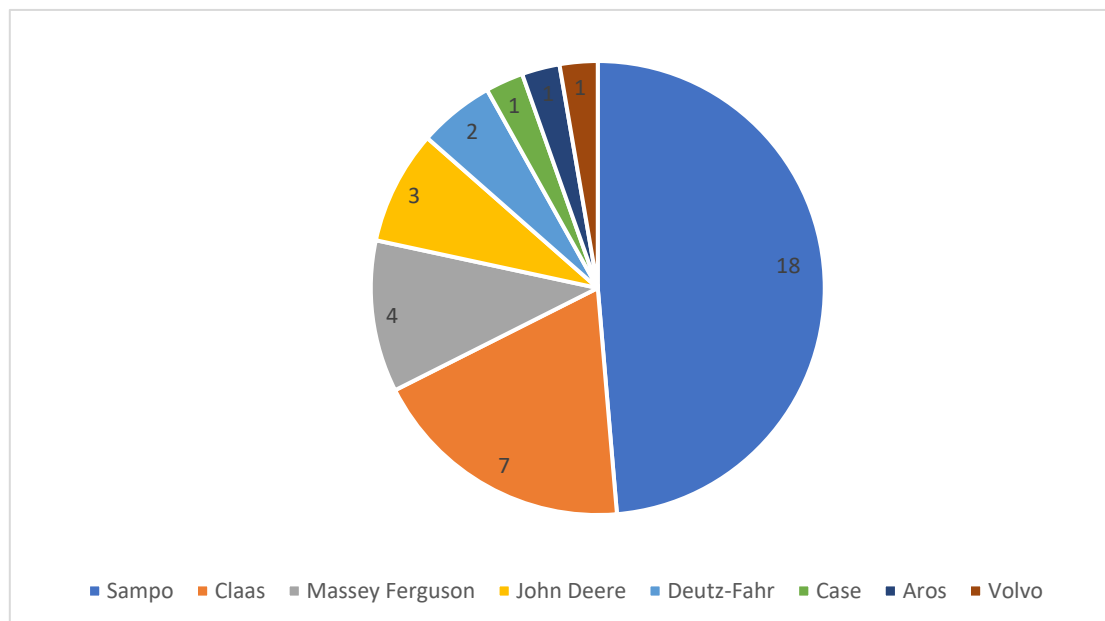


tarkistuslipukkeiden toimittaminen ja salainen kasvuikäinen valvonta koettiin työlääksi. Eräs vastaaja oli toistaiseksi luopunut viljelystä joutuessaan vuosittain hankkimaan uudet siemenet, mikä esti erilaisten viljelykokeiden tekemisen.

Lisäksi vastaajista muutamat kaipasivat enemmän kokemusten ja tiedon jakamista muiden viljelijöiden kanssa.

3.3 Puiminen ja jatkokäsittely

Vastaajista 81 % (n=38) oli toteuttanut hampun puinnin itse ja vastaavasti 19 % (n=8) oli toteuttanut sen ostopalveluna. Mitä suurempi tilan koko, sitä todennäköisemmin hamppu puitiin itse. Vastaajista 88,4 % (n=38) oli puintu hampun puimakoneella (Kuva 3). Jos hampua ei ollut puitu koneella (11,8 %, n=5), se oli joko kerätty käsin, murskattu maahan, jätetty puimatta kokonaan tai sitten puintia ei epäonnistuneen sadon vuoksi ollut lainkaan.



Kuva 3 Viljelijöiden (n=39) käyttämät puimakonemerkit

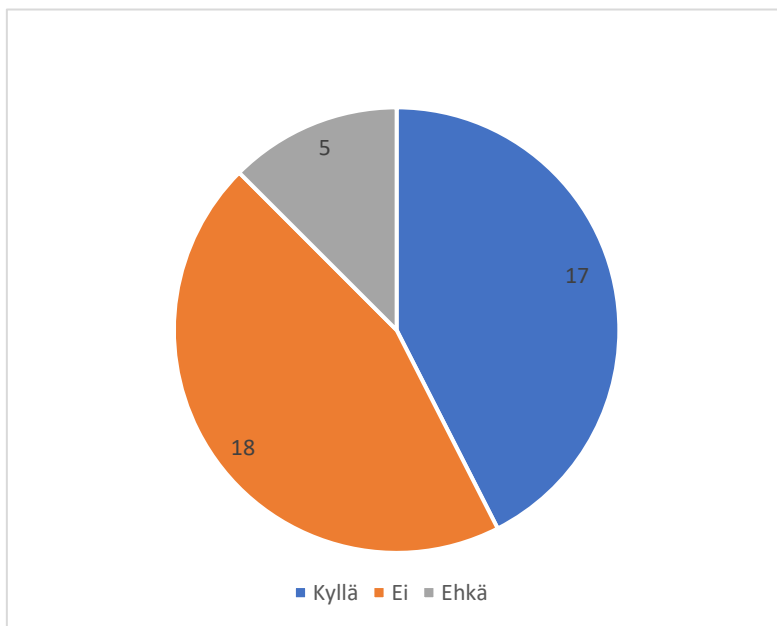
Viljelijöistä 40 vastasi kysyttäessä löytyykö tilalta kone- ja laitevalmiudet puintijätteen talteenottoa, käsittelyä ja varastointia varten. Näistä vastaajista 28 (68,3 %) ilmoitti, että tarvittavia koneita ja laitteita ei löydy. Vastaajista 11 (26,8 %) kertoi että kalustoa löytyy, ainakin jossain määrin, muun

muassa lautasniittokone, noukintavaunu, kuivuri ja pyörö- tai pienpaalain mainittiin. Yksi ilmoitti, että kalustoa on mahdollisesti.

Lähes poikkeuksetta puintijäte oli jätetty peltoon: vain yksi 44 vastaajasta oli kerännyt puintijätteen talteen noukinvaunulla, joskaan jätettä ei ollut jatkokäsitelty vaan se oli säilötty aumaan ja käytetty katteena ja kompostina.

Kyselyyn vastanneista vajaa puolet (45 %, n=18) ilmoitti, ettei olisi kiinnostunut tekemään lisäinvestointeja hampun puintijätteen korjuu-, kuivaus- tai varastointiratkaisuihin, vaikka puintijätteestä tulisi myyntituote (Kuva 4). Liki yhtä moni (42,5 %, n=17) taas suhtautui lisäinvestointeihin positiivisesti. Muutamat heistä huomauttivat, että valmiutta kyllä olisi, jos sen voisi tehdä yhteistyössä muiden tilojen tai yhteistyökumppanien kanssa, tai siinä tapauksessa, että toiminnan tiedettäisiin olevan taloudellisesti mielekästä.

Yleisesti ottaen vastaajien oli toistaiseksi haasteellista arvioida kannattavaa myyntihintaa kuivatulle tai muuten käsitellylle puintijätteelle, koska se riippuisi vahvasti investointien, korjuu- ja käsittelykulujen ja käyttökustannuksien määrästä sekä mahdollisesti siitä, kuka esimerkiksi kuivauksesta ja varastoinnista vastaa; viljelijä vaiko ostaja. Myös tuotteen laatuvaatimusten pohdittiin vaikuttavan käytettyihin menetelmiin sekä siten hintaan, sillä esimerkiksi kukintojen tai lehtimassan laatu saattoi kärsiä puidessa herkästi, mikä vaatisi erityishuomiota. Eräs vastaajista huomioi myös, että ”CBD:n hyödyntäminen on laadukkaampaa käsityötä, jossa kerätään



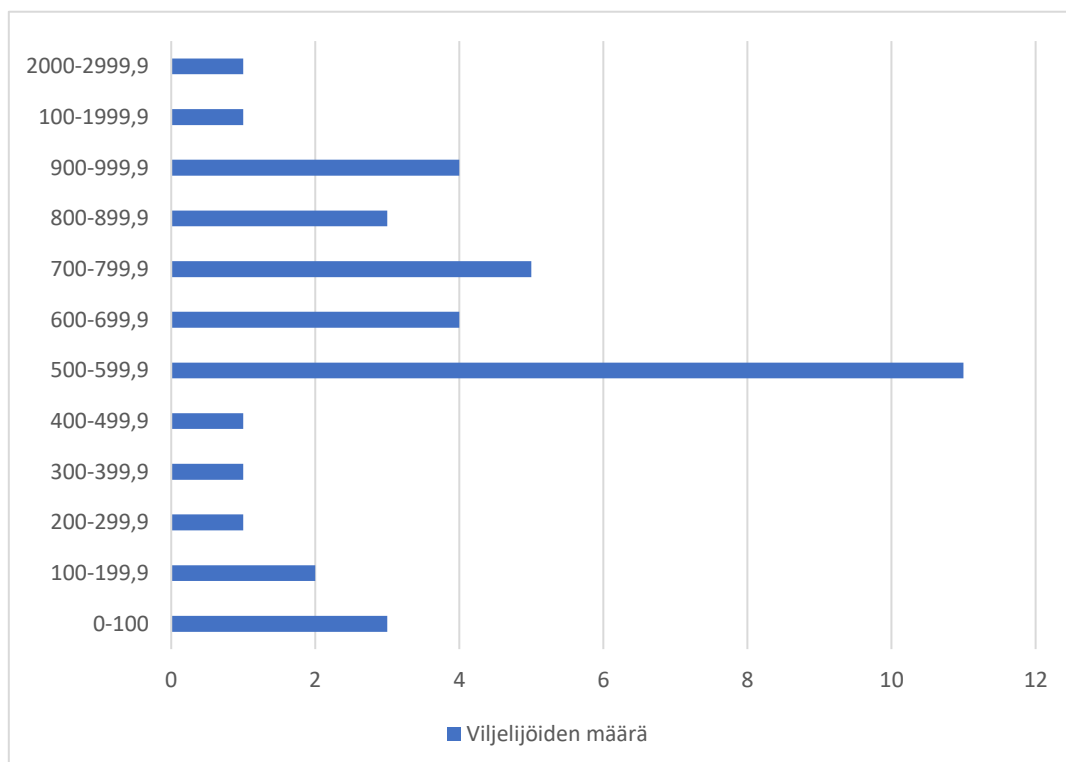
Kuva 4 Viljelijöiden kiinnostus puintijätteen korjuu-, kuivaus- ja varastoratkaisujen lisäinvestointeihin

mahdollisesti avomaalla riviviljelty kasvi varsineen kuivumaan sisätiloihin. Silloin ei puhuta enää jätteestä.” Arvioidut hinnat vaihtelivat kuitenkin sekä 20–50 €/t että 100–300 €/t välillä.

Pieni osa vastaajista ilmoitti haluavansa mieluummin käyttää jätteen itse. Eräs vastaajista kommentoikin, että olki ja päistäre kasvualustaan muokattuna olisi suureksi hyödyksi maaperälle; ”jos ne kerätään pois pellosta, ei pellon viljelykierrossa päästä hampun tuomaan hyötyyn”. Saattoi myös olla, että viljelijä oli toteuttanut puinnin ostopalveluna eikä itse ollut kiinnostunut puintijätteen hyödyntämisestä, mutta puinnista vastannut henkilö mahdollisesti olisi. Toisaalta eräällä viljelijällä oli kokemusta puintijätteen käsittelystä ja olkijätteen myynnistä muun muassa eristetutantoon, mutta toistaiseksi toimimaton tekniikka Suomessa oli vesittänyt yrityksen ja saanut kiinnostuksen lopahtamaan.

3.4 Siemensato ja saatu tuotto

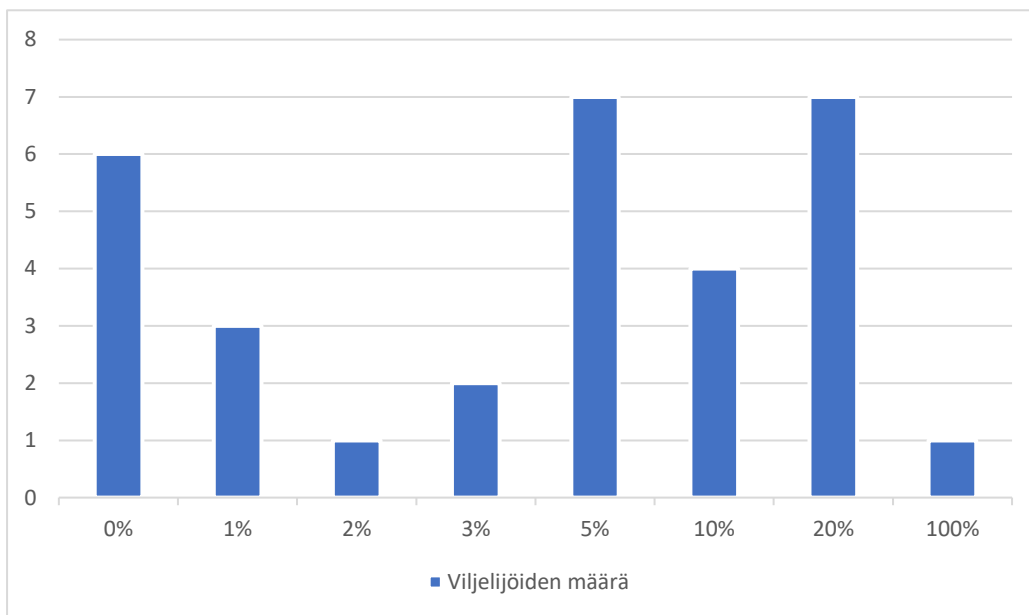
Vastaajien hampunsiemensadot vaihtelivat melko paljon, jopa vuosien välillä (Kuva 5). Tyypillisimmin satomäärä hampunviljelyalaa kohti oli kuitenkin noin 500 kg/ha. Hampunviljelyn kokemusvuosien määrä eikä ammattiryhmä oleellisesti vaikuttanut siemensadon suuruuteen.



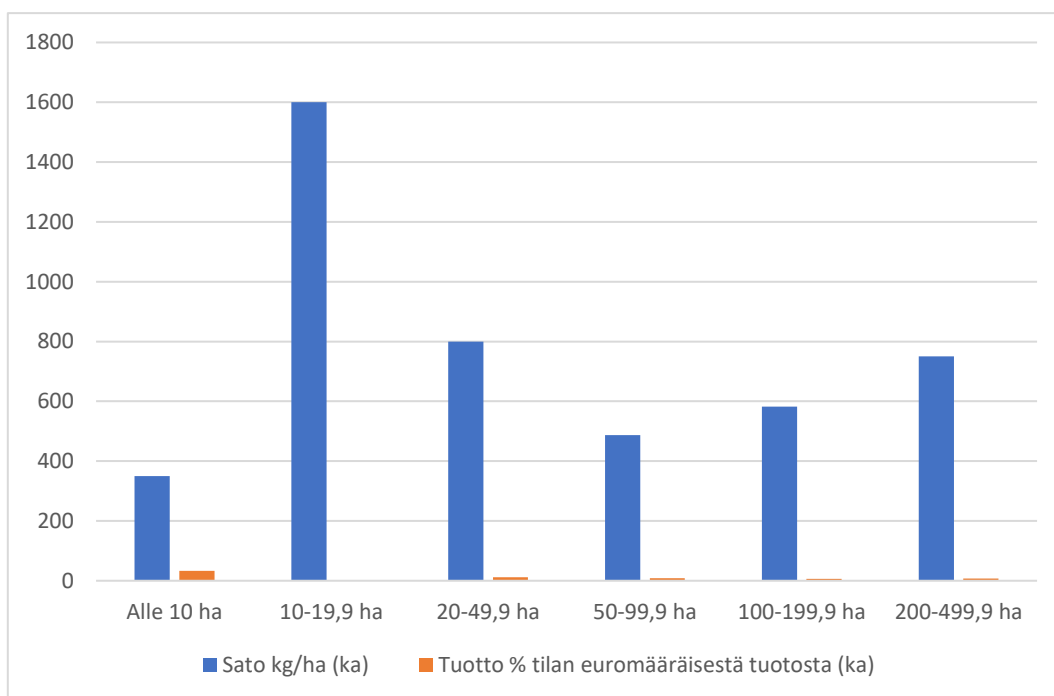
Kuva 5 Viljelijöiden ilmoittama keskimääräinen tuotto (kg/ha)



Hampunviljely oli vielä melko pienimuotoista, sillä prosentuaaliset osuudet tilojen kokonaismääräisestä tuotosta olivat varsin pienet (Kuva 6). Tavallisimmin tuotot olivat joko 5 % tai 20 % luokkaa koko tilan euromääräisestä tuotosta. Kolme viljelijää ilmoitti tuoton olevan ”pieni” tai ”mitätön” (ei sisällytetty kuvaan 6), kaksi ei osannut antaa arviota. Kaksi vastaajista ilmoitti tähän mennessä hampunviljelyn olleen tappiollista. Yksi vastaajista ilmoitti hampun viljelystä saadun tuoton olevan 100 % tilan kokonaistuotosta; tällä pienviljelijällä myös 100 % peltoviljelyssä olevasta alasta oli öljyhamppua.



Kuva 6 Hampunviljelyn osuus tilan euromääräisestä tuotosta (%)



Kuva 7 Hampunsiemensato ja tuotto tilan koon mukaan



4 Halukkuus jatkaa hampunviljelyä

Niistä viljelijöistä, jotka eivät olleet kasvattaneet hampppua vuonna 2021, 30 vastasi kysyttäessä aikovatko he viljellä sitä kuitenkin tulevaisuudessa (Taulukko 2). Vastanneista viljelijöistä 17 (57 %) aikoi jatkossakin viljellä hampppua, ja 13 (43 %) ei aikonut jatkaa.

	Alle 10 ha	10–19,9 ha	20–49,9 ha	50–99,9 ha	100–199,9 ha	200–499,9 ha	YHT.
Kyllä	75 % (n=3)	50,0 % (n=1)	20,0 % (n=1)	50,0 % (n=5)	66,7 % (n=4)	100,0 % (n=3)	17
Ei	25,0 % (n=1)	50,0 % (n=1)	80 % (n=4)	50,0 % (n=5)	33,3 % (n=2)	0 % (n=0)	13

Taulukko 2 Viljelijöistä niiden, jotka eivät olleet viljelleet hampppua vuonna 2021, kiinnostus kasvattaa hampppua tulevaisuudessa (tilan koon mukaan ilmoitettuna)

Ammattiryhmistä innokkaimpia olivat palkansaajat (100 %) sekä muut yrittäjät (100 %). Maatalousyrittäjistä 57,9 % oli kiinnostunut jatkokasvatuksesta, mutta eläkeläisistä vain 17 %.

Jatkohalukkuuteen ei merkittävästi vaikuttanut saadun hampunsiemensadon tai edes hampunviljelystä saadun tuoton määrä. Kuitenkin niistä vastaajista, joilla oli vasta yksi vuosi kokemusta viljelystä, noin 60 % ilmoitti, ettei aio viljellä hampppua tulevaisuudessa. Hampppua sekä kaksi että kolme vuotta kasvattaneista jo hieman yli 80 % ilmoitti aikovansa kasvattaa sitä myös jatkossa. Yli 7 vuotta hampppua kasvattaneista viljelijöistä taas kaikki aikovat jatkaa kasvattamista.

Öljyhampun viljelyä haluttiin tulevaisuudessa jatkaa muun muassa siksi, että se paransi maata ja sitoi hiiltä. Lisäksi kiinnostusta oli tuottaa sitä hamppuöljyn tai elintarvikkeiden raaka-aineeksi sekä siksi, että onnistuessaan hamppu oli helppo viljeltävä ja siementuotannon kannattavuus oli koettu hyväksi. Hampunviljely oli ylipäättään jättänyt aiemmin hyviä kokemuksia. Eräs vastaajista teki tutkimustyötä ja neuvontaa hamppuun liittyen. Syiksi oli myös mainittu hamppu luomutuotteena sekä se, että pelkän nurmen kasvattaminen tuntui periaatteiden vastaiselta.

Jos hampppua ei haluttu enää kasvattaa, syiksi mainittiin puinnin vaikeus, eläkkeellä olo, liian huono tuotto, kallis siemen sekä rikkaruohot. Eräs vastaaja oli kokenut luomuviljelyssä haasteita siemenen kuivauksen kanssa ja toinen ilmoitti hyvän sadon menneen hukkaan ostajan lajitteluongelmien



takia, johtaen siihen, ettei sovittua hintaa saatu. Yhdessä tapauksessa taas hampulla oli mainittu olleenkin huono vaikutus pellon laatuun.

5 Tiivistelmä

Kyselyn perusteella öljyhampun viljelyyn liittyi monia motivoivia tekijöitä. Hamppu koettiin markkinoiden osalta potentiaalisena, ehkä jopa trendikkäänäkin kasvina, jolla oli monia erinomaisia ominaisuuksia. Myös sen hyvä viljelyvarmuus, maata parantavat vaikutukset ja sopivuus vuoroviljelyyn olivat syitä kasvattaa hampua. Samoin uteliaisuus ja halu koittaa uutta motivoivat.

Öljyhampun viljelyssä maaperän sekä kylvö- ja korjuuolosuhteiden, usein juuri säiden, vaikutus sadon ja sadonkorjuun onnistumiseen oli suuressa roolissa, mutta valitettavasti niihin oli usein melko vaikeaa tai jopa mahdotonta vaikuttaa itse ja kasvattaminen oli siltä osin epävarmaa. Aina tarkkaa syytä sadon epäonnistumiseen ei osattu välttämättä sanoa.

Puinti oli ylivoimaisesti eniten mainittu haaste koko viljelyprosessissa, johtuen hampun kuitumaisuudesta – puinti oli kuidun kiertymisen takia erittäin työlästä ja vaati huippukunnossa olevia laitteita. Myös hyviä kokemuksia puinnista oli muutamia. Aineistosta ei kuitenkaan noussut esiin mainintoja tiettyjen laitteiden tai menetelmien paremmasta sopivuudesta puintiin ja hampun jatkokäsittelyyn.

Pääsääntöisesti hampun puintijätettä ei ollut käsitelty tai hyödynnetty lainkaan. Kahdella kolmanneksesta vastaajista ei ollut konevalmiuksia puintijätteen talteenottoa, käsittelyä ja varastointia varten. Vastaajien kiinnostus puintijätteen korjuu-, kuivaus- tai varastointiratkaisujen lisäinvestointiin jakautui melko lailla puoliksi.

Viljelyyn motivoivia tekijöitä ja myös hyviä kokemuksia, onnistumisia sekä innostusta jatkaa kasvattamista tulevaisuudessa löytyi. Yleisesti ottaen kuitenkin alalle toivottiin selkeämpää tulevaisuudennäkymää, toimivampaa tekniikkaa ja varmuutta toimivista markkinoista, mitkä todennäköisesti myös vaikuttaisivat ratkaisevasti viljelijöiden halukkuuteen sitoutua hampunviljelyyn. Lisäksi siemenen kallis hinta ja hampunviljelyyn liittyvä raskas säätely koettiin negatiivisesti. Monesti viljelijöiden saamat tuotot olivat verrattain pieniä.

