



Luonnonvara- ja
biotalouden
tutkimus 76/2017

Hyönteistuotannon esiselvitys

Susanne Heiska ja Niina Huikuri (toim.)

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 76/2017

Hyönteistuotannon esiselvitys

Hankkeen loppuraportti

Susanne Heiska ja Niina Huikuri (toim.)

Luonnonvarakeskus, Helsinki 2017



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



MAASEUTU 2020



PIKES



Heiska, S. & Huikuri, N. (toim.). 2017. Hyönteistuotannon esiselvitys. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 76/2017. Helsinki. 146 s.

ISBN: 978-952-326-501-1 (Painettu)

ISBN: 978-952-326-502-8 (Verkkojulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkojulkaisu)

URN: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-502-8>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Susanne Heiska, Niina Huikuri, Heli Horppu, Jan Hulshof, Heini Koskula, Johanna Tanhuanpää, Pirjo Rinnepelto

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2017

Julkaisuvuosi: 2017

Kannen kuva: Susanne Heiska / Luke. Jauhopukin toukkia.

Painopaikka ja julkaisumyynti: Juvenes Print, <http://luke.juvenesprint.fi>

Tiivistelmä

Susanne Heiska¹⁾ ja Niina Huikuri²⁾,

¹⁾Luonnonvarakeskus Luke, Yliopistokatu 6, 80100 JOENSUU

²⁾Pielisen-Karjalan Kehittämiskeskus Pikes Oy

Suomi hyväksyi hyönteiset elintarvikkeeksi syksyllä 2017, ja hyönteiselintarvikkeita odotetaan markkinoille loppuvuodesta. Hyönteisala on herättänyt Länsimaissa kiinnostusta viime vuosina. Rakentuvalla toimialalla odotetaan nopeaa kasvua meilläkin. Hyönteistuotteille näyttäisi olevan kysyntää, ja suomalaiset ovat osoittautuneet naapurimaita ennakkoluulottomimmiksi halukkuudessaan testata uusia hyönteistuotteita. Tällä hetkellä kotimaisten hyönteistuottajien tuotantomäärät ovat kuitenkin niin pieniä, että laajaan tarjontaan tähtäävien tuotteiden valmistus edellyttäisi uusien hyönteistuottajien saamista alalle. Tuotantomenetelmiä olisi myös syytä tehostaa ja automatisoida. Jos onnistutaan hyödyntämään lähialojen teknologiaratkaisuja, korkeaa elintarvikeosaamista ja olemassa olevia tehokkaita elintarvikeketjuja, on alalla hyvät mahdollisuudet kehittyä nopeasti ja voimme saavuttaa hyönteistalouden kansainvälisen kärjen.

Uuden toimialan rakentumisen tietotarpeeseen vastaten käynnistettiin Hyönteistuotannon esiselvitys -hanke huhtikuussa 2017. Hankeen tavoitteena on ollut etsiä satavilla olevaa teknologiaa ja tehdä siihen liittyvät esiselvitykset hyönteistuotannon aloittamiseksi. Hankkeen toimenpiteenä haettiin tärkeitä hyönteisalan toimijoita maailmalta ja otettiin yhteyttä yrityksiin sekä muihin organisaatioihin. Kontaktien avulla tehtiin opintomatkoja kotimaan lisäksi Malesiaan ja Thaimaahan sekä Yhdysvaltoihin. Uusinta tutkimustietoa haettiin myös kansainvälisestä konferenssista Saksasta. Opintomatoilla saatua tietoa on täydennetty kirjallisuushauilla ja mediatutkimuksella, sekä keskustelulla alan toimijoiden kanssa. Tämä raportti kokoaa yhteen hankkeen tulokset ja sen on tarkoitus helpottaa hyönteisalalle aikovia yrityksiä alkuun.

Asiasanat: Hyönteistuotanto, hyönteistalous, hyönteiselintarvikkeet, hyönteisrehut

Sisällys

1. Johdanto	6
2. Hyönteisistä haetaan ekotehokasta ratkaisua kasvavaan proteiinitarpeeseen.....	7
3. Hyönteisten käyttökohteet ja mahdollisuudet.....	9
3.1. Hyönteiset elintarvikkeena	9
3.2. Hyönteiset rehuna	11
3.3. Muut käyttökohteet.....	12
4. Hyönteisten lajikirjo	13
4.1. Syötävät hyönteiset maailmalla.....	13
4.2. Massakasvatukseen soveltuvat hyönteislajit.....	13
5. Hyönteisten biologiaa	15
5.1. Hyönteisten lisääntyminen ja muodonmuutos	15
5.2. Hyönteisten rakenne ja aineenvaihdunta.....	16
5.3. Massakasvatettavien hyönteisten ravinnontarve.....	17
6. Tuotantomenetelmät ja teknologiat.....	18
6.1. Työvaiheet.....	18
6.2. Olosuhdehallinta.....	19
6.3. Perinteinen sirkkatuotanto Thaimaassa	20
6.4. Perinteinen jauhopukkituotanto Malesiassa	22
6.5. Pilotointi- ja kehityskokoluokan sirkkatuotanto Yhdysvalloissa	23
6.6. Massatuotantolaitos	24
6.7. Yhteenveto tuotantomenetelmistä	25
7. Hyönteistuotannon riskit	28
7.1. Tuotantoprosessin riskit	28
7.1.1. Tuotantoeliöiden terveys	28
7.1.2. Olosuhdekontrolli.....	29
7.1.3. Sukusiitos	29
7.2. EU:n ja kansalliset riskinarvioinnit	30
7.3. Lainsäädännön riskit	30
7.4. Markkinoiden riskit	31
7.5. Työturvallisuuteen liittyvät riskit	31
8. Hyönteistuotannossa tarvittava osaaminen ja koulutustarjonta	32
8.1. Suomalainen koulutustarjonta	32
8.2. Kansainvälinen koulutustarjonta	33
9. Tärkeitä toimijoita Länsimaissa	35

9.1. Nopeasti kasvavia yrityksiä	35
9.2. Muita hyönteisalaa edistäviä organisaatioita	36
10.Hyönteisala tulonlähteenä ja arvoketjutarkastelu	38
10.1. USA:n esimerkki: rakentumassa oleva ketju vie sirkkakasvattamosta gourmet-ravintolaan	38
10.2. Thaimaan esimerkki: toimivat ketjut ja street food.....	39
11.Hyönteistuotantoon ja tuotteisiin liittyvä lainsäädäntö	43
11.1. Elintarvikkeet	43
11.2. Rehut.....	43
11.3. Biomassojen käsittely hyönteisillä	44
12.Hyönteistuotannon tutkimus Suomessa	45
13.Hyönteistoimialan kehitys ja innovaatioaktorit Suomessa	47

OSA I Hyönteistuotannon materiaaliselvitys, Heli Horppu, Jan Hulshof, Heini Koskula, Biotus Oy

OSA II Markkinaselvitys, Johanna Tanhuanpää, Invenire Market Intelligence Oy

OSA III Lainsäädäntö ja työturvallisuusselvitys, Pirjo Rinnepelto, Apila Group Oy

1. Johdanto

Hyönteistuotannosta odotetaan uusia biotalouden ratkaisuja jo lähitulevaisuudessa. Hyönteisten keräilyllä ja ravintokäytöllä on pitkä historia Aasiassa, Afrikassa ja Oseaniassa, mutta Länsimaat ovat kiinnostuneet hyönteisten massatuotannosta ja niihin liittyvistä mahdollisuuksista vasta muutamia vuosia sitten. Kiinnostavaksi hyönteistuotannon tekee hyönteisten korkea lisääntymiskapasiteetti ja tuotannon ekotehokkuus, tehokas rehunkäyttö, pieni tilan- ja pinta-alantarve sekä minimaaliset kasvihuonekaasujen päästöt.

Hyönteiset ovat energiapitoisia ja useilla ravinnoksi käytetyillä lajeilla suurin osa energiasta on sitoutuneena proteiineihin. Arvokkaiden aminohappojen lisäksi hyönteisistä saa myös hyvälaatuisia rasvahappoja, sekä vitamiineja, rautaa ja kivennäisiä. Hyönteisten kasvatusta ravinnoksi tai rehuksi voisi korvata tuontiproteiineja ja viedä ruokajärjestelmää harppauksin kestävämpään suuntaan. Hyönteisten kasvatuksessa voitaisiin hyödyntää elintarviketuotannon ylijäämiä ja sivuvirtoja tehostaen kiertotalouden toimintaa.

FAO julkaisi vuonna 2013 raportin ”Edible insects - Future prospects for food and feed security”, jossa suositellaan länsimaita ottamaan hyönteiset osaksi ruokaketjua (van Huis et al., 2013). Raportti on toiminut lähtölaukauksena länsimaiselle hyönteistuotannon ja kasvatusteknologian kehitykselle. Alalla toimivien yritysten määrä on kasvussa, mutta tätä kirjoitettaessa Suomessa toimi vain noin kymmenkunta teknologiakehitykseen tai ruokahyönteisten kasvatukseen erikoistunutta yritystä. Lainsäädäntö on hidastanut teknologiakehitystä Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa, mutta säädöksiin on tulossa muutoksia.

Suomi hyväksyi hyönteiset elintarvikkeeksi syksyllä 2017 ja Evira valmistelee parhaillaan valvontaan sekä elintarviketurvallisuuteen liittyviä ohjeita, jotta uudet tuotteet saataisiin markkinoille. Alalle odotetaan nopeaa kasvua meilläkin. Hyönteistuotteille näyttäisi olevan kysyntää ja suomalaiset ovat osoittautuneet naapurimaita ennakkoluulottomimmiksi halukkuudessaan testata uusia hyönteistuotteita. Tällä hetkellä toimivien kotimaisten hyönteistuottajien tuotantomäärät ovat pieniä, ja laajaan tarjontaan tähtäävien tuotteiden valmistus edellyttäisi uusien hyönteistuottajien saamista alalle sekä tuotantomenetelmien tehostamista ja automatisoimista.

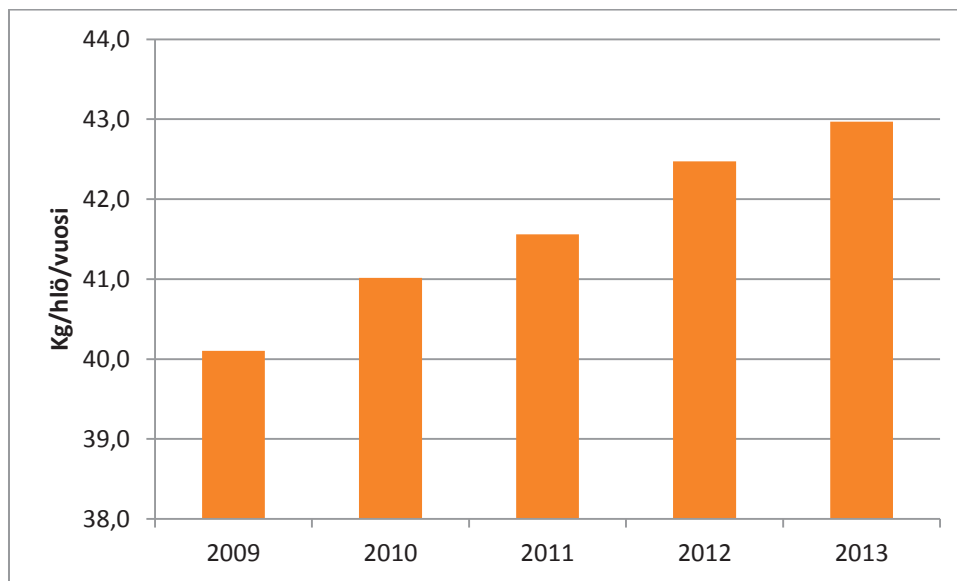
Uuden toimialan rakentumisen tietotarpeeseen vastaten käynnistettiin Hyönteistuotannon esiselvitys -hanke huhtikuussa 2017. Hankeen tavoitteena on ollut etsiä paras saatavilla oleva teknologia ja tehdä siihen liittyvät esiselvitykset hyönteistuotannon aloittamiseksi. Hankkeen toimenpiteenä haettiin tärkeitä hyönteisalan toimijoita maailmalta ja otettiin yhteyttä tärkeisiin yrityksiin sekä muihin organisaatioihin. Kontaktien avulla tehtiin opintomatkoja kotimaan lisäksi Malesiaan ja Thaimaahan sekä Yhdysvaltoihin. Uusinta tutkimustietoa haettiin myös kansainvälisestä konferenssista Saksasta. Opintomatkoilla saatua tietoa on täydennetty kirjallisuushauilla ja mediatutkimuksella sekä keskustelulla alan toimijoiden kanssa. Tämä raportti kokoaa yhteen hankkeen tulokset ja sen on tarkoitus helpottaa hyönteisalalle aikovia yrityksiä alkuun.

Hanke on toteutettu Pielisen Karjalan Kehittämiskeskuksen (Pikes, koordinaattori) sekä Luonnonvarakeskuksen (Luke, osatoteuttaja) yhteistyönä. Alan kehittyessä nopeasti selvityksen tulokset on haluttu saada nopeasti alasta kiinnostuneiden yrittäjien käyttöön ja asian nopeuttamiseksi osa selvityksistä on teetetty ostopalveluna Apila Oy:ltä, Biotus Oy:ltä sekä Invenire Market Intelligence Oy:ltä. Pohjois-Karjalan ELY-keskus on myöntänyt hankkeelle rahoitusta Maaseudun kehittämisrahas-
tosta.

2. Hyönteisistä haetaan ekotehokasta ratkaisua kasvavaan proteiinitarpeeseen

Maailman väkiluku on kasvussa ja väestön ennustetaan saavuttavan yhdeksän miljardin koko vuoteen 2050 mennessä (Godfray et al., 2010). Väestön kasvu asettaa ruuantuotannon suurien haasteiden eteen. Ravintoarvoiltaan riittävän laadukkaan ja energiapitoisen ravinnon tuottamiseen tarvitaan tulevaisuudessa energian ja pinta-alan käytön suhteen nykyistä tehokkaampia menetelmiä. Ruoantuotannon lisääminen olisi voitava tehdä ilmastoystävällisesti.

Erytystä huomiota on kiinnitetty proteiinien riittävyteen. Eurooppalaiset ovat maailman suurimpia proteiinin kuluttajia henkeä kohden mitattuna. Suomalaisten proteiinikulutus henkilöä kohden on tasaisessa kasvussa (Kuva 1). Vuonna 2016 suomalaisten proteiinien kulutus oli 253 000 tn/a (FAO STAT, 2017). Riittävyden lisäksi myös proteiinien omavaraisuus on herättänyt huolta (Suomen Biotalousstrategia TEM 2014; Valtioneuvoston selonteko ruokapolitiikasta, VN 2010; Kansallinen rehustrategia MMM 2010). Eurooppalaisten kuluttamasta lisäproteiinista 80% on peräisin tuontisoijasta ja -maissista, Suomen proteiiniomavaraisuusaste on lisäproteiinien osalta vain 15% (Kaukovirta-Norja et al., 2015).



Kuva 1. Suomalaisten proteiinienkulutus on ollut viime vuosina tasaisessa kasvussa (FAOSTAT 2017)

Suomen tavoitteena on nostaa proteiiniomavaraisuus nykyisestä 15%:sta 30%:iin. Mahdollisuuksia tavoitteen saavuttamiseksi on esitelty VTT:n laatimassa tiekartassa Suomen proteiiniomavaraisuuden nostamiseksi. Alkutuotantosektorilla ratkaisuja odotetaan valkuaiskasvien tuotannon lisäämisestä, sivuvirtojen tehokkaammasta hyötykäytöstä, uusista teknologioista, ja kokonaan uusien proteiinilähteiden käyttöönotosta. Uusina potentiaalisina proteiinilähteinä nähdään hyönteiset, mutta myös levät ja yksisoluproteiinit. (Kaukovirta-Norja et al., 2015).

Hyönteiset ovat kiinnostava vaihtoehto tuotannon ekotehokkuuden ansiosta. Hyönteisistä löytyy massatuotantoon sopivia lajeja, joiden rehunkäytösuhde on jopa 1: 1,7. Kun huomioidaan hyönteisten lisääntymiskierron nopeus, korkea jopa yli 70 % proteiinipitoisuus ja miltei 100% hyödynnettävyys ravintona, hyönteisten tuotannon tehokkuus on ylivertainen verrattuna tavanomaiseen lihan tuotantoon. Myös kasvihuonekaasujen vapautuminen tuotannossa on vähäistä verrattuna tavanomaiseen lihan tuotantoon (Taulukko 1).

Taulukko 1. Hyönteistuotannon ekotehokkuus (Muokattu: Gahukar, 2016)

	Jauhopukki	Sirkat	Siipikarja	Sika	Nauta	Lähde
Ravinnoksi kelpaava osuus (%) ruumiin massasta	-	80 %	55 %	55 %	40 %	van Huis et al., 2013
Rehunkäytön tehokkuus (kg ravinnoksi kelpaavaa osaa / kg kulutettua rehua)	-	2,1	4,5	9,1	25	van Huis, 2013
Tuotannossa vapautuvien kasvihuonekaasujen määrä kasvua kohden (g/kg)	7,58	1,57	17,72	1330	2850	Ooninx, 2010
Ammoniakkipäästöt kasvunlisäystä kohden (mg/vrk/kg)	1	142	-	1920	-	Ooninx, 2010
Ilmastonlämpenemisvaikutus tuotantoa kohden (kg CO² eq)	2,65	-	2,67	3,87	12,51	van Huis et al., 2013
Tuotannon energiankulutus kasvunlisäystä kohden (MJ/kg)	173	-	151	240	275	van Huis et al., 2013
Pinta-alan tarve tuotantoa kohden (m²/kg)	18	-	51	63	254	Ooninx, 2012
Vedenkulutus tuotettua proteiinia kohden (l/g)	-	2	34	57	112	Pimentel and Pimentel 2003; van Huis et al. 2013

Hyönteisiä voidaan tuottaa pinta-alatehokkaasti, ja hyönteisten tuotantopaikka ei välttämättä ole sidottu yhtä tiiviisti peltopinta-alaan yhtä tiiviisti, kuin tavanomainen lihantuotanto. Hyönteisten tuotantomääriä on lisäksi helppo skaalata. Näiden seikkojen vuoksi hyönteistuotanto olisi mahdollista järjestää muun teollisuuden yhteyteen osaksi teollisia symbiooseja, joissa voidaan hakea uusia kiertotalouden ratkaisuja hyödyntäen muussa tuotannossa syntyviä lämpö- ja biomassasivuvirtoja. Tehokas hyönteistuotanto edellyttää trooppisia kasvatusolosuhteita, mikä vaatii Suomen oloissa runsaasti energiaa. Hukkalämmön hyödyntämismahdollisuus hyönteistuotannossa olisikin eduksi ison tuotantolaitoksen toiminnalle.

Hyönteistuotannosta on haettu ratkaisua myös maaseudun pitämiseen elinvoimaisena ja asuttuna. Moni maatila on luopunut karjankasvatuksesta isojen investointitarpeiden edessä. Tuotantorakennusten muuttamista hyönteistuotantoon sopiviksi on jo kokeiltu muutamalla tilalla Suomessa. Hyönteistuotannosta olisi mahdollista saada joko pää- tai sivutuotantosuunta uusia mahdollisuuksia etsiville tiloille. Hyönteisistä voisi löytyä ratkaisu kestävään proteiinituotantoon erityisesti Itä-Suomessa ja muilla alueilla, joilla pohjoinen sijainti ja kasvukauden lyhyys rajoittavat valkuaiskasvien viljelyä. Maatilojen kasvintuotannon ja muiden biomassojen hyödyntäminen hyönteistuotannon tarpeisiin edellyttää kuitenkin vielä paljon tutkimusta ja kehittämistä.

3. Hyönteisten käyttökohteet ja mahdollisuudet

Monet hyönteislajit voidaan hyödyntää elintarvikkeina tai rehuna kokonaisina, rouhittuina tai jauhetuina. Hyönteisten prosessointiin on kehitetty menetelmiä joilla niistä voidaan erottaa erilaisia jakeita kuten proteiinit, lipidit ja kitiini. Lainsäädäntö rajoittaa toistaiseksi jakeiden käyttöä, mutta tulevaisuudessa hyönteisistä peräisin olevista jakeista odotetaan uusia innovaatioita elintarvike-, rehu-, lääke- ja kemianteollisuuteen. Hyönteisten tuotannossa syntyy sivuvirtoja, kuten ulostetta ja nahaluonneista peräisin olevaa, kitiinipitoista purua. Sivuvirtoja voidaan hyödyntää lannoitteina.

3.1. Hyönteiset elintarvikkeena

Hyönteiset ovat kiinnostava ravinnonlähde korkean ravintotiheydensä vuoksi. Ravinnoksi käytettyjen hyönteislajien proteiinipitoisuus on korkea. Proteiinit sisältävät myös ihmisille välttämättömiä aminohappoja. Hyönteisten rasvoissa on paljon hyvälaatuisia rasvahappoja. Ne ovat myös arvokas vitamiinien, raudan ja kivennäisten lähde. Hyönteisten ravintoarvot vaihtelevat lajikohtaisesti, ja myös hyönteisten saamalla rehulla sekä kasvatusolosuhteilla on vaikutusta niiden ravintoainekoostumukseen. Monet tutkimustulokset ovat keskenään ristiriitaisia, mihin voi vaikuttaa myös se, että tutkimusmenetelmät eivät ole ehtineet kehittyä ja muotoutua yhdenmukaisiksi. Kattava katsaus eri hyönteislajien ravintoarvoista on esitetty mm. Williams et al. (2016) tekemässä yhteenvedossa.

Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa ensimmäisiä kaupallisia hyönteistuotteita ovat olleet kokonaiset kuivatut, paahdetut ja maustetut sirkat, heinäsiirkat, jauhomadot ja buffalomadot, sekä hyönteisjauheet ja niistä valmistetut patukat, keksit, chipsit ja makeiset. Satakunta verkkokauppaa ympäri maailmaa tarjoilee hyönteistuotteita, osa myös toimittaa niitä Suomeen. Sittenkin kauppojen hyllyihin ja nettipuoteihin on tullut myös pastaa, säilykkeitä ja tahnoja sekä eineksiä, kuten falafel-pullia tai jauhepihvejä. Hyönteisistä on valmistettu myös virvoitus- ja voimajuomia (Kuva 2). Hyönteisraaka-aineen pitoisuudet tuotteissa ovat toistaiseksi muutaman prosentin luokkaa. Hyönteistuotannon laajenemisen myötä raaka-aineen saatavuus helpottaa ja odotetaan, että tulevaisuudessa myös hyönteisraaka-aineiden osuus tuotteissa kasvaa.



Kuva 2. Ensimmäiset kaupalliset tuotteet ovat olleet kokonaisia, kuivattuja, paahdettuja ja maustettuja hyönteisiä tai hyönteisjauheita. Niistä on jalostettu myös erilaisia tuotteita, kuten makeisia tai pastaa

Hyönteistuotteiden valmistusmenetelmien kehittäminen on vielä alussa. Kehittämisen kohteita ovat mm. prosessointimenetelmät ja niiden vaikutukset lopputuotteen ravintoarvoihin ja säilyvyyteen. Myös maku, suutuntuma ja väri ovat tärkeitä ominaisuuksia, kun haetaan uusille tuotteille kysyntää ja halutaan muuttaa kuluttajien asenteita. Monet ensimmäisistä tuotteista on suunnattu pienelle edelläkävijöiden kuluttajaryhmälle, joka on kiinnostunut uutuustuotteista tai niiden ekologisuudesta. Kun halutaan uusille tuotteille vakiintunut kysyntä ja laaja levikki, on tuotteiden vastattava ominaisuuksiltaan valtavirtakuluttajan odotuksia (Kuva 3). Hyönteiset otettaisiinkin kuluttajatutkimusten mukaan paremmin vastaan einöksissä, jossa hyönteiset olisivat kuluttajalle näkymättömänä ainesosana (Pohjanheimo & Korpela, 2016). Hyönteiselintarvikkeiden penetraatiosta markkinoille on tarkempi kuvaus tämän raportin osassa II.



Kuva 3. Hyönteisraaka-aineista on kehitetty tulevia markkinoita varten välipaloja, leipomotuotteita ja eineksiä

3.2. Hyönteiset rehuna

Hyönteisten käyttöä eläinten rehuna on tutkittu laajemmin vasta viime vuosina. Paljon tutkimuksia on tehty erityisesti hyönteisten käytöstä kalan ruokinnassa. Kalan kysyntä on ollut kasvussa ja tuotannon lisääminen kysynnän tasolle edellyttäisi sellaisen hyvälaatuisen proteiini-lähteen löytymistä, jolla voitaisiin korvata osin nyt käytössä olevia kalapohjaisia proteiinijakeita kalanrehussa. Hyönteiset ovat lupaava mahdollisuus. Lohenkasvatuksessa puolet kalaperäisestä rehusta on voitu korvata mustasotilaskärpäsellä (Lock et al., 2016). Hyönteiset näyttävät lupaavalta vaihtoehdolta myös siipikarjan ja sikojen ruokinnassa (Veldkamp & Bosch, 2015). Hyönteisrehuilla on ollut positiivinen vaikutus eläinten terveyteen. Esimerkiksi hyönteisrehuja saaneiden broilerin tuotannossa on voitu vähentää antibioottien käyttöä (van Hall et al., 2011).

Länsimaissa tuotetaan jo nyt isoissa tuotantolaitoksissa mustasotilaskärpästä ja jauhopukkaa eläinten rehujen valmistukseen. Hyönteisistä voidaan erotella proteiinit ja lipidit rehujen raaka-aineiksi (Kuva 4). Hyönteisrehut kilpailevat markkinoilla tavanomaisten rehuainesosien, kuten soijan kanssa. Ison mittaluokan tuotantolaitokset ovat olleet käynnissä vasta muutaman vuoden. Tuotantomenetelmät ja automaatio kehittyvät koko ajan. Vielä ei ole saatu näyttöä siitä, kuinka kestävästi hyönteistuotanto voisi kilpailla muiden proteiini- ja rasvalähteiden kanssa.



Kuva 4. Kalarehuissa voidaan käyttää raaka-aineena mustasotilaskärpäsen toukasta eroteltuja proteiini- ja rasvajakeita

Hyönteiset ovat myös lemmikkituotemarkkinoilla. Eläviä hyönteisiä, kuten sirkkoja ja jauhopukkeja on kasvatettu myytäväksi liskojen ja lemmikkisiihen omistajille jo kymmenien vuosien ajan. Tuotantolaitoksissa on käytetty suhteellisen käsityövaltaisia menetelmiä ja tuotantomäärät ovat olleet pieniä, mutta tuotteista on saanut lemmikkituotemarkkinoilla hyvän hinnan. Moni hyönteistuottaja onkin mennyt markkinoille lemmikkituotteilla. Kun tuotantoa on laajennettu, tuotteilla on suunnattu rehumarkkinoille. Elävillä hyönteisillä on saatu lisäarvotuotteita myös rehumarkkinoille innovatiivisten ketjujen avulla. Eläviä toukkia ja kotelaita on syötetty virikeravintona kanoille. Munat on markkinoitu erikoistuotteena, onnellisen ja virikkeellisen kanan munina (Kuva 5).



Kuva 5. Eläviä mustasotilaskärpäsen kotelaita on käytetty kanojen virikeruokana. Munat on voitu markkinoida erikoistuotteena

3.3. Muut käyttökohteet

Mustasotilaskärpäsen toukka on tehokas biomassojen käsittelijä. Se pystyy käsittelemään lantaa, ruokahävikkiä ja muita biojätteitä nopeasti korkeampiavoiseksi biomassoiksi. Toukka poistaa biomassasta nestettä, ilmastaa sitä ja vähentää hajuhaittoja. Toukka pystyy vähentämään lannan haitallisia bakteereja, kuten *Escherichia coli*, *Salmonella* ja *Campylobacter jejuni*, ilman että se itse saastuu tai levittää bakteereja ympäristöön. Toukka itsessään voidaan lopettaa ja jalostaa erilaisiin teknisiin käyttötarkoituksiin. Sen käsittelemä biomassa on arvokkaampi ja helpommin käsiteltävä maanparannusaine kuin käsittelemätön biomassa. Pastor et al. (2014) on kirjoittanut biomassojen käsittelystä kattavan koosteen. Nykyinen lainsäädäntö ei mahdollista jätteen tai lannan käsittelyä hyönteisten avulla. Tulevaisuuden kestävien biomassavirtojen ja uusien kiertotalousratkaisujen potentiaalinen vuoksi aihe on kuitenkin saanut paljon kiinnostusta ja sitä tutkitaan esim. Tanskassa.

4. Hyönteisten lajikirjo

Hyönteiset (Insecta) on lajimäärältään maapallon suurin biologinen luokka. Hyönteislajeja on kuvattu yli 1 000 000, mutta tutkijat arvelevat, että suurin osa maailman hyönteislajeista on vielä löytämättä. Nykyisin eläviä hyönteislajeja arvellaan olevan 6 000 000 – 10 000 000 (Chapman, 2009). Hyönteiset kattavat yli 80 % maapallon eläinlajeista (Huldén, 2015).

4.1. Syötävät hyönteiset maailmalla

Ihmisen ravinnoksi käyttämiä hyönteislajeja on arviolta noin 2000 (Huldén 2015). Wageningenin yliopiston ylläpitämällä syötävien hyönteisten listalla lajeja on jopa tätäkin enemmän. Yli 1500 hyönteis- ja hämähäkkilajin käyttö on dokumentoitu (Dossey et al., 2016). Kiinassa ja Väli-Amerikassa käytetään ravinnoksi yli 300 hyönteislajia. Intiassa, Oseaniassa ja joissain Afrikan sekä Etelä-Amerikan osissa ihmisravintona käytetään yli 50 hyönteislajia (Costa-Neto & Dunkel, 2016). Suurelta osin näissä maissa, joissa hyönteisten syönnillä on pitkät perinteet, hyönteiset keräillään luonnosta.

Kovakuoriaista löytyy yli 500 syötävää lajia ja yli 250 perhoslajin toukka käytetään maailmalla ravinnoksi. Heinäsirkoista, sirkoista, kaskaista ja termiiteistä löytyy myös runsaasti syötäviä lajeja (Costa-Neto & Dunkel, 2016). Eniten ravinnoksi käytetään kuitenkin kulkusirkkoja, sirkkoja, heinäsiirkkoja ja hepokatteja, sillä ne esiintyvät kausittain isoina parvina, joista ne on helppo kerätä (Huldén, 2015).

Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa ei ole pitkää hyönteisten ravintokäytön perinnettä. Tämä johtune siitä, että alueiden ilmasto ei ole ollut suotuinen helposti keräiltävien hyönteisten esiintymiselle. Hyönteisten käyttöön ravintona on alettu kiinnittää huomiota vasta vuoden 2013 jälkeen, kun hyönteisten ravintokäytön ekologisuus on nostettu esiin. Lainsäädäntö on hidastanut hyönteisten elintarvike- ja rehukäyttöä Länsimaissa. EU:ssa hyönteiset katsotaan uusielintarvikkeeksi, joiden markkinointiin tarvitaan uusielintarvikeasetuksen mukainen lupa. Jossakin EU-valtioissa (Hollanti, Belgia, Iso-Britannia, Ranska, Tanska, Itävalta) hyönteiset on kuitenkin päästetty markkinoille. Belgian markkinoilla olevien ruokahyönteisten lista on pisin, siinä on 12 sirkka- jauhomato ja perhoslajia.

Hyönteisten ravintokäytön lisääntyminen edellyttää Länsimaissa suuria ruokakulttuurin muutoksia. Onkin arveltu, että hyönteisten tie länsimaiseen ruokapöytään sujuisi helpoiten prosessoitujen elintarvikkeiden ja einesten ainesosina. Myös hyönteisten kasvatusta rehuksi ruokakaloille, siipikarjalle tai sioille on nähty helpompana tienä länsimaiseen ruokaketjuun kuin kokonaisten hyönteisten omaksuminen elintarvikkeeksi. Hyönteisten käyttö elintarvikkeiden ainesosana tai rehuna edellyttää suurten hyönteisraaka-ainemäärien saatavuutta ja tehokkaita hyönteisten massatuotantomenetelmiä. Menetelmiä on kehitetty vain muutamille lajeille.

4.2. Massakasvatukseen soveltuvat hyönteislajit

Massakasvatettavan lajin ominaisuuksista sen lisääntymiskapasiteetti, kasvunopeus ja tilantarve ovat merkittäviä massakasvatuksen taloudellisuuteen vaikuttavia seikkoja. Hyönteisten liikkuminen, lentokyky ja lisääntymissyklin tasaisuus sekä hallittavuus ovat tärkeitä seikkoja, joilla on vaikutusta käsittelyketjun ja erottelun käsitelyvaltaisuuteen tai automaation mahdollisuuksiin.

Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa on kehitetty automatisoituja massakasvatusten menetelmiä erityisesti eläinten rehuksi kasvatettaville lajeille, kuten jauhopukille (*Tenebrio molitor*) ja mustasotilas-kärpäselle (*Hermetia illucens*). Elintarvikekäyttöön kasvatettujen sirkkalajien kasvatusten menetelmiä on kehitetty yli 15 vuoden ajan, mutta menetelmäkehitys on vauhdittunut vasta parin viime vuoden aikana. Euroopassa kasvatetaan kaupallisiin tarkoituksiin vähän alle kahta kymmentä hyönteislajia, joille kaikille kehitetään kasvatusten menetelmiä, mutta läheskään kaikkien lajien kohdalla menetelmäkehitys ei ole kovin intensiivistä (Taulukko 2). Kaikilla hyönteislajeilla ei ole virallista suomenkielistä nimeä ja kansanimien käyttö vaihtelee. Esimerkiksi *H. illucens* on saanut kansanimen mustasotilas-

kärpänen, sotilaskärpänen, musta-asekärpänen. Jauhomadoilla taas voidaan tarkoittaa jauhopukin toukkaa, tai muita kovakuoriaistoukkia, kuten *Zophobas morio* tai *Z. astratus*.

Suomessa on kehitetty kasvatusmenetelmiä ainakin jauhopukin toukalle, eri sirkkalajeille ja mustasotilaskärpäselle. Evira ilmoitta vasta vuoden 2018 puolella, mitkä lajit hyväksytään Suomessa elintarvikkeiksi uuselintarvikelainsäädännön voimaan tulemisen siirtymäkauden ajalle.

Taulukko 2. Euroopassa elintarvike- ja rehumarkkinoilla oleville hyönteislajeille kehitetään massakasvatusmenetelmiä

Laji	Suomenkielinen tai kansannimi	Ruokana tai rehuna hyödynnettävä kehitysaste
<i>Acheta domesticus</i>	kotisirkka	aikuinen
<i>Achroia grisella</i>	vahakoisa	toukka
<i>Alphitobius diaperinus</i>	kanatunkkari eli buffalomato	toukka
<i>Alphitobius laevigatus</i>	kiiltotunkkari	toukka
<i>Bombyx mori</i>	silkkiperhonen	toukka, kotelo
<i>Galleria mellonella</i>	isovahakoisa	toukka
<i>Grylloides sigillatus</i>	trooppinen kotisirkka	aikuinen
<i>Gryllus bimaculatus</i>	kenttäsiirkka, kaksitäpläsiirkka	aikuinen
<i>Gryllus assimilis</i>	jamaikankenttäsiirkka	aikuinen
<i>Hermetia illucens</i>	mustasotilaskärpänen	toukka, kotelo
<i>Locusta migratoria</i>	idänkulkusirkka	toukka, nymfi, aikuinen
<i>Musca domestica</i>	huonekärpänen	toukka
<i>Schistocerca americana</i>	kulkusirkka	aikuinen
<i>Tenebrio molitor</i>	jauhopukki eli jauhomato	toukka
<i>Zophobas atratus</i>	kuningasjauhomato	toukka
<i>Zophobas morio</i>	jättijauhomato	toukka

5. Hyönteisten biologiaa

Hyönteiset ovat ulkoisilta ominaisuuksiltaan ja elintavoiltaan hyvin vaihteleva eläinkunnan ryhmä. Hyönteisten lajikirjosta, monimuotoisuudesta ja sopeutumisesta huolimatta kaikilla hyönteislajeilla on joitakin yhteisiä piirteitä. Hyönteiset ovat vaihtolämpöisiä ja elinolosuhteilla on merkittävä vaikutus niiden lisääntymiseen, yksilönkehitykseen sekä elintoimintoihin.

5.1. Hyönteisten lisääntyminen ja muodonmuutos

Optimaalisissa olosuhteissa massakasvatukseen sopivat hyönteislajit lisääntyvät tehokkaasti. Aikuiset yksilöt parittelevat ja naaras voi lajista ja olosuhteista riippuen munia jopa 500 munaa (Taulukko 3). Yksilönkehitys munasta aikuiseksi voi lajista riippuen edetä vaillinaisen tai täydellisen muodonmuutoksen kautta. Massakasvatettavista lajeista suorasiipisillä (heinäsirkat, sirkat, hepokatit) on vaillinaisen muodonmuutos. Niillä eri kehitysvaiheet, muna, nymfi, aikuinen, muistuttavat toisiaan ja muutos tapahtuu vähitellen. Kovakuoriaislajeilla, kuten jauhopukilla, on täydellinen muodonvaihdos. Niillä kehitysvaiheet, muna, toukka, kotelo ja aikuinen eroavat ulkonäöltään toisistaan huomattavasti (Kuva 6). Olosuhteilla on vaikutusta muodonmuutoksen etenemiseen. Taulukossa 3 vertaillaan tavallimpien massakasvatettavien lajien kehitysnopeutta optimaalisissa olosuhteissa.

Taulukko 3. Massakasvatettavien hyönteisten lisääntymistehokkuuteen liittyviä lukuja. Yhteenveto Biotus Oy:n tekemästä kirjallisuusselvityksestä (Osa I)

	Jauhopukki	Buffalomato ja jättiläisjauhomato	Kotisirkka
Aikuinen elää (vrk)	32, jopa yli 140	-	88
Muninnan kesto (vrk)	40-50	-	60-70
Naaraan tuottama munamäärä	400 - 500	200 – 400	3000
Kuoriutumisaika (vrk)	4	4-7	13
Toukkavaiheen kesto (vrk)	112-203	40 - 100	45
Nahanluontien määrä	11-19	6-11	8-9
Kotelovaiheen/viimeisen nymfivaiheen kesto (vrk)	6 - 20	-	6
Aika kuoriutumisesta muninnan alkuun (vrk)	3	-	9



Kuva 6. Jauhopukilla on täydellinen muodonvaihdos. Munat ovat niin pieniä, että niitä on vaikea erottaa silmin. Munasta kuoriutuu pieni toukka, joka kasvaa usean nahanluonnin kautta noin 2,5 cm:n mittaiseksi. Viimeisessä nahanluonnissa toukka koteloituu. Kotelosta kuoriutuu aikuinen. Aikuinen on aluksi vaalea, mutta muutamassa vuorokaudessa sen väri muuttuu ensin ruskeaksi ja sitten mustaksi

5.2. Hyönteisten rakenne ja aineenvaihdunta

Hyönteisten ruumis on kolmiosainen, koostuen toisistaan selvästi erottuvista osista, päästä, keskiruumiista ja takaruumiista. Aikuisen hyönteisen **pää** näyttää yhtenäiseltä kapselilta, mutta todellisuudessa se on muodostunut kuudesta yhteen sulautuneesta jaokkeesta. Kaikilla hyönteisillä on päässä piste- ja / tai verkkosilmät, tuntosarvet sekä suuosat. Verkkosilmät havaitsevat hahmoja ja liikettä, pistesilmät ainoastaan valoa. Tuntosarvissa on tunto- ja hajuaistimia, ja niiden rakenne vaihtelee lajikohtaisesti. Suuosat voivat olla purevat tai imevät. Purevat suuosat ovat erikoistuneet jauhamaan kovaa ja kiinteää ravintoa. Imevät suuosat soveltuvat nestemäisen ravinnon ottamiseen. (Vainio & Väänänen, 1995).

Keskiruumis on kolmijaokkeinen, ja jokaiseen jaokkeeseen liittyy jalkapari. Kaikilla hyönteisillä on siis kuusi jalkaa. Siivellisten hyönteisten siivet ovat kiinnittyneet keskiruumiin. Tavallisesti siipiä on kaksi paria, ja ne ovat kiinnittyneet keskiruumiin toiseen ja kolmanteen jaokkeeseen. Kaikilla hyönteisillä ei kuitenkaan ole siipiä. **Takaruumis** on muodostunut yhdestätoista jaokkeesta, mutta usein ne ovat kasvaneet yhteen. Sukuelimet sijaitsevat kahdeksannessa ja yhdeksännessä jaokkeessa. Hyönteisten tukiranka koostuu kovasta kitiiniulkokuoresta. Kitiiniulkokuori suojaa hyönteisiä saalistajilta, sekä vähentää hyönteisten sisältämän veden haihtumista. Kitiinikuori muodostuu usein toisistaan erottuvista kilvistä, joiden välissä on pehmeämpää kudosta. Tämä rakenne mahdollistaa hyönteisten liikkumisen.

Hyönteisillä ei ole keuhkoja tai happea kuljettavaa verisuonistoa, vaan kudokset saavat tarvitsemansa hapen haaroittuneen putkiston kautta. Ilmaputket lähtevät hyönteisen kyljissä olevista aukoista, ja jatkuvat kaikkiin sisempiin kudoksiin haarautuen aina kapeammaksi putkistoksi. Happi kulkee putkistossa passiivisesti, isommasta happipitoisuudesta pienempään päin. Hyönteinen pystyy säätelemään hapenottoa hengitysliikkeillä tai putkiston suuaukon karvojen liikkeillä. Hyönteisillä on tikapuuhermosto.

Ruoansulatuskanava on suhteellisen yksinkertainen, koostuen etu- keski- ja takasuolesta. Suusta ravinto kulkeutuu nielun kautta etusuoleen, jossa se varastoituu kupuun. Joillakin lajeilla sulaminen alkaa jo kuvussa. Osalla hyönteisiä etusuoleen kuuluu esimaha, jossa ravinto jauhautuu hienompiin jakeisiin ja esimaha voi myös säädellä ravinnon kulkeutumista keskisuoleen. Keskisuoleessa tapahtuu pääasiainen ruoansulatus ja ravintoaineiden imeytyminen hyönteisen kudoksiin. Sulamaton osa ravinnosta kulkeutuu takasuoleen ja poistuu ulosteena peräsuolen ja peräaukon kautta. (Vainio & Väänänen, 1995).

Ruoansulatuskanavan mikrobistolla on tärkeä merkitys hyönteisten ruoansulatuksen toiminnalle (Krishnan et al. 2014). Rasvaelin säätelee hyönteisten energiatasapainoa ja aineenvaihduntaa (Arresse & Soulages, 2010). Hyönteisten massakasvatus elintarvike- ja rehukäyttöön on luonut kiinnostusta erilaisten hyönteisille optimoitujen rehujen valmistukseen vasta viime vuosina. Rehusuunnittelun ja valmistuksen näkökulmasta olisi tärkeää ymmärtää hyönteisten syömiskäyttäytymistä, ruoansulatuskoneiston toimintaa ja säätelyä nykyistä paremmin (Cohen, 2015).

5.3. Massakasvatettavien hyönteisten ravinnontarve

Useat massatuotantoon sopivat hyönteislajit ovat omnivoreja, eli ne voivat hyödyntää monenlaisia biomassoja ravintonaan. Omnivorit ovat joustavia ravinnonkäyttäjiä. Ne voivat tulla toimeen ja säilyttää lisääntymiskykynsä useiden sukupolvien ajan optimaalista heikompilaatuisella ravinnolla. Juuri joustavuudesta johtuen optimaalista koostumusta massakasvatettujen hyönteisten ravinnolle on vaikea määrittää (Cortes Ortiz et al., 2016).

Hiilihydraatit, rasvat ja proteiinit muodostavat perustan hyönteisten ravinnontarpeelle. Lisäksi tarvitaan hivenravinteita. **Hiilihydraatit** ovat tärkeä energianlähde hyönteisille ja hiilihydraatteja tarvitaan myös hyönteisten kitiinin muodostamiseen. Useimmat hyönteiset pystyvät hyödyntämään fruktoosia ja glukoosia. Massatuotantoon sopivat generalistilajit voivat hyödyntää myös sukroosia tai maltoosia. Hyönteisten ruoansulatuksessa erittyy amylaasia, jonka avulla myös tärkkelys hajoaa käytökelpoiseksi hiilihydraatiksi. **Rasvat** toimivat hyönteisilläkin energian varastopaikkoina ja solukalvojen rakenteissa. Monityydyttymättömät rasvahapot ovat tärkeitä hyönteisten ravinnossa, sillä hyönteisten kyky tuottaa kaikkia tarvitsemiaan monityydyttymättömiä rasvahappoja on rajoittunut. Fosfolipidit ovat hyviä rasvahappojen lähteitä. **Proteiinit** ovat tärkeitä kudosten rakennusaineita ja niiden saannilla on vaikutusta hyönteisten kasvuun ja kehitysnopeuteen. Proteiinien määrän lisäksi niiden aminohappokoostumus on otettava huomioon tuotantohyönteisten ravitsemuksessa. Yleisesti ottaen ainakin leusiini, isoleusiini, valiini, treoniini, lysiini, arginiini, metioniini, histidiini, fenyyialaniini ja tryptofaani ovat aminohappoja, joita hyönteiset eivät valmista itse, vaan ne on saatava ravinnosta. Myös esim. tyrosiinin saannista on huolehdittava, sillä sen vaikutus nahanluontiin on merkittävä. **Hivenravintoaineista** mm. sterolit, vitamiinit ja erilaiset kivennäiset ovat tärkeitä hyönteisten kehityksen ja elintoimintojen kannalta. Ravinnontarve vaihtelee laji- ja kehitysvaihekohtaisesti.

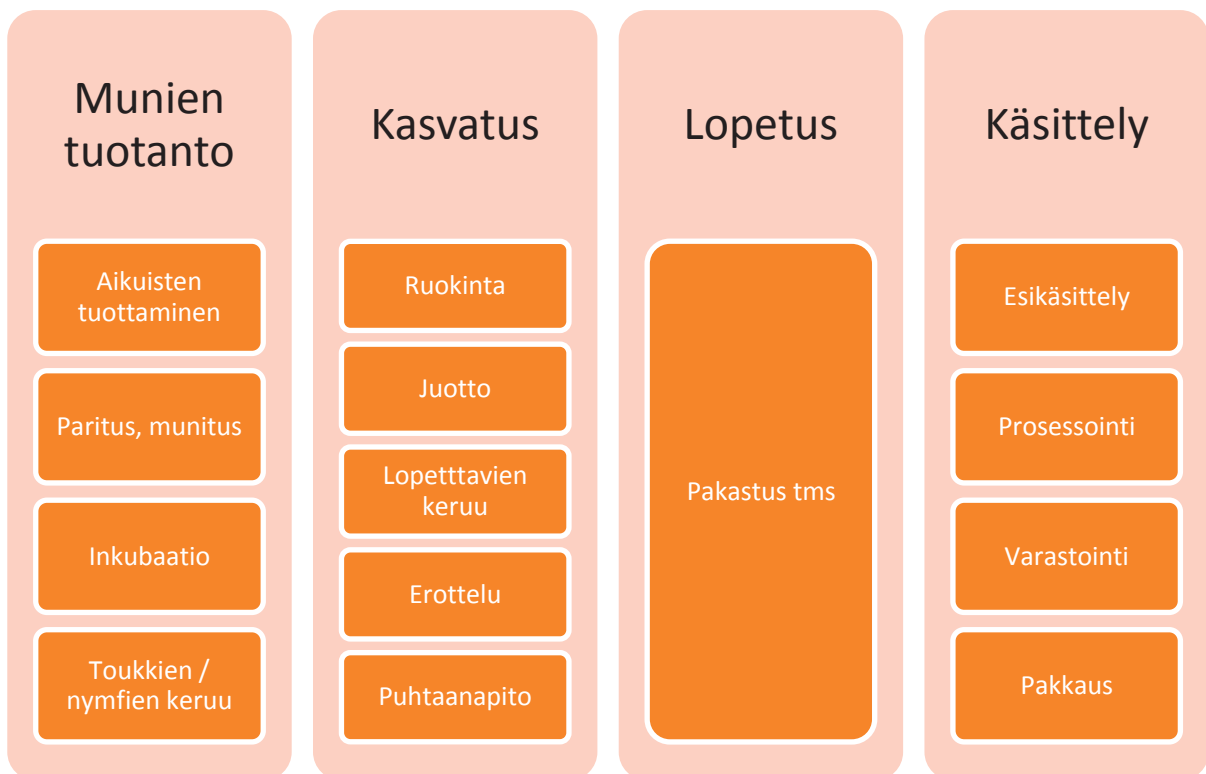
Optimaalisia rehuja suunniteltaessa valmistusaineina on käytetty mm. soijaa, maissia, sinimailasta, kasviöljyjä, porkkanaa, perunaa, hiivoja, maito- ja herajauheita, kananmunanvalkuaista. Ravintosiällön lisäksi rehujen formulointi on tärkeässä asemassa. (Cortes Ortiz et al., 2016).

6. Tuotantomenetelmät ja teknologiat

Tässä hankkeessa tavoitteena oli hakea maailmalta parasta saatavilla ole hyönteiskasvatuksen menetelmää ja teknologiaa, jota voitaisiin soveltaa Pohjolan olosuhteisiin. Esiselvityshankkeen aikana oltiin yhteydessä noin kolmeen kymmeneen yritykseen Euroopassa, Pohjois-Amerikassa ja Aasiassa. Lisäksi otettiin yhteyttä hyönteisalan voittoja tavoittelemattomiin organisaatioihin ja verkostoihin. Vain muutamat yritykset olivat kiinnostuneita kertomaan käytössään olevista hyönteisten kasvatusmenetelmistä julkisen sektorin toimijoille. Osalla yrityksistä olisi ollut enemmän mielenkiintoa keskusteluun, jos mukana olisi ollut kumppanuutta ja uutta hyönteistuotantoa suunnittelevia yrityksiä. Osa yrityksistä oli laajentamassa tuotantoaan ja kiireisen aikataulun vuoksi opintomatkojen järjestäminen lyhyessä hankkeessa oli haasteellista. Alla oleva perustuu muutamaan hankkeessa ja sen valmisteluvaiheessa tehtyyn vierailuun sekä Cortes Ortiz et al., (2016) tekemään yhteenvetoon. Lajikohtaisia kasvatusohjeita on vielä tarkemmin esitetty tämän raportin osassa I.

6.1. Työvaiheet

Eri hyönteislajeille on kehitetty erilaisia tuotantomenetelmiä. Menetelmät voivat vaihdella suuresti, mutta tietyt prosessit ovat yhteisiä tavallisimpien lajien massatuotannossa. Näitä ovat munien tuotanto, kasvatusvaihe, lopetus ja käsittely (Kuva 7). Yksi kasvattaja voi hallita koko ketjun, mutta tuotanto on mahdollista järjestää myös niin, että yksi kasvattaja erikoistuu munien tuotantoon ja toimittaa munia tai juuri kuoriutuneita hyönteisiä kasvatusvaiheeseen erikoistuneelle kasvattajalle. Kasvattaja voi toimittaa elävät hyönteiset eteenpäin elävinä, tai lopettaa ne ennen toimitusta. Käsittelyyn taas voi erikoistua yksi toimija, joka hankkii käsiteltävää raaka-ainetta useammalta tuottajalta.



Kuva 7. Hyönteiskasvatuksen perusprosessit

Munantuotanto vaatii paljon käsityötä ja tarkkailua, sekä ymmärrystä tuotantohyönteisen biologiasta. Jotkin lajit vaativat viimeisessä toukkavaiheessa oman eristetyn tilan voidakseen muodostaa kotelon. Joillakin lajeilla, esim. jauhopukilla kotelot on syytä pitää erillään kuoriutuneista aikuisista, sillä kotelot joutuvat muuten helposti aikuisten ruoaksi. Parittelevat hyönteiset voivat tarvita enemmän tilaa, kuin edeltävät kehitysvaiheet. Naaraan muniminen voi myös hyötyä laadukkaasta ravinnosta. Hyönteisten munitukseen on kehitetty patentoituja menetelmiä, mutta menetelmät ovat käsityövaltaisia. Prosessin automatisointi on ongelmallista.

Ruokinta ja juotto ovat kasvatusvaiheen tärkeitä työvaiheita. Hyönteisten kasvatukseen on markkinoilla vain muutama tähän tarkoitukseen suunniteltu rehu. Kaupallisessa sirkantuotannossa käytetään usein valmiita sioille tai siipikarjalle optimoituja kaupallisia rehuja. Jauhopukin ja mustasotilaskärpäsen kasvatuksessa on tavallista, että rehu sekoitetaan itse. Ainesosina voi olla esim. vehnäleseitä, jauhoja tai kaurahiutaleita sekä hiivaa, tuoreita kasviksia, myynnistä poistettuja kasvi-peräisiä entsiä elintarvikkeita. Kontaminaatioiden ehkäisemiseksi tuoreita rehuja voi olla tarpeen käsitellä esim. pakastamalla ennen ruokintaa.

Käytetystä **rehusta** riippuu, kuinka usein rehua on lisättävä. Jos käytetään tuoreita ja helposti pilaantuvia rehuja, pitää niitä annostella usein mutta vähän kerrallaan. Kuivat rehut voidaan annostella isommissa määrissä ja harvemmin. Pienimuotoisessa, perinteisessä sirkkasvatuksessa on jaettu jauhettu kanan- tai possunrehu käsin. Massamittakaavan mustasotilaskärpästuotannossa rehuna käytetty kaupakelvoton ylijäämäruoka vastaanotetaan parin päivän välein isoihin silloihin, joista se voidaan jakaa hyönteisille automatisoiduilla kuljettimilla.

Hyönteisten **vedentarve** on vähäinen, mutta vedensaannin estyminen voi tuhota ison osan populaatiosta. Kuivaa rehua saavia hyönteisiä voidaan juottaa kostuttamalla rehua suihkupullolla, tarjoilemalla tuoreita vihanneksia. Vesi voidaan myös tarjota imukykyisistä kuitukankaista, tai synteettisestä vedestä imevistä geeleistä. Hyönteiset voivat myös syödä näitä materiaaleja ja niiden käytön vaikutuksesta ei ole pitkäaikaista kokemusta tai tutkimustietoa. Yrityksissä on kehitteillä laitteistoja hyönteisten juottoon.

Kasvatusvaiheessa on syytä **erotella** ja poistaa sairast ja kuolleet, jotta taudinaiheuttajat eivät leviä tuotantotiloihin. Perinteisin menetelmin erottelutyö tehdään käsin. Laajassa tuotannossa hyönteisten liikkeitä voidaan monitoroida erilaisin optisin sensorein ja konenäköä hyödyntämällä. Jos liike on vähäistä, tarkistetaan kuolleet. Jos kuolleiden määrä ylittää raja-arvon, erä hylätään kokonaan. Hyönteiset on myös eroteltava ylijäävästä rehusta, ulosteista ja muusta jätteestä. Tähän on käytetty erilaisia mekaanisia erottelijoita, seuloja ja täriseviä hihnoja. **Jätteen varastoinnissa ja käsittelyssä** on otettava huomioon, että jätteen seassa voi olla vielä eläviä hyönteisiä. Jätteen käsittelyä on ohjeistettu Eviran ohjeessa (Evisa, 2017).

Lopettamisessa on käytetty esim. viemistä viileään, jossa hyönteiset menevät horrokseen. Sen jälkeen ne on lopetettu pakastamalla. Käytössä on myös hiilidioksidiin tai nopeaan silppuamiseen perustuvia lopetusmenetelmiä.

6.2. Olosuhdehallinta

Olosuhdehallinnalla on olennainen merkitys hyönteiskasvatukseen. Monet massakasvatettavista lajeista ovat trooppista alkuperää ja ne eivät selviydy viileässä. Viileämmässäkin selviytyvillä lajeilla yleensä **optimilämpötila** on lähellä +30°C. Lämpötilan laskiessa alle optimin, vaihtolämpöisten kasvu hidastuu merkittävästi. Lämpötilan lasku jopa puolella celsiusasteella voi näkyä merkittävänä kasvuajan pitenemisenä. Kasvatusajan piteneminen taas lisää tuotannon kustannuksia. Liian korkea lämpötila taas aiheuttaa stressiä, lisää kuolleisuutta, vähentää elinvoimaa ja sitä kautta madaltaa kasvattamon tuottavuutta. Lämmityksen lisäksi voidaan tarvita viilennystä. Jotkin tiheinä populaatioina kasvatettavat lajit, kuten jauhopukin tai mustasotilaskärpäsen toukka tuottavat tiettyssä kasvuvaiheessa merkittäviä määriä lämpöä. Tämä on otettava huomioon kasvatuslaatikoiden kokoa ja muotoa suunniteltaessa.

Optimaalisissa kasvatusolosuhteissa myös **ilmankosteus** on tavallista lämmitettyä huoneilmaa korkeampi. Kosteusvaatimukset vaihtelevat lajeittain, mutta myös kehitysvaiheen mukaan. Munat tarvitsevat kehittyäkseen korkeaa ilmankosteutta. Myöhemmissä kasvatusvaiheissa pienempi ilmankosteus riittää. Liian korkeassa ilmankosteudessa hyönteisten rehu ja jätteet alkavat pilaantua helposti. Myös ei-toivotut lajit, kuten punkit voivat runsastua. Rehujen rakenne voi myös kärsiä liian kuivassa.

Hyönteiset tuottavat **hiilidioksidia**. Tiiviissä kasvatusympäristössä ja tiheissä populaatioissa sen pitoisuus voi nousta liian korkeaksi. Rehu ja hyönteisten ulosteet voivat myös hajotessaan tuottaa myrkyllisiä kaasuja tuotantoympäristöön. Tuotantoympäristön kaasupitoisuutta on myös voitava kontrolloida.

Olosuhteiden säätelyssä oleellista on saada erityisesti lämpötila- ja kosteusolosuhteet pysymään tasaisina eri puolella kasvatustilaa, laatikoita tai linjastoa. Tehokkaan tilankäytön kannalta kasvatustilat kannattaa pinota päällekkäin. Huoneen lattiataason ja katon välille syntyy helposti lämpötilagradientti, ja lämpötilaero voi olla useita asteita. Lämpötilaeroa on voitu pienentää tuulettimilla. Ilmavirtaus kuitenkin kuivattaa lähellä tuuletinta olevia laatikoita. Lämmitysjärjestelmän ja ilmankostuttimien lisäksi on siis kiinnitettävä erityistä huomiota ilman liikkumiseen.

Valon vaikutus vaihtelee hyönteislajeittain ja valovaatimus voi olla erilainen eri kehitysvaiheessa. Esim. pimikkökuoriaiset, kuten jauhopukki, eivät kaipaa valoa. Mustasotilaskärpäsen toukkaa voi kasvatella pimeässä, mutta aikuinen tarvitsee valoa pariutumiseen ja munimiseen. Myös valon laadun ja päivänpituuden merkitys vaihtelee lajikohtaisesti. (Cortes Ortiz et al., 2016).

Pientä kasvattamoa perustettaessa lämmityslaitteella ja ilmankostuttimella pääsee alkuun. Isossa tuotantohallissa olosuhdevaihteluun tarvitaan kuitenkin kehittyneempää teknologiaa. Hyönteistuotannon teknologiayrityksillä on erilaisia ratkaisuja olosuhdehallintaan. Kansainvälisistä patenttitietokannoista löytyy yli 400 hyönteisten kasvatukseen liittyvää, jo myönnettyä tai hakuasteella olevaa patenttia. Valtaosa patenteista on kiinalaisten yritysten hallussa, mutta myös yhdysvaltalaisilla yrityksillä on lukuisia patenteja. Patenteja on haettu hyönteiskasvatuksen menetelmille, laitteistoille, hyönteisten erottelu- ja prosessointimenetelmille sekä hyönteisten rehuille. Myös suomalaisilla yrityksillä on patenttihakemuksia vireillä.

6.3. Perinteinen sirkkatuotanto Thaimaassa

Hankkeessa tehtiin opintomatka perinteiselle sirkkakasvattamolle Thaimaahan. Sirkkoja kasvatettiin elintarvikekäyttöön. Kasvattamo sijaitti Chiang Maita ympärivällä maaseudulla, jossa lämpötila ja kosteusolosuhteet ovat suurimman osan aikaa vuodesta sopivat sirkkakasvatukseen. Kasvatusinfrastruktuuri oli yksinkertaista, kasvattamorakennuksena toimi maapohjainen peltikatos, jossa ei ollut seiniä (Kuva 8). Kuumina päivinä säteilyä voitiin varjostaa harsoilla, tai tuotantotilojen liiallista lämpenemistä voitiin ehkäistä sumuttamalla kasvatustiloihin vettä reppuruiskulla.

Sirkkoja kasvatettiin katoksen alla harkoista muuratuissa altaissa. Altaat olivat ulkomitoiltaan noin 3 m pitkiä, 75 cm korkeita ja 1,5 m leveitä. Altaan yläreuna on kaakeloitu tai pinnoitettu muovilla, jotta sirkat eivät karkaisi altaasta. Altaat oli täytetty tiiviisti pystyyn pinotuilla pahvisilla munakenoilla. Altaat oli suojattu metallivahvisteisella hyönteisverkolla ei-toivottujen hyönteislajien, hämähäkkien, lintujen ja jyrsijöiden pitämiseksi poissa.



Kuva 8. Hyönteiskasvattamon olosuhteet muuttuvat ympäristön olosuhteiden mukaan. Kasvattamossa ei ole seiniä, mutta kuumimpina aikoina harso suojaa säteilyltä. Peltikatto suojaa sateelta ja tuulelta

Rehuna käytettiin kaupallista sianrehua. Rehu jauhettiin kasvattamolla hienoksi jauhoksi ja tarjottiin sirkoille matalista, puisista astioista. Vesi tarjottiin soralla täytetyiltä muovilautasilta. Vettä lisättiin päivittäin, rehua parin päivän välein. Lisäksi sirkat saivat tuoreravintona kakkoslaadun hedelmiä, kuten pilkottuja meloneja (Kuva 9).



Kuva 9. Rehun hienontamiseen käytettiin sähkömoottorikäyttöistä myllyä. Kakkosluokan meloneista sirkat saivat osan tarvitsemastaan vedestä

Sirkkojen kasvatus täysikokoiseksi kesti 8-12 viikkoa. Sukukypsyyden saavuttaneiden sirkkojen kasvatusaltaaseen asetettiin illalla kennojen päälle kostealla kookoskuidulla täytetty munitusastia, johon naaraat kävivät munimassa yön aikana (Kuva 10). Munitusastiat kerättiin joka päivä tasaisen tuotannon turvaamiseksi, ja jotta aikuiset eivät olisi ehtineet syödä munia. Munat tyhjennettiin harsoilla peitettyyn saaviin hautumaan. Joitain päiviä kuoriutumisen jälkeen pienet nymfit siirrettiin uuteen altaaseen kasvamaan. Täysikokoiset sirkat korjattiin nostamalla varovasti kennostot altaista ja koputteleamalla kennostoja toisiaan vasten, jolloin sirkat tippuivat alla olevaan keruuastiaan.



Kuva 10. Kun sirkat ovat sukukypsiä, altaaseen laitetaan kostea kookoskuitua sisältävä muninta-astia. Sirkat munivat siihen noin vuorokauden ajan ja astian sisältö siirretään hautumaan isoihin, kankaalla peitettyihin saaveihin. Pian munista kuoriutuu nymfejä, jotka siirretään uuteen, kennostoilla täytettyyn kasvatusaltaaseen

Sirkkojen ulosteet kerättiin altaan pohjalle. Kennostot oli asennettu puisten rimojen päälle, jolloin niiden alle jäi tyhjää tilaa, jonne ulosteet ja muu jäte tippui. Betonialtaassa ei ollut pohjalla min-käänlaisia reikiä pesuveden varalta joten todennäköisesti altaita ei pestä runsaan veden avulla. Tyhjä altaat olivat kuitenkin puhtaan näköisiä eivätkä tuotannossa olevat altaatkaan olleet kovinkaan likaisia. Tuotantoalue ei myöskään haissut, mistä voitiin päätellä, että altaiden pohjalle tippuvat jätteet siivottiin aika ajoin.

6.4. Perinteinen jauhopukkituotanto Malesiassa

Opintomatka tehtiin myös Malesiaan, perinteiselle jauhopukkikasvattamolle, joka sijaitti noin tunnin ajomatkan päässä Kuala Lumpurista. Toukkia kasvatettiin kalanrehuksi. Kasvattamo toimi noin 10 vuotta aiemmin rakennetulla lähiöalueella. Hyönteiskasvattamo toimi hylätyssä kerrostalosta, jonka rakennusprojekti oli jäänyt kesken. Rakennuksen ikkuna-aukoissa ei ollut laseja, joten olosuhteet vaihtelivat ympäröivien olosuhteiden mukaan. Seinät tosin tasasivat olosuhteiden äärevyyttä.

Jauhopukkaa kasvatettiin useassa huoneessa, joiden seinustat olivat täynnä puisia hyllyköitä (kuva 11). Hyllyille oli sijoitettu puureunaiset, matalat kasvatuslaatikot, joissa oli alumiininen pohja. Käytössä oli myös muovisia laatikoita. Laatikoiden koko oli noin 50 x 80 x 20 cm. Kasvatuslaatikoita ei ollut suojattu verkoin, ja niissä näkyikin jonkin verran myös muita, kuin kasvatettavia lajeja.



Kuva 11. Jauhopukkaa kasvatettiin matalissa, puisissa laatikoissa, joita oli monessa huoneessa hyllymetreittäin. Aikuiset olivat kehikossa, jonka pohja oli metalliverkkoa. Aikuiset munivat verkon alla olevaan vehnälesealustaan verkon läpi. Viikon välein kehikko siirrettiin uuteen kasvatuslaatikkoon

Rehuna käytettiin vehnäsestä, jota oli laatikoiden pohjalla muutama senttimetri. Rehua lisättiin nopeimman kasvun aikana parhaimmillaan 2-3 päivän välein. Kaikkea rehua ei voitu antaa kerralla, sillä kosteassa ilmastossa se olisi ehtinyt alkaa pilaantua kasvatuksen aikana. Kosteaa ilmastoa vuoksi vettä tai tuorerehuja ei tarvittu.

Aikuisia pidettiin puukehikossa, jonka pohjamateriaalina toimi tiheäsilmainen metalliverkko. Kehikko asetettiin kasvatuslaatikkoon rehun päälle. Aikuiset pystyivät syömään verkon läpi ja kun ne munivat, munat tippuvat verkon alapuolella sijaitsevan rehun sekaan. Aikuisia pidettiin samassa kehikossa viikon verran ja sen jälkeen kehikko siirrettiin uuden kehikon päälle, jossa muniminen jatkui. Aikuiset munivat noin neljän viikon ajan.

Munista kuoriutui leseeseen seassa pieniä toukkia. Usean nahanluonnin jälkeen ne kasvavat noin 2-3 cm:n mittaisiksi. Osa isoista toukista ehti kehittyä koteloksi. Kotelot kerättiin joka toinen päivä, tarkoituksena saada uusia aikuisia tuottamaan munia. Kotelot asetettiin laatikkoon laitettuna muovipurkin päälle, jonne vastakuoriutuneet aikuiset eivät enää päässeet takaisin sieltä kerran poistuttuaan. Tällä haluttiin estää aikuisia kovakuoriaisia syömästä kehittyviä kotelaita.

Kaikki erottelu tapahtui käsin. Joissain toukan kasvuvaiheissa syntyy paljon kitiinikuorta, joka voi haitata kehitystä. Kitiini kerättiin leseeseen pinnalta käsin. Myös kuolleet ja ei-toivotut lajit eroteltiin laatikoista käsin. Kun toukat ovat valmiita korjattaviksi, ne erotellaan ulosteesta, ylijääneestä rehusta ja muusta jätteestä seulomalla. Jätteet pakattiin käytettyyn rehusäkkiin ja varastoitettiin ulos kuljetusta sekä käsittelyä varten.



Kuva 12. Toukat kasvoivat vehnäsealustassa, jota lisättiin muutaman päivän välein lisää. Kotelot ja kuolleet kerättiin käsin. Kun toukat olivat valmiita, ne eroteltiin ulosteista ja kitiinikuorista koostuvasta purusta käsin seulomalla

6.5. Pilotointi- ja kehityskokoluokan sirkkatuotanto Yhdysvalloissa

Hankeessa tehtiin tutustumismatka yhdysvaltalaiselle hyönteiskasvattamolle, jossa tehtiin menetelmäkehitystä ja tutkimusta, sekä tuotettiin sirikkoja elintarvikkeeksi. Kasvattamo sijaitsi Coloradon osavaltiossa, esikaupunki- ja teollisuusalueella. Alueella on kuumat ja paahteiset kesät, mutta talvella lämpötila laskee alle nollan ja maa peittyy lumeen. Kasvattamo oli rakennettu polyuretaanivaahdolla eristettyyn merikonttiin, jonka sisällä olosuhteita säädeltiin toiselta laiteoimittajalta hankitun teknologiakomponentin avulla. Laitteistoon kuului lämmitin, kostutin ja ilmanpuhallin, jotka olivat kytkettyinä yhteiseen hallintajärjestelmään. Järjestelmä oli protoversio joka oli yrityksellä testauksessa. Laitteen toiminta-ajatus oli osoittautunut hyväksi ja laite oli itsessään pienikokoinen. Koko kontin ilmanvaihdon ja lämpötilan säätelyä vastasi digitaalinen ilmastointijärjestelmä.

Kontin sisäosa oli osastoitu foliopinnoitetun teltan avulla niin, että eri osastoihin saatiin erilaiset lämpötila- ja kosteusolosuhteet. Energiatarvetta täydennettiin kontin katolle asennetun aurinkokennän avulla. Sirikkoja kasvatettiin elintarvikemuovilaatikoissa, joiden sisälle oli pinottu pahvisia

kennostoja. Muovilaatikoissa käytettiin kansia, joihin oli tehty muutamia reikiä sirkkojen hapensaannin turvaamiseksi.

Rehut sekoitettiin itse, niissä käytettiin elintarviketeollisuuden puhtaita ja hyvälaatuisia sivuvirtoja, kuten vehnä- ja ohrapitoisia olutmäskéjä, persikka- ja omenasoseita. Rehut tuotiin isompina erinä kasvattamolle ja säilytettiin pakastimessa, josta niitä voitiin ottaa tarvittava määrä sulamaan. Ruokinta tehtiin 3-4 kertaa viikossa. Samalla tarkistettiin vedensaanti. Vesi tarjoiltiin kertakäyttöisistä muovivastioista, joiden kannen läpi oli työnnetty suodatinmateriaali, joka johti vettä kapillaarisesti kannen läpi. Kaikki erottelu tehtiin käsin.

Vedensaanti oli rajallista. Juomavettä tuotiin astioissa. Työvälineet ja kasvatustilat käytettiin pesussa läheisessä suurtaloukskeittiössä. Kaikki välineet voitiin pestä isossa tiskikoneessa. Jätteet varastoitettiin ulos kuljetusta ja käsittelyä varten.

6.6. Massatuotantolaitos

Hankeen tavoitteena oli etsiä parhaita saatavilla olevia hyönteisten tuotantoteknologioita. Tuotantoteknologiaa on kehitetty kaikissa suurissa tuotantolaitoksissa, mutta teknologia ei ole avointa. Poikkeuksena Aspire Group julkaisi netissä muutamia valokuvia robotiikkaa hyödyntävästä tuotantolaitoksestaan. Myös muutamia yleisluontoisia kuvauksia massatuotannon järjestämisestä on julkaistu, mm. Cortes Ortiz et al. (2016), mutta mallia pohjosiin olosuhteisiin suunnitellulle massatuotantolaitokselle ei löydetty.

Suuren mittakoon laitoksen suunnittelu pohjosiin olosuhteisiin on haastavaa, sillä talvella seinän sisällä oleva lämpötilagradientti on jyrkkä (n. -30 - +30°C), minkä vuoksi eristeiden on oltava paksuja. Riskinä voi olla veden tiivistyminen rakenteisiin kastepisteen siirtyessä keskelle seinän rakennetta. Ajatellen laitoksen optimaalista sijoituspaikkaa, voisi olla kustannustehokkainta sijoittaa laitos alueelle jossa syntyy edullista hukkalämpöä. Laitos voi hyödyntää melko mataliakin lämpötiloja tilojen lämmittämisessä. Hyönteistuotanto on otollinen ala erilaisten teollisten symbioosien kehittämiseksi. Tutkimukseen ja kokemukseen perustuvan tiedon karttuessa voisi tulevaisuuden visioissa hyönteistuotannossa hyödyntää erilaisia agro-teollisia sivuvirtoja. Näiden avulla voisi olla mahdollista tuottaa erilaisia elintarvikkeita hyödyntämällä resurssien kierrätystä niin, että systeemin ulkopuolelta tuleva tuotantopanos (lannoitteet, hiilidioksidi, lämpö, happi) olisi pieni.

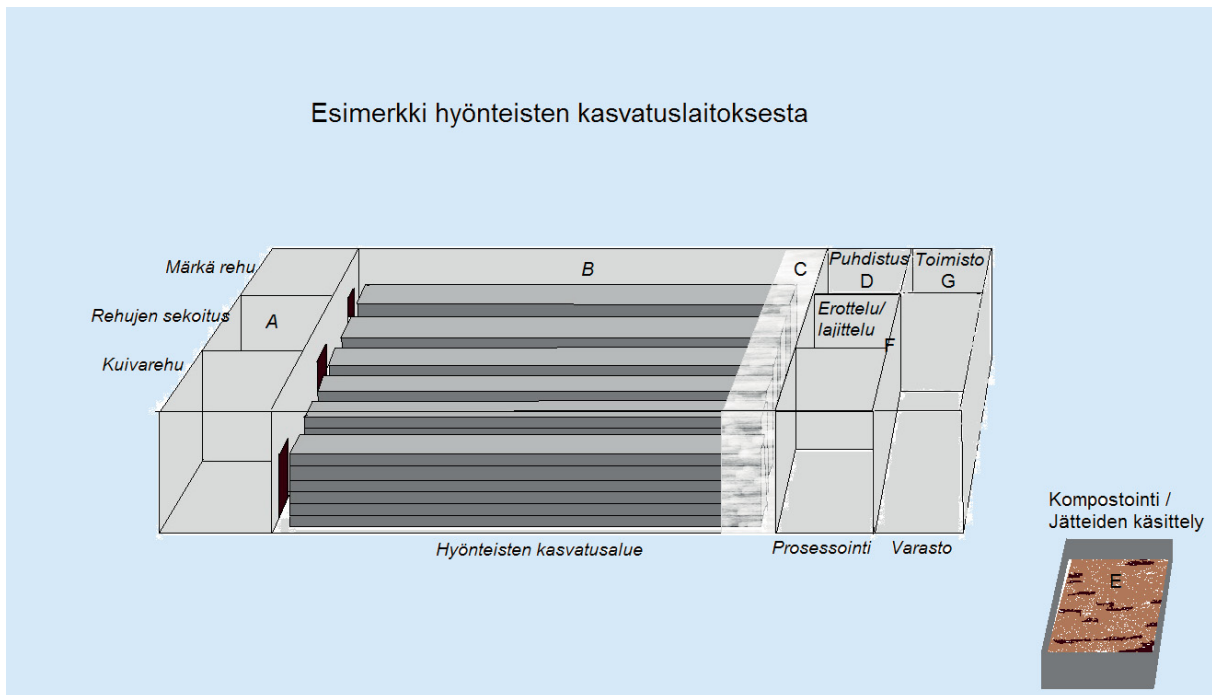
Olosuhdehallinnassa voidaan hyödyntää kasvihuone- ja sensoriteknologiaa, jota on kehitetty muille aloille olosuhteiden valvontaan ja säätelyyn. Cortes Ortiz et al. (2016) kuvaa ilmanvaihdon toteuttamisen olevan hyönteiskasvatukselle yksi haasteellisimpiä asioita. Tuotannon kannalta optimaalinen, laminaarinen ilmanvirtaus saadaan aikaan sijoittamalla tuloilman aukot kattoon ja poistoilman aukot alas seinään. Mikäli tuloilman aukot sijoitetaan seiiniin, muodostuu ilman virtauksesta turbulenttinen aiheuttaen epätasaisuutta ilmanlaatuun.

Kaikkein käsityövaltaisimmat osiot, kuten munien tuotanto, kasvatustilojen siivoaminen, veden ja ruoan jakelu tulisi pystyä tekemään mahdollisimman automaattiseksi. Tähän tarvittaisiin esim. robotiikkaa ja konenäköä soveltavia ratkaisuja. Käsityön vähentäminen massatuotannon kannattavuuden edellyttämälle tasolle on suuri haasta.

Ison tuotantolaitoksen eri toiminnot on järkevää sijoittaa eri osastoihin. Kuvan 13 esimerkissä hyönteisten kasvatustiloksesta, rehujen käsittely (A) on sijoitettu toiseen päähän laitosta. Mikäli laitoksessa syötetään hyönteisille erityyppisiä ruokia esim. kasvipohjaisia sivuvirtoja ja viljaa, kannattaa niitä sekoittaa keskenään niin että ruoasta tulisi mahdollisimman ravitseva. Tässä laitostilassa märkä ja kuivarehu sekoitetaan keskellä sijaitsevassa huoneessa. Märkään rehuun liittyy yleensä säilyvyysongelmia, minkä takia niitä tulisi säilyttää viileässä tai jopa pakastettuna, jos se nähdään kannattavana vaihtoehtona. Pakastamalla rehu voidaan myös inaktivoita tai tuhota sinä olevia ei toivotuja eliöitä.

Saavuttaessaan tavoitekoon hyönteiset lopetetaan viemällä ne ensin viileään tilaan (C), jossa ne vaipuvat luontaiseen kylmähorrokseen ja tämän jälkeen pakastetaan. Lopettamiseen käy myös hiili-

dioksidi, mikä on yksi yleisimpiä karjan tainnutusmenetelmiä. Lopetuksen jälkeen seuraa puhdistus (D) ja erottelu (F). Prosessoinnissa hyönteiset voidaan kuivata, jauhaa, soseuttaa, rouhia jne. Prosessoidut tuotteet pakataan ja varastoidaan viileään tai kylmään tilaan. Piirustuksessa olevasta toimistotilasta (G) käsin voidaan valvoa ja ohjata tuotantoa sen mukaan, kuinka automatisoitua tuotanto on. Tuotantolinjastojen päässä olevassa tilassa tapahtuu hyönteisten kerääminen ja teurastus sekä tuotantojätteiden erilleen keräys mikäli se tehdään käsin. Hyönteistenulosteista, kuorista, kuolleista hyönteisistä ja ruoan jäämistä koostuva jäte voidaan kompostoida (E) ja myydä edelleen lannoitteena.



Kuva 13. Esimerkki hyönteisten massatuotantolaitoksesta Cortes Ortiz et al. (2016) mukaan

6.7. Yhteenveto tuotantomenetelmistä

Yhteenveto erilaisista hyönteistuotannon käytännön järjestelyistä on esitetty taulukossa 4. Lisäksi ajankohtaista englanninkielistä materiaalia hyönteisten kasvatusmenetelmistä on avoimesti saataville Internetissä. Esimerkiksi mustasotilaskärpäsen tuotannosta on hiljattain ilmestynyt kattava opas, ja jauhopukin tuotantoa kuvataan tuoreessa väitöskirjassa.

Doanhue, P. (Ed.) 2017. Black Soldier Fly Biowaste Processing. A step-by-step guide. Eawag – Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology Department of Sanitation, Water and Solid Waste for Development (Sandec). 88 p.

http://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/publikationen/SWM/BSF/BSF_Biowaste_Processing_HR.pdf

Ribeiro, N. 2017. Tenebrio molitor for food or feed Rearing conditions and the effect of pesticides on its performance. Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Coimbra para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Gestão Ambiental. 70 p.

https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/18083/1/Relat%C3%B3rio%20Estrado%20Gest%C3%A3o%20Ambiental_Nuno%20Ribeiro%20N%202021527010.pdf

Taulukko 4. Yhteenveto tuotannon järjestämisen mahdollisuuksista

Vertailu	Perinteinen sirkka, Thaimaa	Perinteinen jauhupukki, Malesia	Pilot-luokan sirkkakasvattamo, USA	Massatuotanto
Kasvatusinfra	Harkoista rakennetut altaat, metalliverkko suojana, peltikatos, vesijohto	Hylätty kerrostalo, avoimet ovet ja ikkunat, ei vesijohtoa	Merikontti, eristetty polyuretaanilla, sähköt ja aurinkokeräin, rajoitettu vedenkäyttömahdollisuus	Iso halli, eristetty, laminaarinen ilmavirtaus tasaa olosuhteita hallin eri osissa, säilytystilat rehulle, kontaminaatioiden hallinta osastoinnilla, edullinen energia, vesijohto
Alusta	Betonialtaissa rimojen päällä pahvikennostot	Huoneen korkuisissa hyllyisissä muutaman cm:n korkuisia puisia tai muovisia laatikoita	Elintarvikemuovilaatikoissa pahviset munakennot	Isot linjastot, laatikot, kennostot, teho- kas tilankäyttö
Munitus	Muna-astian vaihto päivittäin, astioissa kostutettua kookoskuitua	Aikuiset siirretään viikoittain uuteen alustaan, aikuiset munivat verkon läpi vehnäleseeseen	Käynnissä koe, jossa joka toinen päivä munitus uuteen astiaan, munimismateriaalina kookoskuitu	Oma munitusyksikkö tai hankitaan erikoistuneelta toimittajalta
Lisäntymiskierroksen hallinta	Altaassa vain samana päivänä munittuja munia	Kotelot kerätään parin päivän välein lähes korjuukypsistä laatikoista	Osa populaatiosta omaa lisäystä, osa ostetaan	Tasainen sykli on edellytys ison tuotantolaitoksen toiminnalle
Olosuhteiden hallinta	Ambientit, kylmänä kautena tuotanto ajetaan alas. Kuumalla suihkutetaan vedellä, ja varjostetaan verhoilla	Vaihtelee ambienttien olojen mukaan, seinät tasaavat äärevyyttä	Eristetty kontti, tasiaiset olosuhteet hyvin lähellä optimia. Kosteuden ja lämpötilan monitorointi, automaattinen kostutus ja lämmitys, aurinkopaneelit käytössä	Rakennustekniikka, Kasvihuoneteknologia, teolliset symbioosit

Työketju						
Ruokinta	Porsaan rehu, jauhetaan hienoksi omalla myllyllä. Lisätään muutaman päivän välein vanerisiin astioihin kennostojen päälle	Lesettä lisätään noin viikon välein	Puhtaita lähielintarvikesuuvirtoja, hedelmäsoseetta, panimomäskiä, vihanneksia, säilytetään pakastimessa ja lisätään noin joka toinen päivä	Puoliautomaatioitu, hyödynnetään kuljettimia		
Juotto	Altaissa muoviasiotoita, joissa vettä ja soraa. Tarkistetaan päivittäin	Ei juoteta	Tuoreravinnosta sekä omatekoisesta juottolaitteesta, jossa on hyödynnetty kannellista muoviasiata ja kannen läpi kulkevaa imukykyistä kuitua. Tarkistetaan 2-3 päivän välein	Matalapaineinen vedenjakelu		
Keruu	Kennot nostetaan altaasta varovaisesti ja kopistellaan sirkat toiseen astiaan	Siivöidään käsin toukat eroon ulosteesta ja muusta jätteestä	Kennot nostetaan muoviasiasta varovaisesti ja kopistellaan sirkat toiseen astiaan	Puoliautomaattinen seulonta		
Erottelu	Käsin	Käsin	Käsin	Konenaän ja optiikan hyödyntämismahdollisuudet		
Puhtaanapito	Altaat lakaistaan kiertojen välillä. Ei tietoa pesusta	Laatikot tyhjennetään ja säilytetään tyhjinä alassuun. Ei tietoa pesusta	Astiat viedään toiseen tilaan pestäviksi kiertojen välillä	Ulosteiden poisto useaan kertaan kasvuksen aikana		
Jätteet	Kompostointi ja käyttö kasvintuotantoon	Säilytetään muovisäikeissä kasvattamon ulkopuolella ja viedään aika ajoin käsiteltäviksi muualle	Säilytetään kasvattamon ulkopuolella ja viedään käsiteltäviksi aika ajoin	Kompostointi / biokaasutus ja energian takaisinotto		

7. Hyönteistuotannon riskit

Vaikka hyönteisten käytöllä ravintona on pitkä ja tunnettu historia, elintarvikkeiksi ja rehuiksi tarkoitettujen hyönteisten massakasvatuksesta on ehtinyt kertyä vain muutamien vuosien kokemus. Hyönteistuotannon toimiala on vasta rakentumassa. Uusille ja nopeasti kehittyville aloille on tyypillistä alttius monenlaisille riskeille. Uudella toimialalla on kehitettävä uuteen teknologiaan perustuen uudet tuotteet uusille markkinoille ja uusia asiakkaita varten. Myös tuotantoketjut, käsittäen lisättävät hyönteiset, niiden rehun, hyönteiskasvattamot, hyönteisraaka-aineen jatkojalostuksen, kuljetuksen varastoinnin, jakelun ja kaupan, on rakennettava. Riskejä on voitava hallita samanaikaisesti monella eri tasolla.

7.1. Tuotantoprosessin riskit

Hyönteistuotannon riskejä on tarkasteltu kattavasti mm. Taposen (2015) opinnäytetyössä. Siinä hyönteisten taudinaiheuttajat ja saastuminen nähtiin riskinä, jonka toteutumisella voi olla tuhoisat vaikutukset hyönteiskasvatuksen sekä siihen liittyvän liiketoiminnan kannalta. Hyönteisillä on taudinaiheuttajia, joista osa voi haitata tai heikentää tuottavuutta, mutta osa voi tuhota nopeasti koko tuotantopopulaation. Hyönteisten lisäysaineistoa ei ole saatavilla sellaisia määriä, että massatuotantoa voisi käynnistää nopeasti. Jos tuotantolaitos saa vakavan taudinaiheuttajasaastunnan ja tuotanto on ajettava sanitaatiota varten kokonaan alas, tuotannon ylösajo voi juuri munien huonon saatavuuden vuoksi kestää kuukausia. Samalla voidaan myös joutua hävittämään rehu- ja kasvatusalustavarastot, jos niiden epäillään voivan olla kontaminaatioiden lähteinä. Tuotantoprosessin hallintaan ja sen ongelmakohtiin on paneuduttu myös Hyönteistuotannon lisäysmateriaaliselvityksessä (Osa I).

7.1.1. Tuotantoeliöiden terveys

Patogeenit voivat olla viruksia, bakteereita, sieniä, sukkulamatoja tai alkueläimiä. Taudit voivat haitata tuotantohyönteisiä monella tavalla. Ne voivat hidastaa kasvua ja lisääntymistä, haitata liikkumista tai heikentää yleistä elinvoimaa altistaa muille taudinaiheuttajille. Erityisesti jotkin virukset, kuten sirkoille halvausta aiheuttava CrPV voi tappaa nopeasti koko tuotannossa olevan sirkkapopulaation (Eilenberg et al., 2015).

Kun hyönteisiä kasvatetaan massatuotantoympäristössä, ne voivat altistua erilaisille taudinaiheuttajille, kuin mille ne luontaisessa elinympäristössään altistuisivat. Kun tuotanto eristetään ympäröivästä eliöstöstä, myös patogeenien runsautta säätelevät eliöt puuttuvat tuotantotiloista, jolloin patogeenit voivat runsastua odottamattomalla tavalla. Tartuntalähteenä voi toimia rehu, tai kasvatusalusta, hoitaja voi tuoda patogeenin tuotantotiloihin hiuksissaan, käsissään tai vaatteissaan.

Hyönteisten massakasvatuksella on niin lyhyt historia, että tietoa tuotantohyönteisille haitallisista patogeeneista on vähän. Alan pioneeriyritykset ovat saaneet jonkin verran tietoa erehdyksen ja oppimisen sekä oman tutkimuksen kautta. Tutkimustietoa aiheesta tarvitaan ja julkisen tutkimuksen keinoin saatu uusi tieto veisi koko toimialaa eteenpäin, mahdollistaen paremman riskienhallinnan.

Eilenberg et al. (2015) selvittivät yrityksille suunnatulla kyselytutkimuksella kaupallisessa massakasvatuksessa saatuja kokemuksia hyönteistaudeista ja niiden aiheuttamista ongelmista. Mustasotilaskärpäsellä ei ole havaittu tuotannossa tautiongelmia, mutta sen sijaan sirkkalajeilla ongelmat ovat tavallisia (Taulukko 5). Jauhopukki on osoittautunut suhteellisen kestäväksi (Lefebvre, 2017).

Taulukko 5. Elintarvike- ja rehuhyönteisten kasvattajien kokemuksia patogeenien aiheuttamista riskeistä sekä niiden hallinnasta (Eilenberg et al., 2015)

Hyönteislaji	Taudinaiheuttaja	Oireet	Torjunta
Huonekärpänen (<i>M. domestica</i>)	Sieni: <i>Entomophthora</i> <i>spp.</i>	Itiöitä kuolleissa aikuisissa, epideeminen	Puhdistus, kuolleiden poistaminen, karanteeni
Mustasotilaskärpänen (<i>H. illucens</i>)	ei havaittu	ei havaittu	ei toimenpiteitä
Kotisirkka (<i>A. domesticus</i>)	Bakteerit: useita lajeja	Lisääntynyt kuolleisuus, punertuminen	Kasvatustilojen puhdistus
	Sieni: <i>Metarhizium sp.</i>	Lisääntynyt kuolleisuus	Karanteeni, uusi hyönteiskanta
	Virukset: CrPV	Populaation romahdus	Vaihto uuteen kantaan tai jopa lajin vaihto
Jauhopukki (<i>T. molitor</i>)	Sieni: <i>Beauveria bassiana</i>	Lisääntynyt kuolleisuus	Puhdistus, kuolleiden poistaminen, karanteeni

Ehdotus tautiriskin kontrolloimiseksi (Eilenberg et al., 2015)

- Säännöllinen hyönteisten hyvinvoinnin, käytöksen ja kuolleiden tarkkailu
- Osastoiminen ja päivittäisten rutiinien suunnittelu niin, että mahdolliset kontaminaatiot eivät siirry osastosta toiseen työvälaineiden ja työntekijöiden mukana
- Hygienia, hyvälaatuinen ja laadultaan tunnettu rehu sekä kasvualueista, tuotantotilojen ja työvälaineiden puhtaanapito
- Geneettisen diversiteetin ylläpitäminen, uuden geenin tuominen aika ajoin tuotantosysteemiin
- Tuotannon varmistaminen useiden rinnakkaisten linjojen avulla

7.1.2. Olosuhdekontrolli

Hyönteisten tuotantoprosessissa on useita vaiheita, joissa on osattava yhdistellä biologista osaamista hyönteisten yksilönkehityksestä, sekä teknologista osaamista hyönteisten populaationsäätelyyn ja yksilönkehitykseen vaikuttavien olosuhteiden hallinnasta. Vaihtolämpöisillä hyönteisillä lämpötila vaikuttaa suuresti yksilönkehityksen nopeuteen. Pienikin poikkeaminen tavoiteolosuhteista voi hidastuttaa kasvua tai aiheuttaa stressiä, ja heikentää sitä kautta tuotantomäärien tasaisuutta sekä lopputuotteen tasalaatuisuutta tai hygieniaa. Olosuhteilla on vaikutusta myös vaikutusta patogeenien menestymiseen ja runsauteen, rehun tai kasvualueen säilyvyyteen sekä vieraslajien runsastumiseen.

Hyönteistuotannossa käytettävät työmenetelmät ja teknologia ovat uusia uuden teknologian käyttöön ja toimivuuteen liittyä riskejä, sillä pitkäaikaista käyttöhistoriaa ei ole. Tekniset ongelmat olosuhdehallinnassa, lämpötilan, kosteuden tai kaasujen hallinnassa voivat aiheuttaa ongelmia lisääntymissyklin, kasvun tai kontaminaatioiden hallinnassa. Myös ei-toivotut lajit voivat runsastua kontrolloimattomissa olosuhteissa.

7.1.3. Sukusiitos

Hyönteisten kasvatuksessa on havaittu, että jo muutamien syklien jälkeen tuotantopopulaation tuotavuus voi hiipua, jos populaatioon ei tuoda uutta geeninainesta populaation ulkopuolelta. Tällä hetkellä tuotannossa olevien ja saatavilla olevan lisäaineiston geneettinen diversiteetti ei ole tiedossa. Tuotantohyönteisillä ei ole jalostusohjelmia tai tunnettuja kantapopulaatioita. Sukusiitoksen riskinä

voi olla tuotantopopulaation elinvoiman heikkeneminen, lisääntymiskapasiteetin pieneneminen tai alttiuden lisääntyminen stressille tai taudinaiheuttajille.

7.2. EU:n ja kansalliset riskinarvioinnit

EU:n elintarviketurvallisuustehtäviä hoitava erillislaitos European Food Safety Authority (EFSA) on tehnyt laajan riskiselvityksen, jossa on kartoitettu hyönteisten tuotantoon ja elintarvike- sekä rehu-käyttöön liittyvät mikrobiologiset, kemialliset ja ympäristöriskit (EFSA, 2015). Riskiprofiili kattaa koko ketjun tärkeimpien hyönteislajien massatuotannosta elintarvikkeiden ja rehujen kulutukseen asti. Tämän lisäksi jotkin Euroopan maat, kuten Belgia, Ranska, Hollanti ja Islanti ovat tehneet kansalliset riskinarvioinnit hyönteisten elintarvikekäytön osalta (esim. FASFC, 2014; ANSES, 2015).

Hyönteisten massatuotantomenetelmällä, erityisesti tuotannossa käytetyllä kasvatusalustalla tai rehulla, on vaikutus tuotantohyönteisten mikrobistoon ja sitä kautta myös biologisten riskien ilmenemiseen (EFSA, 2015). Käytetyssä alustassa voi kasvaa taudinaiheuttajabakteereja, kuten salmonellaa, kampilobakteereja tai haitallista kolibakteeria. Alustasta haitalliset bakteerit voivat siirtyä myös tuotantohyönteisiin. Kun kasvatusalustana käytetään Eviran ohjeen (2017) mukaisia rehuja, riskiä haitallisten bakteerien löytymiseksi massatuotetuista hyönteisistä pidetään vähemmän todennäköisenä, kuin vastaavien bakteerien löytymistä muusta kypsentämättömästä eläinproteiinista, sillä nämä bakteerit eivät näyttäisi lisääntyvän hyönteisten ruoansulatuskanavassa. Eläinten lannan, ruoansulatuskanavan sisällön tai puhdistamolietteen käytön vaikutusta biologisten riskien ilmenemiseen ei ole arvioitu, ja niitä ei voi käyttää kasvatusalustana. (EFSA 2015).

Prionien leviämistä massatuotettujen hyönteisten mukana ei pidetä riskinä, sillä nisäkkäiden prionit eivät voi monistua hyönteisellä. Prionien mekaanista kulkeutumista hyönteisten mukana on kuitenkin pidetty mahdollisena. Mekaanisen kulkeutumisen riski ei eroa massatuotettujen hyönteisten kohdalla muista kypsentämättömistä eläinproteiinin lähteistä, kun hyönteisten kasvatuksessa käytetään sellaisia kasvatusalustoja ja rehuja, jotka eivät sisällä ihmisistä tai nautaeläimistä peräisin olevia ainesosia. (EFSA 2015).

Hyönteisten kasvatuksessa käytettävistä kasvatusalustoista ja rehusta voi kertyä massatuotetuihin hyönteisiin elintarvike- tai rehuikäytön kannalta haitallisia kemikaaleja. Kemikaalien kertymisestä eri hyönteislajeihin tarvitaan lisää tutkimusta, jotta tiettyjen haitallisten kemikaalien kertymisen riskejä voitaisiin arvioida yksityiskohtaisesti. Ihmiset voivat olla allergisia hyönteisruoalle, mutta hyönteisrehujen ei ole havaittu aiheuttavan niitä syöneille eläimille allergisia reaktioita. (EFSA 2015).

Hyönteisten massakasvatuksen ympäristöriskien arvioidaan olevan verrattavissa muun eläintuotannon riskeihin. Hyönteistuotannon jätteet sisältävät hyönteisille syötetyn rehun tähteitä, hyönteisten ulosteita, nahkoja, kuolleita hyönteisiä tai niiden osia ja jätteen sekaan voi jäädä myös eläviä hyönteisiä. Jäte on luonteeltaan sellaista, että sen käsittelyyn voidaan soveltaa olemassa olevia jätteenkäsittelymenetelmiä. (EFSA 2015).

7.3. Lainsäädännön riskit

Lainsäädäntö on hidastanut alan kehitystä. Nykyisten lakien valmistelussa ei ole ollut tietoa, että hyönteisiä voitaisiin tulevaisuudessa hyödyntää tuotantoeläiminä. Lainsäädäntö on muutoksessa, mutta työ on hidasta. Alalla toimivat yritykset joutuvat tulevaisuuden suunnitelmia tehdessään valmistautumaan useisiin mahdollisiin tulevaisuusskenaarioihin riippuen siitä, kuinka nopeasti ja mihin suuntaan säädösten uusiminen etenee. Uudella toimialalla on myös riski, että toimijat joutuvat tekemään ilmoituksia ja hakemaan toimilupia ensimmäisten joukossa, jolloin ennakkotapauksia ja tulkintoja ei vielä ole. Käsittely voi uusissa tapauksissa viedä aikaa.

7.4. Markkinoiden riskit

Julkisuudessa on keskusteltu hyönteismarkkinoiden ja ruokakulttuurin muutokseen liittyvistä riskeistä, kuluttajien mielenkiinnosta testata uusia tuotteita sekä vakiinnuttaa niiden käyttöä. Hyönteismarkkinoiden tämänhetkisestä tilannetta ja kehitysnäkymiä on kuvattu laajemmin Ruoka- ja rehuhyönteisten markkinaselvityksessä (Osa II). Markkinoiden ja kuluttajien käyttäytymiseen liittyvien riskien arvioimisen tueksi markkinaselvityksessä on myös kuvattu aikaisten omaksujien ryhmään kuuluvia kuluttajatyyppejä.

7.5. Työturvallisuuteen liittyvät riskit

Hyönteistuotanto on mahdollista järjestää hyvin eri tavalla kuin perinteinen alkutuotanto. Hyönteisten tuotannossa ei välttämättä jouduta työskentelemään raskaiden taakkojen tai isojen koneiden kanssa. Tärkeimmät työturvallisuusriskit liittyvät kuumiin ja kosteisiin olosuhteisiin, sekä pölyihin, sieniin ja homeisiin jotka voivat runsastua erityisesti näissä olosuhteissa. Työturvallisuudesta on vasta vähän kokemusta, mutta altistavilta olosuhteilta suojautumisessa voidaan hyödyntää kokemusta lähialoilta, kuten kasvihuonetyöskentelystä. Työturvallisuusriskejä on arvioitu syvemmin tämän raportin osassa III.

8. Hyönteistuotannossa tarvittava osaaminen ja koulutustarjonta

Hyönteistuotannossa tarvitaan monialaista osaamista. Tuotantoeliön ja sen biologian ymmärtäminen on avainasemassa, mutta osaamista tarvitaan myös tuotantohygieniasta ja olosuuhallinnasta. Hyönteistalouden kasvun edellytyksenä on, että tulevaisuuden hyönteistuotannossa olosuhteiden ja kasvatusprosessien ohjaukseen kehitetään automaatiota sekä robotiikkaa. Hyönteistuotannossa tarvitaan siis myös teknistä osaamista.

Hyönteistuotantolaitoksen osaamistarve riippuu myös oleellisesti siitä, kuinka tuotanto järjestetään. Esimerkiksi Hollannista löytyy esimerkkejä siitä, että mustasotilaskärpäsen munitus ja vastakuoriutuneiden toukkien tuotanto on hoidettu keskitetysti tuotantolaitoksessa, joka pystyy tuottamaan toukkia useamman kasvattamon tarpeisiin. Tässä mallissa monimutkainen lisääntymisbiologia on hallittava vain munan- tai vastakuoriutuneen toukan tuotantoon erikoistuneessa laitoksessa. Kasvatukseen erikoistuneissa laitoksissa riittää, että henkilökunnalta löytyy osaaminen toukan kasvatusvaiheen prosesseihin.

Hankkeen yhteydenotoissa yrityksistä on saatu selville, että henkilökunnalla on monipuolinen koulutustausta. Tavallista on, että hyönteisyrietyksestä löytyy maatalouden, kotieläintieteen, insinöritieteiden, ravitsemustieteen, elintarviketieteiden, sekä biologian, mutta myös liiketaloustieteen ja markkinoinnin osaajia. Joissakin suuremmissa, pitkälle automatisoiduissa laitoksissa riittää, että vuorosta löytyy yksi, joka hallitsee koko prosessin hyvin. Muulle henkilökunnalle riittää perusosaaminen, joka on mahdollista saavuttaa hyvällä perehdytyksellä ja alan työkokemuksella.

8.1. Suomalainen koulutustarjonta

Kotimaassa ei ole vielä tarjolla hyönteistuotannon tutkintokoulutusta, mutta koulutusorganisaatioissa on havaittu uuden osaamisen ja koulutusten tarve. Suomalaista yliopistoista ainakin Helsingin yliopistossa ja Itä-Suomen yliopistossa on käynnissä useita hyönteistuotantoon liittyviä pro gradu- ja väitöskirjatöitä. Myös ammattikorkeakouluista on valmistunut hyönteistuotantoon tai –tuotteisiin liittyviä opinnäytetöitä (Taulukko 6). Ammattikorkeakoulut ovat lähteneet aktiivisesti mukaan erilaisiin kehittämishankkeisiin (Lähde & Suomela, 2016; Nokkonen, 2017), joista toivotaan saatavan uutta osaamista tulevaisuuden koulutustarpeeseen.

Taulukko 6. Suomalaisista ammattikorkeakouluista valmistuneet opinnäytetyöt liittyen hyönteistuotantoon ja – tuotteisiin (Theseus –tietokanta)

Opinnäytetyön tekijä	Vuosi	Opinnäytetyön nimi	Oppilaitos	Koulutusohjelma
Koivula, E.	2017	Hyönteisravinnon mahdollisuudet osana elintarvikejärjestelmää	Tampereen ammattikorkeakoulu	Palveluliiketoiminta
Nyholm, T.	2016	Sirkkaproteiinipatukoiden lanseerausstrategiat joukkorahoituspalveluissa	Metropolia ammattikorkeakoulu	Liiketalous
Kohl, A.	2016	Business potential of insect food : Studying the attitudes towards edible insects among young adults	Jyväskylän ammattikorkeakoulu	International business
Korkka, E.	2016	Insect Protein Production - Possibilities in Finland	Tampereen ammattikorkeakoulu	Environmental engineering
Kankare, K.	2015	Entomofagia : hyönteiset länsimaalaisen ihmisen lautaselle	Turun ammattikorkeakoulu	Palvelujen tuottaminen ja johtaminen
Taponen, I.	2015	Supply chain risk management in entomology farms : Case : High scale production of human food and animal feed	Metropolia ammattikorkeakoulu	International business and logistics
Nguyen, D.	2015	Business plan for boke insect restaurant	Savonia ammattikorkeakoulu	International business
Pekkarinen, J.	2013	Evaluation of a separative rearing method of mealworm beetle for protein production	Lahden ammattikorkeakoulu	Ympäristötekniologia

Suurतालouden ruokapalvelujen ja ravitsemusalan ammattilaisten kouluttamiseen kehitetään jo koulutuskokonaisuuksia, joissa huomioidaan hyönteisten käyttö raaka-aineena elintarvikkeissa sekä osana ruokavaliota. Koulutusta suunnitellaan hankevetoisesti Kouvolan Aikuiskoulutuskeskuksessa ja Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulussa. Koulutuskokonaisuudet valmistuvat keväällä 2019 ja niitä voidaan käyttää osana muuta koulutustarjontaa.

8.2. Kansainvälinen koulutustarjonta

Hollannissa Wageningenin yliopistossa on järjestetty syötäviin hyönteisiin liittyviä kursseja. Myös HAS ammattikorkeakoulussa 's-Hertogenboschissa on tarjolla hyönteistuotannon sivuainekoulutusta. Soveltavan biologian opiskelijat voivat valita hyönteistuotannon opintokokonaisuuden osaksi tutkintoaan. Opintoihin kuuluu luentoja sekä käytännön laboratorioita ja ruokintakokeita oppilaitoksen konttikokoluokan hyönteiskasvattamossa. Yksittäisiä kursseja on tarjolla myös elintarviketeknologian opiskelijoille. Kurseilla testataan mm. hyönteisraaka-aineiden soveltuvuutta ja käyttömahdollisuuksia elintarvikkeiden valmistamisessa. Lisäksi HAS tarjoaa noin viikon mittaisia intensiivikursseja hyönteisälälle aikoville yrittäjille. Kansainvälistä koulutuskokonaisuutta ei vielä ole tarjolla.

Hankkeen selvityksissä ei löydetty yhtään esimerkkiä tutkintokoulutuksesta, joka olisi tähdännyt ruoka- tai reuhuönteisten tuottajan pätevyyteen. Lähialojen, kuten mehiläistarhauksen tai biologisen torjunnan tutkintoon tähtäävää koulutusta on tosin tarjolla joissakin eurooppalaisissa tai poh-

joisamerikkalaisissa yliopistoissa ja muissa koulutusorganisaatioissa. Tarjolla on myös kansainvälistä intensiivikoulutusta ja työpajoja. Esimerkkinä listaus Mississippin yliopiston vuosittain järjestettävän kansainvälisen hyönteistuotannon työpajan aihepiireistä:

- Tuotantohyönteisten genetiikka
- Tuotantohyönteisten rehut
- Tuotantosysteemit
- Tuotantosysteemin hallinta
- Laatu ja sen hallinta
- Työ- ja ympäristöturvallisuus
- Taudinaiheuttajat ja tuotantohygienia
- Ilmanpuhtaus ja käsittely
- Ympäristöbiologia

Halloran et al. (2017) ovat selvittäneet thaimaalaisten sirkkatuottajien koulutustasoa ja osaamistarpeita. Noin puolet tutkimuksen kyselyihin vastanneista tuottajista oli hankkinut jonkinlaisen sirkkakasvatukseen perehdyttävän koulutuksen. Noin puolet koulutuksen saaneista oli suorittanut Khon Kaen yliopiston järjestämän koulutuksen. Osa oli saanut jonkin muun alueellisen tai julkisen tahon järjestämän koulutuksen. Myös rehualan yritykset olivat tarjonneet koulutusta osalle sirkkatuottajista. Tutkimuksesta selviää, että sirkkatuottajat kaipaavat parempaa osaamista hyönteisten genetiikasta ja sukusiittoisuuden tuomien ongelmien ehkäisemisestä. Myös uusimmasta tuotantoteknologiasta kaivataan lisää tietoa. Tuottajat listasivat koulutustarpeitaan seuraavasti:

- Tuotantohyönteisten taudinaiheuttajat ja niiden kontrolli
- Tuhohyönteiset ja ei-toivotut lajit, kuten hämähäkit, punkit ja jauhomato sekä niiden kontrolli
- Laadunparantaminen, vientikelpoisten tai tasakokoisten sirkkojen tuottaminen
- Markkinointi
- Tuotannon kausivaihtelu ja olosuhdehallinnan kontrollointi, erityisesti mikroilmaston lämpötilan säätely
- Hyönteistuotantoon liittyvä eläintiede
- Luomurehut, hyönteistuotantoon optimoidut rehut
- Rehunkäytön tehokkuus ja taloudellisuus

9. Tärkeitä toimijoita Länsimaissa

Ruoka- ja rehuhyönteisten kasvatukseen tai hyönteistuotteiden valmistukseen keskittyneiden yritysten määrä kasvaa nopeasti Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa. Valtaosa yrityksistä on nuoria, toimintaa on useimmilla ollut vasta alle viisi vuotta. Mukaan mahtuu isoja ja pieniä toimijoita. Seuraavassa esitellään yrityksiä muutamain esimerkein.

9.1. Nopeasti kasvavia yrityksiä

Euroopassa yksi nopeimmin kasvavista hyönteistuottajista on vuonna 2009 perustettu **Protix**, joka hyödyntää mm. ruokahävikkiä ja elintarvikesivuvirtoja mustasotilaskärpäsen kasvatuksessa. Kasvatukseen on kehitetty massamittaluokan teknologiaa ja automatiikkaa. Yrityksen tuotteita ovat rehut, proteiinit, lipidit, lannoitteet ja kitiini. Heinäkuussa 2017 yritys ilmoitti saaneensa 45 M€:n rahoituksen teknologia- ja tuotekehitykseen sekä laajentamiseen. Rahoituksen ja sen mahdollistamien yrityskauppojen kautta Protix osti Fair Insectin ja on nyt myös sirkka-, heinäsiirkka ja jauhomatotuotteillaan elintarvikemarkkinoilla.

Toinen eurooppalainen, nopeasti kasva yritys on ranskalainen **Ynsect**, joka on perustettu vuonna 2011. Yritys on erikoistunut jauhomadon kasvatusteknologian kehittämiseen ja hyönteisten tuottamiseen. Automaatioon ja robotiikkaan perustuvia uusia menetelmiä kehitetään tuotannon työvoimavaltaisiin vaiheisiin. Pääasiallisena tuotteena on kalanrehu, mutta yrityksellä on pyrkimys saada vahva asema myös sian ja siipikarjan rehujen tuotannosta. Yritys on saanut muutaman viime vuoden aikana rahoitusta yhteensä 35 M€. Vuonna 2016 yrityksen tuotanto käsitti satoja tonneja lopputuotteita. Parhaillaan käynnissä on laajennus, jonka seurauksena yritys tavoittelee merkittävää tuotannon lisäystä (Burwood-Taylor, 2016). Yrityksellä on muitakin tuotteita, kuten lipidit, kitiini ja sen johdannaiset sekä lannoite. Tuotantomenetelmät on sertifioitu.

Hollantilainen **Insect Europe** aloitti kotisiirran tuottamisen vuonna 2013. Yrityksellä on ollut pyrkimyksenä kehittää tuotantomenetelmää ja tuotteita elintarvikemarkkinoille. EU:n uusielintarvikelainsäädännön ja kuluttajien hyväksynnän riskeistä johtuen yritys lähti aluksi lemmikkituotteilla liikkeelle, sillä niiden riskit arvioitiin pienemmiksi. Tällä hetkellä yritys tuottaa pääasiassa kotisiirkoja ja valmistaa kuluttajille suunnattuja tuotteita, kuten tikkareita, snacksejä, kuivattuja ja maustettuja siirkoja, heinäsiirkoja sekä buffalo- ja jauhomatoja. Yritys myy omia **Delibugs**-tuotemerkillä varustettuja tuotteitaan sekä muiden valmistajien tuotteita verkkokaupan kautta. Yrityksen tuotantomenetelmät on sertifioitu elintarviketuotantoon.

Kanadalainen **Entomo Farms** on perustettu vuonna 2013. Taustalla oli perustajien osaamista hyönteiskasvatuksesta lemmikkituotteiden valmistukseen sekä halu edetä hyönteistuotteilla elintarvikemarkkinoille. Tällä hetkellä yritys kasvattaa siirkoja ja valmistaa niistä yrityksille suunnattuja tuotteita elintarvikevalmistukseen vähän alle 10 000 m²:n hallissa. Tärkein tuote on siirkajauho, jota käytetään mm. EXO- ja Chapul –patukoiden valmistukseen. Yritys toimittaa jauhetta myös Euroopan markkinoille. Jauhetta on tavallisen tai gluteenittoman. Saatavilla on myös tuotteita organic-tuotemerkillä varustettuna. Muita tuotteita ovat pakastettu ja paahdettu sirkka sekä jauhettu jauhopukin toukka. Tulevaisuudessa on tarkoitus lisätä pakastettujen hyönteisten sekä kokonaisten, kuivattujen tai paahdettujen hyönteisten osuutta tuotannosta.

USA:ssa yksi merkittävimmistä hyönteisyriksistä on vuonna 2013 perustettu **Aspire Food Group**, jonka perustajina on toiminut Hult Prize yrityskilpailun voittanut opiskelijatiimi. Miljoonan USA:n dollarin siemenrahoituksella käynnistyneellä yrityksellä on nyt kaupallisen koon hyönteistuotantolaitos USA:ssa ja pilottilaitokset sekä Meksikossa, että Ghanassa. Yritys tuottaa yritysasiakkaille siirkajauhetta sekä paahdettuja siirkoja. Kuluttaja-asiakkaille on tarjolla organic –tuotemerkillä varustettua siirkajauhoa sekä paahdettuja siirkoja. Kuluttajatuotteet markkinoidaan Aketta –tuotemerkillä.

All Things Bugs on toinen, tunnettu USA:lainen hyönteisyrittäjä ja se on perustettu vuonna 2011. Yritys on saanut hyönteistuotannon kehittämiseen ja kestävien elintarvikkeiden sekä lisäravinnon tuottamiseen tutkimus- ja kehittämisrahaa yhteensä noin 750 000 USA:n dollaria (Dossey et al. 2016). Yritys aloitti tutkimuksella ja menetelmäkehityksellä. Sirkkojen tuotanto alkoi vuonna 2014. Nyt yritys tuottaa sirkkajauhoa. Tärkein tuote on erittäin hienojakoinen sirkkapulveri, joka markkinoidaan tuotemerkillä Griopro.

Edellä esitellyt yritykset ovat lähteneet nopeaan kasvuun merkittävien yksityisten tai julkisten rahoittajien siemenrahoituksella sekä tiedepalkinnoilla ja apurahoilla. Näiden lisäksi alalla on myös esimerkkejä yrityksistä, jotka ovat onnistuneet keräämään joukkorahoituksen avulla pienistä lähteistä riittävän pääoman uusien tuotteiden kehittämisen ja tuotannon alulle saamiseen. Taulukkoon 7 on listattu joitakin joukkorahoituksen avulla markkinoille tullutta yritystä tai tuotetta.

Taulukko 7. Joukkorahoituksen avulla markkinoille saatuja tuotteita ja kerättyjä summia (Dossey et al., 2016)

Tuotteen tai yrityksen nimi	Tuotetyyppi	Saadun joukkorahoituksen määrä (US\$)
Chapul	Sirkkajauhetta sisältävä proteiinipatukka	16 000
EXO	Sirkkajauhetta sisältävä proteiinipatukka	55000
Six Foods	Sirkkajauhetta sisältävät chipsit	71000
Hopper Foods	Sirkkajauhetta sisältävä myslipatukka	35000
Crickers crackers	Sirkkajauhetta sisältävät coctail-keksit	33000
LIVIN farms	Kotikäyttöön tarkoitettu jauhomatokasvattamo	145000

9.2. Muita hyönteisalaa edistäviä organisaatioita

International Platform of Insects for Food and Feed, IPIFF, on eurooppalaisen hyönteisalalan edistämistä ja edunvalvontaa varten perustettu voittoa tavoittelematon organisaatio. Järjestön tavoitteena on edistää hyönteisten käyttöä elintarvikkeena ja rehuna. Järjestö edistää erilaisilla toimenpiteillä vuoropuhelua alan yritysten ja lainsäädännön sekä valvonnan viranomaisten välillä. Organisaatio tavoitteena on myös vahvistaa vuoropuhelua yliopistojen ja tuottajien välille. Jäsenistö koostuu noin 30:stä jäsenorganisaatiosta. Jäseninä on eurooppalaisia pieniä tai keskisuuria hyönteistuottajia sekä hyönteistuotteiden valmistajia tai markkinoijia. IPIFFin lisäksi Euroopassa toimii kansallisia hyönteistuottajia yhdistäviä verkostoja.

Dutch Venik on hollantilaisten hyönteistuottajien järjestö, jonka tavoitteena on edistää hyönteistuotantoon liittyvää TKI-toimintaa. Kehittämisen kohteina ovat hyönteiset kiertotalouden ratkaisissa, tuotannon ja tuotteiden laatuksymykset ja laatu järjestelmät, markkinoiden edistäminen, tuotekehitys, alan kehittämiseen tarvittavan tietopohjan kehittäminen, eläinten hyvinvointi hyönteistuotannossa, lainsäädännön muuttaminen hyönteistuotantoa ja hyönteisten käyttöä tukevaksi. Yksi järjestön näkyvimmistä kehittämisprojekteista on Insect Protein Innovation Platform, yhteistyöalusta, jossa hyödynnetään lähialueilla olevien yritysten sekä tutkimusorganisaatioiden osaamista ja infrastruktuuria tarkoituksena saada aikaiseksi kestäviä innovaatioita hyönteisalalle. Järjestöllä on vähän yli kymmenkunta yritys jäsentä. Partnereina on hollantilaisia sekä kansainvälisiä tutkimus- ja koulutusorganisaatioita.

Woven Network on isobritannialaisen hyönteistoimialan kehittämiseksi ja edunvalvonnan järjestämiseksi perustettu verkosto, jossa on jäseninä isobritannialaisia hyönteisalalan yrityksiä, mutta myös yliopistoja, ja kansainvälisiä järjestöjä.

Pohjois-Amerikassa toimii **The North American Coalition for Insect Agriculture** (NACIA, ent. NA-EIC). Järjestön tavoitteena on rakentaa yhteistyötä hyönteistuottajien ja hyönteistoimialan sekä sitä valvovien viranomaisten välille. Tavoitteena on myös saada hyönteisalan tietotarpeet tukemaan tutkimusta ja edistää hyönteistoimialan markkinoita.

Little Herds on Yhdysvalloissa toimiva, voittoa tavoittelematon organisaatio, joka edistää hyönteisten käyttöä elintarvikkeena ja rehuna. organisaatio järjestää tapahtumia ja tempauksia sekä tuottaa kansantajuista tietoa.

Nordic Food Lab on Kööpenhaminan yliopiston yhteydessä toimiva voittoa tavoittelematon avoimen kehittämisen organisaatio, jonka tavoitteena on luoda uusia raaka-aineita, tekniikoita ja tapoja kulinarististen tuotteiden aikaan saamiseksi. Ruokainnovaatioissa hyödynnetään monitieteistä osaamista elintarviketieteestä, kulttuuritieteistä ja taiteesta. Organisaatio on kehittänyt hyönteisistä tuotteita ja tuonut hyönteisruokaa näyttävästi ja houkuttavasti esille.

Network on Insects in the Circular Economy (NICE) on monitieteinen asiantuntijaverkosto, joka tukee pohjoismaista tutkimusyhteistyötä hyönteistuotannon kehittämiseksi ja erilaisten kiertotalouskysymysten ratkomiseksi. Verkoston toimintatapana on mm. seminaarien ja kokousten järjestäminen, joissa esitellään alan tutkimusprojektien tuoreimpia tuloksia. Verkoston jäsenenä on pohjoismaisia yliopistoja sekä tutkimuslaitoksia.

10. Hyönteisala tulonlähteenä ja arvoketjutarkastelu

Hyönteisala on niin uusi, että länsimaiset hyönteisten massatuotantoon keskittyneet yritykset ovat vielä start-up –vaiheessa. Alkuvaiheen teknologiassa on riskejä ja hyönteisten tuotannossa on paljon käsityövaltaisia vaiheita, mikä pitää tuotantokustannukset korkeina. Hyönteisten tuotannossa käytävien munien, rehujen ja muiden tuotantopanosten toimitusketjuja rakennetaan. Myös hyönteistuotemarkkinat ovat vasta aukeamassa ja kehittymässä. Lopputuotteen hinta muotoutuu vasta markkinoilla, ja tulevaisuutta on vaikeaa ennustaa vielä tässä vaiheessa. Länsimaissa kehitteillä olevan korkean teknologian automatisoituun tuotantoon perustuvan massakasvatuksen kannattavuutta on siksi vaikea arvioida tässä hankkeessa saatujen tietojen perusteella.

Suomen olosuhteissa lämpimien ja kosteiden olosuhteiden ylläpito ja hallinta ovat merkittäviä tuotannon kustannuksia. Myös työvoima on meillä kallista. Hyönteisalan kannattavuuden kannalta tärkeitä ratkottavia seikkoja ovatkin käsityön vähentäminen automaation ja robotiikan avulla sekä tuotannon järjestäminen niin, että voidaan hyödyntää lämpösivuvirtoja tai halpaa energiaa. Erilaisia vaihtoehtoja tuotannon järjestämiseksi on pohdittu. Tulevaisuuden ratkaisut voivat löytyä joko teollisiin symbiooseihin perustuvasta keskitetystä tuotantolaitoksesta, mutta myös hyvin toimivasta hajautetun tuotannon verkostosta, tai arvoketjusta.

Alan vasta kehittyessä moni eurooppalainen yritys toimii samanaikaisesti sekä teknologiakehittäjänä, hyönteistuottajana, jatkojalostajana että jakelijana. Tähän asti toimeentulon saaminen hyönteistuotannosta on ollut Suomessa ongelmallista, sillä lainsäädäntö on rajoittanut mahdollisuuksia markkinoida lopputuotetta. Markkinoiden rakentuessa ja kysynnän vakiintuessa uusia yrityksiä tulee todennäköisesti alalle nopeassa tahdissa. On todennäköistä, että tulevaisuudessa hyönteisyrietykset erikoistuvat joihinkin hyönteisruokaketjun vaiheisiin ja yksittäisen yrityksen ei ole enää hallittava koko ketjua. Seuraavassa esitellään muutama esimerkki maailmalta, kuinka ruokahyönteisten toimitusketjuja on lähdeetty rakentamaan, ja millaista lisäarvoa tuotteille on ketjun eri vaiheissa saatu.

10.1. USA:n esimerkki: rakentumassa oleva ketju vie sirkkakasvattamosta gourmet-ravintolaan

Hankkeessa tehtiin opintomatka Yhdysvaltoihin tarkoituksena selvittää Denverin (Colorado) hyönteistuotteiden toimitusketjua ja jakelukanavia. Alueella on vain muutama pieni hyönteistuottaja, tuotannossa on sirkkoja, jauhomatoja ja vahakoisaa elintarvikkeeksi sekä mustasotilaskärpäsen toukkaa takapihakanojen virikerehuksi. Alueen yrityksissä tuotantomenetelmien kehittäminen ja tuotanto on aloitettu vasta pari vuotta sitten. Matkalla keskityttiin selvittämään erityisesti sirkkan toimitusketjua.

Denverin ainoa sirkkakasvattamo, Rocky Mountain Micro Ranch tuottaa sirkkoja ja toimittaa niitä pakastettuna kaupungin ravintoloihin. Sirkat esikäsitellään ja pakastetaan alueen yritysten yhteiskäytössä olevassa tuotekehityskeittiössä. Hyönteisiä tarjoillaan vain muutamassa kaupungin ravintolassa. Näissäkin hyönteiset ovat listalla vain erikoistilaisuuksissa. Tavallisesti hyönteisruoka on tilattava etukäteen. Tarjontaa rajoittaa raaka-aineen saatavuus. Opintomatkan aikana saatiin sovittua hyönteisruokatarjoilusta kaupungin parhaisiin lukeutuvan Linger-ravintolan kanssa. Ravintola on tuonut maailman katuruokasuositukset sisätiloihin. Sirkkoja Lingerissä on tarjoiltu asiakkaille vuodesta 2016. Ensimmäisenä tarjolle saatiin sirkkacacot, joissa oli mukana kokonaisia sirkkoja. Nyt ravintolan vetonaulana ovat sirkka-empanadat. Ne ovat olleet kuluttajille helpompi vaihtoehto.

Keittiömestarin mukaan hyönteisraaka-aineiden käyttöä on jouduttu opettelemaan jonkun verran. Empanadan valmistusta varten jäisinä toimitetut sirkat höyrytetään ja rouhitaan. Sirkkarouhe sekoitetaan paistetun porsaanlihan tulisen maustekastikkeen kanssa. Seos levitetään taikinakuoreen, jonka valmistukseen on käytetty sirkkajauhoja. Suljetut taikinakuoret paistetaan ja tarjoillaan maisin, juuston ja maustekastikkeiden kera (Kuva 14). Annos käy tukevasta alkuruoasta tai pienestä pääruoasta. Annoksen hinta on 15 \$, se on yksi ravintolan kalleimmista annoksista.



Kuva 14. Denverissä tuotetut sirkat pakastetaan ja toimitetaan jäisinä ravintoloihin

Toinen tärkeä jakelukanava hyönteiselintarvikkeille on Denverin laidalla sijaitseva Butterfly Pavilion, näyttely johon on koottu näytille eläviä selkärangattomia. Näyttillä on yli 5000 eläinlajia kolmessa eri näyttelyhuoneessa. Mukana on myös muutama syötävä hyönteislaji. Näyttely on suunnattu koulu- ja harrastajille. Näyttelyn myymälässä on esillä muistoesineitä ja kirjallisuutta, mutta yhdessä osastossa myydään hyönteis-snacksejä ja makeisia (Kuva 15). Kuivatut ja maustetut jauhopukintoukat myytiin 1,9 g pakkauksessa ja sen hinta oli 2,90 \$. Muurahaisia sisältävän nekun hinta oli 3,49 \$ / 35 g ja tikkukaramellista pyydettiin 2,40 \$. Tuotteiden valmistamiseen on käytetty enimmäkseen Kaliforniassa tuotettuja hyönteisiä. Osa oli tuotu eri puolilta maailmaa. Paikallisia hyönteiselintarvikkeita ei ollut tarjolla.



Kuva 15. Luonnontieteellisen näyttelyn puoti on merkittävä elintarvikehyönteisten jakelukanava Denverissä. Tuotteet sisältävät pieniä määriä hyönteisraaka-aineita

10.2. Thaimaan esimerkki: toimivat ketjut ja street food

Hankeessa tehtiin opintomatka Thaimaahan, jossa jäljitettiin ruokahyönteisten toimitusketjua ja arvonmuodostusta. Thaimaa otettiin esimerkiksi, sillä siellä on arviolta noin 20 000 toimivaa sirkkakasvatustiloja, ja niiden yhteenlaskettu vuosituotto on n. 7500 tn (Halloran et al., 2017). Nykyisin käytössä oleva teknologia pohjautuu Khon Kaen yliopistossa 15 vuotta sitten kehitettyihin menetelmiin, joten Länsimaihien verrattuna sirkkakasvatuksesta alkaa Thaimaassa olla jo kokemusta. Valtaosa thai-

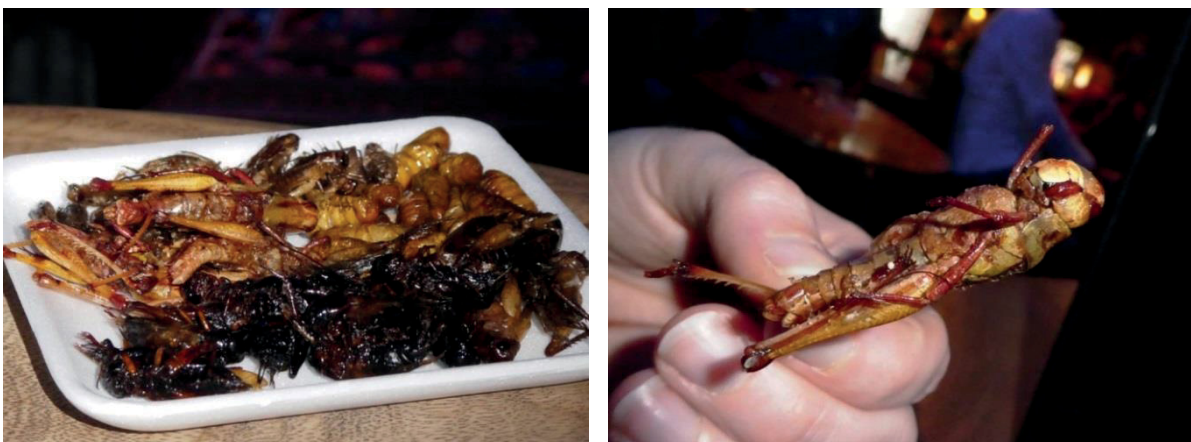
maalaisista sirkkakasvattamoista on maaseudulle sijoittuneita perheyriytyksiä ja sirkan tuotanto on monelle vain sivuelinkeino. Sirkantuotanto on pääasiallinen tulonlähde alle kolmannekselle tuottajista. Keskimäärin kasvattamoilla käytetään työaikaa alle kolme tuntia päivässä. Yksittäisen sirkkakasvattamon keskituotos on noin 350 kg vuodessa. Eteläisissä osissa tuotanto on ympärivuotista, mutta Pohjois-Thaimaassa tuotanto katkeaa talveksi lähinnä yölämpötilojen laskiessa n. alle 15-20°C. Tuottaja saa sirkoista noin 60-200 THB/kg, alueesta ja sirkkalajista riippuen. (Halloran et al. 2017).

Hankkeen opintomatalla vierailtiin Chiang Maita ympäröivällä maaseudulla sijaitsevalla sirkkakasvattamolla, joka oli kahden sisaruksen omistuksessa. Toinen sisaruksista tavattiin kasvattamolla, toinen oli myymässä sirkoja läheisellä torilla, josta paikalliset kävivät ostamassa tuoreita maataloustuotteita. Torimyyntiä varten sirkat oli paahdettu ja maustettu (Kuva 16). Kypsennetyt sirkat oli pakattu pieninä annoksina ilmalla täytettyihin muovipusseihin. Pussillinen maksoi torilla noin 40 THB.



Kuva 16. Perheyriytyks kasvattaa sirkat sekä myy kypsennetyt ja maustetut sirkat torilta suoraan paikallisille kuluttajille

Osa maaseudulla tuotetuista sirkoista päätty pidemmälle. Chiang Maissa kaupungin kaduilla kiersi iltaisin kärry, josta myytiin valmiiksi paahdettuja ja miedosti maustettuja hyönteisiä snackseiksi (Kuva 17). Tarjolla oli useita hyönteislajeja, kuten sirkoja, heinäsirkoja, silkkiperhosen toukkia tai jättivesiluteita. Pienestä lautasellisesta pyydettiin 40 THB. Kaupungissa on sunnuntai-iltaisin katuruokamarkkinat, joissa tarjoillaan hyönteisiä katuruokana.



Kuva 17. Iltaisin kaupungilla kiertää kärry, joka myy valmiiksi paahdettuja hyönteisiä snackseiksi

Hyönteisten toimitusketjua jäljitettiin myös Bangkokissa. Khlong Toein tori on suurin Bangkokin tuoretuotteita myyvä tori. Torilla myydään edulliseen hintaan elintarvikeraaka-aineita ja puolivalmis-

teita. Sieltä löytyy mausteita, hedelmiä, tuoreita kasviksia, riisiä ja jauhoja, munia, raakaa lihaa, kalaa, äyriäisiä ja muita mereneläviä. Tuotteita löytyy myös kuivattuna, jauhettuina, maustettuina ja säilöttyinä eri tavoin. Osa tuotantoeläimistä tuodaan torille elävinä ja teurastetaan sekä leikataan torilla tarpeen mukaan. Kauppaa käydään torilla joka päivä aikaisesta aamusta 06:00 myöhään yöhön 02:00 asti. Tori tyhjenee muutamaksi tunniksi siivousta varten. Torilla myydään pääasiassa suoraan tuottajien tuotteita. Ostajat ovat paikallisia.

Khlong Toein torilta löytyi hyönteisosasto, jossa oli muutama hyönteisten myyjää (Kuva 18). Myynnissä oli jäihin laitettuja tuoreita hyönteisiä, kuten erilaisia sirkkoja, silkkiperhosen toukkia, termiittejä. Kaikki hyönteiset maksoivat 150 THB / kg. Vertailuna, kokonainen kana maksoi torilla 80-90 THB, kilo possun suikaletta 80 THB, tuoreet äyriäiset 180 THB/kg, kuivatut kalat 380 - 550 THB/ kg. Kielitaidon puutteen vuoksi ei saatu selville hyönteisten tarkempaa alkuperää.

Bangkokista löytyy lukuisia monipuolisia katuruoka-alueita ja paikallisten mukaan sieltä voi helposti löytää myös paikan päällä valmistettua hyönteisruokaa. Opintomatalla ehdittiin tutustua vain yhteen. Chao San Road on kuuluisa reppureissaajien suosikkikohta Bangkokin laitamilla. Illan hämytyessä katu alkoi täyttyä myyntikojuista. Ruokahyönteisten myynti oli selvästi suunnattu eksotiikanhakuksille turisteille. Kaikissa kärryissä tarjonta oli suurin piirtein samanlaista. Tarjolla oli paahdettuja ja maustettuja sirkkoja, heinäsiirkkoja, silkkiperhosen toukkia, jättivesiluteita, mutta hyönteisten lisäksi tarjolla oli myös skorpionia ja sammakoita. Siellä täällä kierteli myyjä skorpionitarjottimen kanssa.



Kuva 18. Khlong Toein torilla myydään tuoreita hyönteisiä jäissä. Iltaisin niitä myydään paahdettuina ja maustettuina eksotiikanhaluiksille turisteille Bangkokin kuuluisilla katuruoka-alueilla

Hyönteisten myyntihinta vaihteli lajeittain, pienet hyönteiset maksoivat 10 THB / kpl, isommat 20 THB/kpl, sammakosta pyydettiin 40 THB ja skorpionista 150 THB. Myös kärryn valokuvaaminen oli maksullista. Valokuvia sain ottaa 10 THB:n hintaan. Myyjät kertoivat, että hyönteiset on käyty aamulla ostamassa Khlong Toein torilta. Sen jälkeen ne on käyty valmistamassa kotona. Chao San Roadilla ei nähty yhtään kojua, jossa hyönteisiä olisi kypsennetty. Skorpionin myyjä kertoi skorpionien tulevan lähieseltä tilalta, mutta tarkempaa alkuperää ei saatu selville. Eräs hyönteisten myyjä arveli alkuperäksi Chiang Main, toinen tiesi hyönteisten tulevan pohjoisemmasta, ehkä Kheun Keusta tai Isaasta.

Thaimaassa hyönteiset ovat olleet suosittua katuruokaa, mutta nyt hyönteiset ovat sielläkin siirtymässä pois kadulta. Ravintoloiden ruokalistoilta ei onnistuttu löytämään hyönteisiä, mutta katuruoan lisäksi hyönteisiä oli tarjolla joissakin 7-Eleven ketjun marketeissa prosessoituina elintarvikkeina sipsihyllyssä (Kuva 19). Pienen pussin hinta oli 25 THB. Lisäksi Thaimaassa on kehittymässä uuden tyyppiset markkinat hyönteisjauholle ja siitä jalostetuille elintarvikkeille. Osa sirkkajauhosta menee vientiin.



Kuva 19. Paahdettuja sirkoja saa myös marketista pussiin pakattuna. Mausteena voi olla esim. merilevä

11. Hyönteistuotantoon ja tuotteisiin liittyvä lainsäädäntö

Länsimaissa lainsäädäntö on yksi merkittävimmistä seikoista, joka on hidastanut hyönteisalan kehittymistä. Lainsäädäntöä ollaan kuitenkin monilta osin uudistamassa ja hyönteistuotanto sekä hyönteisten hyödyntäminen elintarvikkeen, rehuna tai muissa biotalouden uusissa tuotteissa on mukana keskusteluissa. Yhteenveto hyönteistuotantoon sovellettavasta keskeisestä lainsäädännöstä löytyy raportin lopusta (osa III). Asia on viime aikoina edennyt nopeasti. Uutta tuotantoa tai yritystoimintaa suunniteltaessa tuorein tieto on syytä tarkistaa viranomaisilta.

11.1. Elintarvikkeet

EU:ssa hyönteiset katsotaan uuselintarvikkeeksi. Tämä tarkoittaa, että hyönteisten markkinointiin elintarvikkeena tarvitaan uuselintarvikelupa. Lupia ei ole haettu, mutta jotkin EU-maat ovat päästäneet hyönteistuotteet elintarvikemarkkinoille tietyin rajoituksin. Suomi ei ole aiemmin tehnyt omia tulkintoja hyönteisten sallimisesta elintarvikemarkkinoille, mutta syyskuussa 2017 Maa- ja metsätalousministeriö teki päätöksen sallia kokonaiset hyönteiset.

Uusi uuselintarvikelaki on tulossa täysimääräisenä voimaan vuoden 2018 alusta. Se tuo mukanaan mahdollisuuden hyväksyä EU:n ulkopuolisissa maissa käytössä olevat perinteiset elintarvikkeet markkinoille helpotetulla ilmoitusmenettelyllä. Uutta myös on, että lupa on yleinen eikä sitä myönnetä enää toimijakohtaisesti. Uuden lain voimaantulossa noudatetaan siirtymäkautta. Viimeistään 1.1.2018 EU:n markkinoilla olleiden hyönteistuotteiden myyntiä saa jatkaa vuoden 2018 loppuun asti edellyttäen että uuden asetuksen mukainen uuselintarvikehakemus on jätetty komissiolle 1.1.2019 mennessä. Tämän jälkeen myynti voi jatkua kunnes komissio päättää asiasta.

Meillä voimassa olevassa elintarvikelainsäädännössä ei ole erityisesti hyönteisiä koskevia vaatimuksia. Hyönteistuotantoon sovelletaan yleisiä elintarvikelainsäädännön vaatimuksia ja niiden valvontaa. **Tuottajat ovat vastuussa tuotteidensa turvallisuudesta sekä tuotteista annettujen tietojen oikeellisuudesta. Erityisesti toiminnassa on huomioitava eläinten hyvinvointi, hygieeniset toiminnot ja kuluttajille annettavat tiedot.** Evira laatii 1.1.2018 jälkeen listan siirtymäkauden aikana sallituista hyönteislajeista.

Tätä raporttia kirjoitettaessa Evira on saanut juuri valmiiksi ohjeen Hyönteiset elintarvikkeena (10588/1). Ohje löytyy Eviran Internet-sivuilla johon päivitetään uusin tieto. Ohjeesta löytyy lista keskeisestä sovellettavasta elintarvike- ja rehulainsäädännöstä. Eviran Internet-sivut:

<https://www.evira.fi/elintarvikkeet/valmistus-ja-myynti/elintarvikeryhmat/hyonteiset/>

11.2. Rehut

Lainsäädäntöä hyönteisten käytöstä rehuna ollaan uudistamassa, mutta hyönteisiä voidaan jo nyt käyttää muiden eläinten rehuina tietyin rajoituksin. Tällä hetkellä elintarviketuotantoeläinten rehuksi voi kasvattaa seitsemää hyönteislajia: mustasotilaskärpänen (*H. illucens*), huonekärpänen (*M. domestica*), jauhopukki (*T. molitor*), kanatunkkari (*A. diaperinus*), kotisirkka (*A. domesticus*), trooppinen kotisirkka (*G. sigillatus*) ja kenttäsiirkka (*G. assimilis*). Eläviä hyönteisiä voidaan käyttää kaikkien eläinten rehuiksi märehittäjiä lukuun ottamatta. 1.7.2017 lähtien prosessoiduista hyönteisistä saatua rasvaa on saanut käyttää eläinten rehuissa. Hyönteisproteiinia voidaan käyttää vesiviljelyeläinten, eli kalojen rehuissa. Rehuhyönteistuottajan on rekisteröidyttävä Eviraan rehualan toimijaksi. Hyönteisistä saadun käsitellyn valkuaisen tuottajan on haettava Evirasta sivutuoteasetuksen mukaista hyväksyntää toiminnalleen. Tuorein tieto asiasta löytyy Eviran Internet-sivuilta.

11.3. Biomassojen käsittely hyönteisillä

Nykyisen lainsäädännön mukaan hyönteisten kasvatukseen voidaan käyttää rehueluettelossa mainittuja ainesosia. Ruoka- tai biojätteen, teuras- tai kalanperkuujätteen sekä lannan syöttäminen hyönteisille on kielletty, vaikka ne luonnossa esiintyessään käyttäisivätkin vastaavia biomassoja ravinnokseen. Tämä koskee myös hyönteisiä, joita ei ole tarkoitettu hyödynnettäviksi ruokaketjussa, vaan tuotetaan teknisiin tarkoituksiin, kuten energiaksi, kemianteollisuuden raaka-aineeksi tai maanparannukseen. Nykyinen lainsäädäntö rajoittaa näin ollen voimakkaasti hyönteisten hyödyntämistä biomassojen käsittelyssä.

12. Hyönteistuotannon tutkimus Suomessa

Ruoka- ja rehuhyönteisten massakasvatukseen liittyvää tutkimusta on käynnistetty vasta viime vuosina, kun yrityksissä on kiinnostuttu niihin liittyvästä liiketoiminnasta. Alan pioneeriyrityksissä onkin tehty paljon aiheeseen liittyvää tutkimusta ja yrityksissä oleva tutkimusosaaminen on yritysten omaisuutta. Hyönteistuotannon julkinen tutkimus on lähtenyt Suomessa käyntiin vasta vuonna 2015. Ensimmäiset hankkeet ovat päättymässä tänä vuonna.

Hanketoiminnalla on tuettu hyönteisalan rakentumista monelta suunnalta. Niissä on selvitetty elintarvike- ja rehuteollisuuden halukkuutta hyönteisraaka-aineiden käyttöönottoon, kuluttajien näkemyksiä hyönteisruoan houkuttavuudesta, hyönteisrehujen käyttöä kalan, siipikarjan ja sian ruokinnassa sekä ennakoitu lainsäädännön vaikutuksia uusien hyönteispohjaisten innovaatioiden käyttöönottoon. Käynnissä on myös hankkeita, joissa kehitetään hyönteisten tuotantomenetelmiä ja rehuja. Alla on lista julkisen rahoituksen saaneista suomalaisista tutkimus- ja kehittämishankkeista, joissa on tavoitteena viedä eteenpäin tai tukea hyönteisalan kehitystä:

- Hyönteiset ruokaketjussa 2015-2017 (TEKES)
 - Koordinaattori: Turun yliopisto
 - Tutkimusyhteistyö: Luonnonvarakeskus
 - Yrityskumppanit: Biotus, EntoCube, Pohjolan hyönteistalous, Clewer Technology, Gala Mare, HKScan, Kronfågel, Leader Foods, RaisioAgro ja Saarioinen.
- ScenoProt, Novel protein sources for food security 2015-2021 (Suomen Akatemia)
 - Koordinaattori: Luonnonvarakeskus
 - Tutkimusyhteistyö: Helsingin, Turun, Jyväskylän yliopistot, NMBU
 - Yrityskumppanit: TNO, Makery Oy.
- Poprasus, Politiikka, käytännöt ja kestävä ruokavalion muutospotentiaali 2016-2020 (Suomen Akatemia)
 - Koordinaattori: Tampereen yliopisto
 - Tutkimusyhteistyö: Suomen ympäristökeskus, Helsingin yliopisto
- FlyHigh 2015-2018 (EU, Marie Skłodowska-Curie)
 - Koordinaattori: Helsingin yliopisto
 - Tutkimusyhteistyö: Universities of Alicante, Novi Sad
 - Yrityskumppanit: Agriprotein, Bioflytech
- Ruspolia heinäsiirikköjen massakasvatustekniikan kehittäminen 2015-2019 (Suomen Akatemia)
 - Koordinaattori: Itä-Suomen yliopisto
 - Tutkimusyhteistyö: kv-tutkijaryhmä, Uganda
- Entolab 2016-2018 (EU:n maaseudun kehittämisrahasto)
 - Koordinaattori: Luonnonvarakeskus
 - Kumppanit: SEAMK
- HyväRehu 2017-2019 Makena-hanke (Maa- ja metsätalousministeriö)
 - Koordinaattori: Luonnonvarakeskus
 - Tutkimusyhteistyö: UEF
- Hyönteistuotannon esiselvitys 2017 Maaseudun kehittämishanke (Pohjois-Karjalan ELY-keskus)
 - Koordinaattori: Pielisen karjalan kehittämiskeskus PIKES Oy
 - Tutkimusyhteistyö: Luonnonvarakeskus
- Kalalle Toukkaa 2017 (Luken strateginen hanke)
 - Koordinaattori: Luonnonvarakeskus
- Hyönteisbiojalostamo Pohjois-Karjalaan 2018 Maaseudun kehittämishanke (Pohjois-Karjalan ELY-keskus)

- Koordinaattori: Itä-Suomen yliopisto
- Sirkkaa Sopassa 2017-2019 (Sitra)
 - Koordinaattori: Kouvolan aikuiskoulutuskeskus
 - Kehittämissyhteistyö: Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Etelä-Kymenlaakson ammattiopisto, Itä-Uudenmaan koulutuskuntayhtymä
 - Yrityskumppanit: Team Entis, Entomophagy Solutions Oy, Pohjolan Hyönteistalous Oy, hyönteiskokki Topi Kairenius.

Julkinen tutkimus on vielä alkuvaiheessa. Hyönteisten tuotantomenetelmien sekä tuotannon tehokkuuden ja taloudellisuuden tutkimuksen kannalta olennaisten tutkimusmenetelmien sekä työkalujen kehittäminen on vielä kesken. Tutkimushankkeet ovat pääsääntöisesti verkottuneet elinkeinoelämän kanssa ja niissä haetaan ratkaisuja hyönteistoimialan käytännöstä nousseisiin ongelmiin. Myös perustutkimusta vahvan tutkimuspohjan luomiseksi tutkimuspainotteisen TKI-työlle.

Lisää tutkimusta tarvitaan vielä kaikilla hyönteistoimialan alueilla, kuten

- Elintarvike- ja rehuhygieniä sekä turvallisuus
- Hyönteisruoan ja rehun terveysvaikutukset
- Kuluttajat ja markkinat
- Tuotteet, tuotantoprosessit ja formulointi
- Hyönteistuotannon menetelmät ja teknologiat
- Taudinaiheuttajat ja niiden kontrollointi
- Hyönteistuotannon taloudellisuus
- Hyönteiset tuotantoeläiminä ja eläinten hyvinvointi
- Hyönteisten genetiikka ja jalostus
- Sivutuotteet ja kiertotalousratkaisut
- Hyönteisten tekninen käyttö

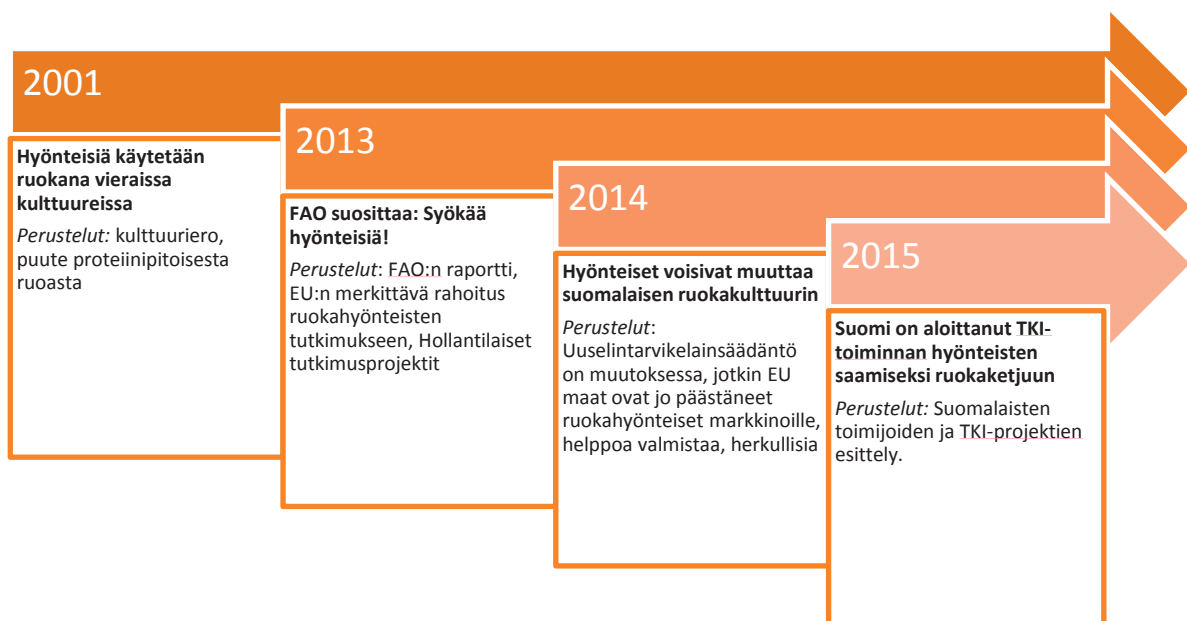
13. Hyönteistoimialan kehitys ja innovaatioaktorit Suomessa

Hyönteistuotannon ja sen mahdollisuuksien ympärille on rakentumassa uusi toimiala. Uuden toimialan synty voi luoda tarpeita uusien yritysten synnylle, tai mahdollistaa jo toimivien yritysten laajentamisen uusille liiketoiminta-alueille. Uusilla toimialoilla tarvitaan uutta tietoa ja teknologiaa, sekä tehokasta tiedon- ja teknologiansiirtoa. Uuden teknologian avulla voidaan tuottaa uusia tuotteita ja palveluja. Uuden toimialan tuotteille on usein löydettävä uudet markkinat. Uusien markkinoiden synty voi edellyttää muutoksia vallitsevassa lainsäädännössä tai valvonnassa. Uusilla markkinoilla tarvitaan uusia asiakkaita, joiden hyväksyntä on saatava uusille tuotteilla murtamalla asiakkaiden muutosvastarinta. Kun nämä teknologisen muutoksen ja innovaatiojärjestelmän prosessit alkavat toimia, ja tuottavat hyötyä muiden prosessien toiminnalle, voidaan toimialalla odottaa syntyvän uusia ja kestäviä innovaatioita (esim. Hekkert, et al., 2007).

Hyönteistoimialan rakentumisen tilannetta Suomessa selvitettiin mediatutkimuksella. Tutkimukseen haettiin hyönteisten ruoka- ja rehukäyttöön liittyviä kotimaisia lehtiartikkeleita 1990-luvulta tähän päivään (lokakuu 2017) alla luetelluista lähteistä.

- Helsingin Sanomat (1990 – nyk.)
- Maaseudun Tulevaisuus (1990 – nyk.)
- ePress, 200 paikallislehteä (6/2015 – nyk.)
- Suomen Kuvalehti (1990 – nyk.)
- YLE Internet uutiset

Yhteensä mediatutkimuksessa käytiin läpi yli 300 relevanssin pohjalta valittua artikkelia. Ydinviestit ovat vaihdelleet eri aikoina (Kuva 20). Vuoden 2014 jälkeen mediassa on kuvattu toimialan kehitystä ja esitelty innovaatiojärjestelmän toimijoita. Alan rakentumisen nykytilaa, toimijoista ja artikkeleissa esitettyjä yrittäjien ja asiantuntijoiden ajatuksia tulevaisuuden kehityksestä on koottu alle.



Kuva 20. Hyönteisruoasta kertovat ydinviestit ovat vaihdelleet suomalaisissa lehtiartikkeleissa eri aikoina. Uusin viesti on, että Suomi on mukana hyönteistalouden kehityksen kärjessä. Perusteluna on, että Suomi sallii hyönteisruoan, suomalaiset ovat vastaanottavaisia uusia tuotteita, suomalaiset yritykset ovat mukana sirkkakasvatuksen teknologikehityskärjessä

Yrittäjyys: Suomesta löytyy yksi yritys, Biotus, jossa on yli kymmenen vuoden kokemus hyönteisten kasvatuksesta biologisen torjunnan tarpeisiin. Yritys on ollut aktiivisesti mukana rehu- ja ruokahyönteisiin liittyvissä TKI-hankkeissa. Ensimmäiset elintarvike- ja rehuikäyttöön tarkoitettujen hyönteisten kasvatusteknologiat ja teknologiaa kehittävä ura uurtavat yritykset on perustettu vuonna 2014-2015. Pohjolan hyönteistalous aloitti menetelmä- ja kasvatusteknologiakehityksen jauhomadoille ja on sittemmin painottanut teknologiakehitystä sirkantuotantoon. Yritys kehittää menetelmiä ja teknologiaa Aasiassa ja Yhdysvalloissa sijaitsevilla pilottilaitoksillaan. Suunnitelmissa on siirtää automatisoitu kasvatusteknologia maataloille eri puolille Suomea.

Entocube on kehittänyt sirkkojen tuotantoon optimoitua olosuhdekонтроloitua konttiratkaisua, joka voidaan viedä tuottajan ympäristöön. Esimerkiksi karjankasvatuksesta luopuvien maatalojen tuotantorakennukset olisi mahdollista muuntaa konttien avulla hyönteistuotantoon sopiviksi. Finsect on kehittänyt maatalojen mittakaavaan sopivat menetelmät ja sirkkojen tuotantoon. Yritys on erikoistunut auttamaan suomalaisia maatilayrittäjiä alkuun sirkkatuotannossa kehittämänsä palvelutarjonnan avulla.

Edellä mainittujen yritysten lisäksi alalla on useita tuottajia, jotka ovat aloitelleet tai suunnittelevat pienimuotoista sirkkatuotantoa. Valtaosa on entuudestaan maatilayrittäjiä, mukana on sekä kotieläin- että kasvintuotantotiloja. Osa näistä yrittäjistä suunnittelee hyönteistuotannon laajentamista päätoimiseksi, osa näkee sen tulevaisuudessakin sivutuotantovaihtoehtona. Muutama start up tai PK-yritys kehittää hyönteisistä elintarvikkeita ja lemmikkituotteita.

Suomalaisia hyönteiskasvattajia ja teknologiakehittäjiä

- Biotus Oy, Forssa
- Pohjolan hyönteistalous Oy, Kouvola
- Entocube Oy, Espoo
- Finsect Oy, Helsinki
- Entoprot Oy, Oulu
- BugTory Oy, Loimaa
- KarFilec, Huittinen
- Maatila Panu Ollikkala, Kurikka
- Maatila Markku Hirvelä, Kurikka
- Niittykummun maatila, Hermannin Niemen, Joensuu
- Maatila Jouko Siikonen, Tammela

Hyönteistuotteiden kehitystä, valmistusta ja kauppaa

- Ilmastokokki – Eco-Chef Oy, Helsinki
- Entomophagy Solutions Oy, Turku
- Kotkan muurahaiskauppa Oy, Kotka
- Topi Kairenius, hyönteiskokki, yrittäjä

Tiedontuotanto: Suomalainen tutkimus on lähtenyt mukaan alan kehittämiseen vasta pari vuotta sitten, mutta alan tutkimus kasvaa nopeasti. Hyönteisalan tutkimushankkeita on käynnissä noin kymmenessä TK-organisaatiossa. Julkinen tutkimus on ollut monitieteistä ja yritysten kanssa verkottunutta. Hyönteisiin liittyvästä kuluttajatutkimuksesta on saatu tuloksia, samoin hyönteisten käyttöön elintarvikkeina ja rehuina. Tuotantomenetelmäkehitykseen ja hyönteisten tutkimiseen tuotantoeläiminä kehitetään vasta työkaluja.

Tiedon- ja teknologiansiirto: Teknologiansiirtoa on yritysten välillä, suomalaiset yritykset hakevat patenteja menetelmilleen ja käynnistyvillä hyönteiskasvattamoilla hyödynnetään alan pioneeriyritysten kehittämää teknologiaa. Tutkimushankkeita on toteutettu yritys – tutkimuslaitosyhteis-

työssä, tiedonsiirto tutkimuksen ja yritysten välille on alkanut rakentua osana hankkeiden toimintaa. Jatkossa, kun tietoa saadaan lisää, tarvitaan myös koulutusta.

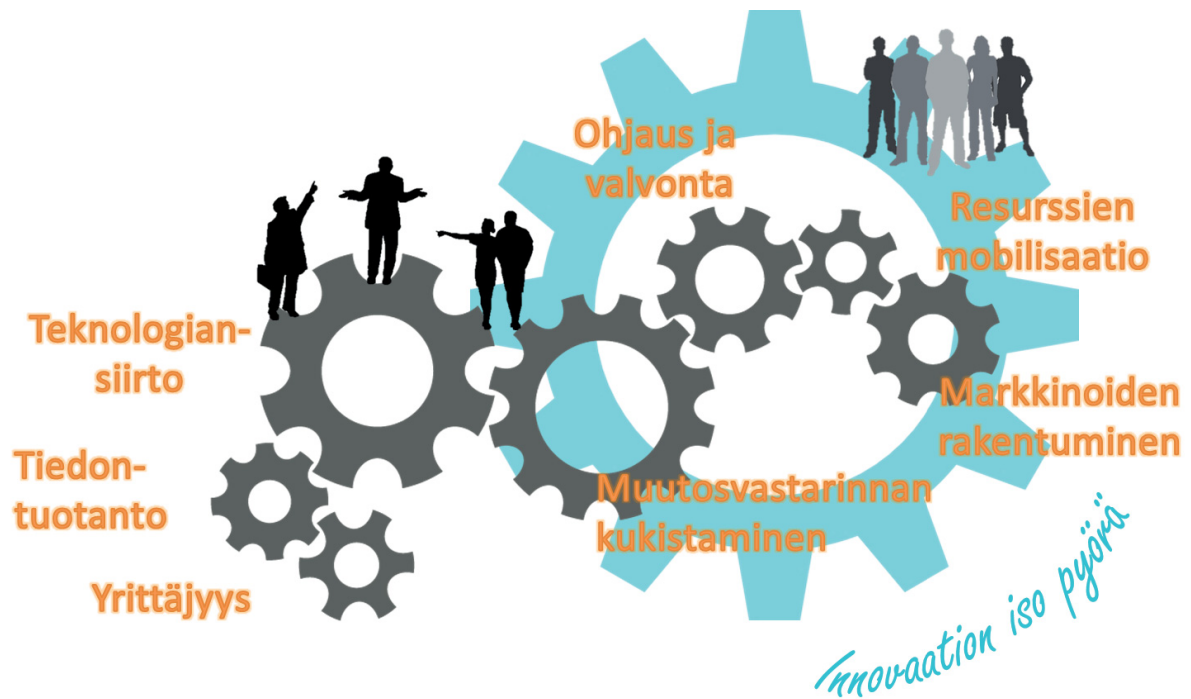
Ohjaus ja valvonta: Hyönteisten kasvatusta sekä käyttö elintarvikkeena tai rehuna on lainsäädännön kannalta uusi asia, jota ei ole osattu ottaa huomioon kun lakeja on säädetty. Nykyiset tukinnat mahdollistavat hyönteisten käytön elintarvikkeena ja rehuna. Viimeaikaiset muutokset on tehty nopealla tahdilla. Viranomaisten ja yritysten välille on syntynyt yhteistyötä ja luottamusta, joka on mahdollistanut ripeän etenemisen. Säädös- ja valvontapuolella on vielä monia ratkaisemattomia asioita. Eri toimijat ovat käyneet keskustelua voimavarojen yhdistämisestä yhteisen uuselintarvikeluvan hakemisesta, mutta asia ei ole edennyt. Vielä on epävarmaa, kuinka tilanne etenee siirtymäkauden aikana.

Kuluttajien hyväksyntä: Tutkimusten mukaan suomalaiset kuluttajat ottaisivat naapurimaita avomielisemmin uudet hyönteistuotteet vastaan. Hyönteisruokakeskustelu on ollut tiheästi esillä mediassa. Tutkimushankkeet ovat näkyneet mediassa ja hyönteisruokaan liittyvä uusi tieto on herättänyt kuluttajien mielenkiinnon. Yritykset ja kolmannen sektorin toimijat, kuten Hyönteistalouden akateeminen kehittämissyhteistyö Unibugs ry, ovat järjestäneet tilaisuuksia, joissa on levitetty tietoa ja hyönteisruokaa on ollut esillä. Erilaisia projekteja on järjestetty myös koulujen kanssa.

Ravintolat ovat olleet mukana kuluttajien kiinnostuksen herättämisessä. Helsingissä ja Tampereella on järjestetty illallistilaisuuksia, joissa hyönteiset on valmistettu ja tarjoiltu annoskoristeina. Koristeena markkinoitavia hyönteis-snacksejä on myös ollut esillä pubeissa.

Markkinoiden rakentuminen: Hyönteisruokamarkkinoiden avautumista odotellessa markkinoille on menty lemmikkituotteilla. Lisäksi yritykset ovat herätelleet aikaista kysyntää tuomalla markkinoille hyönteisiä sisältäviä pöytäkoristeita. Hyönteisalan yritykset ovat kehittäneet pian aukeaville markkinoille uusia tuotteita, kuten sirkkajauheita, eineksiä, leipomotuotteita, snacksejä, keksejä ja drinkkejä ja makkaraa. Myös isot elintarvikealan toimijat, kuten Coca-Cola Suomi, Fazer, Kotipizza ovat olleet kiinnostuneita uusista raaka-aineista. K-ryhmä valmistautuu hyönteistuotteiden jakeluun myymälöissään. Jotkin suomalaiset tuottajat ovat valmistautuneet myös vientiin. Ensimmäisten tuotteiden odotetaan olevan hintavia, mutta hinnan odotetaan laskevan jo ensimmäisen markkinoillaolovuoden aikana.

Resurssien mobilisaatio: Hyönteistuotannon aloittamisen tai investointien tukemiseen ei ole olemassa omaa instrumenttia. Hyönteistuotantoon ei myöskään saa maataloustukia. Yritystukia harvittaessa hyönteistuotanto voidaan kuitenkin katsoa alkutuotannoksi, jolle tukiprosentti on pieni.



Kuva 21. Innovaatiosysteemi tarvitsee toimiakseen useita prosesseja. Kun kaikki tarvittavat prosessit toimivat, voi innovaatioita syntyä

Innovaatiosysteemin rakentuminen on vauhdittunut vasta muutaman viime vuoden aikana. Toimialan kehitys on vielä hyvin alussa. Lukuisia uusia tuottajia tarvitaan alalle, jotta voidaan tuottaa raaka-aineita riittävästi elintarviketeollisuuden tarpeisiin. Rehuksi hyönteisiä ei tuota vielä kukaan. Tuottajien erikoistuminen ja ketjujen rakentuminen on myös vielä alkuvaiheessa. Esimerkiksi munan-tuotantoon erikoistuneita tuottajia ei Suomessa vielä ole. Innovaatiosysteemin rakenne alkaa vasta muovautua kun tuotteita saadaan markkinoille. Jos onnistutaan hyödyntämään lähialojen teknologia-ratkaisuja, korkeaa elintarvikeosaamista ja olemassa olevia tehokkaita elintarvikeketjuja, on alalla hyvät mahdollisuudet kehittyä nopeasti ja voimme saavuttaa hyönteistalouden kansainvälisen kärjen.

Viitteet

- ANSES. French Agency for Food, Environmental and Occupational Health and Safety. 2015. Opinion of the the French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety on “the use of insects as food and feed and the review of scientific knowledge on the health risks related to the consumption of insects”. ANSES opinion 2014-SA-0153.
- Arrese, E., Soulages, J. 2010. Insect fat body – energy, metabolism and regulation. *Annu Rev Entomo* 55: 207-225.
- FAO STAT. 2017. <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
- FASFC Scientific Committee of the Federal Agency for the Safety of the Food Chain. 2014. Food safety aspects of insects intended for human consumption. *Sci Com dossier* 2014/04; SHC dossier n° 9160.
- Burwood-Taylor, L. 2016. Ynsect raises \$ 15.2 m Series B for robotics-enabled insect farm to replace unsustainable Fishmeal. *AgFundernews.com*. Published Dec 14, 2016.
- Chapman, A. 2009. Numbers of living species in Australia and the World. 2nd ed. Australian Biodiversity Information Services. Toowoomba, Australia. 84 p.
- Cohen, A. 2015. *Insect Diets, Science and Technology*. 2nd ed. CRC Press. 427 p.
- Cortes Ortiz, J., Ruiz, A., Morales-Ramos, J., Thomas, M., Rojas, M., Tomberlin, J., Yi, L., Han, R., Giroud, L., Jullien, R. 2016. Insect mass production technologies. Pp 153-201 in: Dossey, A., Morales-Ramos, J., Guadalupe Rojas, M. (Eds.) *Insects as Sustainable Food Ingredients*. Academic Press.
- Costa-Neto, E. Dunkel, F. 2016. Insects as food: History, culture and modern use around the world. Pp. 29-60 in: Dossey, A., Morales-Ramos, J., Guadalupe Rojas, M. (Eds.) *Insects as Sustainable Food Ingredients*. Academic Press.
- Dossey, A., Tatum, J., McGill, W. 2016 Modern insect-based food industry: current status, insect processing technology, and recommendations moving forward. 113-152 in: Dossey, A., Morales-Ramos, J., Guadalupe Rojas, M. (Eds.) *Insects as Sustainable Food Ingredients*. Academic Press.
- EFSA Scientific Committee. 2015. Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *EFSA Journal* 113(10):4257. 60 p.
- Evira 2017. Hyönteiset elintarvikkeena. *Eviran ohje* 10588/1. 40 p.
- Eilenberg, J., Vlak, J., Nielsen-LeRoux, C., Cappellozza, S., Jensen, A. 2015. Diseases in insects produced for food and feed. Review. *Journal of Insects as Food and Feed*, 2015; 1(2): 87-102.
- Gahukar, R. 2016. Edible insects farming: Efficiency and impact on family livelihood, food security and environment compared with livestock and crops. Pp. 85-111 in: Dossey, A., Morales-Ramos, J., Guadalupe Rojas, M. (Eds.) *Insects as Sustainable Food Ingredients*. Academic Press.
- van Hall, M., Dierikx, C., Cohen, S., Voets, G., van den Munckhof, M., van Essen-Zandbergen, A., Platteel, T., Fluit, A., van de Sande-Bruinsma, N. Scharinga, J. Bonten, M.J.M. & Mevius, D.J. 2011. Dutch patients, retail chicken meat and poultry share the same ESBL genes, plasmids and strains. *Clinical Microbiology and Infection*, 17(6): 873–880.
- Halloran, A., Roos, N., Hanboonsong, Y. 2017. Cricket farming as a livelihood strategy in Thailand. *The Geographical Journal* 183(1):112-124.
- Hekkert, M., Suurs, R., Negro, S., Kuhlmann, S., Smiths, R. 2007. Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. *Technological Forecasting & Social Change* 74:413 – 432
- van Huis, A. 2013. Potential of Insects as Food and Feed in Assuring Food. *Annual Reviews in Entomology* 58:563-83.
- van Huis, A., Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., Vantomme, P. 2013. Edible insects – Future prospects for food and feed security. *FAO Forestry Paper* 171. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
- Huldén, L. 2015. *Minikarjaa*. Like. 327 p.
- Lock, N., Areiwalla, T., Waagbo, R. 2016. Insect larvae meal as an alternative source of nutrients in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) postsmolt. *Aquaculture Nutrition* 22(6): 1202–1213
- Godfray, h., Beddington, J., Crute, I., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S., Toulmin, C. 2010. *Science* 327(5967):812-818.
- Krishnan, M., Bharathiraja, C., Pandiarajan, J., Prasanna, V., Rajendhran, J., Gunasekaran, P. 2014. Insect gut microbiome - An unexploited reserve for biotechnological application”. *Asian Pac J Trop Biomed*. 14(1):16-21.

- Kaukovirta-Norja, A., Leinonen, A., Mokka, M., Wessberg, N., Niemi, J. in: Mokka, M. (ed.) 2015. Tiekartta Suomen proteiiniomavaraisuuden parantamiseksi. VTT Visions 6. Teknologian tutkimuskeskus VTT, Kuopio. 73 p.
- Lefebvre, T. 2017. Industrialization of Insect Farming: New challenges to prevent pathogenic hazards INSECTA 2017. Oral Presentation.
- Lähde, S., Suomela, M. 2016. Hyönteisten tuottaminen ravinnoksi. Pp 320 – 328. In: Junell, P., Heikkilä, A., Päällysaho, S., Saarikoski, S. (Eds.). Hyvinvointia ja innovaatioita monialaisesti ja rajoitusta madaltaen. Katsaus Seinäjoen ammattikorkeakoulun toimintaan 2016. Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja A. Tutkimuksia 25. Seinäjoki.
- Morse, S. 1995. Factors in the emergence of infectious diseases. *Emerging Infectious Diseases* 1 (1):7-15.
- Nokkonen, S. 2017. Tulevaisuuden valkuaisinnovaatiot. Hyönteiset ja mikrolevät. HAMK:n Valkuaisfoorumin hankeraportti.
- Oonincx, D., de Boer, I. 2012. Environmental Impact of the Production of Mealworms as a Protein Source for Humans – A Life Cycle Assessment. *PLoS ONE* 7(12): e51145.
- Oonincx, D., van Itterbeeck, J., Heetkamp, M., van den Brand, H., van Loon, J., van Huis, A. 2010. An Exploration on Greenhouse Gas and Ammonia Production by Insect Species Suitable for Animal or Human Consumption. *PLoS ONE* 5(12): e14445.
- Pastor, B., Velasques, Y., Gobbi, P., Rojo, S. 2015. Conversion of organic wastes into fly larval biomass: bottlenecks and challenges. *Insects as Food and Feed* 1(3):179-193.
- Pohjanheimo, T., Korpela, J. 2016. Suomalaiset ovat kiinnostuneita hyönteisruoasta – hyönteiset halutaan lautaselle jauhettuna. Turun yliopiston tiedote 16.12.2016.
- Taponen, I. 2015 Supply chain risk management in entomology farms. Case: high scale production of human food and animal feed. Thesis. Helsinki Metropolia University of Applied Sciences. 52 p.
- Vainio, A., Väänänen, V-M. 1994. Maatalouseläintiede. Lajintuntemus. Soveltavan eläintieteen julkaisuja 21. Helsingin yliopisto. 91 s.
- Veldkamp, T., Bosch, G. 2015. Insects: a protein-rich feed ingredient in pig and poultry diets. *Animal Frontiers* 2:45-50.
- Williams, J., Williams, J., Kirabo, A., Chester, D., Peterson, M. 2016. Nutrient content and health benefits of insects. Pp 61-84 in: Dossey, A., Morales-Ramos, J., Guadalupe Rojas, M. (Eds.) *Insects as Sustainable Food Ingredients*. Academic Press.

Osajulkaisut

OSA I Hyönteistuotannon materiaaliselvitys, Heli Horppu, Jan Hulshof, Heini Koskula, Biotus Oy

OSA II Markkinaselvitys, Johanna Tanhuanpää, Invenire Market Intelligence Oy

OSA III Lainsäädäntö ja työturvallisuusselvitys, Pirjo Rinnepelto, Apila Group Oy

Hyönteistuotannon lisäysmateriaaliselvitys

Tilaustyö Pielisen Karjalan Kehittämiskeskukselle (Pikes Oy)

Heli Horppu, Jan Hulshof, Heini Koskula Biotus Oy
10.10.2017

biotus

Sisällys

1. Johdanto	4
2. Selvityksen tavoitteet	5
3. Katsaus kasvatettaviin lajeihin ja niiden tuotantoon	6
3.1. Jauhopukki (<i>Tenebrio molitor</i>)	6
3.2. Buffalomato (<i>Alphitobius diaperinus</i>) ja jättiläisjauhomato (<i>Zophobas atratus</i>)	6
3.3. Kotisirkka (<i>Acheta domesticus</i>)	7
3.4. Kaksitäpläsirkka (<i>Gryllus bimaculatus</i>)	7
4. Olosuhteet lajien kasvatukselle	8
4.1. Optimiolosuhteet jauhopukin (<i>Tenebrio molitor</i>) kasvatuksessa	8
4.1.1. Lämpötila	8
4.1.2. Kosteus	8
4.1.3. Tiheys	8
4.1.4. Happi- ja kaasupitoisuudet	9
4.1.5. Päivänpituus ja valo	9
4.2. Optimiolosuhteet kotisirkkan (<i>Acheta domesticus</i>) ja kaksitäpläsirkka (<i>Gryllus bimaculatus</i>) kasvatuksessa	9
4.2.1. Lämpötila	9
4.2.2. Kosteus	9
4.2.3. Tiheys	10
4.2.4. Päivänpituus	10
5. Jauhopukkikasvatuksen perustaminen ja ylläpito	11
5.1. Lisääntyminen ja munavaihe	11
5.2. Toukkavaihe	11
5.3. Ruokinta ja ravintolähteet	12
5.4. Vesi	13
6. Kotisirkkakasvatuksen perustaminen ja ylläpito	14
6.1. Muninta ja toukkavaihe	14
6.2. Ruokinta ja ravintolähteet	15
6.3. Vesi	15
7. Hinnat ja saatavuus	16
8. Huomoitavat ongelmat tuotannossa	18
8.1. Sisäsiitos	18
8.2. Hygienia tuotannossa	19
8.2.1. Virukset, muut patogeenit sekä haitalliset eliöt	19
8.2.2. Lopputuotteen laatu	20
8.2.3. Lajien aitous	20

8.2.4. Saatavuuden ongelmat	20
8.2.5. Lainsäädäntö	21
8.2.6. Pakkaus ja kuljetus	21
9. Lajien tuotanto laajassa mittakaavassa	22
9.1. Jauhopukkituotannon eri vaiheiden kuvaus	22
9.1.1. Vesi jauhopukkikasvatuksessa	22
9.2. Jauhopukkimunien tuotantoyksikkö	24
9.3. Jauhopukkikasvatuksen kapasiteetilaskelma	25
9.4. Kotisirkkatuotannon eri vaiheiden kuvaus	27
9.4.1. Kasvatusolosuhteet	27
9.4.2. Ruokinta ja kastelu	28
9.4.3. Munantuotanto	29
9.4.4. Sirkkojen kasvatukseen tarvittavia laskelmia	30

1. Johdanto

Tarve uusille vaihtoehtoisille proteiinilähteille tulee kasvamaan lähivuosina. Väkiluvun kasvu ja viljelyyn soveltuvien maa-alueiden väheneminen pakottavat miettimään perinteisen eläinproteiinin korvaajia. YK:n elintarvike- ja maatalousjärjestön (FAO) arvioiden mukaan ruuantuotantoa pitäisi lisätä 70 % vuoteen 2050 koko väestön ruokkimiseksi. Ruuantuotannon globaalit ongelmat tulevat vaikeutumaan etenevän ilmastonmuutoksen ja kasvavan kulutuksen myötä. Kasvanut kysyntä ja tuotantokustannusten kallistuminen nostavat ruuan hintoja (Porter ym. 2014). Ilmastonmuutoksen mukanaan tuomat muutokset ja ympäristön rajallinen kantokyky luovat myös haasteensa yritykseemme tyydyttää kasvava ruuan- ja proteiinintarve (Lassa ym. 2015). Hyönteisten käyttö uutena proteiinilähteenä on kestävää kehitystä suosiva keino vastata tähän haasteeseen. Ruuan- ja rehuntuotannossa hyönteisproteiinin ekologinen jalanjälki on huomattavasti pienempi kuin perinteisessä lihan- tuotannossa (Grau ja Joop 2017). Hyönteisproteiinia suosivan ruokavalion edut ovat merkittäviä niin ympäristön, talouden kuin terveydenkin näkökulmista.

2. Selvityksen tavoitteet

Biotus Oy:n tekemän ja Pielisen Karjalan Kehittämiskeskuksen (PIKES Oy) tilaaman hyönteistuotannon esiselvityksen tavoitteena on etsiä pohjoisiin olosuhteisiin parhaiten soveltuvia hyönteisten tuotantomenetelmiä. Kirjallisuuteen ja yrityshaastatteluihin pohjautuvan selvityksen pohjalta on tarkoitus perustaa maksimikapasiteetiltaan noin 20 /tn vuosituotantomäärän tuotantolaitos. Selvityksen kohteena ovat koti- ja kaksitäpläsirkan (*Acheta domesticus* ja *Gryllus bimaculatus*) sekä jauhomatojen (*Tenebrio molitor*, *Zophobas atratus* ja *Alphitobus diaperinus*) kasvatukseen liittyvät seikat. Pääpaino on populaation kasvatuksen aloituksen ja ylläpitämisen ohjeistuksessa, mutta myös lajien perusbiologiaan perehdytään, unohtamatta kasvatuksen ja lainsäädännön sudenkuoppia.

3. Katsaus kasvatettaviin lajeihin ja niiden tuotantoon

Hyönteisiä on käytetty vuosisatoja ravintona, mutta niiden teollinen hyödyntäminen on lisääntynyt vasta viime vuosina. Herääminen hyönteisproteiinin mahdollisuuksiin, ja sen myötä käynnistynyt massatuotantoteollisuus on tuonut mukanaan myös haasteita. Kun hyönteiset on saatu tuotteistettua turvallisiksi ja maukkaaksi elintarvikkeeksi, niitä on myös pystyttävä tuottamaan edullisesti ja kestävästi, teollisuuden tarpeen vaatima määrä. Sirkat ovat eniten kasvatettu hyönteislaji maailmassa ja sitä on massatuotettu jo 1940-luvulta lähtien (Shockley ja Dossey, 2014). USA:ssa tuotetaan vuosittain 1.36 miljoonaa kiloa sirkkoja. Hollannissa hyönteisten tuotanto ihmisravinnoksi on rajoitettua, mutta jauhopakkeja tuotettiin vuonna 2012 1550 kg ja buffalomatoja 1000 kg. Jauhopakkeja tuotetaan pääasiassa lemmikkieläinten rehuksi, mutta jossain määrin myös ihmisravinnoksi lainsäädännön puitteissa.

3.1. Jauhopukki (*Tenebrio molitor*)

Jauhopukki kuuluu *Tenebrionidae*-heimoon eli pimikkökuoriaisiin. Niiden elinkierto on neljä kehitysvaihetta: Muna, toukka, kotelovaihe ja aikuinen. Tämä laajalle levinnyt laji on yleinen elintarviketuholainen.

Naaras munii 400 - 500 munaa jotka ovat yleensä pienissä ryhmissä. Toukkien kuoriutumisaika vaihtelee lämpötilasta riippuen. Esimerkiksi 26 – 30 asteessa se on 4 päivää ja 15 asteessa jopa 34 päivää (Kim ym, 2015). Martin ym. (1976) ovat tutkineet jauhopukin toukkavaiheen pituutta ja päätyneet keskimäärin 112 - 203.3 päivään. Toukkavaiheen aikana toukka vaihtaa nahkansa keskimäärin 11 - 19 kertaa (Ludwig, 1956; Miryam ym. 2000). Nahanluontien määrä ja niiden välinen aika on riippuvainen lämpötilasta ja ravitsemuksellisista tekijöistä. Nijhoutin (1975) mukaan aliravituilla toukilla nahanluonteja on enemmän kuin hyvin ravituilla. Koteloituminen alkaa keskimäärin 15 - 17 toukkavaiheen välillä, vaiheessa 19 valtaosa on jo koteloitunut (Park ym. 2015).

Kotelovaihe kestää 6 (Ghaly ja Alkoik, 2009) – 20 päivää (Hill, 2002). Kuoriutuessaan kuoriaiset ovat väriltään vaaleita, mutta alkavat pian tummua. Kutikulan melanisaation, populaatiotiheyden ja vastustuskyvyn yhteyttä ovat tutkineet mm. Barnes ja Siva - Jothy (2000). Tiheissä populaatioissa kasvaneet, tummemmat kuoriaiset olivat vastustuskykyisempiä *Metarhizium anisopliae* hyönteispatoogeenista sientä vastaan. Muninta alkaa 3 päivää kuoriutumisesta (Manojlovic, 1987) ja aikuinen jauhopukki elää keskimäärin 31.8 päivää (Urs ja Hopkins, 1973).

Koko elinkierron kesto on vahvasti riippuvainen ympäristön olosuhteista, kuten kosteudesta, lämpötilasta, ravinnosta sekä populaation tiheydestä (Ribeiro 2017).

3.2. Buffalomato (*Alphitobius diaperinus*) ja jättiläisjauhomato (*Zophobas atratus*)

Jauhopukin ohella myös buffalo- ja jättiläisjauhomato sopivat hyvin massatuotantoon ja käytettäväksi proteiininlähteenä rehuissa tai ihmisravinnoksi. Näistä kahdesta lajista löytyy vähemmän kirjallisuutta kuin jauhopukista. Laajalle levinneet lajit kuuluvat myös *Tenebrionidae*-heimoon ja ovat tyyppisiä varastotuholaisia. Jättiläisjauhomadolla (*Zophobas atratus*) pian koteloon menevät toukat pitää eristää muusta populaatiosta häiriön minimoimiseksi. Koteloon meno saattaa viivästyä muiden toukkien seassa (Cortes ym. 2016). Tämä on huomioitava, jos on tarkoitus automatisoida toukkien erottelu, ja kasvattaa kumpaakin lajia. Muuten kummankaan lajin kasvatusta ei suuremmin eroa *T. Molitor*-lajin kasvatuksesta. Jättiläisjauhomato ei ole vielä kaupallisessa ja teollisessa tuotannossa ihmisravinnoksi (Broekhoven, Ooninx & Loon, 2015).

Näiden lajien ruokinnan vaatimukset noudattelevat samoja linjoja kuin jauhopukilla. Hiilihydraattien ja proteiinien vaikutusta jättiläisjauhomadon kasvatukseen ovat tutkineet myös Ricciardi ja Ba-

viera (2016). Korkeaproteiinisella ruokavaliolla ruokituista kasvatuksista saatiin parempi toukka-tuotos.

Trooppista alkuperää oleva buffalomato viihtyy lämpimissä ja kosteissa olosuhteissa. Toukkien kuoriutumiseen menee 4-7 päivää ja naaras munii keskimäärin 200 - 400 munaa. Muninta tapahtuu 1-5 päivän intervalleissa. Kehitysaika toukkavaiheesta aikuiseksi on lämpötilasta ja ravinnon laadusta riippuen 40 - 100 päivää. Toukkavaiheita on 6-11 ja kehitys optimaalisinta 30 °C ja 90% kosteudessa (http://entnemdept.ufl.edu/creatures/livestock/poultry/lesser_mealworm.htm). Wilsonin ja Minerin mukaan (1969) optimilämpötila buffalomadolle on 32 °C ja kosteus 55 %.

3.3. Kotisirkka (*Acheta domesticus*)

Pohjois-Afrikasta kotoisin oleva kotisirkkaa kuuluu *Gryllidae*- heimoon. Lajia tuotetaan lemmikkien rehuksi ympäri maailmaa. Kaakkois-Aasiassa ja etenkin Thaimaassa tuotanto on laajaa. Myös Hollan- nissa kotisirkkaa tuotetaan elintarvikekäyttöön. Sirkkojen kasvatusta on herättänyt kiinnostusta Suo- messakin nyt navetoiden tyhjentyessä karjantuotannosta ja sopivien kasvatustilojen vapautuessa kasvatuskäyttöön. Suomessa sirkkoja kasvattavia yrityksiä ovat mm. EntoCube (www.entocube.com) Finnsect ja Entis. Kaikkiruokainen kotisirkka on heinäsirkoja hieman tukevampi ja litteämpi. Kotisirk- ka lisääntyy tehokkaasti tuottaen jopa 6-7 sukupolvea vuodessa.

3.4. Kaksitäpläsirkka (*Gryllus bimaculatus*)

Kaksitäpläsirkka tunnetaan paremmin kenttäsirkkana. Sen erottaa kotisirkasta selän kahdesta vaale- asta täplästä. Kaksitäpläsirkan kasvatusta vaativat ovat melko samat kuin kotisirkalla ja sitä kasva- tetaan paljon lemmikkieläinten rehuksi ympäri maailmaa.

4. Olosuhteet lajien kasvatukselle

4.1. Optimiolosuhteet jauhopukin (*Tenebrio molitor*) kasvatuksessa

4.1.1. Lämpötila

Optimilämpötila jauhopukin kasvatuksessa asettuu 25-30 °C välille. Ne pystyvät selviytymään hyvin äärevissä lämpöolosuhteissa, jopa 0 - 15°C sekä 40 - 45 °C (L. Li et al., 2012). Normaalit elintoinnot onnistuvat kuitenkin parhaiten lämpötiloissa 15 - 40 °C. Koo ym. (2013) ja Ludwig (1956) ovat havainneet elintoimintojen ja kehityksen pysyvän normaalina lämpötiloissa 17 °C- 30 °C. Koko kehityskaarta ajatellen ääriolosuhteet vaikuttavat kuitenkin haitallisesti. Jauhopukin kehityksen on todettu olevan suotuisinta ja stressittömintä 25 °C ja 75 % kosteuden olosuhteissa. Ghaly & Alkoik (2009) ovat tutkineet lämpötilan vaikutusta kotelovaiheen pituuteen. Heidän mukaansa kotelovaihe kesti 6 pv 28 °C ja 18 pv 18 °C lämpötiloissa. Munavaiheen pituus 25 °C:ssa oli kaksi viikkoa.

Grau ym. (2017) ovat tutkineet jauhopukin kasvatusta rehuksi ja ihmisravinnoksi. Heidän havaintojensa mukaan jauhopukin kehitysaika on 25 -27.5 °C 80,0 - 83.7 pv. Tähän aikaan sisältyy 15 - 17 eri toukkavaihetta. Lämpötilan noustessa 35 asteeseen kehitys nopeutuu, mutta matalampi 25 °C lämpötila on toukille stressittömämpää ja vähemmän kuluttavaa (Punzo ja Mutchmor, 1980). Myös kylmät ääriämpötilat ovat kohtalokkaampia yhdistettynä alhaiseen kosteuteen. Monissa tutkimuksissa 25 °C on todettu optimaaliseksi toukkavaiheesta toiseen siirtymisen kannalta. 30 °C:ssa siirtyminen toukkavaiheesta toiseen nopeutuu ja vaiheita on enemmän kuin 25 °C. Korkea lämpötila kuitenkin kuluttaa enemmän energiaa ja saattaa lopulta vähentää toukkien tuottamaa biomassaa. Lämpötilalla ja kosteudella on suora yhteys toukkavaiheiden määrään ja sitä kautta kehityssyklin pituuteen (Punzo ja Mutchmor, 1980).

Andersenin ym. (2017) tutkimuksessa lämpötilan optimiksi kerrotaan 30 – 32°C. Jos populaatiotiheys on suuri, tämä lämpötila voi kuitenkin olla hieman liika. On arvioitu että 10 000 – 20 000 toukkaa kasvatuslaatikossa pystyy tuottamaan lämpöä jopa 3 – 8 wattia. Lämmön nousuun yhdistetty liiallinen tiivistyvä kosteus laatikossa altistaa sienitaudeille sekä varastopunkeille.

4.1.2. Kosteus

Nuoret toukat ja munat ovat erityisen herkkiä alhaiselle kosteudelle. Aikuisille kuoriaisille kosteudella ei ole todettu olevan niin kriittistä merkitystä kuin varhaisimmille kehitysvaiheille. Kosteuden ja muninnan yhteyttä on tutkinut Dick (2008). Lämpötilan ollessa 27 °C muninta laski selkeästi kun kosteus laski 20 %. Naaraiden aktiivisuuden ja elinvoimaisuuden havaittiin olevan yleisesti hyvällä tasolla korkeissa kosteusoloissa 90 - 100 % (Hardouin and Mahoux, 2003).

Kosteuden optimi jauhopukikasvatuksessa on 60 % (Manojlovic, 1987) -70 % (Puncho 1975, Puncho and Mutchmor 1980). Tulee kuitenkin huomioida, että vaikka korkea ilmankosteus nopeuttaa jauhopukkien kehitystä, se myös edesauttaa sienien, homeiden ja muiden mikrobien elinolosuhteita kasvatuksissa (Frankenel 1950). Useissa tutkimuksissa jauhopukkien optimaaliseksi kosteudeksi ilmoitetaan 50 – 70 %.

Liitteessä 1 yhteenvetotaulukot kosteuden ja lämpötilan vaikutuksista jauhopukin kehitykseen (N. Ribeiro, 2017).

4.1.3. Tiheys

Liiallisella populaatiotiheydellä on monenlaisia vaikutuksia jauhopukin kehitykseen. Liian suuri tiheys nostaa metabolista lämpöä kasvatusastioissa ja sen on myös havaittu vähentävän toukkien biomassaa. Kiinassa jauhopukkien optimitiheys kasvatuksissa on 0,94 aikuista kuoriaista neliösenttimetrillä. Toukkien optimitiheydeksi kerrotaan 1,18 toukkaa neliösenttimetrillä (Wu, 2009).

Tiheys vaikuttaa myös kotelon painoon ja sitä kautta jauhopukin lisääntymiskykyyn. Suuremmista koteloista kuoriutuneet aikuiset munivat enemmän munia kuin pienemmistä kuoriutuneet (Park ym. 2012). Korkealla populaatiotiheydellä on vaikutusta ravinnon saannin ja siitä saatavien ravinteiden hyödyntämisen kautta kasvun heikkenemiseen (Weaver ja McFarlane, 1990; Morales- Ramos ym. 2015). Toisaalta Weaverin ja Mc Farlanen tutkimuksessa (1990) kuukauden ikäisten, tiheässä populaatiossa kasvaneiden, toukkien painonkehitys oli parempi, kuin eristyksessä olleiden toukkien. Tähän voi olla syynä kilpailutilanteen aiheuttama ravinnon käytön ja hyödyntämisen kasvu. Aikuisten kuoriaisten liian suuri tiheys vaikuttaa lisääntymiseen muniin kohdistuvan kannibalismien ja yleisen elinvoimaisuuden vähenemisen kautta (Morales-Ramos ym. 2012). Tämän tutkimuksen mukaan optimaalinen tiheys massatuotannossa on 8,4 kuoriaista /dm². Andersenin ym. (2017) mukaan nuoret toukat kasvavat parhaiten suhteellisen tiheässä populaatiossa. Toukkien kasvaessa suuremmiksi, niiden tilan vaatimus kasvaa ja ne kannattaa siirtää suurempiin kasvatuslaatikoihin.

4.1.4. Happi- ja kaasupitoisuudet

Riittävä hapensaanti ja haitallisten kaasujen poisto on avainasemassa kasvatuksen onnistumiseksi. Liiallisen hapen saannin seuraukset vaikuttavat toukkien kehitysvaiheiden määrään vähentäen niitä ja vaikuttaen lopulta biomassaan (Greenberg ja Ar, 1996). Samassa tutkimuksessa todettiin toukkien kuolleisuuden olevan suurta matalissa happiolosuhteissa. Loudonin (1988) tutkimuksessa toukat kasvoivat hitaammin olosuhteissa missä oli vähemmän happea kuin happirikkaammissa oloissa. Liiallinen ilman hiilidioksidipitoisuus on haitallista niin hyönteisille kuin ihmisillekin. Hiilidioksidin poistoon on tarvittaessa saatavissa suodatinlaitteita

4.1.5. Päivänpituus ja valo

Jauhopukit viihtyvät pimeässä, eikä valolla ole suurta vaikutusta niiden kehitykseen. Toukkakehitys on optimaalisinta pitkänpäivän olosuhteissa (Kim ym. 2015). Kehitysaika lyheni valo-olosuhteiden ollessa 14 L : 10 D. Myös koteloon meno on riippuvainen valon määrästä. Tyshcnenkon ja Ban tutkimuksessa (1986) 12 h päivänpituus yhdessä 30 °C lämpötilaan yhdistettynä hidasti ja 18 h päivänpituus stimuloi kotelovaiheen alkamista.

4.2. Optimiolosuhteet kotisirkan (*Acheta domesticus*) ja kaksitäpläsirkka (*Gryllus bimaculatus*) kasvatuksessa

4.2.1. Lämpötila

Kotisirikka vaatii melko korkean, noin 30 °C lämpötilan. Jo pienetkin muutokset lämpötilassa suuntaan tai toiseen aiheuttavat ongelmia kasvatuksessa. Lämpötilan nousu 30.5 °C -31 °C lyhentää elinkiertoa kymmenellä päivällä ja muninta-aikaa yhdellä päivällä (Clifford ym. 1977). Lämpötilan jäädessä alle 30 °C kehitysaika pitenee tai kehitys jää vajavaiseksi (Stone, 1953). Ghourin ja Mc Farlanen mukaan (1958) korkeissa lämpötiloissa (38 °C - 41 °C) kuolleisuus voi olla jopa 100 %. Kasvatustilaksi suositellaan Cliffordin ja Woodringin (1990) tutkimuksissa 30 astetta. Pattonin (1978) tutkimuksessa sirkkojen kehitys 32 °C kesti 6-7 viikkoa. Atkinson (1994) on tutkinut lämpötilan ja kehitysajan pituuden suhdetta. Vaikka kehitys alhaisemmassa lämpötilassa vie kauemmin, lopputulos on kehityksen ja painon kannalta lopulta parempi. Kun sirkkoja kasvatettiin Boothin ja Kiddelin (2007) tutkimuksessa 28 asteessa, ne tulivat sukukypsiksi 49 päivässä. Lämpötilan ollessa 25 °C siihen kului 119 päivää. Kokonaistaloudellisin lämpötila kasvun kannalta oli 25 °C.

4.2.2. Kosteus

Nuoret sirkkavaiheet ja munat tarvitsevat enemmän kosteutta kuin myöhäisemmät toukkavaiheet tai aikuiset. Aikuisille yli 50 % kosteus voi olla kohtalokasta (Haskell and Ives, 1954). Munavaiheessa kosteus voidaan pitää 100 % ja kuoriutumisen jälkeen laskea 90 %. Viikon jälkeen tästä sopiva kosteus on 70-80 %. 2-2.5 viikon vanhat (eli 3 -3 4 toukkavaiheen yksilöt) toukat pidetään 50 % kosteudessa (Clifford & Woodring, 1990).

Kosteuden vaikutusta kotisirkkojen kasvuun ovat tutkineet McCluney ja Date (2008). Juomaveden saatavuus vaikutti positiivisesti kuivapainoon sekä sirkkojen ruumiin pituuteen. Veden vaikutus oli suurempi kuin ruokavalion merkitys (Kaufman et al (1989).

4.2.3. Tiheys

Pattonin (1978) mukaan 2.5 cm²:n tila / sirkka riittää takaamaan hyvän kehityksen ja alhaisen kuolleisuuden. Cliffordin ja Woodringin kokeissa (1990) käytettiin kyseistä minimitiheyttä ja kannibalismia ei ilmennyt, vaikka yhdessä kasvatusastiassa oli noin 500 sirkkaa. Ryhmässä kasvaneiden sirkkojen on havaittu käyttävän ravintoa ja kasvavan tehokkaammin kuin yksin kasvaneiden (Watler 1982).

Liian suuri tiheys etenkin muninta-alustoilla on haitallista. Kun muninta-alustan kokoa rajoitettiin, sirkat siirtyivät munimaan (Patton, 1963) alustan ulkopuolelle.

Kaksitäpläsirkan populaatiotiheyden vaikutusta kasvuun ja käytökseen tutkineet Iba, Nagao & Urano (1995) huomasivat eristyksessä eläneiden sirkkojen olleen aggressiivisempia kuin ryhmässä eläneiden. Syyksi he arvelivat dopamiini-aineenvaihdunnan tehostuvan lajitovereiden seurassa ja tämän vaikuttavan aggressiivisuutta lieventävästi.

4.2.4. Päivänpituus

Päivänpituudeksi kotisirkkoille suositellaan 12:12 tai 14:10 (LD) (Woodring ym. 1988). Jatkuvan valotuksen havaittiin häiritsevän sirkkojen parittelua ja vain muutamia munia kuoriutui (Ghouri ja McFarlane, 1958). Nykyisin on kuitenkin vakiintunut pitää valoisa aika 24 h kasvunopeuden vauhdittamiseksi. Collavon ym. (2005) oppaan mukaan valoisan ajan ollessa 24h ja lämpötilan 30.5 °C, kehitysaika munasta aikuiseen kestää 57 päivää. Munien kuoriutumiseen meni 13 päivää.

5. Jauhoppukikasvatuksen perustaminen ja ylläpito

5.1. Lisääntyminen ja munavaihe

Jauhoppukkinaaras munii 5-8 munaa päivässä, ja koko munintakausi voi kestää 40 - 50 vuorokautta. Munat kuoriutuvat 7 päivän kuluttua munimisesta. Kasvatus josta on eroteltu munat kuoriutumaan erilliseen astiaan, on paremmin turvassa erilaisilta infektioilta. Jouni Pekkarinen (2013) opinnäytetyössään arvioi pienemmän mittakaavan seulontamenetelmien toimivuutta. Aikuiset siirretään puhtaaseen astiaan joka 3 - 5 pv, jotta saadaan saman ikäiset munat talteen. Munat on myös mahdollista seuloa 0,5 mm seulalla erilliseen astiaan kasvatusmassasta. Näin munien määrä on tarkemmin selvillä kuin aiemmin mainitussa menetelmässä (Andersen ym. 2017).

Lisääntymistehokkuuteen vaikuttavia seikkoja ovat tutkineet Morales-Ramos ym. (2012). Naaraiden ikä oli merkittävin tekijä hedelmällisyyden vähenemisessä. Jälkeläisten tuotanto on huipussaan 3 viikkoa kuoriutumisen jälkeen. Naaraiden hedelmällisen kauden ollessa 20 viikkoa, munintahuippu (91,15 %) ajoittuu viikolle 11. Tämän jälkeen lisääntymiskyky heikkenee merkittävästi. Lisääntymiseen käytettävät aikuiset suositellaan vaihdettaviksi joka 58 - 74 pv, silloin ne ovat saavuttaneet 80 - 90% lisääntymistehokkuudestaan. Naaraiden keskimäärin vaihtoväli on 50 - 70 päivää. Tutkimuksessa havaittiin myös liiallisen tiheyden vaikuttavan negatiivisesti lisääntymiseen.

Parittelulla on positiivista vaikutusta jauhoppukien infektioiden sietokykyyn. Valtonen ym. (2010) havaitsivat paritelleiden kuoriaisten olevan vastustuskykyisempiä *Beauvaria bassiana* – sienien infektiolle ja niiden kuolleisuus oli pienempää kuin niiden jotka eivät olleet paritelleet. Parittelu vaikuttaa kuoriaisissa nuoruushormonin tuottoon sekä erääseen melaniinisynteesiin läheisesti vaikuttavaan aineeseen. Jauhoppukkinaaraiden tapa paritella useaan kertaan takaa niille mahdollisuuden saada spermaa käyttöönsä riittävän pitkäksi ajaksi (Drenevich ym. 2001). Yhdestä parittelusta spermaa ei riitä kuin muutaman päivän munintaa varten. Geneettisen hyödyn vastapainona paritteluun käytetty aika on pois ruokailusta ja muista elintärkeistä toimista. Myös Bradley, Patricia & Parker (2001) ovat tutkineet jauhoppukien tapaa paritella useiden kumppanien kanssa, ja siitä seuraavia hyötyjä.

5.2. Toukkavaihe

Toukkien kasvun kannalta on tärkeää huolehtia ettei niiden tiheys nouse liian suureksi. Tiheyden vaikutuksia toukkien kasvuun käsiteltiin aiemmin, mutta useat tutkimukset osoittavat että tiheimässä populaatioissa kasvaneiden toukkien (10 toukkaa/ cm²) painonkehitys oli parempaa kuin pienemmässä tiheydessä kasvaneiden toukkien.

Kasvatuslaatikot on hyvä pitää ilman kansia, koska umpinaisissa olosuhteet varastopunkeille ja sienitaudeille tulevat suotuisiksi. Tanskalaisessa tutkimuksessa kasvatuslaatikoiden kooksi suositellaan 40 (B) x 60 (L) x 8-15 (H) cm. Ensimmäisen neljän viikon ajan voidaan käyttää pienempää 20 x 30cm laatikkoa. Isommassa laatikossa toukkia kasvatetaan viikoille 7 – 9 saakka. Kasvatusastioista poistetaan toukkien ulosteet joka 3 - 5 pv. Kehitys toukasta kotelovaiheeseen kestää noin 45 - 60 vuorokautta.

Kun suurin osa toukista on saavuttanut kotelovaiheen, ne siirretään aikuistumaan leseellä täytettyihin puhtaisiin kasvatusastioihin. Tulevaa tuotantoa varten otetaan jatkokasvatukseen vähintään 5 - 10 % toukista.

Jättiläisjauhomadolla (*Zophobas atratus*) pian koteloon menevät toukat pitää eristää muusta populaatiosta häiriön minimoimiseksi. Koteloon meno saattaa viivästyä muiden toukkien seassa. Muuten lajin kasvatus ei suuremmin eroa *T. Molitor* -lajin kasvatuksesta. Jättiläisjauhomatoja ei vielä tuoteta teollisessa mittakaavassa ihmisravinnoksi (Broekhoven, Ooninx & Loon, 2015).

Sadan jauhoppukkitoukan ravinnontarve päivittäin on 6 - 10 g vehnänlesettä ja 0.6 - 0.1 g tuoreita vihanneksia (Cortes ym. 2016). Pilaantunut ruoka poistetaan säännöllisesti.

Optimaalinen koko kerätä toukat tuotannosta on 100 - 120 mg. Tämän jälkeen toukkien paino alkaa laskea (Ghaly ja Alkokaik, 2009). Tässä vaiheessa ne alkavat valmistautua kotelovaiheeseen. Kaupallisten jauhomadon tuottajien keinona on lisätä rehuun nuoruushormonia. Näin saadaan toukat kasvamaan suuremmiksi kun koteloon meno estyy. Tuloksena syntyvät jauhomadot voivat olla painoltaan yli 300 mg (Mäki 2017).

Andersenin ym. (2017) tutkimuksessa keruukokoisen toukan painoksi ilmoitetaan 170 mg. Sopivaksi seulan kooksi tässä tanskalaistutkimuksessa suositellaan 1.5 - 2 mm ja 3 - 4 mm. Suuremmassa teollisessa mittakaavassa eri tuotantovaiheet kuten eri toukkavaiheiden seulonta, suoritetaan automatisoituina ja koneellisesti. Ruokinta, ja eri ikävaiheiden seulonta erilleen tehdään pienillä kasvatamoilla yhä käsityönä.

Valmiit toukat pidetään ensin viileässä huoneessa (15 °C) ilman ravintoa, tämän jälkeen ne vietään lopetukseen pakastimeen (-18 °C) kahdeksi päiväksi.

5.3. Ruokinta ja ravintolähteet

Jauhopukin kasvatuksessa yleinen tapa on käyttää kasvatusalustana vehnälesettä ja lisätä siihen pillkottuja vihanneksia kuten porkkanaa tai perunaa vitamiinien ja tärkeiden rasvahappojen saannin takaamiseksi. Vihannekset ovat myös hyviä kosteuden lähteitä jauhopukeille. Orgaanisen jätteen ja sivuvirtojen mahdollisuuksia ruokinnassa on myös selvitetty. Ravintolähteen koostumus ja saatavuus saattavat kuitenkin vaihdella vaikuttaen näin lopputuotteen laatuun.

Tärkein jauhopukin elinkierto, lisääntymiseen ja kasvuun vaikuttava seikka on proteiinien ja hiilihydraattien suhde ruokavaliossa. Tämän suhteen pitäisi ravinnossa pysyä vakiona. Rho & Lee (2016) havaitsivat tutkimuksessaan myös eroja sukupuolten välillä ravintokoostumuksen vaikutuksissa. Koiraiden elinaika lyheni selvästi kun proteiinien ja hiilihydraattien suhde poikkesi suhdeluusta 1:1. Naarilla elinaika puolestaan piteni kun suhde väheni 1:5 – 1:1. Elinikä saavutti huipun proteiinin ja hiilihydraattien ollessa suhteissa 1:5 ja 1:1. Ravinteiden tasapaino vaikuttaa toukkien kehitysaikaan sekä naaraiden lisääntymiskykyyn (Morales-Ramos, 2013).

Laadukas ja tasapainoinen ravinto lisää munien määrää ja parantaa elinvoimaisuutta. Naaraiden proteiinin tarve onkin suurempi koirilla. Proteiinin lisäyksellä ravintoon on etuja kehityksen nopeuttajana ja toukkien painon lisääjänä (Morales-Ramos ym. 2013). Toisaalta lisäyksestä koituu myös lisäkustannuksia ja niiden kattamiseksi olisikin hyvä löytää jokin paljon proteiinia sisältävä sivutuote.

Paras proteiinin lähde on hiiva. Toukkien kuivapainon on havaittu nousevan merkittävästi hiivapitoisella dieetillä verrattuna proteiinittomaan dieettiin (John ym. 1979). Optimaalinen proteiinipitoisuus vaihtelee välillä 2 – 32 % (Davis ja Leclercq, 1969). Martinin ja Haren (1942) mukaan paras kasvu saavutetaan kun dieetti sisältää 5 – 10 % hiivaa.

Rasvojen ylimääräisellä lisäyksellä ei ole havaittu olevan vaikutusta kasvuun. Vitamiineista vitamiini B on merkittävin toukkien kehitykselle. Muiden merkitys on vähäinen. Ilman hiilihydraatteja jauhopukin kasvu loppuu lähes kokonaan. Hiilihydraattien optimaalinen määrä ravinnossa on 80 - 85%. (Fraenkel, 1950). Määrän väheneminen hidastaa kasvua selkeästi.

Kaikkia jauhopukkilajeja voidaan kasvattaa sivuvirtoja sisältävillä dieeteillä, mutta hiivaa sisältävät ruokavaliot lyhentävät toukkien kehitysaikaa, vähentävät kuolleisuutta ja lisäävät toukkien painoa. Broekhovenin ym. (2015) tutkimuksessa heikoin tulos saatiin rehulla, missä oli alhainen proteiinipitoisuus ja korkea tärkkelyspitoisuus. Parhaiten kasvatus onnistui rehulla missä oli paljon proteiinia. Toukkien kehitysaika oli tällä rehulla lyhin ja kuolleisuus vähäisintä. Toukkien rasvahappokoostumus ei ollut myöskään yhteneväinen ruokitun rehun rasvahappokoostumuksen kanssa. Hyönteiskasvatuksissa yleisesti käytettävien ruoka- ja rehuaineksien PLC-pitoisuudet on lueteltu alla olevassa taulukossa (Taulukko 1).

Taulukko 1. PLC- arvot rehuaineiksissa (Cortes ym. 2016 mukaan).

Ravintoaine	Kok. proteiini	Kok.rasvat	Kok.hiilihydraatit	Raaka-kuitu	Vesi	PLC suhde
Kokonainen soijajauho	34,5	20,6	35,2	9,6	5,2	428:255:317
Kokonainen keltainen maissijauho	6,9	3,9	76,8	7,3	10,9	86:49:865
Raaka vehnälese	15,5	4,3	64,5	42,8	9,9	373:104:523
Valkoinen vehnä	11,3	1,7	75,9	12,2	9,6	147:22:831
Pelletöity sinimailanen	16,0	1,5	64,0	27,0	12,0	294:28:679
Perunajauho	8,3	0,4	81,2	6,6	6,6	100:5:895
Porkkana, kuivattu	8,1	1,5	79,6	23,6	4,0	123:23:854
Maitojauhe, rasvaton	36,2	0,8	52,0	0,0	3,2	407:9:584
Leivontahiiva	38,3	4,6	38,2	21,0	7,6	637:77:286
Panimohiiva	53,3	0,0	43,3	20,0	7,0	696:0:304
Kuivattu munankeltuainen	32,2	55,8	3,6	0,0	3,0	352:609:39
Kuiva naudanmaksa	68,0	12,0	13,0	0,0	0,8	731:129:140
P, proteiini; L, Lipidi; C, sulava hiilihydraatti = kokonais hiilihydraatti - kuitu						
^a Base 100.						
Lähde: US Department of Agriculture, Agricultural Research Service, USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 28 (2015).						

5.4. Vesi

Toukat pystyvät käyttämään hyväkseen ilman kosteutta tyydyttäkseen veden tarpeensa. Optimaalisessa kosteudessa toukkien kasvu on nopeaa ja aineenvaihdunta vaivatonta. Aikuiset jauhopukit eivät pysty hyödyntämään kosteutta samalla tavalla, joten niille on hyvä tarjota vettä sisältäviä vihanneksia pari kertaa viikossa. Suurilla kasvattamoilla vettä annostellaan esim. ruiskuttamalla muutaman päivän välein. Liian suuri kosteus nostaa kuitenkin helposti sienitautien riskiä. Optimaalinen kosteus kasvatusalustassa on noin 18 % (Wu, 2009).

6. Kotisirkkakasvatuksen perustaminen ja ylläpito

6.1. Muninta ja toukkavaihe

Sirkkojen kasvatukseen soveltuu 36 - 60 cm syvä laatikko. Laatikoon laitetaan ruokinta-astiat ja juotopisteet sekä esim. munakennoja piilopaikoiksi. Sukukypsät sirkat siirretään uusiin puhtaisiin laati-koihin munimaan. Muninta-alustoina käytetään matalia 5-7-5 cm syviä laatikoita, mitkä täytetään pehmeällä, kostealla aineksella, esim. turpeella, sammaleella tai hiekalla. Muninnasta kuoriutumiseen kuluu 10 - 14 päivää 32 °C lämpötilassa (Clifford ym. 1977). Pattonin (1978) artikkelissa sirkkojen kehitykseen kuluu 32 °C:ssa 6-7 viikkoa. Sirkkoja pidetään munintaosastolla 48 – 72 tuntia. Munien kuoriutumiseen kuluu 10 päivää. Clifford ja Woodring (1990) ovat listanneet kotisirkkan kehitys-aikoja 30 °C lämpötilassa taulukossa 2.

Taulukko 2 ja 3. Kotisirkkan kehitysajat sekä lämpötilan vaikutus painoon viimeisessä toukkavaiheessa (Clifford ja Woodring, 1990). Kyseisessä tutkimuksessa havaittiin, että yli puolet toukkien painonnou-
susta (200 mg) ajoittuu viimeiseen toukkavaiheeseen. Lisäksi havaittiin, että lämpötila vaikuttaa voimakkaasti kehitysaikaan.

Kehitysvaiheiden lukumäärä	8-9
Päiviä viimeiseen nahanluontiin	45
Kehitysvaiheen kesto (pv)	5 ⁱ
Edellisen nymfikehitysvaiheen kesto	8 ⁱ
Aikuisen neitseellisen naarassirkkan elinaika (pv)	88±2 (26)
Muninta jakso (pv)	60-70
Ikä, kun täynnä munia (pv)	18
Ikä, kun muniminen alkaa (pv)	9 ⁱ
Kokonais munantuotto (kpl munia)	2994±245 (7)
Munien haudonta-aika (pv)	13 ⁱ
Keskimääräinen ruoankulutus/viimeisenä nahanluonti päivänä (mg)	28
Keskimääräinen ruoankulutus/nahanluontia seuraavana päivänä (mg)	16
Keskimääräinen ruoankulutus/10 päivää aikuisena (mg)	34
ⁱ Ero on vähemmän kuin 1 päivä, joka on hajonnan raja kun munat ja toukka on poimittu 1 päivän jaksoissa	

	Kasvatuksen lämpötila °C		
	25	30	35
AD (%)	73	70	71
ECD (%)	27	42	45
ECI (%)	20	30	32
Perus metabolinen arvo (mg/g/hr)	0.54 ± 0.02	0.70 ± 0.02	1.05 ± 0.02
Ruoan kulutus (mg/edellinen kehitysvaihe)	251 ± 20	218 ± 20	217 ± 20
Veden kulutus (mg/edellinen kehtivaihe)	647 ± 48	512 ± 42	514 ± 48

Kun munat ovat kuoriutumaisillaan, muninta-alustat siirretään uuteen laatikkoon mikä on varus-
tettu vedellä ja ruualla. Näistä kuoriutuneista yksilöistä aloitetaan uusi kasvatus.

Populaation määrän voi arvioida tilavuuden tai painon perusteella. 10 000 – 12 000 kappaletta on volyymiltään noin 34 ml ja 2000 juuri kuoriutunutta sirkkaa painaa noin yhden gramman. Sopiva tiheys sirkkojen nymfivaiheille on 7 nymfiä/dm² (Lundy ja Parrella, 2015).

Kun naaraat ovat munineet kerran, ne yleensä kerätään myyntiin. Lisääntymiskierto voidaan toistaa 1 - 3 kertaa jokaisessa sukupolvessa. *Insects as Sustainable Food Ingredients*- kirjassa (Cortes ym. 2016) sirkkojen kasvatusta Thaimaassa on kuvailtu seuraavalla tavalla:

Thaimaassa sirkkojen kasvatuksessa käytetään erityyppisiä kasvatusastioita. Pienet kasvattamot suosivat edullisia sylinterinmuotoisia 80 cm x 50 cm altaita. Yhdessä altaassa saadaan tuotettua 2 - 4 kiloa sirkkoja. Toinen vaihtoehto on käyttää suurempia, 1.2 x 2.4 x 0.6 metrin kokoisia, suorakaiteen muotoisia altaita. Tässä allastyypissä on mahdollista tuottaa 25 - 30 kg sirkkoja. Suorakaiteen muotoiset altaat ovat tehokkaampia tilankäytön suhteen. Myös puisia laatikoita ja muovisia alustoja voidaan käyttää. Ne ovat kevyempiä käsitellä ja puhdistaa. Kotisirkkanaaraat munivat niille asetettuihin astioihin ja muninta kestää 7 - 14 pv. Munakulhot siirretään uuteen "tankkiin" kehittymään ja kuoriutumaaan. Kuoriutumiseen menee 7 - 10 päivää normaaleissa olosuhteissa. Lisääntymiskierto voidaan toistaa 1 - 3 kertaa joka sukupolvessa. Optimilämpötilaksi suositellaan 28 - 30 °C. Kun sirkat kuoriutuvat aloitetaan ruokinta 21 % proteiinia sisältävällä rehulla ja ruokintaa jatketaan sillä kunnes sirkat ovat 20 päivän ikäisiä. Loppu kasvatusaika 45 päivän ikäiseksi tehdään 14 ja 21 prosenttisten rehujen seoksella.

6.2. Ruokinta ja ravintolähteet

Valmiiden rehujen käyttö sirkkojen kasvatuksessa on järkevää ravitsemuksen vakiona pysymisen kannalta. Ruokinnassa voidaan käyttää esim. kanarehujia tai markkinoilla olevaa sirkoille tarkoitettua Cricket Chow[®]-rehua. Pattonin (1967) mukaan sopiva dieetti sirkoille sisältää 20 - 30 % proteiinia, 32 - 47 % hiilihydraatteja ja rasvoja 3.2-5-2 %. Ruokintaa suunniteltaessa valintaan vaikuttaa myös hinta, ja siksi yleensä käytetään rehuja missä proteiinia on alle 20 %. Kananrehut missä on 14 - 20% proteiinia ovat yleisesti käytössä. Markkinoilla olevat kananrehut ovat koostumukseltaan pääasiassa sopivia ruokintaan, mutta niihin lisätyt väriaineet ja muninnan tehostamiseen tarkoitetut lisäaineet eivät ole tällä hetkellä Suomessa sallittuja. Rehuyhtiöt pystyvät kuitenkin valmistamaan asiakkaan niin halutessa juuri oikeanlaisen rehun. Hinta toki nousee verrattuna jo markkinoilla valmiiksi oleviin rehuihin. Niissä hinta-laatusuhde on kuitenkin hyvä.

Sivuvirtojen käyttöä ruokinnassa ovat tutkineet Lundy & Parrella (2015). Laadukkaalla tasalaatuisella sivuvirtarehulla ruokittaessa saavutettiin haluttu kasvu ja laatu, mutta heikompilaatuisella rehulla jäätettiin tavoitteista. Sivuvirrat ovat tulevaisuuden potentiaalinen ja ekonomisen mahdollisuus sirkkojen ruokinnassa.

FAO:n (2013) suosituksen mukaan sirkkoja pitäisi ruokkia kuoriutumisen jälkeen 21 % proteiinia sisältävällä rehulla, kunnes ne ovat 20 päivää vanhoja. Tämän jälkeen 14 - 21 % rehulla 45 päivän ikäiseksi saakka. Muutamia päiviä ennen "korjuuta" proteiinipitoinen ruoka korvataan vihanneksilla, esim. kurpitsalla.

Collavo ym. (2005) vertailivat eri dieettien vaikutuksia sirkkojen kasvuun. Paras tulos saavutettiin sivuvirtadieetillä, mikä koostui ihmisten ruuan tähteistä. Suomessa vastaavaa menetelmää ruokinnassa ei ole sallittu. Kuukaudessa sirkkojen paino tuplaantui ja ne saavuttivat maksimipainonsa, 0,45 g yhdeksän viikon kuluttua. Myös kuolleisuus oli tällä ruokavaliolla pienin. Muut dieetit koostuivat mm. viljoista ja yrteistä. Kotisirkka vaatii suuren lisääntymiskykynsä vuoksi paljon ravintoa. Naaras munii jopa 1200 - 1500 munaa 3-4 viikon aikana.

6.3. Vesi

Kosteuden vaikutusta kotisirkkojen kasvuun ovat tutkineet McCluney ja Date (2008). Juomaveden saatavuus vaikutti positiivisesti kuivapainoon sekä sirkkojen ruumiin pituuteen. Veden vaikutus oli suurempi kuin ruokavalion merkitys (Kaufman ym. 1989). Juomavettä on siis oltava koko ajan sirkkojen saatavilla. Juottamiseen voidaan käyttää kanojen juotto-automaatteja tai vastaavia laitteita. Jos rakennetaan omia juottoratkaisuja, on varmistettava etteivät sirkat pääse hukkumaan.

7. Hinnat ja saatavuus

Selvitystä varten tehtiin hinta- ja saatavuuskysely Ilkka Taposen laatiman tietokannan kautta: <https://ilkkataponen.com/entomology-company-database/>. Kysely tehtiin käyttäen apuna puhelinta, sähköpostia ja skypeä. Sähköpostiin vastanneiden määrä osoittautui alhaiseksi. Kyselyssä pyydettyjä hintatietoja oli hankala saada, etenkin kun kyselyn taustalla oli ”julkinen selvitys”. Tämä on ymmärrettävää liikesalaisuuksiin vedoten, mutta toisaalta tuli vaikutelma että hinnoista ja saatavuudesta vaikeneminen saattoikin olla keino peitellä tuotannon ongelmia. Yritysten verkkokaappoihin tutustuessa havaitsimme perustuotteiden olevan loppuunmyytyjä. Eräiden lajien kohdalla hintatietoja ei saatu, koska kysyntään ei pystytä vastaamaan tälläkään hetkellä.

Kysynnän kasvuun ei pystytä aina sen äkillisesti ilmentyessä nopeasti reagoimaan. Toimittajan tietäessä ajoissa mahdollinen kysynnän lisäys toimitusmäärissä tilanne on toinen. Esim. Entomofarmin mukaan heillä toimitusaika tuotteelle voi olla 0 - 6 viikkoa, riippuen tarvittavasta volyymistä.

Seuraavat yritykset eivät kertoneet hintoja, mutta olivat kiinnostuneita pitkäaikaisemmasta yhteistyöstä ja mahdollisesta lisenssituotannosta, kun hanke on konkreettisempi eivätkä tiedot julkisia:

- Entomo AgroIndustrial platform, Murcia, pain) diego.amores@entomo.org, +34 645 82 87 44
- Insect Europe, Runderweg 6, 8219 PK Lelystad, the Netherlands, info@insecteurope.com, 31(0)320417994
- Nusect, Kleine Izegemsestraat 31, 8880 Ledegem, Belgium, info@nusect.be, + 32(0)473 957585

Taulukko 4; Eri hyönteislajeille tarjottavat hinnat (tutkimus 15.7-30.9.2017, hinnat muunnettuina euroiksi 5.10.2017 valuuttakurssin mukaan)

Suomenkielinen nimi	Tieteellinen nimi	euroa/kilo kirjainlyhenne (a-c) viittaa yritykseen
Jauhopukki	<i>Tenebrio molitor</i>	10,85 b) - 35,47 a)
Buffalomato	<i>Alphitobus diaperinus</i>	10,50 b)
Jättiläisjauhomato	<i>Zophobas atratus</i>	18,63 b)
Kotisirkka	<i>Acheta domestica</i>	40,00 c) - 44,20 b) *) **)
Kaksitäpläsirkka	<i>Gryllus bimaculatus</i>	44,52b)

*) Little food – yritys tarjosi alennusta, ostettaessa suurempia määriä
 **) Kreca –yrityksen kilohinta riippuu sirkkojen kehitysasteesta, tässä hinta aikuisille sirkoille (koko 8)
 Entomos Stahlermatten 6, CH-6146 Grossdietwil, Switzerland, info@entomos.ch +41 (0)62 917 51 51
 Kreca Ento Feed BV, Oude telgterweg 270, 3853 PK Ermelo, The Netherlands, feed@kreca.com, +31 (0)341 557769
 Little food, Atelier C3, 37 Rue Dieudonné Lefèvre, 17, 1020 Bruxelles, Belgium, Nikolaas Viaene: nikoviaene@gmail.com

Jo aiemmin vuonna 2014 tehdyssä jauhopukkien hintavertailussa 2014 Krecan toukat olivat halvimpia. (<https://github.com/TinyFarms/OpenBugFarm/wiki/Mealworm-prices>). Rainbow mealworms-yrityksen (<http://www.rainbowmealworms.net/shop-mealworms>) jauhomadot olivat hieman kalliimpia, mutta verkkokaupassa on tarjolla myös suurempia määriä, jopa 10 000 toukan erä.

Entomon tarjoamat hinnat olivat samankaltaisia kuin verkkokaupassa. Jos ostoja tehtäisiin säännöllisesti ja suurempia määriä, oletettavissa on, että hinta olisi alhaisempi. Tarjoushinnat pätevät vain tietyn kehitysvaiheen hyönteisiin. Nuorten jauhopukintoukkien kilohinta on 67 % korkeampi kuin vanhempien – toki kappalehinta on alhaisempi. Rainbow mealwormsin hintojen vaihtelu toukkavaiheiden välillä on pienempää.

Hintatarjouksen tehneet yritykset ovat parhaillaan laajentamassa tuotantoaan. Esimerkiksi Little food (Belgia) on nostamassa kotisirkkojen tuotantomäärää 300 →2500 kg/kk (Nikolaas Viaene, pers.comm.). Nusect (Belgia) tuottaa tällä hetkellä jauhopukkiä 50 - 100 kg/vk, mutta tavoite on nostaa määrää lähiaikoina 500 – 1000 kg/ vk ja vuoden kuluessa 4000- 5000 kg/ vk. Näillä laajennuksilla on mahdollisesti hintoja alentava vaikutus.

Koetuantolaitosta perustamiseen tarvittava kasvatusmateriaali on markkinoilta saatavissa, kunhan sen tilaus tehdään hyvissä ajoin, huomioiden tuottajien resurssit.

Koelaitoksen mittakaava (20 tonnia/ vuosi→400 kg/viikko), on mittakaavaltaan samaa luokkaa kuin edellä mainitut yritykset. Suurempia määriä ne eivät välttämättä pysty tarpeen tullen toimittamaan. Tuotteen hinnan lisäksi on otettava huomioon kuljetuskustannukset. Suomessa pienien määrien kuljetus on halpaa, mutta 1 m³ kokoisen paketin kuljetus Euroopasta voi maksaa 200 - 300 euroa, riippuen alkuperämaasta.

On korostettava, ettei hinta saa olla ainoa vaikuttava tekijä ostopäätöstä tehtäessä. Laatu on aina laitettava etusijalle.

8. Huomoitavat ongelmat tuotannossa

8.1. Sisäsiitos

Sisäsiitoksen vaikutuksia hyönteisten immuunipuolustukseen on tutkittu paljon. Jos sisäsiitosta esiintyy vain ensimmäisessä sukupolvessa, sen ei ole havaittu vaikuttavan jauhopukin immuunipuolustukseen (Rantala ym. 2011). Vaikka suoraa yhteyttä immuunijärjestelmän heikentymiseen ei olekaan, sisäsiittoisten yksilöiden on todettu olevan herkempiä entomopatogeenisille sienitaudeille (Rantala & Roff, 2006).

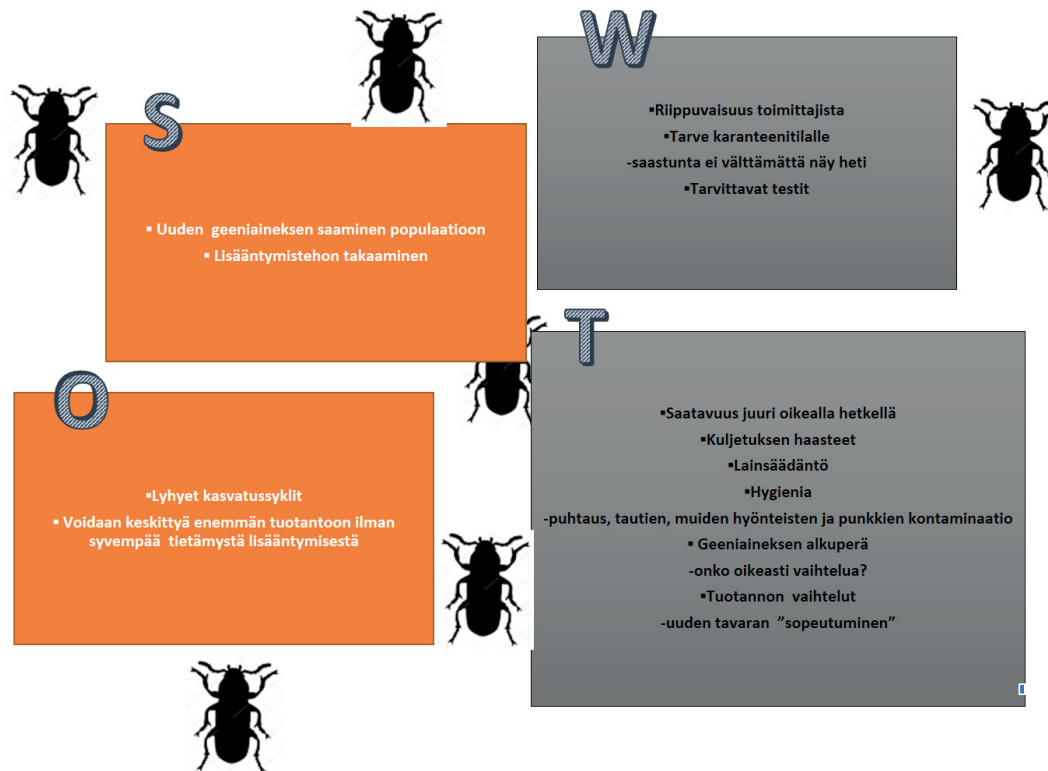
Sisäsiitosta voidaan torjua pitämällä kasvatuksien geeni-aines monipuolisena. Uuden lisäysmateriaalin tuominen kasvatukseen on kuitenkin aina riski. Materiaalin mukana saattaa tulla myös ei-toivottuja seuralaisia, kuten varastopunkkeja ja taudinaiheuttajia. Hyönteisten sopeutuminen uusiin olosuhteisiin vie myös aikaa. Olosuhteet ovat saattaneet olla ”kotikasvattamossa” hyvinkin erilaiset tai kuljetus on aiheuttanut matkalla hyönteisille stressiä. Tästä toipuminen vie muutamia päiviä ja vasta sen jälkeen lisääntymistoiminnot ja ravinnonkäyttö palautuvat normaaliksi.

Sisäsiitosta ja jauhopukkien seksuaalista viestintää ovat tutkineet Pölkki ym. (2017) Jauhokukinaaraiden havaittiin pitävän ”ei sisäsiittoisen” populaation koiraiden viestintää houkuttelevampana kuin sisäsiittoisten koiraiden. Naaraiden lähettämässä signaaleissa ei havaittu eroja houkuttelevuuden suhteen. Naaraiden parin valinta on siis selvästi merkittävämmässä roolissa kuin koiraiden.

Sisäsiittoisuutta voi ehkäistä aloittamalla kasvatusta useammasta eri kannasta, ja sekoittamalla näitä linjoja säännöllisin väliajoin toisiinsa. Kirjallisuudesta ei löydy selvää ohjeistusta, minkä ajan jälkeen sisäsiittoisuus alkaa vaikuttaa haitallisesti tuotannossa. Jos sisäsiittoisuus kuitenkin aiheuttaa pientä taantumaa jo ensimmäisessä sukupolvessa, oikea hetki tuoda uutta aineistoa tuotantoon voisi laskennallisesti olla kolmannen sukupolven jälkeen. Onko uuden aineiston tuonnista saatava taloudellinen hyöty verrannollinen siitä aiheutuviin riskeihin, jää pohdittavaksi. Vaikka oman tuotannon biomassatuotannossa tapahtuisikin lievää alenemista, riskit toisessa vaakakupissa saattavat kuitenkin olla liian suuret.

Hyönteisten lisääntymistehoon vaikuttavat monet tekijät. Olosuhteiden pitäminen lajille optimaalisena ja takaamalla mahdollisuus paritteluun pitävät suurelta osin geneettisen materiaalin monipuolisena. Jauhokukilla sukupuolien sopiva jakauma on 1:1. Vaikka suuremmalla naarasmäärällä saataisiinkin enemmän munatuottoa, suhde 1:1 luo koiraiden keskuudessa kilpailua ja geneettinen variaatio lisääntyy.

Uuden materiaalin tuonnin mukana seuraavia vahvuuksia ja heikkouksia, sekä mahdollisuuksia ja uhkia on pohdittu seuraavassa SWOT-analyysissä (kuva 1).



Kuva 1. SWOT-analyysi "Uuden lisäsmateriaalin tuonti tuotantoon"

8.2. Hygienia tuotannossa

8.2.1. Virukset, muut patogeenit sekä haitalliset eliöt

Hyönteisten kasvatusta luokitellaan alkutuotannoksi ja alkutuotannon hygieniavaatimuksista on tehty kattava ohjeistus (Maarit Mäki, 2017). Hyönteisten massatuotannossa hygieniasta on merkittävässä roolissa joka vaiheessa. Jos tuotantoon pääsee haitallisia patogeeneja tai vieraita eliöitä, koko tuotantoprosessi voi olla vaarassa. Esimerkkinä sirkkakasvatusta USA:ssa ja Hollannissa saastuttanut densovirus (Ad DNV). USA:ssa taloudelliset tappiot ovat nousseet miljooniin, koska maa tuottaa sirkkoja viikoittain arviolta 50 milj. kappaletta (Weissman ym. 2012). Hollannissa erään yrityksen sirkkoita kuoli puolet 8-12 tunnin aikana (FAO, 2013) kyseiseen virukseen. Myös muita potentiaalisia viruksia löytyy, kuten sirkkojen paralyysivirus (CrPV). Tämä virus uhkaa erityisesti *Acheta domesticus*-lajia. Osa yrityksistä on joutunut virussaastunnan vuoksi lopettamaan kokonaan tuotantonsa, ja osa on vaihtanut kasvattamaansa lajia. Saastuneissa kasvattamoissa joudutaan tekemään työläs ja perusteellinen puhdistus. Kaikki sairastuneet sirkat poistetaan ja kasvatustilat kalustoitteineen desinfioidaan. Vaikka monissa yrityksissä on noudatettu korkeaa hygieniata, virussaastunutta on silti ilmennyt. Tutkimuksissa havaittiin useiden sirkkalajien saavan virustartunnan, mutta vain *Acheta domesticuksella* tartunta oli tappava. Weissman ym. (2012) arvelevat tutkimuksessaan *Gryllus sigillatuksen* olevan tulevaisuudessa sopiva resistentti laji massakasvatukseen. Myös *Gryllus assimilis* on virukselle resistentti.

Maaperässä elävä *Metarhizium anisopliae* -sieni aiheuttaa sairauksia monilla hyönteisillä. Kun sieni pääsee kosketuksiin hyönteisen kanssa, se lävistää kutikulan ja alkaa elää hyönteisen sisällä, tappaen sen muutaman päivän kuluessa. Valtonen ym. (2010) ovat tutkineet paritelleiden ja paritellelemattomien jauhopukkien vastustuskykyä entomopatogeenisia sienitauteja vastaan. Paritelleet yksilöt olivat vastustuskykyisempiä *B. bassiana*-sienen infektiolle. Bakteeritaudeista *Rickettsia* saattaa

levitä sirkkakasvatuksiin. Jos populaatioissa esiintyy kannibalismia, taudit leviävät valtavalla nopeudella. Joskus joitain haitallisia loispunkkeja tai muita haitallisia eliöitä voi myös levitä sirkkakasvatuksiin. Näitä edellä mainittuja vastaan on hankala suojautua, mutta tuotantohygieniasta huolehtiminen on tässäkin tärkeässä roolissa.

Normaalia, korkeaa hygieniaa noudattamalla voidaan jossain määrin estää kontaminaatioita. Ulkopuolelta tuleva hyönteisaines, rehut sekä kasvatusalustat ovat kuitenkin riskitekijöitä. Erillinen karanteenihuone ulkopuolelta tuleville hyönteisille on suositeltava. Monet ei-toivotuista eliöistä, kuten varastopunkit tulevat esille vasta päivien, jopa viikkojen kuluttua. Patogeeniä kantava, terveenkin näköinen hyönteinen voi ehtiä saastuttaa koko tuotannon lyhyessä ajassa. Sopiva aika karanteenille on vähintään viikko tai kaksi. Karanteenihuoneessa uusia hyönteisiä hoidetaan eri välineillä kuin muuta kasvatusta. Karanteenihuoneessa työskentelyn jälkeen ei myöskään pidä mennä suoraan samoilla vaatteilla muihin kasvatushuoneisiin. Kasvatuksessa käytettävät rehut ja kasvatusalustat kannattaa pakastaa ennen käyttöä vuorokauden ajan. Kaikkiin taudinaiheuttajiin pakastus ei tehoa, mutta mahdolliset varastopunkit (esim. *Tyrophagus*) kuolevat pakastuksessa.

8.2.2. Lopputuotteen laatu

Maarit Mäen (Luke, 2017) raportissa tarkastellaan kattavasti hyönteisten tuotantoon (elintarvike- ja rehukäyttö) prosessointiin liittyviä vaaroja ja riskien hallintaa. Tilanne Suomen markkinoilla on uusi ja säädökset elävät parasta aikaa. Myöskään ongelmia ei ole vielä ehtinyt asian tuoreuden ansiosta syntyä. Maailmalta kuitenkin kantautuu toisenlaisia uutisia. Belgialaisessa tutkimuksessa (Megidon ym. 2017) löydettiin laadullisia ongelmia markkinoilla olleista hyönteisistä. Valtaosa valmisteista oli kontaminoitunut mikro-organismeilla ja vaati kuumennuksen ennen käyttöä. Lainsäädännön tiukennusta etenkin kohdistuen bakteeriperäisiin kontaminaatioihin toivotaan tiukennettavan. Maahan tuotavien, luonnosta suoraan kerättyjen hyönteisten prosessointiin, pakkaukseen sekä säilytykseen tulee kiinnittää tarkempaa huomiota. Myös Van Huis (2013) listaa artikkelissaan riskien hallinnan mahdollisuuksia hyönteisravinnon sektorilta.

Tuottajan tarkka omavalvonta yhdistettynä viranomaisten asiantuntemukseen sekä kuluttajan valveutuneisuuteen, takaa tämän uuden sektorin pysymisen turvallisena.

8.2.3. Lajien aitous

Lajien puhtauteen tulee kiinnittää huomiota ja USA:ssa on jouduttu puuttumaan lainsäädännöllä sirkkokojen kasvatukseen ja sallittuihin lajeihin. Markkinoilta on löytynyt ”epä-aitoa” *Gryllus assimilista*. Tämä laji on mm. aggressiivisempi kuin aito, eikä sovellu esim. lemmikkien ruokintaan. Kun tuotantoon tuodaan ulkopuolelta uutta hyönteisainesta, esim. ajatuksena laajentaa populaation geenistöä, on vaarana saada jokin väärä laji. Lajien tunnistaminen voi olla hankalaa, ja erehdys saatetaan havaita vasta kun vahinko on jo tapahtunut.

8.2.4. Saatavuuden ongelmat

Jos tuotannon toimiminen on perustettu pitkälti ulkopuolisten toimittajien varaan, oma tuotantoprosessi saattaa vaarantua toimitusongelmien vuoksi. Toimittajan kasvatuksia voi myös kohdata jokin biologinen ongelma, esim. tauti- tai eliösaastunta. Joskus kysyntä ja saatavuus eivät vain kohtaa. Näitä tilanteita varten olisi suunniteltava varasuunnitelma oman tuotannon takaamiseksi. Yhteydet useaan eri toimittajaan voivat auttaa saatavuusongelmassa, mutta tuovat mukanaan myös lisää kontaminaatoriskejä.

Oman tuotannon volyymin pitäminen tarpeeksi korkeana auttaa tasapainottamaan kysynnän huippuja. Suuresta volyymistä on myös enemmän varaa valita laadukasta tavaraa myyntiin. Mikä on sopiva tuotannon laajuus kustannukset huomioon ottaen, jää jokaisen itse harkittavaksi.

Katastrofitilanteiden varalle kannattaa perustaa ns. varatuotantolinja. Esim. jauhopukkikasvatuksissa ainakin osa munivista aikuisista pidetään eristyksessä muusta populaatiosta tartuntojen estämiseksi. Tätä linjaa hoitaa eri henkilö, tai hoito ajoitetaan eri päivään kuin muun populaation. Varalinjaa/linjoja hoidetaan eri työkaluilla kuin muita ja vaatteiden puhtaudesta huolehditaan. Myös huoneeseen kulku tehdään harkitusti.

8.2.5. Lainsäädäntö

Maatalousministeriön päätöksen jälkeen (20.9.2017) sallia hyönteiset ihmisravinnoksi, Evira on muotoillut vanhoja säädöksiä ja tehnyt uusia. Rehuksi ja ihmisravinnoksi kasvatettujen hyönteisten viennin ja tuontia käsitellään uusissa säädöksissä (Riina Keski-Saari, Evira, pers.comm. 3.10.2017). Tilanne päivittyy tällä hetkellä useita kertoja viikossa ja uusimmat ohjeet voi löytää osoitteesta: <https://www.evira.fi/elintarvikkeet/valmistus-ja-myynti/elintarvikeryhmat/hyonteiset/>

8.2.6. Pakkaus ja kuljetus

Pakkauksen ja kuljetuksen vaikutuksista tutkittavien lajeihin ei ole tehty tutkimusta. Seuraavat ohjeistukset pohjautuvat Biotus Oy:n omaan kokemukseen torjuntaeliöiden ja biologisten valmisteiden kuljetuksesta.

Yleinen tapa on pakata hyönteiset styrox-laatikkoon laatikkoon kuljetusta varten. Laatikkoon laitetaan kylmävaraaja eli ”kylmäkalle”. Lämpötilan pysyessä matalampana, eliöiden aktiivisuus laskee, eikä hiilidioksidipitoisuus pääse nousemaan liikaa. Laatikkoon kannattaa myös tehdä pieniä reikiä ylimääräisten kaasujen poispääsyä varten. Liian suuret reiät voivat viilentää lämpötilaa liikaa. Kuljetuksen aikainen suosituslämpötila vaihtelee lajin ja sen kehitysasteen mukaan. Yleinen suositus on 6 - 12 °C. Kylmäkuljetuksen valinnan lisäksi myös lämpötilaloggereiden käytöllä on mahdollista pienentää kuljetuksen riskejä. Loggereista saadun informaation avulla voidaan seuraavan kuljetuksen kylmävaraajien määrää optimoida.

Pitkän kuljetuksen aikana kylmävaraajat alkavat sulaa ja tuottaa kondensaatiovevettä. Tämä on huomioitava kuljetettavaa tuotetta pakattaessa. Kylmävaraajat tulee kääriä paperiin ja sijoittaa laatikkoon siten, ettei kosteus vahingoita tuotetta.

Vuodenajat ja sen mukanaan tuomat lämpötilan vaihtelut tulee ottaa huomioon tuotteita pakattaessa. Kesällä korkea lämpötila aiheuttaa haasteita, etenkin jo kuljetus kestää useita päiviä. Vaikka pakkaus olisikin varustettu kylmävaraajilla, lämpötila saattaa nousta liian korkeaksi. Hyönteisten pakkaaminen hieman tilavampaan laatikkoon antaa niille lisää ilmatilaa ja auttaa tasaamaan pakkauksen lämpötilaa. Monet hyönteislajit ovat arkoja kylmälle. Talvella tuotteiden pakkaamiseen tulee kiinnittää erityistä huomiota, ja ohjeistaa myös kuljetuksen järjestäjää suojaamaan lähetys pakkaselta. Eläviä hyönteisiä kuljetettaessa niiden olosuhteet tulee tehdä mahdollisimman stressittömiksi. Riippuen kuljetuksen kestosta, huolehditaan että hyönteisillä on tarpeeksi ruokaa ja vettä. Tällä varmistetaan ettei matkan aikana aiheudu kannibalismia tai kuivumista.

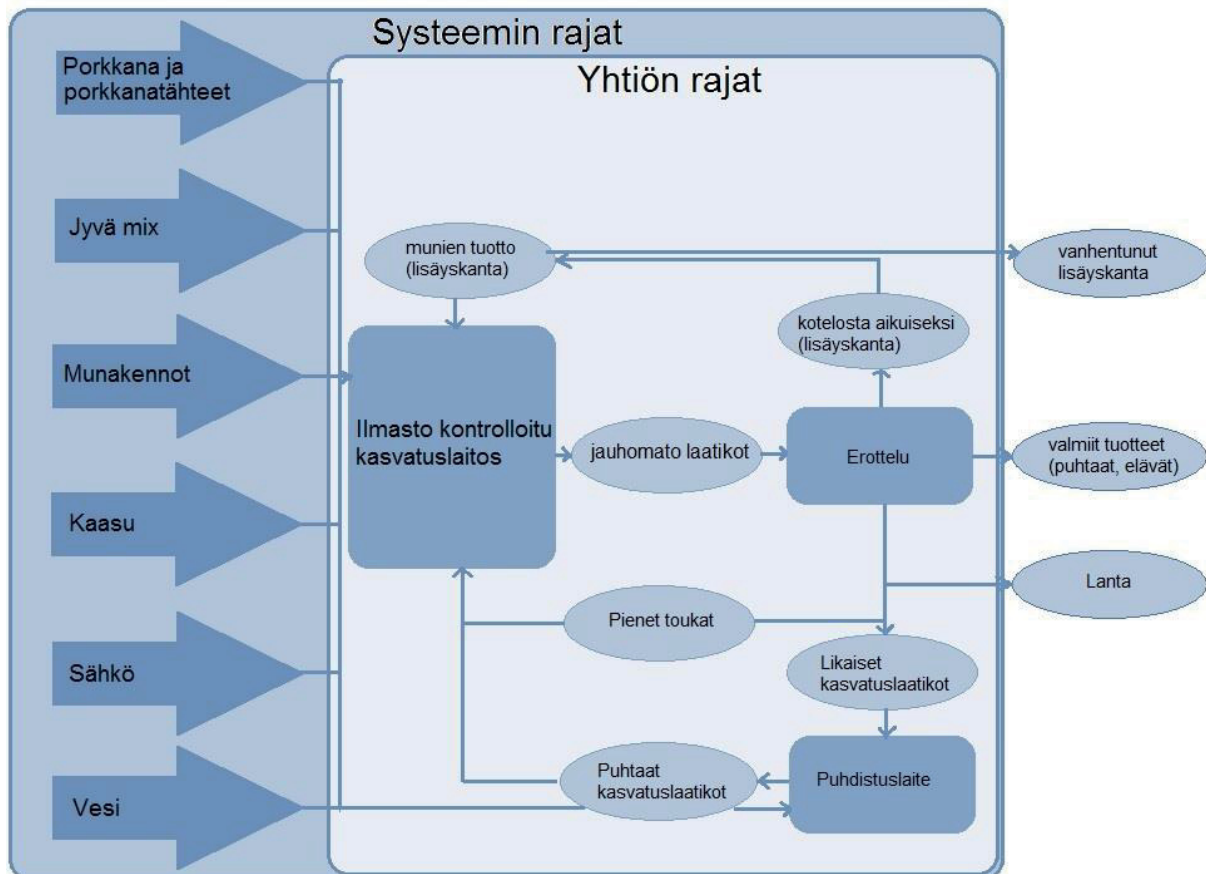
Suomessa hyönteisiä kuljettavat Matkahuolto ja Kaukokiito. Postin kautta kuljetus ei ole mahdollista, eivätkä myöskään kuljetusyhtiöt esim. TNT, DHL ja UPS ole hyväksyneet hyönteisiä kuljetuksiinsa. Vihannesten ja elintarvikkeiden kuljetukseen käytettävät ilmastoidut rekat ovat varteenotettava vaihtoehto myös hyönteisten kuljetukseen. Ne sopivat myös kauempaa Euroopan ulkopuolelta tuleviin kuljetuksiin, mutta lämpötilan hallinta pitkien kuljetusmatkojen aikana on haasteellista.

9. Lajien tuotanto laajassa mittakaavassa

9.1. Jauhoppukkituotannon eri vaiheiden kuvaus

Jauhoppukkimunat sijoitetaan ilmasto-ohjattuun kasvatusosastoon pieniin tuotantoyksiköihin (20 x 30 cm). Tuotantoyksikköihin laitetaan lisäksi 200 g ruokaa. Noin 7 vuorokauden kuluttua, kun munat alkavat kuoriutua, lisätään joka päivä 30 g ruokaa. Noin 3 viikon kuluttua ruoan määrää nostetaan 100 grammaan per päivä. Tutkimuksissa on osoitettu, että 4 viikkoisten toukkien siirtäminen suurempaan (40 x 60 cm) kasvatusyksikköön paransi tuotantoa (Andersen ym., 2017). Kasvatusyksikön vaihtaminen suurempaan toukkien koon kasvaessa vaatii lisätutkimusta: riittääkö yksikkökoon suurentaminen kertaalleen, häiriintyykö kasvatus siirrosta, missä vaiheessa siirto on optimaalisimmin toteutettavissa? Toisaalta tulee myös huomioida, että suurempi kasvatusyksikkö ei ehkä ole taloudellisesti toteutettavissa, sillä työ määrä ja materiaalikulut kasvavat.

Jauhoppukeille syötettävästä ravinnosta tarvitaan myös lisätietoa. Parhailaan Tanskan Teknisessä Instituutissa tutkitaan jauhoppukien optimaalisinta ravintokoostumusta (L. Heckmann, pers. comm.).



Kuva 2. Jauhoppukikasvatustuotantojärjestelmä Oonincx & De Boer (2012) mukaan.

9.1.1. Vesi jauhoppukikasvatuksessa

Jauhoppukkitoukat pystyvät ottamaan ilmasta kosteutta, jos ilman suhteellinen kosteus on 90 % tai yli (Dunbar ja Winston, 1975; Machin, 1976). Täytyy kuitenkin huomioida, että korkea kosteus suosii mm. erilaisten sienitautien ja punkkien lisääntymistä, jotka saattavat olla kasvatukselle haitallisia. Useimmat kaupalliset tuottajat Yhdysvalloissa täydentävät jauhoppukien ruokavaliota lisäämällä tuo-

tantoon viipaloituja kasviksia (esim. perunaa, porkkanaa, kaalia). Kasvisviipaleet lisäävät tärkeitä, vehnystä puuttuvia, ravinteita (van Broekhoven ym. 2015) sekä toimivat toukille vesilähteenä. Toiset tuottajat antavat toukille vettä ruiskuttamalla/sumuttamalla tai jakamalla vettä kasvatusyksikköihin pieniä määriä muutaman päivän välein. Tämä menetelmä on kuitenkin työvoimavaltaista. Vielä yksi kirjallisuudesta löytynyt tapa on käyttää vettä absorboivia synteettisiä polymeerejä, kuten polyakryyliamidia. Polymeerit kyllästetään vedellä ja annostellaan alustoihin tai kasvatusyksikköihin. Polymeerien pitkäaikaisvaikutus toukkiin ja kasvatusyksikköihin ylipäänsä ei ole tiedossa. Täytyy myös huomioida, että polymeeri – kasvatuksessa olleiden toukkien käytöllä (ihmis)ravinnoksi voi olla seurauksia. Kasvatusyksiköiden parempien kastelujärjestelmien kehittäminen on yksi nykyajan tärkeimmistä vaatimuksista (Cortes ym. 2016).

Tuotantoyksiköiden syöttämiseen käytettävää aikaa voitaisiin lyhentää suurentamalla kasvatusyksikköä. Toukkatiheyden tulisi kuitenkin pysyä samana, sillä tuotantoyksikön koko suhteessa toukkien nesteensaantiin ovat yhteydessä toisiinsa. Lyhyt etäisyys nestelähteelle on erittäin tärkeää pienille toukille.

Edellä kuvatut tuotantoyksiköt ovat ”suljettuja” yksiköitä. Morales-Ramos ym. (2012) kuvaavat menetelmän, jossa kasvatusyksikön pohjalla on verkko (reikäkoko 0,5 mm). Verkon läpi jauhopukkien ulosteet tippuvat pois tuotantoyksiköstä. Ulosteiden poistaminen auttaa mm. hillitsemään punkkitartuntaa. Olisi kuitenkin selvitettävä, että onko verkkopohjan käytöstä hyötyä vai ei, joka tapauksessa ulosteiden poistamista siirrettäessä toukkia pienemmästä yksiköstä suurempaan tulisi harkita.

Munien kuoriutumisen toukiksi on tuotannon kriittisin vaihe. Jos tuotantolaitoksella on oma munatuotanto, tulee testata missä munat kuoriutuvat toukiksi parhaiten (sillä osastolla, jossa toukat kasvatetaan, siellä missä muninta tapahtuu, tai ihan omissa osastossa).

Taulukko 5. Teoreettinen jauhopukkitoukkien tuotannon aikataulu.

tuotantolinja	viikko 1	viikko 2	viikko 3	viikko 4	viikko 5	viikko 6	viikko 7	viikko 8*	viikko 9*	viikko 10*	viikko 11	viikko 12	viikko 13		
1	munat	toukka (pieni laatikko)			-> isompi laatikko			*	*	*					
2		munat	toukka (pieni laatikko)			-> isompi laatikko			*	*	*				
3			munat	toukka (pieni laatikko)			-> isompi laatikko			*	*	*			
4				munat	toukka (pieni laatikko)			-> isompi laatikko			*	*	*		
5					munat	toukka (pieni laatikko)			-> isompi laatikko			*	*		
6						munat	toukka (pieni laatikko)			-> isompi laatikko			*		
7							munat	toukka (pieni laatikko)			-> isompi laatikko				
8								munat	toukka (pieni laatikko)			-> isompi laatikko			
9									munat	toukka (pieni laatikko)			-> isompi		
10										munat	toukka (pieni laatikko)				
Uusi tuotantoyksikö															
11 (1a)	munat	toukka (pieni laatikko)			-> isompi laatikko			*	*	*					
12 (2a)		munat	toukka (pieni laatikko)			-> isompi laatikko			*	*	*				
13 (3a)			munat	toukka (pieni laatikko)			-> isompi laatikko			*	*	*			
*) mahdollinen sadonkorjuuhetki															

Toimenpide	
munat	aloitus: 200 g ruoka
	7-21, 30 g ruoka / pv / yksikko
	>21 pv, 100 g ruoka / pv / yksikko
vk 5	isompi laatikko, 100 g /pv / yksikko

Kasvatuksen kesto (munasta lopputuotteeksi) riippuu monesta eri tekijästä. Kasvatustilapöytä (esim. 25 tai 30 astetta) vaikuttaa jauhopukkien kehitysnopeuteen, sekä lopputuotteen haluttu koko/ikä (mitä nuorempia toukkia, luonnollisesti, sen lyhempi kasvatus). Kasvatuksen perusajatus on kuitenkin aina taulukon 5 mukainen. Tuotantolinjojen määrän pitää kuitenkin vastata tuotannon

kestoviikkoa, jotta viikoittaisiin toimitusvaatimuksiin pystytään vastaamaan. Huomioi myös, että erien jäljitettävyyden kannalta on oleellista pitää hyvää tuotantopäiväkirjaa!

Toukat, jotka kasvatetaan aikuisiksi munantuotantoa varten, tulee ottaa erikseen ennen toukkien siirtämistä suurempaan kasvatusyksikköön tai viimeistään ennen "sadonkorjuuta". Jos, munantuotantoon siirrettävät toukat otetaan erikseen siinä vaiheessa kun ulosteet siivotaan yksiköistä, vältetään toukkien edestakaiselta siirtelyltä ja niiden mahdolliselta vahingoittumiselta.

"Sadonkorjuun" jälkeen tuotantoyksiköt on putsattava huolellisesti ennen niiden uudelleenkäyttöä. Niistä pestään irtoaines pois huolellisesti harjalla ja saippualla, käyttäen kuumaa vettä. Alustat on mahdollista desinfioida tarkoitukseen soveltuvilla desinfiointiaineilla, ne voidaan pakastaa tai lämpökäsitellä. Hyvä hygienia korostuu erityisesti silloin jos tuotannossa ilmenee ongelmia.

Tuotannon hinnan alentamiseksi useita vaiheita pitäisi automatisoida:

- Ruokinnan automatisointi on haastavinta, sillä ruoan pitäisi olla tasaisesti jaettu tuotantoyksikön yli.
 - toisaalta tuotannosta on saatava myös "näppituntuma", eikä sitä voida kokonaan tehdä käsinkoskematta.
- Kastelun suhteen on myös Suomessa kehitteillä erilaisia järjestelmiä ja ratkaisuja (Pohjolan Hyönteistalous Oy ja Entocube). Entocube hakee patenttia omalle ratkaisulleen. Entocube – yrityksen malli keskittyy sirkkatuotantoon ja sen soveltaminen jauhopukeille selviää myöhemmin.
- Toukkien ja niiden ulosteiden erottamiseksi toisistaan erilaisten tärisevien kuljetushihnojen avulla löytyy YouTube –videoita:
 - <https://www.youtube.com/watch?v=jZm1lShibvc>
 - <https://www.youtube.com/watch?v=fcuBrpLAZVcas>
 - <https://www.youtube.com/watch?v=3auAZFmIDS4>

9.2. Jauhoppukkimunien tuotantoyksikkö

Toukkien "sadonkorjuun" tai siirtämisen isompaan kasvatusyksikköön yhteydessä (ks. yllä) otetaan 5 – 10 % toukista munien tuotantoyksikköön. Munintaosaston lämpötila vastaa tuotannon lämpötilaa. Työskenneltäessä munintaosastolla on kiinnitettävä huomioon työjärjestykseen, jotta välttyttäisiin munintaosaston mahdolliselta kontaminaatiolta: on suositeltavaa, että työskennellään ensin munintaosastolla ja sitten vasta tuotanto-osastolla (siirrytään puhtaammasta likaisempaan). Jos mahdollista, niin olisi hyvä järjestää kokonaan eri henkilöt ja tarvikkeet muninta- ja tuotanto-osastoille.

Munintaosastolle siirretyt toukat kehittyvät vielä 2-4 viikkoa, riippuen kuinka varhaisessa vaiheessa ne on otettu eroon tuotantolinjasta. Toukkavaiheen jälkeen seuraa kotelovaihe (7 vrk). Kotelovaiheen jälkeinen, lisääntymistä edeltävä aika (ns. pre-oviposition period), kestää 3 vuorokautta, jonka jälkeen naaraat alkavat muninnan. Naaraiden annetaan munia viikon ajan yhteen tuotantoyksikköön, jonka jälkeen ne siirretään uuteen tuotantoyksikköön (näin yhteen yksikköön saadaan toukia, jotka ovat kaikki suhteellisen saman ikäisiä). Tuotantoyksikkö, jossa on pelkkiä jauhoppukkimunia tai jos on käytetty muninta-alustaa, niin alusta munineen päivineen siirretään tuotanto-osastolle. Eri käytäntöjen sopivuuden omaan tuotantoon ja erilaisiin ympäristöolosuhteisiin näkee ajan kanssa.

Munivat jauhoppukkinaaraat tulisi korvata uusilla noin 4 viikon kuluttua. Naaraiden optimaalinen vaihtoväli vaatii kuitenkin vielä lisätutkimusta, sillä kirjallisuudesta ei löydy tietoa jauhoppukkinaaraiden lisääntymiskapasiteetista per päivä koko eliniän yli. Kirjallisuudesta ei myöskään juurikaan löydy tietoa jauhoppukkien sisäsiittoisuudesta.

Muninnasta poistetut naaraat tulee hävittää Eviran antamien ohjeiden mukaan. Tältä osin on Eviran ohjeistus vielä kesken (10.10.2017). Mahdollista kasvatusta suunniteltaessa on tilanne tarkistettava viranomaisilta.

9.3. Jauhoppukikasvatuksen kapasiteetilaskelma

Tässä luvussa käytetyt eliniän taulukkoparametrit on koottu monista eri laboratorio- ja käytännön kokeista (ei kuitenkaan täyden mittakaavan tuotantolaitoksista), jotka on tiivistetty kirjassa: "*Tenebrio molitor* for food or feed. Rearing conditions and the effect of pesticides on its performance" (N. Ribeiro, 2017). Eri tutkimusten koasetelmat vaihtelevat suuresti (mm. lämpötilan, kosteuden, käytetyn ravintolähteen suhteen). Optimaalisen tuotantosuunnitelman laatimiseksi onkin oleellista, että jokainen koelaitos selvittää omat parametrisensa!

Taulukko 6. Esimerkkilaskelma koetuotantolaitoksen viikoittaisesta jauhoppukkimäärästä

Tavoite:	20.000	kiloa / vuosi
Myynti	385	kiloa / viikko
Munatuotantoa varten	35	5-10 % extra ¹⁾
Yht.	420	kiloa / viikko
Valmiita toukkia:	150	mg / toukka, n. 8-10 viikkoa ¹⁾
Toukan paino / kpl määrä:		
1g	6,7	kpl ¹⁾
1 kilo	6.700	kpl
420 kilo	2.814.000	kpl toukkaa

¹⁾ Andersen et. al. (2017)

Taulukko 7. Aikuisten jauhopukkien painon laskeminen munatuotannolle

Lisääntyminen	325 (250-400)	naaraan munantuotanto elinikänsä aikana ^{1,2)}
Elinikä	60 (60-62)	päivää ^{3,4)}
Lisääntyminen per päivä	5,4	munia / päivä
Lisääntyminen per vk	37,8	munia / viikko
Arvioitu viikoittainen lisääntyminen / naaras	30	munaa / viikko / naaras ⁵⁾

Tavoite	2.814.000	toukkaa / viikko
Arvioitu viikoittainen lisääntyminen / naaras	30	munat / viikko / naaras
Laskennallinen naaraiden määrä	93.800	naarasta

Laskennallinen naaraiden määrä	93.800	kpl
Aikuisen jauhopukin paino	125 (110-132)	mg ^{6,7)}
Lakennallinen naaraiden paino yhteensä	11.725.000	mg -> 11,7 kilo

Sukupuolijakauma	1:1	naaraita : koiraita
------------------	-----	---------------------

Tarvittava määrä naaraita	23,4	kiloa
---------------------------	------	-------

¹⁾ Spencer and Spencer (2006); ²⁾ Ghaly et al. (2009); ³⁾ Cotton (1927); ⁴⁾ Miryam et al. (2000); ⁵⁾ assumption, to be determined experimental ⁶⁾ Shea (2005); ⁷⁾ Finke (2002)

Esimerkkilaskelmassa käytetyn tuotantoyksikön koko on kasvatuksen alkuvaiheessa 20 x 30cm ja myöhemmin toukat on siirretty 40 x 60 cm yksikköön. 10.000 toukan "sadonkorjuuseen" tarvitaan tämän laskelman mukaan 280 tuotantoyksikköä per tuotantolinja.

Esimerkkioelaitoksen (20.000 kg jauhopukkeja per vuosi) perustamiseen tarvitaan laskennallisesti 23,4 kg naaraita (taulukko 7). Teoreettinen tuotto, ostettaessa 1 kg isoja toukkia, on 10,4 kg aikuisia. Täyden munatuotannon saamiseksi ensimmäisen tuotantokierroksen jälkeen tulisi tuotanto aloittaa 2,25 kilolla toukkia (Taulukko 8).

N. Ribeiron (2017) teoksessa löytyy yhteenveto optimaalisesta toukkatiheydestä. Aikuisten optimaalisesta tiheydestä munantuotannon yhteydessä ei sen sijaan ole kovinkaan paljoa tietoa. Kirjassa on mainittu aikuisten optimitiheydeksi 0.94 per cm². Täten 93.800 naaraan munintaa varten tarvitaan 90.000 cm². Tuotantoyksikön koosta riippuen tämä tarkoittaa 150 pienempää yksikköä (20 x 30 cm) tai noin 40 suurempaa yksikköä (40 x 60 cm).

Munatuotanto voidaan toteuttaa kahdella tavalla:

- 1) Kaikki munivat naaraat voidaan korvata uusilla 4 viikon kuluttua muninnan aloittamisesta (naaraiden huippulisääntymispiikin jälkeen)
- 2) Korvaamalla viikoittain ¼ munivista naaraista "tuoreilla" naarailla. Tämän menetelmän etu on, että tuotantoyksikköön lisätään geneettistä vaihtelua. Haittapuolena on puolestaan, että mahdollinen kontaminaatio ei rajoitu vain yhteen linjaan, vaan se levitetään koko munantuotannon yli kaikkiin yksikköihin.

Taulukko 8. Laskennallinen alkumateriaalin määrä.

Toukat (kpl)	paino	
10 000	1800	g iso toukat ¹⁾
5556	1000	g iso toukat

sukupuolijakauma	1:1	naaraita:koiraita
	2778	naarat
Lisääntyminen	30	munaa / viikko
	83333	kokonaismunamäärä per viikko
Paino	125	mg ^{2),3)}
	10416667	mg -> 10,4 kiloa

Laskennallinen tarve	input	output
	1	10,4
täystuotanto	2,25 kg	23,4 kg

¹⁾ Andersen et. al. (2017); ²⁾ Shea (2005); ³⁾ Finke (2002).

Ostettava 23,4 kg määrä jauhopukkinaaraita on suhteellisen paljon (uusien naaraiden lisääminen munintayksikköön joka neljäs viikko). Tämä herättää kysymyksiä: onko materiaalia saatavana? Logistiset järjestelyt materiaalin toimittamiselle? Kontaminaatiovaara otettaessa muilta toimittajilta materiaalia!

Alussa lieneekin suositeltavaa aloittaa pienemmillä määrillä, jotta näkee tuotannon eri vaiheet. Omaan kokemukseen perustuen tulee etsiä luotettava toimittaja tai jopa hankkia tuotantolisenssi omalle toiminnalleen.

Jauhopukeille kuvattu tuotanto on samansuuntainen kuin *Alphitobus diaperinus* -ja *Zophobas atratuksen* -kuoriaisten perustuotanto. Tuotannon järjestäminen tulisi kuitenkin säätää ko. lajin elinkaariparametrien mukaan (mm. kehitysaika, hedelmällisyys ja elinikä). Lisäksi tulee ottaa huomioon muut biologiset luvut (esim. toukka- ja aikuispaino). Lisää tutkimusta on tehtävä optimaalisen ruokamäärän ja -laadun sekä toukkatiheyden määrittämiseksi.

9.4. Kotisirkkatuotannon eri vaiheiden kuvaus

Sirkkatuotannon alussa pian kuoriutuvat sirkkamunat (noin 10 vrk vanhat) sijoitetaan ilmasto-ohjattuun kasvatustilaan kasvatusyksiköissä. Kasvatusyksiköt voivat olla kannellisia muovilaatikoita tai suuria avohäkkejä. Pienempiä laatikoita on helpompi käsitellä, mutta niiden ylläpito vie enemmän aikaa ja on työläämpää.

Kasvatusyksikön seinien tulee olla tarpeeksi korkeat (35 – 60 cm) sekä sileät, jotta toukat eivät pääse karkaamaan. Yleisesti kasvatusyksiköt täytetään munakennoilla tai vastaavalla, jolloin munintapinta-alaa saadaan moninkertaistettua sekä sirkoille piilo- ja lepopaikkoja.

9.4.1. Kasvatusolosuhteet

Sirkojen optimaalinen kasvatuslämpötila on 30 astetta (Cliffordin ja Woodringin, 1990; J.A.C. Ortiz ym. 2016). Toukkien maksimitiheyden (per cm²) välillä on suuria eroja. Pattonin (1978) mukaan tiheys on vain 2,5 kpl / cm², kun taas Parajullee ym. (1993) laskivat 7,3 kpl / cm². Suurimman tiheyden ovat maininneet J.A.C. Ortiz ym. (2016), jopa 14 – 25 toukkaa / cm². Maksimitiheyden suuri vaihtelu-

väli selittynee osittain sillä minkä suuruiselle toukalle tiheys on määritetty, sekä miten kasvatusyksikön pinta-ala (munakenttien tms. käyttö) on määritetty.

Sirkkojen kosteusvaatimus pienenee toukkien kasvaessa. Munavaiheessa kosteus voidaan pitää 100 % ja kuoriutumisen jälkeen laskea 90%:iin. Viikon ikäisille toukille kosteus voidaan säätää 70 – 80 %:iin. Kolmannen – neljännen toukkavaiheen toukille (2-2,5 viikon ikäisiä) riittää puolestaan 50 % kosteus (Clifford & Woodring, 1990). Munavaiheen ja eri toukkavaiheiden suurten kosteusvaatimuserojen vuoksi onkin ehdotettu, että munat ja nuoret toukat kasvatetaan erillisissä kasvatustiloissa verrattuna suurempiin toukkavaiheisiin. Suuressa ilmankosteudessa erilaiset sienitaudit ovat riskinä.

Vakiintunut valotusaika sirkoille on usein 24 h (Collavon ym. 2005). Jatkuvan valotuksen on kuitenkin havaittu häiritsevän sirkkojen parittelua ja munien kuoriutumista (Ghouri ja McFarlane, 1958). Päivänpituuden merkitystä olisikin tutkittava koelaitoksessa. Ehdotettuja valo:pimeäjaksoja ovat esim. 12h valoisaa ja 12 tuntia pimeää (12:12) tai 14h valoisaa ja 10 tuntia pimeää tai 14:10 (Woodring ym., 1988).

9.4.2. Ruokinta ja kastelu

Monet tuottajat käyttävät broilerinruokaa sirkkojen tuottamisessa. Broilerin ruoan käytön suhteen tulee kuitenkin olla varovainen, sillä se sisältää ainesosia (erilaisia entsyymejä ja väriaineita), jotka eivät hyönteistuotannossa sallittuja (T. Root, pers. com.). Kasvatusyksikköihin annosteltavan ruuan määrästä ei ole suosituksia. Loogista on, että tarjottavan ruoan määrä kasvaa sirkkatoukkien kasvaessa. Ruoka ja vesi asetetaan munakenttien reunan päälle. Kastelu on kriittistä: vettä pitää antaa niin että sitä on juuri tarpeeksi, mutta ei liikaa. Jos vettä on liian vähän kasvatus kuivuu, jos taas liikaa niin esim. pienet toukat hukkuvat. Kasteluun liittyen Entocube onkin jättänyt patenttihakemuksen (Perttu Karjalainen pers. com.).

Taulukko 9: Sirkkatuotannon teoreettinen aikataulu

tuotantolinja	viikko 1	viikko 2	viikko 3	viikko 4	viikko 5	viikko 6	viikko 7	viikko 8	viikko 9*	viikko 10
1,2,3	munat		1 toukka-aste			-->		aikuinen		
4,5,6		munat		1 toukka-aste			-->		aikuinen	
7,8,9			munat		1 toukka-aste			-->		
10,11,12				munat		1 toukka-aste			-->	
13,14,15					munat		1 toukka-aste			-->
16,17,18						munat		1 toukka-aste		
19,20,21							munat		1 toukka-aste	
22,23,24								munat		1 toukka-aste
25,26,27									munat	
seurava tuotantokierros										
28,29,30	munat		1 toukka-aste			-->		aikuinen		
31,32,33		munat		1 toukka-aste			-->		aikuinen	
			munat		1 toukka-aste			-->		
*) vk 9 Sirkkakorjuu										

Kokonaisaika munasta sadonkorjuuseen kestää 9 viikkoa (taulukko 9). Tuotannossa on otettava kannibalismi huomioon, sillä se voi aiheuttaa huomattavia tappioita ja menetyksiä. Kannibalismia välttääkseen tulisikin kasvattaa yhdessä kasvatusyksikössä mahdollisemman tasaikäisiä toukkia. Tämä voidaan tehdä esimerkiksi ylläpitämällä useampaa viikoittaista tuotantolinjaa (Taulukko 10).

Taulukko 10: Sirkkatuotannon teoreettinen aikataulu, josta on erotettu 3 tuotantolinjaa per viikko

tuotanto- linja	vk	vk	vk	vk	vk	vk	vk	vk	vk	vk	vk	vk	vk	vk			
	1 ma	1 ke	1 pe	2 ma	2 ke	2 pe	3 ma	3 ke	3 pe			8 pe	9 ma	9 ke	9 pe		
1	munat						1 toukka-aste -->				aikuinen						
2		munat						1 toukka-aste				--> aikuinen					
3			munat						1 toukka-aste				--> aikuinen				
4			munat									-->					
5				munat									-->				
6					munat									-->			

Useampi tuotantolinja viikossa vaikeuttaa tuotannon logistiikkaa ja lisää työtä. Esimerkkitaulukossa linjoja on 3 kpl, mutta olisi hyvä testata saako kahden linjan avulla vastaavanlaisen tuoton.

9.4.3. Munantuotanto

Sirkkanaaraiden munintaa varten munakennojen päälle asetetaan muninta-alusta. Alusta voi olla yksinkertaisuudessaan esim. turvetta. Materiaalin on oltava riittävän pehmeää ja riittävän syvä, jotta naaraiden munanasetin pystyy siihen tunkeutumaan ja jotta naaraat voivat ”peittää” munat muninnan jälkeen. Lisäksi alustan tulee pysyä kosteana (J.A.C. Ortiz ym. 2016).

Yhtä sirkkanaaraserää pidetään munimassa kolmisen viikkoa (naaraiden huippumunintakauden ajan). Kahta menetelmää voidaan käyttää sirkkamunien tuotannossa 1) kaikki munivat naaraat korvataan uusilla kolmen viikon jälkeen tai 2) korvataan vanhimmasta erästä aina 1/3 osa naaraita viikoittain (Taulukko 11).

Taulukko 11. Teoreettinen munatuotannon aikataulu. Aikataulu linkittyy taulukon 9 kanssa. Kahtena ensimmäisenä viikkona otetaan sirkkamääriä eri määrät kuin myöhemmin. Kolmannesta viikosta eteenpäin munatuotanto pyörii periaatteella 1,25 kg per viikko ja vanhimmat naaraat menevät aina poistoon.

munatuotanto	viikko	viikko	viikko	viikko	viikko
	10	11	12	13	14
-> munat linjoille 28, 29, 30 (ks. taulukko 9) Täysimitoitukselle tuotannolle tarvitaan 3,75 kg munivia naaraita. Tässä kaikki naaraat peräisin linja 1: sta (ks. taulukko 9 ja viikko 10).	3,75 kg, josta ensimmäisen viikon jälkeen pois 1,88 kg				
-> munat kasvatuslinjoille 31, 32, 33 Puolet tuotantolinjan 1 naaraista poistetaan ja linjan 4 naaraat lisätään (yhteensä saadaan taas 3,75 kg), ks. taulukko 9.	1,88 kg	1,88 kg			
-> munat kasvatuslinjoille 34, 35, 36 Linjan 1 ja 4 aikuisista 0,63 kiloa naaraita poistetaan ja 1,25 kg linjasta 7 (taulukko 9) lisätään. Yhteensä taas 3,75 kg.	1,25 kg	1,25 kg	1,25 kg		
-> munat kasvatuslinjoille 37, 38, 39 Linjan 1 naaraat (1,25 kg) poistetaan ja linjan 10 naaraat (1,25 kg) lisätään. Tästä eteenpäin aina yksi kolmasosa (naaraiden vanhin erä) korvataan tuoreilla naarilla	pois	1,25 kg	1,25 kg	1,25 kg	
Tästä eteenpäin lisätään aina 1,25 kg ja poistetaan 1,25 kg (vanhimmat naaraat)		pois	1,25 kg	1,25 kg	
jne.			pois	1,25 kg	1,25 kg

Munat kerätään 3 kertaa viikossa. Tällä pyritään pitämään toukkien ikäjakauma niin yhtenäisinä kuin mahdollista, jotta vältetään kannibalismilta. Kolmen eri ikäryhmän naaraiden munimat munat voidaan pitää joko erillään tai yhdistää yhdeksi tuotantoyksiköksi. Sekoittamalla saman ikäiset munat (mutta eri-ikäisten naaraiden tuottamat) saadaan tuotantoyksikköön enemmän geneettistä vaihtelua. Haittapuolena kuitenkin on, että mahdollinen kontaminaatio ei rajoitu vaan yhteen linjaan, vaan se leviää kaikkiin eri yksikköihin.

9.4.4. Sirkkojen kasvatukseen tarvittavia laskelmia

Käytetyt eliniän parametrit on koottu monista eri laboratorio- ja käytännön kokeista (ei täyden mitatakaan tuotantolaitoksista). Eri tutkimusten koeasetelmat vaihtelevat suuresti (mm. Lämpötilan, kosteuden, käytettävän ravintolähteen suhteen). Optimaalisen tuotantosuunnitelman laatimisessa onkin oleellista, että jokainen koelaitos selvittää oman parametrinsa!

Taulukko 12. Esimerkkilaskelma koetuotantolaitoksen viikoittaisesta sirkkamäärästä

Tavoite:	20.000	kiloa / vuosi
Myynti	385	kiloa / viikko
Munatuotantoa varten	1,25	kiloa / viikko
Yht.	386,25	kiloa / viikko
Täysikokoiset aikuiset:	385	mg / aikuinen ¹⁾

Aikuisten sirkkojen paino ja kpl määrä:

1 g	2,67 kpl sirkkoja
1 kilo	2670 kpl sirkkoja

Tarvittava 386,25 kiloa aikuisia per viikko = 1.031.288 kappaletta aikuisia sirkkoja per viikko

¹⁾ Cliford and Woodring (1990)

Parajulee ym. (1993) tuottivat 6000 aikuista sirkkaa yksikkökoossa: 50 x 44 x 21 cm. Tämän mukaan tuotantolinjalle tarvittaisiin 174 yksikköä kattamaan esimerkkilaskelman tarve. Munantuotanto-osastolla yksikkökokoa voitaisiin kasvattaa. Tarkasteltaessa optimaalisinta tilankäyttöä ja –tarvetta tulee huomioida, että osassa viitteissä puhutaan volyymistä (cm³) ja osassa käytössä olevista neliöistä (cm²), jolloin mukaan on laskettu munakennojen lisäala.

Taulukko 13. Aikuisten sirkkojen painon laskeminen munantuotantoa varten

Lisääntyminen per päivä	30	munia / päivä (huippumunintakauden aikana) ¹⁾	
Arvioitu viikoittainen lisääntymisen per naaras	210	munaa / viikko / naaras	
Tavoite	1.031.288	toukkaa / viikko	
Laskennallinen naaraiden määrä	4910	naarasta, jotta toukkatavoite per viikko saadaan (4910 x 210 = 1.031.288)	
Aikuisen sirkkan paino	385	mg ²⁾	
Lakennallinen naaraiden paino yhteensä.	1.890.695	mg ->	1,89 kilo
Sukupuolijakauma	1:1	naaraita : koiraita	
Tarvittava määrä sirkkoja	3,78	kiloa (koiraat + naarat yhdessä)	

¹⁾ M.N. Parajulee ym., 1993 ²⁾ Clifford and Woodring (1990)

Tuotantoon tarvittavien sirkkojen määrä on suhteellisen pieni (3,78 kilo), on suositeltavaa hankkia tämä määrä aikuisia kerralla. Viikoille 4 ja 7 (ks. taulukko 9) tulee hankkia uudet aikuiset, jotta munintaosastossa on naaraita, joiden munintakausi on parhaimmillaan.

Koelaitoksen perustamisen alkuvaiheessa on haasteellista saavuttaa naaraiden maksimi munintataso (30 munaa / vrk) sekä mahdollisemman pieni kuolleisuusaste. Lisäksi on hankalaa osoittaa mikä tekijä (esim. ravinto, kosteus, lämpötila, tiheys, valo:pimeä -jakso, kannibalismi) rajoittaa populaatiokasvua missäkin tilanteessa. Tuotannon alussa olisikin ehkä parasta tilata pienempiä määriä sirkkoja ja tutustua tuotantoprosessiin. Kokemuksen karttuessa voi harkita yhteistyötä muiden toimittajien kanssa tai hankkia tuotantolisenssin.

Yllä olevat parametrit kuvaavat kotisirkkaa. Kaksitäpläsirkkan perustuotanto on verrattavissa kotisirkkan tuotantoon. Tuotannon järjestäminen on kuitenkin säädettävä ko. lajin elinkaariparametrien mukaan (kehitysaika, hedelmällisyys ja elinikä). Lisäksi tulee ottaa huomioon muut luvut (esim. toukka- ja aikuispaino). Lisää tutkimusta on tehtävä optimaalisen ruokamäärän ja -laadun sekä toukkatiheyden määrittämiseksi.

Lähteet:

- Andersen, J.L. Ida E. Berggreen, Lars-Henrik L. Heckmann, 2017 Anbefalinger til opdræt og hold af almindelig melorm, *Tenebrio* (in Danish, soon also be published in English)
http://www.inbiom.dk/Files/Files/Under-netværk/Pixibog_Tenebrio_final-version1_aug2017.pdf
- Atkinson, D., 1994. TEMPERATURE AND ORGANISM SIZE - A BIOLOGICAL LAW FOR ECTOTHERMS. *Advances In Ecological Research*, Vol 25 1994, pp.1-58.
- Barnes, A. I. ja M.T. Siva-Jothy, 2000. Density-Dependent Prophylaxis in the Mealworm Beetle *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae): Cuticular Melanization Is an Indicator of Investment in Immunity. *Proceedings: Biological Sciences*, Vol.267(1439), pp.177-182.
- Booth, D.T. ja Kiddell, K., 2007. Temperature and the energetics of development in the house cricket (*Acheta domesticus*). *Journal of Insect Physiology*. Vol.53(9): pp.950-953.
- Caparros Megido R.; Desmedt S.; Blecker C.; Béra F.; Haubruge É.; Alabi T. ja F. Francis, 2017. Microbiological Load of Edible Insects Found in Belgium. *Insects*. 2017; 8(1). pii: E12. doi: 10.3390/insects8010012.
- Clifford, C.W.; Roe, R.M ja J.P. Woodring, 1977. Rearing methods for obtaining house crickets, *Acheta domesticus*, of known age, sex, and instar. *Annals - Entomological Society of America* 1977, Vol.(1), pp.69-74.
- Clifford, Craig W. ; Woodring, J. P., 1990. Methods for rearing the house cricket, *Acheta domesticus* (L.), along with baseline values for feeding rates, growth rates, development times, and blood composition *Journal of Applied Entomology* 12 January 1990, Vol.109(1-5), pp.1-14.
- COLLAVO, A., ROBERT H. GLEW, YUNG-SHENG HUANG, LU-TE CHUANG, REBECCA BOSSE, AND MAURIZIO G. PAOLETTI, 2005. House Cricket Small-scale Farming. In: *Ecological Implications of Minilivestock. Potential of Insects, Rodents, Frogs and Snails*, Chapter 27, Publisher: Science Publishers, Enfield N.H.,USA, Editors: Paoletti MG.
- Cortes Ortiz, A.T. Ruiz, J.A. Morales-Ramos, M. Thomas, M.G. Rojas, J.K. Tomberlin, L. Yi, R. Han, L. Giroud, R.L. Jullien (2016). Chapter 6: Insect Mass Production Technologies In: *Insects as Sustainable Food Ingredients. Production, Processing and Food Applications*. Ed. A.T. Dossey; J. A. Morales-Ramos & M. G. Elsevier, Academic press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802856-8.00012-0>
- Cotton, R.T., 1927. Notes on the biology of the mealworms *Tenebrio molitor* L. and *T. obscurus* Fab 20, 81–86.
- Davis, G.R., Leclercq, J., 1969. Protein nutrition of “*Tenebrio molitor*” L. IX. Replacement caseins for the reference diet and a comparison of the nutritional values of various lactalbumins and lactalbumin hydrolysates. *Arch.Int.Physiol Biochim*. 77, 687–693.
- Dick, J., 2008. Oviposition in Certain Coleoptera. *Ann. Appl. Biol*. 24, 762–796.
doi:10.1111/j.17447348.1937.tb05055.x
- Drnevich, J.; Papke, R.; Rauser, C. ja Rutowski, R., 2001. Material Benefits from Multiple Mating in Female Mealworm Beetles (*Tenebrio molitor* L) *Journal of Insect Behavior* 2001, Vol.14(2), pp.215230
- Dunbar, B.S., Winston, P.W., 1975. The site of active uptake of atmospheric water in larvae of *Tenebrio molitor*. *J. Insect Physiol*. 21, 495–500.
- FAO, 2013a. Cricket Farminf for Human Consumption. TECA: Technologies and practices for small agricultural producers. <http://teca.fao.org/read/7927>.
- FAO, 2013b. Edible insects, future prospects for food and feed security. No 171
- Finke, M.D., 2002. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biol*. 21, 269–285. doi:10.1002/zoo.10031
- Fraenkel, G., 1950. The Nutrition of the Mealworm, *Tenebrio molitor* L. (Tenebrionidae, Coleoptera). *Physiol. Zool*. 23, 92–108. doi:10.1017/CBO9781107415324.004
- Ghaly, a. E., Alkoaik, F.N., *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, Ghaly, a. E., Alkoaik, F.N.,
- American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 2009. The Yellow Mealworm as a Novel Source of Protein. *Am. J. Agric. Biol. Sci*. 4, 319–331. doi:10.3844/ajabssp.2009.319.331
- Ghuri, A.S.K. ; Mc Farlane, J.E., 1958: Observations on the developments of crickets. *Can. Ent*. 90 , 158-165
- Grau, T. Andreas Vilcinskis and Gerrit Joop, 2017. Sustainable farming of the mealworm *Tenebrio molitor* for the production of food and feed. *Z. Naturforsch*. 2017; 72(9–10): 337–349. DOI 10.1515/znc-2017-0033.

- Greenberg, S. ja A., 1996. Ar, Amos Effects of chronic hypoxia, normoxia and hyperoxia on larval development in the beetle *Tenebrio molitor* *Journal of Insect Physiology.*, Vol.42(11), pp.991-996.
- Hardouin, J. ja G. Mahoux, 2003. Zootechnie d'insectes - Elevage et utilisation au bénéfice de l'homme et de certains animaux. *Bull. Semest. d'Information sur le Mini-Elevage Numéro spé*, 164.
- HASKELPL. ,T . ja IVES, D. G., 1954: A culture method for *Acbetu domesticus* (L.) (Orth., Gryllidae). *Ent. Mon. Mag.* 90, 94-95.
- Hill, D.S., 2002. Chapter 14 - Pests: Class Insecta, in: *Pests of Stored Foodstuffs and Their Control.* pp. 135–315. doi:10.1007/0-306-48131-6_14. Institute of food and agricultural Sciences, University of Florida, 1996. http://entnemdept.ufl.edu/creatures/livestock/poultry/lesser_mealworm.htm
- John, A.M., Davis, G.R., Sosulski, F.W., 1979. Protein nutrition of *Tenebrio molitor* L. XX. Growth response of larvae to graded levels of amino acids. *Arch.Int.Physiol Biochim.* 87, 997–1004.
- Kaufman, M.G.; Klug, M.J. ja R.W. Merritt, 1989. Growth and food utilization parameters of germfree house crickets, *Acheta domesticus*. *Journal of Insect Physiology* 1989, Vol.35(12), pp.957-967.
- Kim, S.Y., Park, J. Bin, Lee, Y.B., Yoon, H.J., Lee, K.Y., Kim, N.J., 2015. J Seric Entomol Sci Growth characteristics of mealworm *Tenebrio molitor* 53(1):1-5. <http://dx.doi.org/10.7852/jses.2015.53.1.1>
- Koo, H., Kim, S., Oh, H., Kim, J., Choi, D., Kim, D., Kim, I., 2013. Temperature-dependent Development Model of Larvae of Mealworm beetle, *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera : Tenebrionidae). *Korean J. Appl. Entomol.* 52, 387–394.
- Lassa, J.A., Lai, A.YH. & Goh, T., 2016. *Nat Hazards*, 84 (Suppl 1): 19. <https://doi.org/10.1007/s11069015-2081-3>.
- Li, L. ; Zhao, Z. ; Liu, H., 2012. Feasibility of feeding yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.) in bioregenerative life support systems as a source of animal protein for humans. *Acta Astronautica* Volume 92(1): 103-109.
- Loudon, C. 1988. Development of *Tenebrio molitor* in low oxygen levels. *Journal of Insect Physiology* 1988, Vol.34(2), pp.97-103.
- Ludwig, D., 1956. Effects of temperature and parental age on the life cycle of the mealworm, *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera, Tenebrionidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 49, 12–15.
- Lundy ME, Parrella MP (2015) Crickets Are Not a Free Lunch: Protein Capture from Scalable Organic SideStreams via High-Density Populations of *Acheta domesticus*. *PLoS ONE* 10(4): e0118785. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118785>
- Machin, J., 1976. Passive exchanges during water vapour absorption in mealworms (*Tenebrio molitor*): a new approach to studying the phenomenon. *J. Exp. Biol.* 65, 603–615.
- Manojlovic, B., 1987. A contribution of the study of the influence of the feeding of imagos and of climatic factors on the dynamics of oviposition and on the embryonal development of yellow mealworm *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) 38, 337–348.
- Martin, H.E ja L. Hare, 1941. The Nutritive Requirements of *Tenebrio Molitor* *Biological Bulletin* Vol. 83, pp. 428-437.
- Martin, R.D., Rivers, J.P.W., Cowgill, U.M., 1976. Culturing mealworms as food for animals in captivity. *Int. Zoo Yearb.* 16, 63–70. doi:10.1111/j.1748-1090.1976.tb00130.x McCluney, K.E. ja R.S. Date, Rishabh C., 2008. The effects of hydration on growth of the house cricket, *Acheta domesticus*. (Report). *Journal of Insect Science* 8 (1), 32 pp.
- Michiyo Iba; Takashi Nagao ja Akihisa Urano, 1995. Effects of Population Density on Growth, Behavior and Levels of Biogenic Amines in the Cricket, *Gryllus bimaculatus*. *Zoological Science* 12(6):695-702. <https://doi.org/10.2108/zsj.12.695>
- Miryam, D., Bar, P.S.T., Oscherov, M.E., 2000. Ciclo de Vida de *Tenebrio molitor* (Coleoptera , Tenebrionidae) en Condiciones Experimentales. *Methods*.
- Morales-Ramos, J.A., Rojas, M.G., Kay, S., Shapiro-Ilan, D.I., Tedders, W.L., 2012. Impact of Adult Weight, Density, and Age on Reproduction of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *J. Entomol. Sci.* 47, 208– 220. doi:10.18474/0749-8004-47.3.208
- Morales-Ramos, J.A., Rojas, M.G., Shapiro-Ilan, D.I., 2013a. Introduction, in: *Mass Production of Beneficial Organisms: Invertebrates and Entomopathogens.* pp. 1–15. doi:10.1007/s13398-014-0173-7.2
- Morales-Ramos, J.A., Rojas, M.G., Shapiro-Ilan, D.I., Tedders, W.L., 2013b. Use of Nutrient Self-Selection as a Diet Refining Tool in *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *J. Entomol. Sci.* 48, 206–221. doi:10.18474/0749-8004-48.3.206
- Morales-Ramos, J.A., Rojas, M.G., 2015. Effect of larval density on food utilization efficiency of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *J. Econ. Entomol.* 108, 2259–2267. doi:10.1093/jee/tov208

- Mäki M., 2017. Hyönteiset ruokaketjussa, Hygieniariskien hallinta rehuntuotannon kannalta, Maarit Mäki, Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus X/2017
- Nijhout, H. F. 1975 A threshold size for metamorphosis in the tobacco hornworm, *Manduca sexta* L. *Biol. Bull.* 149, 214–225.
- Oonincx DGAB, de Boer IJM (2012) Environmental Impact of the Production of Mealworms as a Protein Source for Humans – A Life Cycle Assessment. *PLoS ONE* 7(12): e51145. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051145>
- Parajulee, M ; Defoliart, G ; Hogg, D, 1993. Model for use in mass-production of *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) as food. *Journal of Economic Entomology*, Vol.86(5), pp.1424-1428)
- Park, Y., Choi, Y., Lee, Y., Lee, S., Lee, J., Kang, S., 2012. Fecundity , Life span, Developmental periods and Pupal weight of *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera : Tenebrionidae). *J. Seric Entomol. Sci.* 50, 126–132.
- Patton, R.L., 1963. Rearing the House Cricket, *Acheta domesticus*, on Commercial Feed. *Annals of the Entomological Society of America*, Volume 56(2) pp 250–251, <https://doi.org.libproxy.helsinki.fi/10.1093/aesa/56.2.250>
- Patton, R.L., 1967. Oligidic diets for *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 60, 1238–1242.
- Patton, R. L. , 1978. Growth and Development Parameters for *Acheta domesticus* Näytä tarkat tiedot. *Annals of the Entomological Society of America*, Vol.71(1), pp.40-42
- Porter, J.R., L. Xie, A.J. Challinor, K. Cochrane, S.M. Howden, M.M. Iqbal, D.B. Lobell, and M.I. Travasso, 2014. Food security and food production systems. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 485-533.
- Punzo, F., 175. "Effects of temperature, moisture and thermal acclimation on the biology of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) " (1975). *Retrospective Theses and Dissertations.* 5438. <http://lib.dr.iastate.edu/rtd/5438>
- Punzo, F., Mutchmor, J.A., 1980. Effects of Temperature , Relative Humidity and Period of Exposure on the Survival Capacity of *Tenebrio molitor* (Coleoptera : Tenebrionidae). *J. Kansas Entomol. Soc.* 53, 260–270. doi:10.2307/25084029
- Pölkki, M.; Krams, I.; Kangassalo, K.; Rantala, M. J., 2012. Inbreeding affects sexual signalling in males but not females of *Tenebrio molitor*. *Biology Letters* 2012, Vol.8(3), pp.423-425.
- Rantala, M. J. ; Roff, D. A., 2006. Analysis of the importance of genotypic variation, metabolic rate, morphology, sex and development time on immune function in the cricket, *Gryllus firmus*. *Journal of Evolutionary Biology* May, 2006, Vol.19(3), p.834
- Rantala, M. J ; Viitaniemi, H. ; Roff, D.A., 2011. Effects of inbreeding on potential and realized immune responses in *Tenebrio molitor*. *Parasitology* 2011, Vol.138(7), pp.906-912.
- Rho, Myung Suk ja Lee, Kwang Pum, 2016. Balanced intake of protein and carbohydrate maximizes lifetime reproductive success in the mealworm beetle, *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Insect Physiology*, Vol.91-92, pp.93-99.
- Ribeiro, N. 2017. *T. molitor* for food or feed Rearing conditions and the effect of pesticides on its for-
mance https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/18083/1/Relat%C3%B3rio%20Estrado%20Est%C3%A3o%20Ambiental_Nuno%20Ribeiro%20N%2021527010.pdf
- Ricciardi, C. ja C. Baviera, 2016. Role of carbohydrates and proteins in maximizing productivity in *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera tenebrionidae). *Redia*, Vol.99, pp.97-105.
- Shea, J. F. (2005). Sex differences in frass production and weight change in *Tenebrio molitor* (Coleoptera) infected with cysticercoids of the tapeworm *Hymenolepis diminuta* (Cestoda). *Journal of Insect Science*, 5, 31.
- Shockley M. ja A.T. Dossey, 2013 Ch 18 – Insects for Human Consumption. In: *Mass Production of Beneficial Organisms: Invertebrates and Entomopathogens*. Eds. Juan A. Morales-Ramos, M. Guadalupe Rojas, David I. Shapiro-Ilan. Academic Press.
- Spencer, W., Spencer, J., 2006. Management Guideline Manual for Invertebrate Live Food Species. *EAZA Terr. Invertebr. TAG.* 1–54.
- Stone, P.C., 1953: The house cricket a laboratory insect. *Turttox News* 31, 150-151.
- Tyshchenko, V.P., Ba, A.S., 1986. Photoperiodic regulation of larval growth and pupation of *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera, Tenebrionidae). *Entomol. Rev.* 66: 35–46.

- Urs, K. C. D. and Hopkins, T. L. , 1973. Effect of moisture on growth rate and development of two strains of *Tenebrio molitor* L.(Coleoptera, Tenebrionidae). *Journal of Stored Products Research* 8: 291-297.
- Valtonen, T.M. ; Viitaniemi, H.; Rantala, M.J., 2010. Copulation enhances resistance against an entomopathogenic fungus in the mealworm beetle *Tenebrio molitor*. *Parasitology*.Vol.137(6), pp.985-989.
- van Broekhoven, S., Oonincx, D.G.A.B., van Huis, A., van Loon, J.J.A., 2015. Growth performance and feed conversion efficiency of three edible mealworm species (Coleoptera: Tenebrionidae) on diets composed of organic by-products. *J. Insect Physiol.* 73, 1–10.
- van Huis, Arnold, 2013. Potential of Insects as Food and Feed in Assuring Food Security. *Annual Review of Entomology*. Vol.58: 563-583.
- van Huis, Arnold & Van Itterbeeck, Joost & Klunder, Harmke & Mertens, Esther & Halloran, Afton & Muir, Giulia & Vantomme, Paul. (2013). EDIBLE INSECTS future prospects fo food and feed security. <http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e.pdf>
- Water, D., 1982. Influence of Social Situation on Food Consumption and Growth in Nymphs of the House Cricket, *Acheta domesticus*. *Physiological Entomology*, Vol.7(3), pp.343-350.
- Weaver, D.K., McFarlane, J.E., 1990. The effect of larval density on growth and development of *Tenebrio molitor*. *J. Insect Physiol.* 36, 531–536. doi:10.1016/0022-1910(90)90105-O.
- Weissman, D; Gray, Da; Pham, H ja P. Tijssen, 2012. Billions and billions sold: Pet-feeder crickets (Orthoptera: Gryllidae), commercial cricket farms, an epizootic densovirus, and government regulations make for a potential disaster. *Zootaxa* Vol.3504, pp.67-88.
- Wilson TH, Miner FD, 1969. Influence of temperature on development of the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae). *J. Kans. Entomol. Soc.* 42, 294–303.
- Woodring, J.P.; Meier, Ouida Williams ; Rose, Randy, 1988. Effect of development, photoperiod, and stress on octopamine levels in the house cricket, *Acheta domesticus*. *Journal of Insect Physiology*, Vol.34(8), pp.759-765.
- Worden, B.D. ja Parker, P. G., 2001. Polyandry in grain beetles, *Tenebrio molitor*, leads to greater reproductive success: Material or genetic benefits? *Behavioral Ecology*, Vol.12(6), pp.761-767.
- Wu. S.X.. 2009. Studies on optimization of rearing condition and nutriment content of larvae of *Tenebrio molitor* L. Anhui Agricultural University, Master Degree.

INVENIRE

INTELLIGENCE STRATEGY COMMUNICATION TALKS

RUOKA- JA REHUHYÖNTEISTEN MARKKINASELVITYS

Syyskuu 2017

DISCLAIMER: While the greatest care has been taken in compiling this report, Invenire Market Intelligence Oy does not accept any responsibility or liability for the accuracy or completeness of the information presented in this report. Neither does Invenire Market Intelligence Oy accept any responsibility or liability for any consequences of actions taken by readers based on information or statements presented in this report.



Let's go to market!

Invenire is a privately-owned and independent commercialisation agency founded in 2003 within the business of nutrition and its related areas. Our services cover four different areas: market intelligence, marketing strategy, communication & marketing support and inspirational talks.

Invenire Market Intelligence Oy | Kokkilantie 835, FI 25230 Angeliemi, FINLAND | doorbell@invenire.fi | www.invenire.fi

SISÄLTÖ

MARKKINAKATSAUS	4
1.1 Markkinoiden kehitys ja nykytila.....	4
1.2 Miltä markkinoiden tulevaisuus näyttää?	8
MARKKINAPOTENTIAALI	12
1.3 Mistä löytyvät parhaat mahdollisuudet syötävälle hyönteisille?.....	12
1.4 Miten potentiaali saadaan toteutumaan?	13
KULUTTAJAPROFILOINTI	17
1.5 Millaisia nykyiset hyönteistuotteiden kuluttajat ovat?	18
1.6 Miten kuluttajapohja voisi laajeta?	22
LÄHTEET	28
LIITE 1: Yhteenvototaulukko markkinaraportista	29

MARKKINAKATSAUS

Syötävien hyönteisten markkinat ovat vielä hyvin alkuvaiheessaan. Tämä luku sisältää tiivistelmän markkinoiden tähänastisesta kehityksestä ja nykytilasta. Markkinakatsausosio sisältää yhteenvedon ja arvioinnin verkosta löydettyjen markkinaraporttien markkina-arvo- ja kasvuestimaateista. □

1.1 Markkinoiden kehitys ja nykytila

NOUSEVA MARKKINA – VOIMAKASTA KASVUA VASTA VUODESTA 2013

Vaikka hyönteisiä on perinteisesti syöty ja syödään yhä eri puolilla maailmaa, teollistuneissa länsimaissa näin ei ole. Euroopassa, Pohjois-Amerikassa ja Oseaniassa syötävät hyönteiset ovat alkaneet kiinnostaa todenteolla vasta toukokuun 2013 jälkeen, jolloin YK:n elintarvike- ja maatalousjärjestö FAO julkaisi mullistavan raporttinsa *Edible Insects: Future Prospects For Food And Feed Security* (<http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e.pdf>). Tämä raportti toi esiin potentiaalain, joka syötävillä hyönteisillä saattaa olla tulevaisuuden globaalien ruokakriisin ratkaisemisessa.

FAO:n raportti auttoi näkemään syötävät hyönteiset oikeutettuna liiketoimintana ja sai aikaan median suuren kiinnostuksen. Vaikka hyönteisiä oli ennen tätä kasvatettu myös teollistuneissa maissa eksoottisten lemmikkien ruoaksi ja kalansyöteiksi, monet nykyisistä syötävien hyönteisten parissa toimivista yrityksistä eri puolilla maailmaa kertovat juuri FAO:n raportin saaneen heidät innostumaan ja tutkimaan mahdollisuuksia käyttää hyönteisiä ihmisravintona. Niinpä **suurin osa syötävien hyönteisten parissa teollistuneissa maissa tällä hetkellä toimivista yrityksistä on alle viiden vuoden ikäisiä.**

HYÖNTEISTEN KÄYTTÄMISEEN RAVINTONA LIITTYVÄ PERINTEITÄ – MUTTA EI EHKÄ NIIN VAHVOJA KUIN KUVITTELEMME

Vaikka erityisesti monissa Aasian maissa on ollut tapana käyttää hyönteisiä ravintona, **se ei ole niin tavallista ja vakiintunutta kuin ehkä länsimaisten markkinoiden näkökulmasta saattaa näyttää.** Monissa aasialaisissa kulttuureissa hyönteiset nähdään vanhuksille, lapsille tai maaseudulla eläville sopivaksi ravinnoksi tai keinoksi, jota on käytetty nälänhädästä selviämiseen. Markkinat ovat myös pitkälti perustuneet villien hyönteisten keräämiseen, ei niinkään hyönteisten kasvattamiseen, tai kasvattaminen on ollut pienimuotoista. Aasian maat ovat kuitenkin nopeita muuttamaan ja tarttumaan nouseviin trendeihin. Viime vuosina hyönteisiä on ryhdytty kasvattamaan aktiivisemmin sekä Etelä-Koreassa että Thaimaassa, ja Kiinassa elää edelleen hyönteisten kasvattamisen ja prosessoinnin perinne lääkinällisiä tarkoituksia varten.

Thaimaassa arvioidaan olevan yli 20 000 toimivaa kotisirkkafarmia, joiden kokonaistuotanto on keskimäärin 7 500 tonnia vuodessa – jolloin yhden farmin keskimääräinen vuosituotanto on noin 375 kg. Tämän teollisuuden alan kehitys alkoi Kohn Kaen -yliopistossa noin 15 vuotta sitten kehitetystä teknologiasta, ja sitä edisti Thaimaan hallituksen luoma malli pienille ja pienten yhteisöjen yrityksille. Kotisirkkokojen lisäämismenetelmät eivät ole käyttöönoton jälkeen juuri muuttuneet. Kotisirkkokojen lisäämiseen on käytössä muutamia erityyppisiä rakennelmia (betonia, vaneria tai

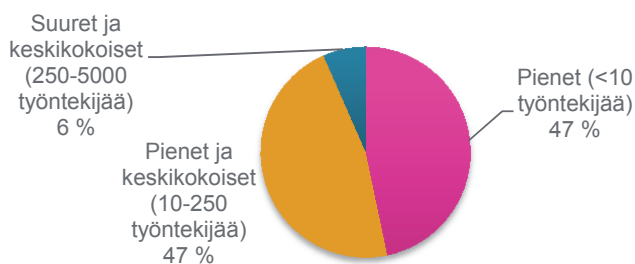
muovia), jotka joskus peitetään moskiittoverkoilla, jotta kotisirkat pysyvät aloillaan ja suojaassa pedoilta. Silti monet Thaimaassa ruoaksi käytetyt hyönteiset on saalistettu luonnosta. Kotisirkkojen kasvattamista koskevia tuotanto- ja käsittelyvaatimuksia, esimerkiksi hygieniaa käsitteleviä ohjeita, jotka minimoisivat tautien leviämisen, on vain vähän. Useissa tapauksissa viljelijät eivät ole perillä parhaista keinoista lisätä ja ruokkia hyönteisiä ja torjua tuholaisia. Kotisirkkojen vähittäishinta on 3–4 €/kg.

Etelä-Koreassa maatalouden tutkimuslaitos Korea Rural Economic Institute (KREI) arvioi, että vuonna 2015 hyönteismarkkinoiden koko oli kaikkiaan 313,9 miljardia wonia (noin 268 miljoonaa), mikä merkitsee 90 %:n nousua vuodesta 2011. Tästä syötävien hyönteisten osuus ja eläinten rehussa käytettävien hyönteisten osuus oli kumpikin arviolta 6 miljardia wonia. Vuonna 2015 hyönteistarhoja oli 106, ja hyönteisiä prosessoivia ja jakelevia yhtiöitä 17 eri puolilla maata. Teollisuuden alan kehittyminen alkoi vuonna 2010, kun hallitus kertoi panevansa toimeen uuden lain, jonka tarkoituksena oli edistää hyönteisteollisuutta. Seuraavana vuonna maatalousministeriö esitteli tiekartan tuleville viidelle vuodelle antaakseen lisää vauhtia syötävien ja ruoanlaitossa käyttökelpoisten hyönteisten tutkimukseen ja kehitykseen ja tukeakseen syötäviä lajeja kasvattavia tiloja.

Kiinassa hyönteisiä käytetään perinteisessä kiinalaisessa lääketieteessä. Hyönteisiä kasvatetaan ja prosessoidaan, ja niihin liittyvää teknologiaa kehitetään; Ilkka Taposen hyönteistiedettä koskevasta patenttietokannasta (<https://ilkkataponen.com/entomology-patent-database>) nähdään, että Kiina on ollut vuosituhaten vaihteen jälkeen huomattavan aktiivinen. Useimmat syötäviä hyönteisiä sisältävät tuotteet näyttävät kuitenkin toistaiseksi jäävän Kiinaan, eikä varmuudella tiedetä, minkälaisista tuotantomääristä tai toimijoista on kyse. Mutta kun lainsäädäntö on saatu selväksi ja syötävien hyönteisten markkinat kasvavat myös länsimaissa, kiinalaiset yritykset saattavat hyvinkin astua nopeastikin myös länsimaisille markkinoille.

TOIMIJOITA ON VÄHÄN, MUTTA UUSIA TULEE KOKO AJAN

Syötäviin hyönteisiin perustuva teollisuus on **joka puolella vielä lapsenkengissä**. Maailmassa on vasta kourallinen toimijoita, jotka tuottavat syötäviä hyönteisiä suuremmissa mittakaavassa – ja nekin tuottavat pieniä määriä ja ovat kooltaan pieniä yrityksiä. Suuri osa nykyisestä tuotannosta on matalan teknologian toimintaa, ja prosessiin liittyy paljon käsityötä. Kasvattamiselle ja prosessoinnille ei vielä ole vakiintunut parasta teknologiaa – monet yritykset kehittävät teknologioita, mutta pitävät kynttiläänsä vielä vakan alla.



Kuva 1. IPIFF:n jäsenyritysten koko vuonna 2016 (lähde: Hubert & Arsiwalla, IPIFF Workshop, 26.4.2016)¹

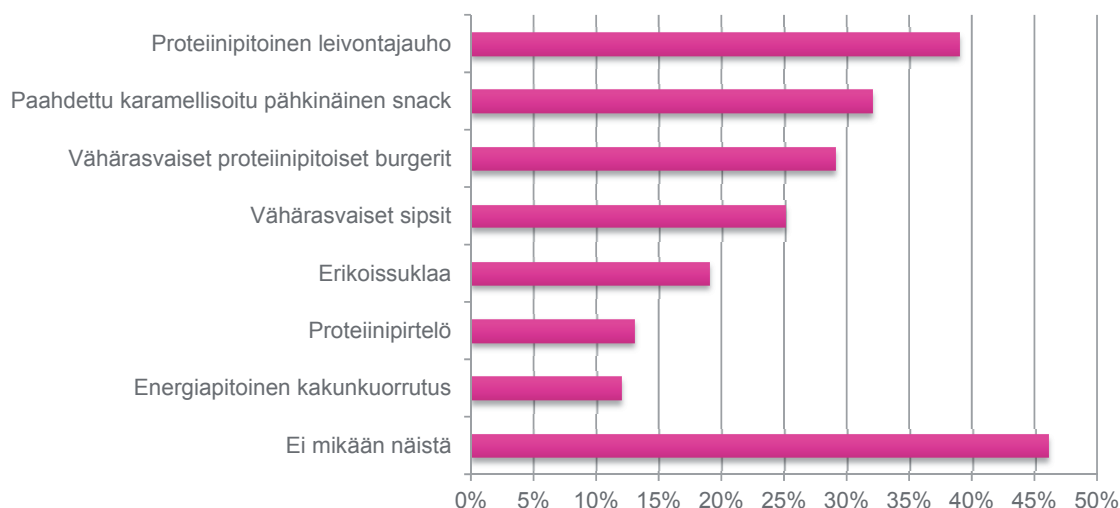
¹ IPIFF:n jäsenet on listattu osoitteessa <http://www.ipiff.org/our-members>

Vaikka syötäviin hyönteisiin perustuva teollisuus on yhä harvalukuisten toimijoiden hallussa, mukaan tulee jatkuvasti uusia kasvoja. Ala on viime vuosina saanut **paljon huomiota mediassa**, mikä on varmasti osaltaan vaikuttanut siihen, että uusia toimijoita tulee sekä kasvatus- että erityisesti kuluttajatuotepuolelle. **Pienessä mittakaavassa mukaantulo ei myöskään ole kovin monimutkaista**; hyönteisten kasvattaminen on kohtuullisen yksinkertaista aloittaa pienessä mittakaavassa, eikä merkittäviä investointeja tarvita. Kotisirkkajauheen lisääminen vaikkapa välipalapatukoihin ei myöskään ole teknisesti kovin hankalaa, ja patukoita voi valmistaa itse tai valmistuttaa melko pienessäkin mittakaavassa.

KULUTTAJIEN HYVÄKSYNTÄ ON YHÄ YLEISESTI OTTAEN MATALAA

Verbeke (2015) toteaa tutkimuksessaan, että kuluttajaryhmä, joka todennäköisimmin voisi käyttää syötäviä hyönteisiä lihan korvikkeena, muodostuu **nuorehkoista miehistä, joilla ei ole voimakkaita asenteita lihaa kohtaan ja jotka ovat avoimia kokeilemaan uudenlaisia ruoka-aineita ja kiinnostuneita omien ruokavalintojensa ympäristövaikutuksista**. Koska he eivät juuri pelkää uusia asioita, todennäköisyys hyönteisten käyttämiseen lihan korvikkeena on tässä ryhmässä yli 75 %. **Yleisesti ottaen halukkuus syödä hyönteisiä oli vähäistä** – vain 3 % otoksesta sanoi ilman muuta haluavansa käyttää tai olevansa valmis käyttämään hyönteisiä ruokana, kun taas 16 % sanoi olevansa halukas tai valmis. Valmius käyttää hyönteisiä oli voimakkaampaa miesten kuin naisten keskuudessa, ja voimakkaampaa nuorempien kuin vanhempien kuluttajien keskuudessa. Ruokavalintoja ohjaavia motiiveja, jotka lisäsivät halukkuutta ryhtyä käyttämään hyönteisiä lihan korvikkeena, olivat käytännöllinen suhtautuminen ruokaan, ruokavalintojen ympäristövaikutusten huomioiminen ja, vähemmässä määrin, kiinnostus ruoan terveysvaikutuksia kohtaan.

Brittiläinen tutkimus- ja konsultointiorganisaatio Leatherhead Food Research teki kuluttajatutkimuksen siitä, kuinka syötävät hyönteiset hyväksyttiin vuonna 2014. Vaikka suurin osa tutkimukseen vastanneista oli yleisellä tasolla kiinnostuneita hyönteispohjaisten ruokatuotteiden mahdollisista terveyttä edistävästä vaikutuksista (korkea proteiini- ja kalsiumpitoisuus), **vain 18 % vastaajista halusi maistaa kotisirkkoja ja 10 % jauhomatoja**. 83 % vastaajista ei ollut maistanut hyönteisiä, ja 46 % ei myöskään halunnut maistaa niitä missään tutkimuksessa mainitussa muodossa.



Kuva 2. Missä muodoissa kuluttajat saattaisivat harkita syövänsä hyönteisiä (lähde: Leatherhead Food Research)

Myös Turun yliopiston tutkijat ovat vastikään selvittäneet ”*Hyönteiset ruokaketjussa*” -hankkeessa kuluttajien halukkuutta ja valmiutta syödä hyönteisiä Suomessa, Ruotsissa, Saksassa ja Tšekissä. Näiden – vielä tällä hetkellä julkaisemattomien – tulosten pohjalta näyttäisi siltä, että ***kuluttajat ovat sitä valmiimpia syömään hyönteisiä, mitä enemmän ne on ”pilotettu”*** tunnistamattomiksi eli esimerkiksi ovat tuotteessa jauhemuodossa. Hyödyt, joita kuluttajat useimmiten voisivat kuvitella hyönteiselintarvikkeista hakevansa, ovat ravitsemuksellisen arvon nostaminen ja lihan tai soijan korvaaminen. Tutkimuksessa myös erottui kolme erityyppistä kuluttajaryhmää: ***intoilijat, keskittien kulkijat ja inhoajat***. Erilaisia tuotekonsepteja kuluttajilla testatessa kävi ilmi, että intoilijat pitivät mistä tahansa konseptista, keskittien kulkijat olivat selektiivisiä eli pitivät joitakin tuotekonsepteja (esimerkiksi sirkkaruissipisejä) houkuttelevampina kuin toisia. Inhoajat puolestaan eivät kokeneet mitään hyönteisiä sisältävää tuotekonseptia houkuttelevaksi. ***Neofilia, korkea koulutus, nuorehko ikä, urbaanisuus, miessukupuolisuus sekä tietämys hyönteisten elintarvikekäytöstä*** (erityisesti Pohjoismaissa) näyttävät kaikki tutkimuksen mukaan olevan tekijöitä, jotka lisäävät kuluttajan halukkuutta kokeilla hyönteiselintarvikkeita. Kuitenkaan edelleen yleisesti ottaen hyönteiselintarvikkeita ei pidetty kovin houkuttelevina.

Ajankohtaisen ikkunan suomalaisten kuluttajien reaktioihin syötäviin hyönteisiin tarjoaa ***kuluttajien kommentointi uutisointiin syötävien hyönteisten sallimisesta elintarvikkeissa***. Valtamedia – YLE, Helsingin Sanomat sekä iltapäivälehdet – uutisoi aiheen viikolla 38 melko laajasti, useimmat jopa monen artikkelin voimalla. Aiheesta onkin ilmeisen helppo tehdä klikkauksia kerääviä otsikoita. Esimerkiksi Ilta-Sanomien artikkeli ”*Katso kuvat: Nämä hyönteiset pääsevät suomalaisten lautasille jo jouluksi*” (<http://www.is.fi/ruokala/ajankohtaista/art-2000005381733.html>), Iltalehden artikkeli ”*Tulkinta muuttuu: Nyt hyönteiset ovat virallisesti ruokaa myös Suomessa*” (http://www.iltalehti.fi/kotimaa/201709202200406383_uo.shtml), Helsingin Sanomien artikkeli ”*Suomi sallii hyönteisten kasvattamisen ja myymisen ruoaksi*” (<http://www.hs.fi/kotimaa/art-2000005375626.html>) sekä Maaseudun Tulevaisuuden artikkeli ”*Hesburger varovainen, Kotipizza innoissaan hyönteisruuasta: ”Sirkoissa miellyttävä kanan ja katkaravun sekoitus*” (<http://www.maaseuduntulevaisuus.fi/ruoka/hesburger-varovainen-kotipizza-innoissaan-hyönteisruuasta-sirkoissa-miellyttävä-kanan-ja-katkaravun-sekoitus-1.207041>) ovat keränneet valtaosin kauhistelevia, epäileviä ja huvittuneita/humoristisia kommentteja lukijoilta. Joukossa on vain muutama kommentoija, joka olisi valmis maistamaan tai kertoo jo maistaneensa hyönteisiä. YLE ei salli kommentointia artikkeleihinsa.

Toinen kotimainen ajankohtainen case-esimerkki ovat ***kommentit Fazerin elokuussa Facebookissa julkaisemaan videoon hyönteisruuasta*** (<https://www.facebook.com/fazersuomi/videos/10154927071758716/>). Videota on katsottu tähän mennessä lähes 400.000 kertaa, jaettu yli tuhat kertaa, ja kommentteja se on kerännyt melkein tuhat kappaletta. Tämä kertoo siitä, että aihe herättää huomiota, sekä positiivista että negatiivista. Kommentteja on innostuneen odottavista aina epäilyä ja inhoa ilmaiseviin. Vaikuttaisi kuitenkin siltä, että tässä kommentoijajoukossa positiivisia kommentteja kertyy enemmän kuin edellä mainitussa valtamedian uutisoinnissa. Tämä kuvastanee sitä, että sosiaalinen media kanavana tavoittaa helpommin enemmän kokeiluun valmiita edelläkävijöitä, kun taas valtamediassa uutisointiin reagoineissa on enemmän keskivertokuluttajia, jotka eivät vielä lainkaan hyväksy ajatusta hyönteisten syömisestä.

TEKNOLOGISET VALMIUDET JÄLJESSÄ

Vaikka syötäviin hyönteisiin perustuva teollisuus kehittyi nopeasti, koko arvoketjua hyönteiskasvatuksesta kuluttajatuotteisiin voi yhä luonnehtia matalan teknologian toiminnaksi ja isolta osin käsityövaltaiseksi. Tämä ei sinänsä ole yllättävää, sillä tämä teollisuudenala on nuori ja kysyntä on yhä verraten vähäistä.

Automaatio ja teollistuminen on hyönteiskasvatuksessa edelleen useimmiten puutteellista. Tähän mennessä vallalla on ollut tuotantostrategia, jossa hyönteisiä kasvatetaan paljon manuaalista työtä vaativalla tavalla. Mittakaavaa on pääasiassa kasvatettu lisäämällä tuotantoalan kokoa, ei niinkään parantamalla prosessiin liittyvää teknologiaa. Tämän tiedetään olevan pullonkaula, ja monet yritykset kehittävät parhaillaan automatisoidumpia prosesseja ja testaavat parhaita ja tuottoisimpia menetelmiä kasvattaa ja prosessoida eri hyönteislajeja. Tähän mennessä mikään teknologia ei ole vielä noussut hallitsevaan asemaan sen paremmin hyönteisten kasvatuksessa kuin prosessoimisessakaan.

Useimmat markkinoilla olevat **kuluttajatuotteet on myös valmistettu toistaiseksi verrattain pienessä mittakaavassa ja monia niistä voidaan luonnehtia ns. artesaaniruoaksi.** Koska kyseessä on nuoret erikoismarkkinat, tuotteiden **hintataso on korkea.** Hyönteisiin perustuvien kuluttajatuotteiden tuottaminen teollisessa mittakaavassa ei vielä ole arkea, vaikka muutamat yritykset – esimerkiksi amerikkalaiset hyönteispattukavalmistajat Exo ja Chapul ja eurooppalaiset tällä hetkellä rehuihin keskittyvät Ynsect ja Protix – ovat hiljattain onnistuneetkin keräämään merkittävää rahoitusta viedäkseen liiketoimintansa seuraavalle tasolle.

LAINSÄÄDÄNTÖ JA VIRANOMAISMÄÄRÄYKSET KEHITTEILLÄ

Tässä raportissa ei paneuduta syvällisemmin tämänhetkiseen lainsäädännölliseen tilanteeseen syötävien hyönteisten elintarvike- tai rehukäyttöä koskien. On kuitenkin syytä huomioida, että **lainsäädännön ja sen tulkinnan epäselvyys on ollut tähän asti – ja tulee vielä lähivuodetkin olemaan – yksi keskeinen markkinoita määrittävä tekijä erityisesti Euroopassa.** Syötävien hyönteisten käyttö sekä ihmisten että eläinten ravinnossa on Euroopassa tullut mahdollisuutena esille vasta viime vuosina, eikä siihen ole aiemmassa lainsäädännössä osattu varautua. Asia on ollut uusi myös viranomaisille, jotka ovat eri EU-maissa päätyneet tekemään erilaisia tulkintoja hyönteisten käytön sallittavuudesta.

Syyskuussa 2017 Suomen maa- ja metsätalousministeriö teki päätöksen muuttaa Euroopan unionin vanhan uusielintarvikeasetuksen tulkintaa siten, että hyönteisten kasvattaminen ja myyminen elintarvikkeena sallitaan myös Suomessa. Tämä helpottaa kotimaisten hyönteisalan yritysten tilannetta välittömästi ja myös uudistuvan uusielintarvikelainsäädännön siirtymäaikana vuoden 2018 alusta. Heinäkuussa 2017 puolestaan tuli koko EU:n alueella mahdolliseksi käyttää kalanrehussa hyönteisperäistä raaka-ainetta (PAP, *processed animal protein*).

1.2 Miltä markkinoiden tulevaisuus näyttää?

YHTEENVETO LÖYDETYISTÄ MARKKINAESTIMAATEISTA

Tätä analyysia varten käytiin läpi internetistä löydettyistä syötäviä hyönteisiä käsittelevistä markkinaraporteista maksutta saatavilla olevat tiedot. Raportteja löydettiin yhteensä yhdeksän kappaletta, joista viidestä oli löydettävissä tiedot markkinaestimaateista ostamatta itse raporttia. Näistä kolme keskittyi ihmisravitsemukseen, yksi rehukäyttöön ja yksi molempiin. Tarkemmat tiedot löydettyistä raporteista on esitetty Liitteen 1 taulukossa.

Eri markkinaraporttien arviot syötävien hyönteisten markkinoiden koosta ja kasvuvauhdista vaihtelevat valtaisesti. Ihmisravitsemukseen keskittyvien markkinaraporttien arviot markkinoiden nykyisestä koosta vaihtelevat noin USD 33 miljoonasta USD 424 miljoonaan, ja vuotuinen kasvuennuste (CAGR) vaihtelee noin 6 %:sta (vuoteen 2024) noin 71 %:iin (vuoteen 2021). Yksi raportti puolestaan arvioi ihmisravitsemukseen ja rehuihin käytettävien syötävien hyönteisten markkinoiden olevan tällä hetkellä yhteensä noin USD 35 miljoonan arvoiset ja

vuotuiseksi kasvuvauhdiksi näille yhteensä reilut 6 % (vuoteen 2024). Yksi löydetty raportti keskittyy pelkästään rehukäyttöön ja arvioi niihin käytettävien syötävien hyönteisten markkinoiden arvon vuonna 2022 yltävän jopa USD 1,07 miljardiin vuotuisen kasvuvauhdin ollessa 102,5%.

ARVIOINTIA MARKKINOIDEN KOOSTA JA KASVUSTA

Kuten aiemmin on jo todettu, ovat syötävien hyönteisten markkinat vielä hyvin kehittymättömät. Niinpä **markkinoiden arvoa ja kasvupotentiaalia on varsin vaikea arvioida luotettavasti kvantitatiivisesti** – tätä ilmentää myös löydettyjen markkinaestimaattien edellä kuvattu suuri vaihtelu. Edellä esitettyjen löydettyjen markkina-arvioiden realistisuutta voidaan kuitenkin yrittää arvioida **peilaamalla niitä muihin paremmin etabloituneisiin markkinoihin**. Koska proteiinipitoisuus on hyönteisten elintarvikekäytössä tällä hetkellä keskeisin argumentti, voidaan raaka-ainekäytön osalta hyönteisproteiinia vertailla muihin ns. vaihtoehtoisiin proteiininlähteisiin. Yksi esimerkki tällaisesta on **herneproteiini**, jota käytetään esimerkiksi yhtenä raaka-aineena Nyhtökaurassa. Kuluttajatuotemarkkinoilla puolestaan vastaavaa vertailua voi tehdä esimerkiksi suhteessa herneproteiinia sisältäviin **välipalapatukoihin**, sillä patukat ovat syötäville hyönteisille edelleen ylivoimaisesti tyypillisin kuluttajatuotesovellus.

Raaka-ainemarkkinoilla markkinatutkimus- ja konsulttiyritys Frost & Sullivan ennustaa maailmanlaajuisten herneproteiiniraaka-aineen markkinoiden arvon nousevan vuoteen 2020 mennessä USD 54 miljoonaan. Proteiiniainesosien markkinoilla herneproteiini on vielä kohtuullisen uusi tulokas, mutta sillä on hyönteisproteiiniin verrattuna vakiintunut asema, sen tuotantoprosessit ovat vankalla pohjalla, sitä myyvillä raaka-aineyrityksillä on tarjolla valmiiksi mietittyjä tuotekonsepteja ja tukea asiakkaiden omaan tuotekehitykseen eikä alalle ole odotettavissa viranomaisvaatimuksiin tai kuluttajiin liittyviä suuria esteitä. Herneproteiini on siis vakiintunut ja hyvin markkinoitu tuote, jolla on olemassa olevat markkinat – ja silti sen markkina-arvon uskotaan muutaman vuoden päästä olevan melko vaatimattomissa lukemissa. Vertailun vuoksi mainittakoon, että eniten käytetyn kasviperäisen proteiinin eli soijaproteiinin raaka-ainemarkkinoiden arvon ennustetaan olevan globaalisti vuonna 2022 yli USD 10 miljardia. Eniten käytetyn eläinperäisen proteiinin eli heraproteiinin raaka-ainemarkkinoiden arvon ennustetaan puolestaan olevan globaalisti vuonna 2024 yli USD 40 miljardia.

Euromonitor International arvioi, että terveyttä ja hyvinvointia korostavien välipalapatukoiden markkinat olivat globaalisti vuonna 2016 arvoltaan noin 9,5 miljardia euroa ja ennustaa samojen markkinoiden kasvavan noin 12,4 miljardiin euroon vuoteen 2021 mennessä. Samaan aikaan Mintel GNPD -tuotelanseeraustietokannan mukaan samoille maantieteellisille markkinoille viimeisen parin vuoden aikana lanseeratuista välipala/mysli/energiapatukoista 2–4 % sisälsi herneproteiinia (tosin vuoden 2016 alkupuoliskolla näkyi jo nousua, kun 7 % markkinoille lanseeratuista uusista patukoista sisälsi herneproteiinia). Yhdistämällä nämä tiedot herneproteiinia sisältävien patukoiden markkinoiden nykyarvo voisi laskennallisesti olla 190–380 miljoonaa euroa. Vuoteen 2021 mennessä arvo voisi nousta 744 miljoonaan euroon, olettaen että 6 % patukoista sisältäisi herneproteiinia. Tällä hetkellä herneproteiinia sisältävien patukoiden osuus ei markkinoilla ole kovin suuri – mutta hyönteisproteiinia sisältäviä patukoita on globaaleilla markkinoilla häviävän pieni määrä. Kuitenkin fleksitaari-, kasvis- ja vegaaniruokatrendi tulee suosimaan herneproteiinin käyttöä, samoin kuin monen kuluttajan toive vähentää soijaperäisen proteiinin käyttöä.

Tätä taustaa vasten emme pidä realistisena arviota, että syötävien hyönteisten globaalien markkinoiden arvo tällä hetkellä olisi satoja miljoonia euroja, saatikka että se muutaman vuoden päästä olisi miljardeja euroja. Realistisempaa lienee arvioida syötävien hyönteisten globaalien markkinoiden (sekä raaka-aine- että kuluttajatuotemarkkinoiden) tämän hetkiseksi kooksi joitakin miljoonia tai jopa kymmeniä miljoonia euroja. Viiden vuoden aikajänteellä, jos kysyntä kehittyy suotuisasti, markkinoiden koon voi olettaa olevan kymmenistä satoihin miljooniin euroihin.

TOIMIIKO EDELLÄKÄVIJÄN ETULYÖNTIASEMA SYÖTÄVIEN HYÖNTEISTEN MARKKINOILLA?

Kun otetaan huomioon edellä esitetyt seikat teknologian, lainsäädännön ja kysynnän kehittymättömyydestä, voidaan perustellusti todeta, että **syötävien hyönteisten markkinat sekä ihmis- että eläinravitsemuksen osalta ovat vielä aivan alkiovaiheella**. Jää nähtäväksi, kuinka elinkykyistä tämä liiketoiminta on teollisessa mittakaavassa ja ketkä nykyisistä toimijoista ovat mukana vielä 10–20 vuoden kuluttua. Edelläkävijäyritysten kannalta tällainen tilanne voi olla haastava. Ne ovat niitä toimijoita, jotka panostavat teknologian, tuotteiden ja markkinoinnin kehittämiseen ja käytännössä luovat markkinat. Voi kuitenkin olla, että **tämän tyyppisillä täysin kehittymättömillä markkinoilla eivät ensimmäiset yritykset välttämättä hyödykään normaalilla tavalla edelläkävijän etulyöntiasemastaan** (ns. *first-mover advantage*), jos ne joutuvat pitkään elämään huonossa markkinatilanteessa eivätkä samanaikaisesti pysty varmistamaan kannattavuuttaan. Start up -yritystoiminnassa on aina riskinsä – ja riskit ovat moninkertaiset, kun markkinatkin ovat samaan aikaan start up -vaiheessa. Jo nyt useita markkinoilla olleita hyönteiselintarviketuotteita on sieltä poistunut.

Saattaakin olla, että tulemme näkemään muutaman vuoden päästä toisen aallon, jossa kehittyneemmän markkinatilanteen vallitessa markkinoille tulee uusia toimijoita, sekä pieniä että isoja. Tiedossa on, että monet isot ravitsemus- ja rehualan yritykset pitävät silmällä syötävien hyönteisten markkinoiden kehittymistä. Ne eivät silti liene halukkaita astumaan näin alkuvaiheessa oleville markkinoille todenteolla mukaan ennen kuin kehityksessä ollaan päästy alkiovaiheesta eteenpäin ja nähdään, että markkinat alkavat etabloitua. Todennäköisesti tulevina vuosina tullaankin näkemään yrityskauppoja, kun isot yritykset tulevat sisään markkinoille ostamalla siellä jo toimivia pieniä yrityksiä.

VOIVATKO SYÖTÄVÄT HYÖNTEISET TOISTAA NYHTÖKAURAN TEMPUN?

Suomessa on hiljattain koettu mielenkiintoinen esimerkki markkinoille lanseeratusta uudentyyppisestä elintarvikkeesta, joka tuntui aiheuttaneen valtavan buumin – Nyhtökaura. Tämä esimerkki herättää ajatuksen siitä, voisivatko syötävät hyönteiset olla samanlainen hitti, joka revitään kauppiaiden käsistä. **Todennäköisesti eivät**. Nyhtökauran hurjaan alkusuosioon vaikuttivat ainakin seuraavat tekijät:

- **Ongelmaton hyväksyttävyyys:** Vaikka Nyhtökaura oli markkinoille tullessaan täysin uudentyyppinen tuote, sen pääraaka-aine kaura oli kuitenkin suomalaisille tuttuakin tutumpi; puhtaaksi, kotimaiseksi ja terveelliseksi mielletty vilja. Nyhtökauran muutkin keskeiset raaka-aineet, herne- ja härkäpapu, ovat kotoisia ja ymmärrettäviä. Tavallisilla valtavirran kuluttajilla ei siis ollut minkäänlaista henkistä kynnystä ylitettävänään Nyhtökauran raaka-aineiden miellyttävyyden, tuttuuden ja turvallisuuden suhteen. Syötävien hyönteisten osalta tilanne on täysin päinvastainen.
- **Helppo ja monipuolinen käytettävyys:** Nyhtökauraa voi käyttää suoraan rasiasta. Se on hyvin helppo ja monipuolinen käyttää ruuanvalmistuksessa, ja sen käytölle on tuttu malli – jauheliha, joka on arkinen jokapaikanhöylä monessa keittiössä. Kokonaiset hyönteiset taas vertautuvat ehkä lähinnä katkarapuihin, joilla on kohtuullisen rajatusti käyttökohteita peruskuluttajan keittiössä. Hyönteisjauho taas ei oikein makunsa puolesta sovi käytettäväksi suoraan jonkin muun jauhun korvikkeena. Tarvitaan muita, helpompia ja monikäyttöisempiä aplikaatioita.
- **Trendit kohdillaan:** Kasvisruoka, proteiini ja kaura ovat kaikki olleet viime vuosina jatkuvasti nousevia trendejä elintarvikemarkkinoilla. Luonnollisuus ja lisäaineettomuus ovat olleet jo pitkään isoja trendejä. Terveellisyys ja helppous ovat monille kuluttajille perusvaatimuksia. Nyhtökaura pystyy hyödyntämään näitä kaikkia. Syötävät hyönteisetkin toki ovat proteiinipitoisia, luonnollisia, todennäköisesti terveellisiä ja lisäaineettomia.
- **Onnistunut viraali-ilmiö:** Jotta jostakin asiasta tulisi viraalisesti leviävä ilmiö on sen ytimessä yleensä oltava helposti ymmärrettävä ja tunteisiin vetoava viesti, johon edelläkävijäkuluttajat tarttuvat ja aktiivisesti levittävät. Nyhtökauran osalta siitä loivat erittäin onnistuneen viraali-ilmiön erityisesti sen rajallinen saatavuus, hyvin positiiviset kuluttaja- ja

ammattikeittiöarviot sekä uutuusarvo kotimaisena kasviproteiinina. Osansa ilmiöön toivat myös pienen yrityksen sympaattinen ja usein toistettu syntytarina ja sen henkilöityminen yrittäjiinsä sekä Suomessa viime vuosina vallinnut yleinen start up -kiinnostus. Syötävät hyönteisetkin pystyvät hyödyntämään osin samoja keinoja. Ongelma on kuitenkin se, että ydinviesti – hyönteisten syöminen – herättää monessa kuluttajassa innostuksen ja mielenkiinnon sijaan inho- ja pelkoreaktion.

MARKKINAPOTENTIAALI

Syötävälle hyönteisille on olemassa monia erilaisia käyttömahdollisuuksia, mutta kaikki niistä eivät ole yhtä todennäköisiä. Tässä luvussa pohditaan sitä, mitkä mahdollisuudet näyttävät parhailta syötävälle hyönteisille sekä ruoka- että rehumarkkinoilla, mitkä ovat esteitä markkinoilla ja miten nuo esteet voitaisiin ylittää.

1.3 Mistä löytyvät parhaat mahdollisuudet syötävälle hyönteisille?

Tällä hetkellä syötävälle hyönteisille näyttäisi löytyvän eniten markkinapotentiaalia proteiiniainesosana ihmisravinnossa ja eläinten rehussa, lemmikkieläinten ruoat mukaan lukien. Näitä markkinoita on kuvattu lyhyesti seuraavassa.

ELÄINTEN REHU

Frost & Sullivanin mukaan vuoteen 2020 mennessä kysyntää riittää kaikkiaan 285 miljoonalle tonnille proteiinipitoista öljyistä rouhetta rehukäyttöön ja arvioitu kertyvä vuotuinen kasvuprosentti (CAGR) vuosina 2014–2020 on 2,1 %. Aasian/Tyynenmeren alue on nyt ja jatkossa kasvun moottori, mitä tulee proteiinipitoisen öljyisen rouheen käyttöön eläinten rehussa ennustejakson aikana. Frost & Sullivanin mukaan eläinten rehuun käytettävien ainesosien markkinoiden arvo oli vuonna 2014 USD 969,3 miljoonaa, ja sen odotetaan nousevan USD 1 426,3 miljoonaan vuoteen 2021 mennessä, kun kertyvä vuotuinen kasvuprosentti vuosina 2014–2020 on 5,7 %.

Kestävyyden kannalta suurin vaikutus syötävistä hyönteisistä saadaan todennäköisesti eläinten rehusta, ainakin lyhyellä aikavälillä. Vaikka kasvis- ja vegaaniruokavalio on teollisuusmaissa edelleen kasvava trendi, kuluttajat haluavat todennäköisesti syödä eläinperäistä proteiinia myös tulevaisuudessa. Siksi tämän proteiinin tuottaminen tavalla, joka vähentää sen kestäväälle kehitykselle vahingollista vaikutusta, tulee olemaan erittäin tärkeää. Kun hyönteisproteiinia ja -rasvaa aletaan käyttää suuressa mittakaavassa kalojen, siipikarjan ja sian rehuun ja sillä korvataan vähemmän kestävää kehitystä tukevalla tavalla tuotettuja rehun ainesosia (esimerkiksi soijapohjaisia ainesosia), näiden eläinperäisten proteiinien profiili nousee.

Hyönteisten käyttäminen eläinten rehussa on merkittävä mahdollisuus lähitulevaisuudessa.

Tutkimukset osoittavat, että kuluttajat eivät merkittäväällä tavalla vastusta hyönteisten käyttöä rehun ainesosina – siksi kuluttajakäyttäytymisessä ei edellytetä tapahtuvan suuria muutoksia. Lisäksi alustavaa kysyntää on jo olemassa, sillä rehuteollisuus etsii aina uusia toimivia ainesosia. Eläinten rehua koskevia viranomaisvaatimuksia ollaan EU:n tasolla saamassa järjestykseen nopeammalla aikataululla kuin ihmisravintoa koskevia vaatimuksia. Suurimmat haasteet, joihin rehumarkkinoilla on löydettävä ratkaisuja, liittyvät tuotannon merkittävään skaalaamiseen, jotta pystytään toimittamaan suuria määriä tasalaatuista rehun raaka-ainetta kilpailukykyiseen hintaan.

Rehumarkkinoilla syötävillä hyönteisillä on mahdollisuus tulla yhdeksi merkittävimmistä ratkaisuista.

IHMISRAVINTO

Ihmisravinnossa käytettävien proteiiniaineesien markkinavolyymin arvioitiin Frost & Sullivanilla vuonna 2014 olevan 5 931 000 tonnia ja kertyvän vuotuisen kasvuprosentin (CAGR) 5,8 % vuosina 2014–2020. Proteiinimarkkinoiden pohjan luovat jatkuva äidinmaidonkorvikkeen, maitopohjaisten ravintoliuosten, urheilijoille suunnatun ravinnon ja painonhallintatuotteiden kysyntä. Maantieteellisesti suurin markkina-alue on Pohjois-Amerikka.

Elintarvikemarkkinoilla syötävälle hyönteisille on myös monia mahdollisuuksia, mutta kestävä kehitystä ei ihmisravinnon avulla pystytä välittömästi suuressa mittakaavassa edistämään. Tosi asiassa välipalapatukat, jotka sisältävät 5 % hyönteisperäistä proteiinia, eivät vielä pelasta maailmaa orastavalta ruokakriisiltä tai kuluttajia ruoan tuotantoketjujen piilotuilta haitallisilta mekanismeilta. Tarvitaan suurempia volyymeja ja parempaa penetraatiota useissa eri kategorioissa. Jotta muutos edistäisi kestävä kehitystä, hyönteisproteiinien pitää siirtyä nykyisistä niche-kuluttajien ryhmistä kohti valtavirtaa.

Keskipitkällä aikavälillä käyttö ihmisravinnossa tarjoaa erilaisia lisäarvoa tuottavia mahdollisuuksia. Ihmisravintoa koskevat viranomaisvaatimukset eivät ole yhtä suoraviivaisia kuin eläinten rehua koskevat vastaavat määräykset. Ihmisravinnon puolella kohdataan samoja tuotannon skaalaamiseen liittyviä haasteita kuin rehupuolessakin. Vaikeudet eivät kuitenkaan ole aivan samaa luokkaa kuin rehumarkkinoilla, sillä ihmisravinnossa voidaan noudattaa myös pienemmän mittakaavan strategiaa ja kuluttajalähtöistä tuotantoa. Suurimpia haasteita ihmisravinnon puolella ovat kysyntä ja kuluttajien hyväksyntä, jotka vaativat työtä monella eri tapaa. Syötävät hyönteiset eivät tule myymään itse itseään; tarvitaan mahtavia tuotteita ja mahtavaa markkinointia.

Elintarvikemarkkinoilla syötävät hyönteiset tulevat olemaan yksi ratkaisu muiden joukossa – siis monenlaisten kasvipäristen proteiinien, leväproteiinien, mikrobiperäisten proteiinien, laboratoriossa kasvatetun lihan ja muiden joukossa. Jää nähtäväksi, tuleeko jostakin nyt vaihtoehtoiseksi arvioidusta ratkaisusta sittenkin vallitseva.

1.4 Miten potentiaali saadaan realisoitumaan?

Mitä vaaditaan, jotta syötäviin hyönteisiin perustuva teollisuus siirtyisi nykytilanteesta tulevaan? Tarkasteltaessa kolmea suurinta haastetta tällä hetkellä – lainsäädäntöä, teknologiaa ja kysyntää – ***etenemisen avain löytyy kuluttajakysynnästä ja kuluttajien hyväksynnästä.***

LAINSÄÄDÄNTÖ

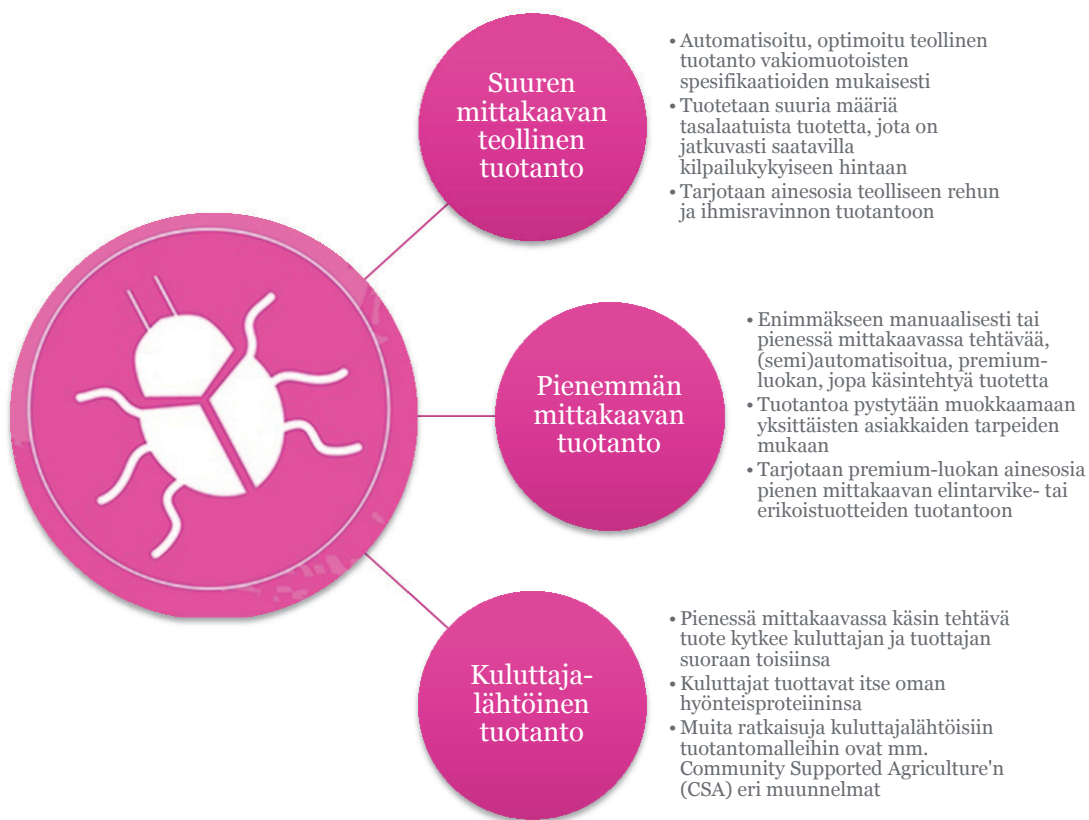
Sääntelytilanne liikkuu Euroopassa jatkuvasti eteenpäin. Silti ei voida sanoa, etteikö sääntelytilanne olisi tälle teollisuuden alalle merkittävä haaste myös tulevina vuosina. Päinvastoin, erityisesti elintarvikepuolella tarvitaan paljon työtä ja yhteisiä ponnisteluja, jotta voidaan joko jättää kaupallisesti tärkeimpiä syötäviä hyönteislajeja koskeva uuselintarvikehakemus tai todistaa, että niitä on käytetty EU:n ulkopuolella ihmisravinnoksi merkittävässä määrin jo pidemmän aikaa.

Sääntelytilanne on kuitenkin varmuudella menossa eteenpäin, ja todennäköisimmin sellaista vauhtia, joka on teollisuudelle hyväksi ja järkevää pitkällä aikavälillä. Ottaen huomioon, että ala on vasta nuori ja että syötävien hyönteisten tuotantoon monin tavoin liittyvää tutkimustietoa ja riskinhallintamalleja puuttuu, ***lienee itse asiassa koko teollisuuden kannalta hyvä, että sääntelytilanne muuttuu vaiheittain*** – vaikka se joidenkin nykyisten toimijoiden näkökulmasta saattaa tuntua turhauttavalta. Näin tämä teollisuuden ala ehtii vakiintua luotettavaksi sekä ihmis- että eläinravinnon tuottajaksi.

TEKNOLOGIA

Myös teknologiset rajoitteet ovat pidätelleet alaa. Tähän mennessä suurin osa tuotannosta ja prosessoinnista on perustunut merkittävään määrään käsityötä. Tämä strategia on toiminut toistaiseksi hyvin, sillä kysyntä on ollut vähäistä, eikä suuria tuotantomääriä ole tarvittu. Kun kysyntä lisääntyy ja tarvitaan suurempia määriä tasalaatuista tuotetta, jota on jatkuvasti saatavilla järkevään hintaan, **vaaditaan lisää automaatiota ja teollistamista**. Tähän kehitystyöhön tarvitaan resursseja: osaamista, aikaa ja rahaa.

Tämä ei tarkoita sitä, että teknologian kehittämiseen ei tarvitse kiinnittää huomiota tai että se kehittyisi itsestään. Kokemus kaikilta muilta teollisuuden aloilta osoittaa kuitenkin, että jos kysyntää on riittävästi, teknologia kehittyy ja hioo prosessit tehokkaiksi – eikä hyönteisten tuotanto varmasti ole poikkeus. Syötävien hyönteisten tuottaminen teollisessa mittakaavassa on vain ajan kysymys, mutta muillakin tuotantostrategioilla on yhä merkitystä.



Kuva 3. Syötävien hyönteisten tuotantostrategioita tulevaisuudessa

KYSYNTÄ

Keskeisin alue, joka syötäviin hyönteisiin perustuvalla teollisuudelle asettaa haasteita, ei siis ole sääntely tai teknologia, vaan kysyntä. Jotta syötävistä hyönteisistä tulisi todella elinkelpoinen kaupallinen ravinnon lähde – ja jotta sen käyttö todella edistäisi kestävästä kehitystä – **tarvitaan kognitiivista muutosta kuluttajakäyttäytymiseen**. Voi tuntua valtavalta urakalta vakuuttaa kuluttajat ja saada heidät ottamaan syötävät hyönteiset osaksi ruokavaliotaan, ottaen huomioon kuinka matalalla tasolla kuluttajien hyväksyntä on nyt, mutta tarvitaan fiksuja ratkaisuja, jotka tekevät hyönteisten syömisen helpoksi ja normaaliksi kuluttajille.

Jotta kuluttajien ajattelu ja käyttäytyminen muuttuisi, on käytettävä useita strategioita yhtä aikaa. Alla on lueteltu joitakin esimerkkejä siitä, minkälaisiin toimiin voitaisiin ryhtyä. Lista ei kuitenkaan ole täydellinen – tarvitaan luovuutta ja radikaalia ajattelua!

Mahtavia tuotteita

Ensimmäisenä kuluttajat kiinnittävät elintarvikkeita valitessaan huomiota makuun, helppouteen, laatuun ja hintaan. Vastuullisuus ei useimmilla kuluttajilla ole aivan kärkiprioriteettien joukossa, paitsi kovan luokan vastuullisuuskuluttajien ryhmässä. Hyvin harva kuluttaja menee lähikauppaan löytääkseen ensisijaisesti ratkaisuja maailman pelastamiseen. Mutta moni tekee silti mielellään niin, jos tuotteen muut tärkeät ominaisuudet osuvat kohdalleen. **Kestävät kulutusvalinnat ovat todellista valtavirtaa vasta, kun keskiverto kuluttaja tekee niitä huomaamattaan.**

Sama pätee syötäviin hyönteisiin raaka-aineena; ne, jotka etsivät nimenomaan hyönteisperäistä ravintoa, kuuluvat todennäköisimmin edelläkävijäkuluttajiin, elämishakuisiin kuluttajiin tai ekokuluttajiin – tai ovat yleisesti ottaen “ento-intoilijoita”. **Muut kuluttajat etsivät vain hyviä tuotteita, joissa on heidän haluamansa ominaisuudet.** Tämä ei tarkoita, etteikö sillä olisi merkitystä, että tuotteessa on käytetty syötäviä hyönteisiä tai että tuotteen alkuperä pitäisi piilottaa – mutta suurin osa kuluttajista ei luultavasti milloinkaan innostu syötävistä hyönteisistä sinänsä, vaan saattaa päätyä käyttämään niitä muiden etsimiensä ominaisuuksien takia.

Tunteet ja tietämys

Jotta syötävistä hyönteisistä tulisi osa normaalia, kuluttajien on pystyttävä kokemaan yhteys syötäviin hyönteisiin sekä tunne- että kognitiivisella tasolla. Kuluttajien on 1) tunnettava, että syötävät hyönteiset sopivat heidän minäkuvaansa (“Sopiiko tämän minun kaltaiselleni ihmiselle?”) ja 2) tietää ja ymmärtää niiden edut (“Miksi tämä on hyvä valinta?”).

Näistä kahdesta tekijästä tavallisesti tärkeämpi on tunteet. **Monet kuluttajat toimivat pelkän tunteen varassa kulutusvalintoja tehdessään, mutta vain harvat tekevät valintoja pelkästään järkisyistä.** Syötävät hyönteiset voivat hyvinkin olla erittäin järkevä valinta vastuullisuuden ja ravitsemuksellisen arvon suhteen – mutta sillä ei ole merkitystä, mikäli ne herättävät kuluttajassa negatiivisen tunnereaktion. Siksi on tärkeää ymmärtää kuluttajia ja tietää, mitkä *triggerit* tai tekijät herättävät tunteita eri kohderyhmissä. Sen lisäksi on tärkeää tarjota kuluttajaa miellyttävällä tavalla tarkkaan mietittyä ja relevanttia tietoa, joka vetoaa kognitiiviseen puoleen.

Kuluttajien tönäiseminen

Tönäisy (“*nudge*”) kuvataan usein “minä tahansa valinta-arkkitehtuurin näkökulmana, joka muuttaa ihmisten käytöstä ennustettavalla tavalla ilman, että kielletään mitään vaihtoehtoja tai merkittävästi muutetaan heidän taloudellisia vaikuttimiaan. Jotta jokin toimenpide olisi pelkkä tönäisy, sen on oltava helposti ja edullisesti vältettävissä. Tönäisy eivät ole toimeksiantoja. Hedelmien asettelu silmien korkeudelle on tönäisy, roskaruoan kieltäminen ei”.

Länsimaisten kuluttajien tönäisemiseen kohti hyönteisten syömistä on ehdotettu useita strategioita. Ilmeisin niistä, jolla on parhaat mahdollisuudet menestyä valtavirrassa, on jo mainittu edellä – sellaisten hyvien tuotteiden luominen, joissa

hyönteiset ovat prosessoidussa muodossa niin, että niiden alkuperä ei enää ole heti nähtävissä. Siitä seuraava askel olisi varmistaa, että nämä hienot tuotteet olisivat myös helposti saatavilla tuttuja, arkisten myyntikanavien kautta, olipa se sitten ruokakaupassa tai ravintolassa tai kahvilassa. Hyönteisgastronomia, mikä tarkoittaa hyönteisten valmistamista gourmet-tason tai eksoottiseksi annoksiksi, on toinen tapa houkutella kuluttajia kokeilemaan hyönteisten syömistä. Tähän voisi kuulua myös hyönteisten maustaminen tietyllä tavalla tai niiden käyttäminen sellaisissa ruokalajeissa, jotka ovat jo kuluttajille entuudestaan tuttuja.

Kuluttajien voimaannuttaminen

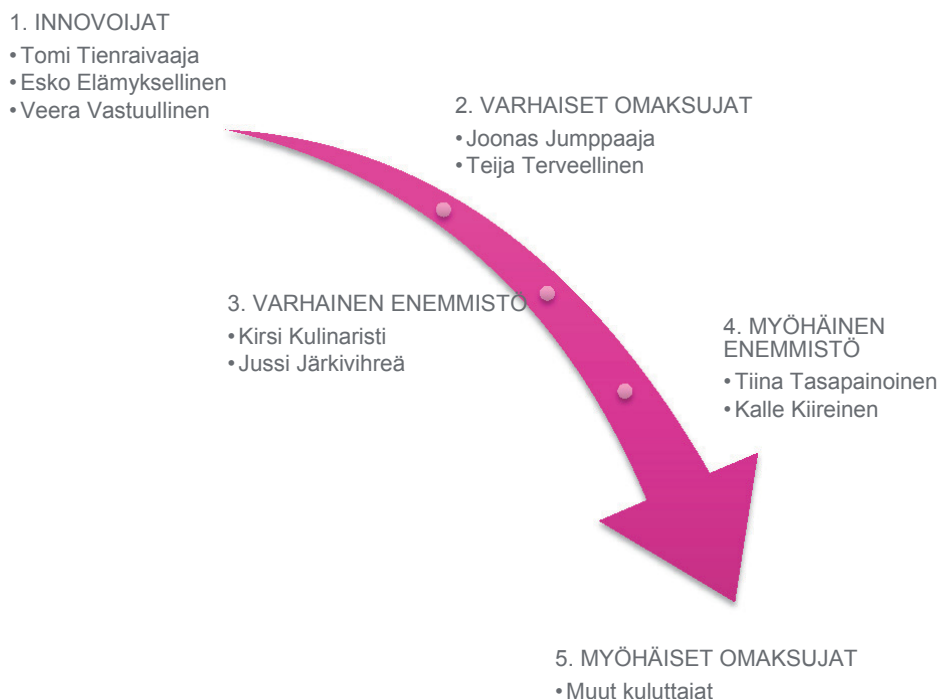
Nykyisiin ruoan tuotantoketjuihin liittyvät ongelmat ja ketjujen monimutkaisuus voi saada monet kuluttajat kokemaan itsensä voimattomiksi. He saattavat tuntea olevansa ruoan tuotantojärjestelmän armoilla, eivätkä usko voivansa vaikuttaa järjestelmään. Syötävät hyönteiset ovat kuluttajille melko helppo tapa tuottaa itse omat proteiininsa pienessä mittakaavassa, ja voimaannuttaa kuluttajat olemaan itse oman ruoan tuotantoketjunsä herroja. Joitakin kaupallisia, kotikäyttöön tarkoitettuja hyönteisten kasvatustarjelmia on jo olemassa. Näitä voi olennaisesti verrata omaan keittiöpuutarhaan. Syötävät hyönteiset sopisivat erinomaisen hyvin erilaiseen kaupunkiympäristössä toteutettavaan, yhteisölliseen kasvatustoimintaan, samoin kuin eri tyyppiseen Community Supported Agriculture (CSA) -toimintaan.

KULUTTAJAPROFILOINTI

Juuri mitkään tuotteet eivät myy itse itseään – ja takuuvarmasti hyönteiselintarvikkeet eivät niin tee. Kuten edellä on selitetty, kysynnän luominen on keskeinen edellytys hyönteiselintarvikkeiden valtavirtaistumiselle. Tässä luvussa hahmotellaan markkinoinnin pohjaksi fiktiivisiä profiileja kuluttajatyypeille, jotka voisivat hyönteiselintarvikkeita nyt ja tulevaisuudessa ostaa.

Minkä tahansa uuden teollisuuden alan kasvattamiselle tärkeää on muuttaa pienet erikoismarkkinat menestykseksi valtavirrassa. Näin on myös syötäviin hyönteisiin perustuvan teollisuuden kohdalla. Paljon käytetty ja hyödyllinen analyysiväline syötäviin hyönteisiin perustuvaa teollisuutta tarkasteltaessa on innovaatioiden diffuusiomalli. Se kuvaa sitä, kuinka yhteiskunta hiljalleen hyväksyy jonkin murroksellisen keksinnön.

Markkinoiden kehittyminen voidaan jakaa viiteen tärkeimpään tunnistettavaan vaiheeseen. Ensimmäinen on varhainen markkinavaihe, jossa asiakkaat ovat **innovoijia**, jotka haluavat olla edelläkävijöitä ja ryhtyä käyttämään täysin uutta innovaatiota siihen liittyvistä mahdollisista riskeistä huolimatta. Innovoijat ovat usein hyvin perillä innovaation lähteestä tai sen taustalla olevista ideoista. Innovoijia seuraavat **varhaiset omaksujat**, jotka eivät ole aivan yhtä rohkeita omaksumaan uusia innovaatioita, mutta joilla on enemmän vaikutusvaltaa ja mielipidejohtajuutta suhteessa myöhäisempiin kuluttajaryhmiin. Varhaiset omaksujat vaikuttavat ja ovat yhteydessä **varhaiseen enemmistöön**, jota voidaan jo pitää valtavirtana, mutta joka edustaa yhä valtavirran edistyksellistä kärkeä, mitä uusiin innovaatioihin tulee. **Myöhäinen enemmistö** omaksuu innovaation vasta, kun se on varhaisen enemmistön tarkkaan testaama ja näyttää heistä "normaalilta". Viimeinen ryhmä on **myöhäiset omaksujat**. He omaksuvat uuden innovaation viimeisenä, ja vasta sitten, kun se ei oikeastaan ole enää aktiivinen valinta.



Kuva 4. Syötävien hyönteisten kuluttajatuotemerkkinoiden laajeneminen

1.5 Millaisia nykyiset hyönteistuotteiden kuluttajat ovat?

Koska syötäviin hyönteisiin perustuvia tuotteita on markkinoilla toistaiseksi hyvin vähän, ja niitä on saatavilla vain harvojen jakelukanavien kautta, olemassa olevan kuluttajapohjan voidaan olettaa olevan erittäin vähäinen. Kun tarkastellaan sitä, minkälaisia nykyiset tuotteet ovat ja kuinka niitä markkinoidaan – yhdistettynä akateemiseen tutkimustietoon kuluttajien asenteista hyönteisruokaa kohtaan – voidaan tunnistaa muutamia keskeisiä tarpeita, joihin syötävät hyönteiset tällä hetkellä vetoavat. Näitä ovat pääasiassa **halu olla edelläkävijä, halu kokeilla uusia asioita ja syväinen sitoutuminen kestäviin kulutusvalintoihin.**

Seuraavilla sivuilla luonnehditaan näitä tarpeita yksinkertaistettujen, kuvitteellisten kuluttajatyyppejen kautta. Nämä eivät tietenkään ole ainoita mahdollisia syötävien hyönteisten kuluttajatyyppejä eikä niitä tule ottaa sellaisenaan kirjaimellisesti – mutta ne ovat hyvin mahdollisia ilmentymiä sellaisista kulutusmotiiveista, jotka syötäviä hyönteisiä voisivat suosia. Kuluttajaprofiilit on rakennettu käyttämällä työkaluna empatiaa eli samaistumalla näihin henkilöihin pohtien, mitä he kenties ajattelevat, tuntevat, haluavat tai pelkäävät.

Kuvitteellisten kuluttajaprofiilien luominen on keskeinen työvaihe markkinoinnin suunnittelussa. Syötävien hyönteisten parissa työskenteleville se on erityisen tärkeää, sillä he ovat itse tämän asian suhteen vahvasti edelläkävijöitä eivätkä lainkaan valtavirran kuluttajia. ”Ento-intoilijoiden” ei pidä haksahda kuvittelemaan, että valtavirran kuluttajat olisivat hyönteiskiinnostuksensa ja -tietämyksensä osalta lähelläkään heitä. Suurin osa kuluttajista ei tulle koskaan erityisesti innostumaan hyönteisistä sinällään – mutta voi silti ostaa hyönteisiä sisältäviä elintarvikkeita, kunhan niissä ovat kohdillaan muut, heille tärkeämmät ominaisuudet. Tyypillisesti tällaisia ominaisuuksia ovat maku, laatu, käytettävyys, helppous ja hinta.

INNOVOIJAT

TOMI TIENRAIVAAJA – EDELLÄKÄVIJÄKULUTTAJA

**Millainen Tomi on?**

Tomi on ennakkoluuloton ja haluaa viitoittaa tietä, jolla muut seuraavat. Hän on päämäärätietoinen ja valikoiva tyyppi, joka ei tuhlaa energiaansa asioihin, jotka eivät häntä kiinnosta. Hän vieroksuu asioiden tekemistä tietyllä tavalla vain siksi, että kaikki muutkin tekevät niin – tavanomaisuus ja norminmukaisuus ei ole hänelle tärkeää. Hän pitää hyvää huolta terveydestään, kunnostaan ja ulkonäöstään ja välittää myös siitä, mitä muut hänestä ajattelevat. Hän on innokas ostosten tekijä ja hakee ensisijaisesti laatua. Tomi seuraa sekä perinteistä että sosiaalista mediaa aktiivisesti ja on kiinnostunut monista erilaisista asioista ja ilmiöistä. Hän saattaa perehtyä hyvin syvällisesti ja pitkäjänteisesti johonkin häntä kiinnostavaan aiheeseen, olkoon sitten kyse vaikka sykemittareista tai mykkäelokuvista.

Miten syötävät hyönteiset ovat tulleet Tomin tietoisuuteen?

Tomi on pannut merkille jo pari vuotta sitten, että ulkomaisissa trendikkäissä julkaisuissa puhutaan hyönteisgastronomiasta. Talousuutissivustot taas raportoivat innovatiivisista hyönteisalan start up -yrityksistä. Sosiaalisesta mediasta löytyy myös aika paljon ”hypetystä” hyönteissyönnistä. Tomi itse on maistanut syötäviä hyönteisiä ensimmäisen kerran jo monta vuotta sitten Vietnamin ja sen jälkeen useita kertoja esimerkiksi Helsingissä Ravintolapäivän tapahtumissa ja Kööpenhaminassa Noma-ravintolassa. Nyt hän tilasi kuivattuja sirkkoja ranskalaisesta netti-kaupasta, jotta voisi tarjota ystävilleen taatusti ennen kokemattoman alkupalan illanistujaisissaan. Samalla hän tilasi mielenkiinnosta myös pari pussia sirkkajauhetta, jota hän lisää smoothieensa ja kokeili kerran crêpe-taikinaankin.

Miksi hyönteiset kiinnostavat Tomia?

Tomia viehättää se, että hän on selvästi ensimmäinen tuttavapiirissään, joka on löytänyt syötävät hyönteiset. Hän aavistaa, että syötävistä hyönteisistä voi tulla vielä iso juttu, ja hän haluaa olla eturintamassa. Hän on lueskellut vähän lisää syötävistä hyönteisistä ja tietää, että ne ovat varsin vastuullinen proteiininlähde ja lisäksi ravitsemuksellisesti laadukasta proteiinia. Se on Tomista hyvä juttu, ja hän muistaa kertoa siitä ystävilleen sirkka-alkupalojen lomassa. Tomia on kuitenkin alkanut häiritä se, että saatavilla olevat hyönteistuotteet eivät oikein ole hänestä tarpeeksi laadukkaita – eivätkä oikeastaan erityisen maukkaitakaan.

Miten Tomi saadaan jatkossakin ostamaan hyönteiselintarvikkeita?

Tomi haluaa laadukkaita, maukkaita, juuri hänen elämäntapaansa sopivia tuotteita. Hinta ei ole hänelle tärkein valintakriteeri. Tuotteiden pitää myös brändinsä puolesta heijastaa Tomin mieltymyksiä – hän ei halua ostaa kilotavaraa ruskeassa paperipussissa. Hänelle kuluttaminen on osa identiteetin rakentamista, ja hänen valitsemansa tuotteet viestivät sekä hänelle itselleen että muille, kuka ja millainen hän on. Tomi haluaa yksilöllistä premiumia, ei perusbulkkia. Myös ostokokemus kokonaisuutenaan on Tomille tärkeä; hän ostaa mieluummin tuotteita kotiinkuljetuksella hyvin suunnitellusta koti- tai ulkomaisesta verkkokaupasta tai vieraillee palvelevassa erikoisliikkeessä keskustassa kuin vaeltelee Prisman loputtomilla käytävillä.

Jatkossa Tomi haluaisi ostaa pienehköjen valmistajien hyvänmakuisia ja monipuolisia tuotteita houkuttelevissa pakkauksissa. Myös tunnetumpien brändien sesonki- tai premium-henkiset rajatun saatavuuden tuotteet syötävistä hyönteisistä voivat kiinnostaa Tomia. Pakastenugetteja ja perusvalmispizzaa Tomi ei tule jatkossakaan syömään – olkoon siinä sitten syötäviä hyönteisiä tai ei. Hän on vastaanottavainen hyönteiselintarvikkeiden vastuullisuus- ja ravitsemusargumenteille, kunhan ne on esitetty tyylikkäällä ja mielenkiintoisella tavalla.

ESKO ELÄMYKSELLINEN – KOKEMUSHAKUINEN KULUTTAJA

Millainen Esko on?



Esko etsii aina ja kaikessa uusia kokemuksia. Kaikki uusi, jännittävä ja ennen kokematon kiehtoo häntä. Esko on sosiaalinen ja melko kilpailuhenkinen; hän vertailee mielellään uuden autonsa ominaisuuksia kavereidensa autoihin, ja takuulla Eskon autossa on jokin lisävaruste, jota kenenkään muun autosta ei löydy. Hän haluaa ylittää ja yllättää sekä itsensä että muut – elämässä pitää kokea elävänsä. Eskolla on aina takataskussaan mainio juttu baari-illastaan TV:stä tutun julkkiksen seurassa tai koiravaljakkoajelustaan Grönlannissa. Hän saattaa innostua hetkeksi kovasti jostakin asiasta tai tuotteesta ja perehtyä siihen tosissaan, mutta seuraava innostuksen aihe voi syrjäyttää edellisen nopeastikin. Esko on impulsiivinen ostosten tekijä eikä kiinnitä aina välttämättä eniten huomiota laatuun. Tuotteiden ei tarvitse välttämättä kestää aikaa, koska Esko haluaa kuitenkin kohta jotain uutta ja erilaista.

Miten syötävät hyönteiset ovat tulleet Eskon tietoisuuteen?

Esko seurasi aiemmin innokkaasti TV:stä Pelkokerrointa ja muistaa, että siellä kilpailijat joutuivat usein syömään hyönteisiä. Ja viime vuonna Esko kuuli YLE:n uutisista, että Suomessakin joku kasvattaa vanhassa sikalassa sirkkoja – kuulostaapa hassulta! Esko näkee syyskuussa uutisen, jossa kerrotaan, että hyönteiset hyväksyttiin nyt Suomessa elintarvikkeeksi – ja suurimmassa osassa muita EU-maita ne ovat edelleen kiellettyjä. Siinäpä olisi mainio tapa testata omaa ja tuttavien pelkokerrointa! Niinpä Esko käy heti Ruohonjuuressa ostamassa Sirkkapurkin.

Miksi syötävät hyönteiset kiinnostavat Eskoa?

Esko haluaa tehdä jotain, mitä muut eivät vielä ole tehneet. Hän tuntee olonsa kuitenkin aika pettyneeksi maistaessaan kotisirkkoja ensimmäistä kertaa – eiväthän ne maistu juuri millekään. Kotisirkat ovat paljon pienempiäkin kuin Eskon mielikuvissa eivätkä niiden jalat ja siivet juutu kurkkuun. Esko pitää purkkia jonkin aikaa keittiönsä pöydällä hämmästyttääkseen tuttaviaan ja perhettään ja syö silloin tällöin näytösluontoisesti muutaman sirkan. Yksityisesti Esko ei kuitenkaan enää oikein jaksaa innostua sirkkojen napostelusta, kun eivät ne sittenkään vedä vertoja sipseille. Purkki päätyykin jonkin ajan kuluttua puoliksi syötynä keittiön kaappiin, josta Esko kaivaa sen näyttille, jos joku hänen kavereistaan ei ole koskaan maistanut hyönteisiä.

Miten Esko saadaan jatkossakin ostamaan hyönteiselintarvikkeita?

Esko haluaa uusia, jänniä tuotteita. Uudet raaka-aineet, makuyhdistelmät ja käyttötavat saavat aina Eskon mielenkiinnon heräämään. Hän kokeilee herkästi uusia tuotteita, mutta ei osta niitä uudelleen, elleivät ne ole hänen mielestään jollakin tavalla erityisen hyviä muutoin. Pelkkä uutuudenviehätys ei kannata kauaa.

Kun eksoottisuus ja jännittävyys on hyönteiselintarvikkeista Eskon silmissä karissut, hän ei enää kovin helpolla osta niitä itselleen. ”*Been there, done that*”, tuumii Esko. Extreme-henkiseksi lahjaksi hän saattaa silti jollekulle ystävälleen ostaa purkin jauhamotoja; ne näyttävät kuivattuinaakin hiukan eläviltä. Jotta Esko vakiintuisi hyönteiselintarvikkeiden käyttäjäksi, niiden pitäisi olla riittävän edullisia, hyvänmakuisia ja helppokäyttöisiä. Eskoa ei juurikaan kiinnosta syötävien hyönteisten ravitsemuksellinen laatu eikä vastuullisuus, ja häntä hiukan ärsyttää, jos niitä asioita tuodaan liian paljon esille tuotteiden pakkauksissa tai muussa markkinoinnissa. Esko saattaa tulevaisuudessa ostaa hyönteisiä sisältäviä snacksejä tai valmisruokaa, kunhan ne ovat hyvänmakuisia, sopivan hintaisia ja helposti saatavilla hänen lähikaupastaan.

VEERA VASTUULLINEN – EKOKULUTTAJA



Millainen Veera on?

Veera on syvästi huolissaan maapallon ja sen asukkaiden tulevaisuudesta. Viime vuosina Veera on käynyt läpi omat kulutustottumuksensa kovalla kädellä; hän on lopettanut kaiken turhaksi luokittelemansa kulutuksen ja valitsee muilta osin huolellisesti vastuullisen vaihtoehdon, vaikka se tekisikin hänen elämästään hiukan hankalampaa tai jopa kalliimpaa. Veera kysyy ravintolassa ja kahvilassa henkilökunnalta usein tarkentavia kysymyksiä käytetyistä raaka-aineista ja ärsyyntyy, kun vastaukset usein ovat varsin epämääräisiä. Veeraa turhauttaa se, että liian monet ihmiset eivät tunnu lainkaan ymmärtävän, miten vakavien ja tärkeiden asioiden äärellä tässä ollaan. Joskus Veera sortuu saarnaamaan vastuullisuudesta myös ystävilleen vaikka tiedostaakin, että monet eivät siitä pidä. Onneksi hänen kumppaninsa on kuitenkin yhtä sitoutunut tähän elämäntapaan, ja he ylläpitävätkin yhdessä vastuulliseen ja minimalistiseen elämään keskittyvää blogia.

Miten syötävät hyönteiset ovat tulleet Veeran tietoisuuteen?

Veera luki pari vuotta sitten FAO:n hyönteisraportin. Veera innostui; tässäkö vihdoinkin se vastuullisin proteiini? Hän perehtyy asiaan kunnolla ja alkaa kasvattaa kotonaan jauhomatoja. Sen lisäksi hän tilaa netistä sirkkajauhoa Thaimaassa kasvatetuista sirkoista. Hän tietää, että siellä on paljon paikallisia takapihaviljelijöitä, jotka myyvät tuotantonsa yritykselle, joka jalostaa sen hänen ostamukseen jauhoksi. Hän haluaa tukea viljelijöitä ja kyläyhteisöjä alemman elintason maassa mutta häntä kalvaa pieni epäily siitä, saavatko tuottajat riittävän korvauksen työstään. Toiselta puolelta maailmaa tulevan tuotteen ilmasto- ja muut ympäristövaikutukset huolettavat myös hiukan Veeraa, koska hän ei ole löytänyt niistä luotettavaa tietoa netistä – mutta toisaalta hän tietää kyllä, ettei lähellä tuotettukaan todellakaan automaattisesti tarkoita parempaa vastuullisuutta.

Miksi syötävät hyönteiset kiinnostavat Veeraa?

Veera haluaa olla vastuullinen kuluttaja. Hän on ylpeä pienestä ötökkäfarmistaan, koska hän tuntee tekevänsä jotakin konkreettista vastuullisuuden edistämiseksi. Hänen on kuitenkin pakko myöntää itselleen, että hänen kotikasvattamonsa on tehoton eikä sato ole järin suuri. Veera tietää, että hyönteisfirmat kehittävät tehokkaampia tuotantomenetelmiä, ja se hiukan mietityttää häntä. Teollisen mittakaavan tuotanto hyönteistehtaassa kuulostaa siltä, että alasta on tulossa ihan oikeaa bisnestä. Mitenköhän käy hyönteisten hyvinvoinnille? Entä kärsiikö laatu kustannuspaineissa – aletaanko hyönteisille syöttää mitä tahansa moskaa ja aletaanko sirkkajauhoa jatkaa vehnäjäuholla? Miten käy thaimaalaisten pienviljelijöiden? Valuvatko voitot tulevaisuudessa suuryritysten taskuihin? ”Tämä on ollut tähän saakka niin aitoa ja sympaattisen pientä”, pohtii Veera.

Miten Veera saadaan jatkossakin ostamaan hyönteiselintarvikkeita?

Veera haluaa syödä itselleen puhtaamman omatunnon. Hän haluaisi pystyä varmistumaan, että hänen ostamiensa tuotteiden tuotantoketju toimii niin, että luontoa, eläimiä ja ihmisiä ei vahingoiteta eikä riistetä. Veera elää jatkuvassa ristipaineessa, sillä hän on varsin hyvin perehtynyt elintarviketuotannon moninaisiin vastuullisuuskysymyksiin ja tietää, ettei vastuullisuus ole yksiselitteinen ja helppo käsite. Valintojen tekeminen ja hyvien vaihtoehtojen löytäminen on usein vaikeaa.

Veera todennäköisesti jatkaa hyönteiselintarvikkeiden käyttämistä, kunhan voi olla varma niiden vastuullisuudesta. Hän haluaa saada yksityiskohtaista tietoa tuotantoon liittyvistä asioista; puuttuva, epämääräinen tai ylimalkainen tieto ärsyttää. Läpinäkyvän tiedon lisäksi Veeraa auttaa kaikki sellainen, mikä tekee hänen vastuullisista kulutusvalinnoistaan hiukan helpompia ja nopeampia. Siksi esimerkiksi Reilun kaupan tuotteet tai luomutuotteet helposti päätyvät hänen ostoskoriinsa. Veera toivoo luonnollisesti myös esimerkiksi pakkausten olevan kierrätettäviä tai uudelleentäytettäviä. Veeran mielessä hyönteisten kanssa kilpailevat erilaiset kasvi-, levä-, sieni- ja mikrobiproteiinit ja tulevaisuudessa ehkä jopa keinoliha. Veeralle tuotteiden brändi ei ole kovin tärkeä, ja hän on jossain määrin valmis tinkimään jopa mausta sekä helposta käytettävyydestä ja saatavuudesta hyvän vastuullisuusprofiilin takia.

1.6 Miten kuluttajapohja voisi laajeta?

Syötäviä hyönteisiä tällä hetkellä käyttävät kuluttajaryhmät ovat kaikki melko rajallisia, eikä niitä voi pitää valtavirtana vaan ennemminkin omassa viiteryhmissään innovoijina. Kun syötäville hyönteisille etsitään jatkuvasti suurempaa käyttäjäkuntaa, voidaan tunnistaa ainakin seuraavat potentiaaliset kuluttajatyypit.

VARHAISET OMAKSUJAT

JOONAS JUMPPAAJA – KUNTOILUINTOILIIJA



Millainen Joonas on?

Joonas on luonteeltaan positiivinen, aikaansaava ja innostava. Hänellä on elämän tärkeysjärjestys selvänä: hän haluaa tehdä hyvää jälkeä töissä, ylläpitää parisuhdettaan ja ehtiä nähdä kavereitaankin säännöllisesti. Ehkä joskus tulevaisuudessa lapsia, mutta sitä Joonas ei vielä ole juurikaan ajatellut. Joonaksen intohimo on kuitenkin liikunta. Hän treenaa salilla useita kertoja viikossa ja käy myös lenkillä säännöllisesti sekä kerran viikossa kavereiden kanssa pelaamassa salibandya ja kesäisin jalkapalloa. Nuorempana Joonas harrasti jalkapalloa tosissaan, mutta polvivamma teini-ikäisenä torppasi ammattilaishaaveet. Nyt aikuisena liikunta on Joonakselle elämäntapa. Hän ei ole kuitenkaan mikään ”sunnuntaitreenaaja” vaan haluaa edelleen kehittyä tavoitteellisesti ja etsii koko ajan uusia keinoja tehostaa treeniään. Hänellä on vankka tietopohja treenaamisesta, ja hän ymmärtää oikeanlaisen ravitsemuksen merkityksen kehittymiseen ja palautumiseen. Joonas liikkuu, koska siitä tulee hyvä olo – mutta hän haluaa tuki myös pysyä terveenä ja tykkää näyttää hyvältä. Kaverit kysyvät usein Joonakselta treenivinkkejä, ja hän jakaa tietämystään mielellään. On kiva nähdä kavereidenkin treenaavan paremmin, ja Joonasta myös imartele se, että hänen tietämystään arvostetaan.

Miten syötävät hyönteiset ovat tulleet Joonaksen tietoisuuteen?

Joonas näkee Facebookissa kaverinsa Tomin kuvia Ravintolapäivästä. Niissä Tomi kehuu paistettuja kotisirkkoja ja kertoo tekevänsä itsekin sirkkajauhasta smoothieta kotona. Joonas pitää tätä jännänä kuriositeettina ja hyvin tyypillisenä toimintana Tomille, eikä ajattele asiaa sen enempää. Pari kuukautta myöhemmin Joonas tapaa Tomin sattumalta ja kuulumisia vaihdettaessa kuvat hyönteisten syönnistä muistuvat mieleen. Tomi kertoo Joonakselle, että hyönteiset ovat itse asiassa todella proteiinipitoisia. Joonas höristää välittömästi korviaan, sillä häntä kiinnostaa aina proteiinipitoinen ruoka.

Miksi syötävät hyönteiset kiinnostavat Joonasta?

Joonasta kiinnostaa syötävien hyönteisten korkea proteiinipitoisuus ja hyvä aminohappokoostumus. Ajatus hyönteisten syömisestä toki hiukan hirvittää häntä, mutta jos hän saa niistä boostia treeniinsä on hän valmis kokeilemaan.

Miten Joonas saadaan ostamaan hyönteiselintarvikkeita?

Joonakselle tärkeintä on löytää laadukasta proteiinia sisältäviä helppokäyttöisiä ja sopivan hintaisia tuotteita. Proteiinipatukat ja juomasheikkerit ovat tuttu näky Joonaksen keittiössä ja treenikassissa. Maku ei ole ykköskriteeri – Joonas on tottunut vuosien varrella juomaan pahanmakuisia proteiinipirtelöjä – mutta miellyttävä maku yllättää toki positiivisesti. Hinta pitää olla kilpailukykyinen hera-, soija-, herne- ja riisiproteiinipohjaisiin tuotteisiin verrattuna. Joonasta ei juurikaan kiinnosta hyönteisproteiinin vastuullisuusprofiili vaan sen laadukkuus proteiininä. Joonas voi yhtä hyvin tilata tuotteensa verkosta kuin käydä ostamassa ne kaupasta, kunhan homma toimii sujuvasti.

TEIJA TERVEELLINEN – RAVITSEMUSINTOILIJJA

**Millainen Teija on?**

Teija on luonteeltaan itsenäinen eikä halua kulkea massan mukana. Hänelle tärkeää on pystyä luomaan itselleen oman näköisensä elämä. Teija on vannoutunut terveellisen ravitsemuksen etsijä. Hän haluaa optimoida terveytensä ja hyvinvointinsa ravitsemuksen avulla ja on avoin kokeilemaan erilaisia ratkaisuja. Teija on opiskellut aihetta paljon itseksensä lukemalla ja käymällä avoimen yliopiston ravitsemustieteen luennoilla, ja hän on jopa pohtinut sivu-uraa ravinto- tai hyvinvointivalmentajana (Teija viihtyy hyvin päätyössään isossa pörssiyrityksessä avainasiakaspäällikkönä eikä aio vaihtaa uraa kokonaan). Hän tuntee viralliset ravitsemussuositukset mutta ei ole kaikilta osin samaa mieltä niiden kanssa. Teija on noudattanut jo muutaman vuoden pääosin Paleo-ruokavaliota ja tuntee olonsa energiseksi ja kaikin puolin hyvinvoivaksi. Hän suosittelee usein ystävilleenkin ainakin pitkälle jalostettujen elintarvikkeiden, viljan, sokerin ja maitotuotteiden vähentämistä ruokavaliosta. Myös Teijan mies ja lapsi noudattavat pääosin Paleo-ruokavaliota. Teijan lapsi käy parhaillaan pientä yksityistä esikoulua, jossa erityisruokavaliot pystytään ottamaan huomioon, mutta Teija tietää, että koulussa se tulee olemaan vaikeaa. Teija aikoo kuitenkin yrittää vaikuttaa asiaan vanhempainyhdistyksen kautta ja tarvittaessa olemalla itse suoraan yhteydessä kaupungin ruokapalveluyksikköön.

Miten syötävät hyönteiset ovat tulleet Teijan tietoisuuteen?

Teija on nähnyt amerikkalaisella Paleo-sivustolla artikkelin hyönteisten syömisestä osana Paleo-ruokavaliota mutta piti ajatusta hiukan kuvottavana ja sivuutti sen amerikkalaisena ylilyöntinä. Teijan työkaveri Esko, joka on aikamoinen yllytyshullu, toi pari viikkoa sitten tyky-päivään purkillisen kotisirkkoja ja haastoi muut maistamaan niitä. Teija ei tietenkään halunnut olla muita huonompi, joten hän rohkaisi mielensä ja söi yhden sirkkan – varmistettuaan ensin pikaisella googlauksella, että kotisirkat ovat ylipäättään turvallisia syödä ja että nämä nimienomaiset sirkat ovat kotimaassa tuotettuja. Teija yllättyi positiivisesti, sillä kotisirkkan suutuntuma olikin yllättävän pehmeä eikä makukaan ollut kitkerä kuten hän oli pelännyt.

Miksi syötävät hyönteiset kiinnostavat Teijaa?

Teijaa kiinnostaa ensisijaisesti laadukas proteiini ja hyönteiselintarvikkeiden prosessoimattomuus. Teija on jo kerran ylittänyt itsensä maistamalla kotisirkkoja ja todennut ne syötäviksi, joten hän on valmis miettimään, miten voisi ottaa hyönteiset osaksi ruokavaliotaan.

Miten Teija saadaan ostamaan hyönteiselintarvikkeita?

Teija haluaa tietää ruokansa ravitsemussisällön ja prosessoinnin tarkkaan. Vaikka proteiinipitoisuus ja proteiinien laatu onkin Teijalle kiinnostavinta hyönteisissä, hänelle kiinnostavia ovat myös hyönteisten sisältämä rauta, vitamiinit ja kitiini. Teijaa miellyttää erityisesti jauhomadoista ja kotisirkkoista tehty jauhe, joka on minimaalisesti prosessoitu. Hän voi käyttää sitä itse haluamallaan tavalla ruuanlaitossa, vaikka se joihinkin ruokiin antaakin hiukan jännän sivumaun. Teija on myös kiinnostunut laadukkaista Paleo-ruokavaliioon sopivista välipalapatukoista, joita voi ottaa mukaan esimerkiksi töihin. Vastuullisuusprofiili ei ole Teijalle hyönteiselintarvikkeissa ensisijaisesti kiinnostava asia mutta plussaa kuitenkin. Teija voi ostaa tuotteensa verkosta tai paikan päältä kaupasta, kunhan hän pääsee tarkastelemaan pakkauksen ainesosalistaa ja ravintosisältöä.

VARHAINEN ENEMMISTÖ

KIRSI KULINARISTI – RUOKAINTOILIJJA



Millainen Kirsi on?

Kirsi on sosiaalinen ja haluaa nauttia elämästä. Hänellä on paljon ystäviä ja aluillaan oleva ura markkinoinnin parissa. Kirsi asuu puolisonsa kanssa hienoksi remontoidussa kaksiossa hyvällä alueella keskustassa ja haluaisi perustaa perheen parin vuoden kuluttua, kunhan on vakiinnuttanut asemansa työelämässä. Kirsi on ”foodie” – häntä kiinnostaa kaikki ruokaan ja ruuanlaittoon liittyvä. Hän katselee TV:stä kokkiohjelmia ja lukee ruokablogeja; viikonloppuisin hän kokeilee uusia reseptejä ja kestitsee perhettään ja ystäviään. Kirsiä kiinnostavat eri maiden ruokakulttuurit, ja hän tykkää käydä ravintoloissa ja kahviloissa sekä kotimaassa että matkoilla. Hänen keittiönsä on remontoitu trendikkääksi ja toimivaksi, ja sieltä löytyvät kaikki mahdolliset välineet ja ainesosat ruokakokeiluihin. Kirsi haluaa olla tuttavapiirinsä Nigella Lawson. Joskus Kirsi kuitenkin tuntee stressiä ylläpitäessään yhtä aikaa vilkasta sosiaalista elämää, panostusta vaativaan työhön, kaunista kotia, täydellistä parisuhdetta ja antoisaa harrastusta.

Miten syötävät hyönteiset ovat tulleet Kirsin tietoisuuteen?

Tomi kuuluu Kirsin ystäväpiiriin. Kirsiä ei jaksakaan kiinnostaa Tomin intoilu uusimasta Apple Watchista, mutta Tomin ruokakokeiluista Kirsi toki kuulee mielellään, koska tietää Tomin olevan aina trendien aallonharjalla tälläkin saralla. Viime lauantaina Kirsi oli puolisoineen Tomin luona illallisella. Tomi oli tehnyt alkupaloja avokadosta ja kotisirkoista. Hetkellisesti Kirsi epäili, uskaltaisiko maistaa, mutta uteliaisuus voitti alkukantaisen inhotusreaktion. Aika hyvää – vaikka Kirsi toki uskookin, että pystyisi itse loihtimaan paljon parempaa ruokaa hyönteisistä. Illallisen aikana Kirsi tenttaa Tomilta hyönteisten syömisestä kaiken mahdollisen ja jatkaa kotona lukemalla netistä hyönteisten käytöstä aasialaisessa ruokakulttuurissa. Kirsi huomaa samalla, että syötävät hyönteiset eivät olekaan ihan niin eksoottinen juttu kuin hän ensin kuvitteli; Suomestakin löytyy muutamia hyönteiselintarvikefirmoja ja hyönteiskokkeja. Kirsi ihmettelee, miten saattoi olla huomaamatta hyönteisiä viime Ravintolapäivänä.

Miksi syötävät hyönteiset kiinnostavat Kirsiä?

Uudet ruoat ja raaka-aineet kiinnostavat aina Kirsiä. Hän miettii, miten niistä voisi saada maistuvia ja omaperäisiä ruokalajeja. Hyönteiset ovat täysin uusi tuttavuus Kirsillemme. Tokihan hänen ruokaintoilijana pitää opetella myös tämä raaka-aine – muutoin hän voi jäädä jälkijunaan tässä trendissä.

Miten Kirsi saadaan ostamaan hyönteiselintarvikkeita?

Kirsille tärkeintä ovat maukkaat, laadukkaat ja tuoret raaka-aineet. Häntä kiinnostaa myös ruoan alkuperä ja identiteetti: kuka, missä ja miten on tuottanut sen. Siksi Kirsiä kiinnostavat erityisesti kokonaiset ja jauhetut syötävät hyönteiset, joista hän voi itse tehdä haluamaansa ruokaa – mutta vain sellaiset, joiden alkuperään ja tuottajiin hän voi tutustua, joko virtuaalisesti tai henkilökohtaisesti. Myös laadukkaat puolivalmisteet kiinnostavat häntä, jos hän voi muokata niitä mieleisekseen. Maku on Kirsille ehdottomasti tärkein valintakriteeri. Vastuullisuusprofiili on myös mielenkiintoista Kirsille, sillä se kytkeytyy tuotanto- ja valmistustapaan. Ravitsemuksellinen arvo tulee vasta näiden jälkeen, ja hinta viimeisenä. Kirsi ostaa tuotteensa mieluiten fyysisestä kaupasta tai suoraan tuottajalta.

JUSSI JÄRKIVIHREÄ – VALEANVIHREÄ KULUTTAJA**Millainen Jussi on?**

Jussi elää kotoisaa elämää perheineen itse remontoimassaan puutalossa vanhalla omakotitaloalueella keskustan kupeessa. Jussi on arvoiltaan melko vihreä ja humaani; hän pitää tärkeänä tasa-arvoisuutta ja kaikkien ihmisten ja luonnon hyvinvointia ja suojelua. Hän ei kuitenkaan ole koskaan halunnut olla aktivisti tai mikään suuren muutoksen esitaistelija; arkipäiväinen ja hienovarainen vaikuttaminen omassa lähipiirissä on enemmän hänen mieleensä. Jussi haluaa olla vastuullinen kuluttaja, mutta hän haluaa tehdä sen mahdollisimman helposti ja tinkimättä suuremmin elämänlaadustaan. Jussi ei voisi esimerkiksi kovin helpolla kuvitella ryhtyvän vegaaniksi mutta fleksaamista hän toteuttaa innolla. Työpaikan kahvipöydässä hän kertookin mielellään perheensä kasvisruokapäivistä. Muutoinkin Jussi kiinnittää huomiota ruoan vastuullisuuteen mutta ei ole ehdoton sen suhteen – jos Jussin yleensä ostama Reilun kaupan luomusertifioitu kahvi sattuu olemaan lähikaupasta loppu, Jussi sallii itsensä ostaa jotain muuta kahvia sillä kertaa.

Miten syötävät hyönteiset ovat tulleet Jussin tietoisuuteen?

Jussin opiskelukaveri Veera on todellinen vastuullisuusguru. Jussi ihaillee Veeran tinkimättömyyttä mutta pitää suurinta osaa hänen elämäntapa- ja kulutusvalinnoistaan itselleen liian haastavina. Kun hän luki Veeran blogista tämän kasvattavan kotonaan jauhomatoja ja syöväni niitä, Jussi piti tätä aika radikaalina ideana. Hän ymmärsi Veeran listaamat syyt proteiinituotannon ongelmista, mutta ajatteli, että järkevämpiäkin ratkaisuja täytyisi olla olemassa. Sattumalta hänen vaimonsa kuuli työkaveriltaan Teijalta, että tämä syö hyönteisiä sisältäviä välipalapatukoita. Jussi piti tätä jo huomattavasti toteuttamiskelpoisempaa ratkaisuna. Jussi googlaa aihetta ja huomaa, että maailmalla on olemassa myös hyönteispastaa, hyönteisnugetteja ja hyönteissipsejä. Jussi tilaa mielenkiinnosta ja kannatuksen vuoksi paketillisen hyönteispastaa sekä laatikollisen hyönteispatukoita. Ilmeisesti hyönteiset on niissä jauhettu niin hienoksi että näitä tuotteita voi syödä ilman, että koko ajan tarvitsee tiedostaa syövänsä hyönteisiä.

Miksi syötävät hyönteiset kiinnostavat Jussia?

Helpot keinot toteuttaa vastuullista kuluttamista vetoavat Jussiin. Jussi tiedostaa elintarviketuotantoon liittyvän monia vastuullisuusongelmia, mutta ne ovat liian monimutkaisia, jotta hän haluaisi perehtyä niihin syvällisesti. Hän haluaa kuitenkin tehdä osansa maapallon pelastamiseksi ja olla vastuullinen kuluttaja. Hyönteiset vaikuttavat mahdolliselta ratkaisulta proteiinituotannon ongelmiin.

Miten Jussi saadaan ostamaan hyönteiselintarvikkeita?

Jussi haluaa elintarvikkeiltaan valmiiksi mietittyä vastuullisuutta. Tuotteissa pitää olla selkeästi näkyvissä tunnistettavat vastuullisuuden liittyvät sertifiointilogot tai ainakin tuotteiden vastuullisuusargumentit pitää olla pakkauksessa tiivistetty helposti ja selkeästi. Samanaikaisesti Jussi haluaa ruokansa myös maistuvan hyvältä ja olevan riittävän vaivatonta valmistaa. Hinta tulee vasta näiden jälkeen mutta ei ole merkityksetön sekään. Jussia kiinnostavat erilaiset valmiit hyönteistuotteet, erityisesti sellaiset, joita voisi käyttää suoraan lihan korvikkeena. Kokonaisia hyönteisiä Jussi ei ole erityisen innostunut lautasellaan kohtaamaan eikä hän oikein tiedä, miten hänen pitäisi käyttää hyönteisjauhoa.

MYÖHÄINEN ENEMMISTÖ

TIINA TASAPAINOINEN – PERHEKESKEINEN KESKITIEN KULUTTAJA



Millainen Tiina on?

Tiinalle terveys, turvallisuus ja perhe ovat tärkeitä asioita – hän ei tavoittele suurta uramenestystä, merkkipaatteita täynnä olevaa vaatekaappia tai maailman kiinteintä vartaloa. Hän arvostaa ennen kaikkea kiireetöntä aikaa perheen kesken. Tiina kokeekin itsensä onnekkaaksi, koska on voinut viettää kaikkien kolmen lapsensa kanssa aikaa kotona hoitovapaalla; se oli taloudellisesti niukempaa mutta henkisesti antoisaa aikaa. Tiinaa kiinnostaa terveellinen ruoka ja vastuullisuuskin, mutta hän on keskitien kulkija niiden suhteen; hän ei tavoittele täydellisyyttä eikä ole valmis maksamaan paljoa ylimääräistä tai näkemään hirvittävästi vaivaa niiden suhteen. Paitsi omastaan Tiina kokee kantavansa vastuuta myös läheistensä terveydestä ja hyvinvoinnista. Omaa hyvinvointiaan hän haluaa usein edistää juuri siksi, että haluaa olla hyvässä kunnossa läheistensä vuoksi. Tiina on tulevaisuusorientoitunut. Hän on suunnitelmallinen ostosten tekijä ja säästää mieluummin kuin tuhlaa, koska haluaa varmistaa perheensä toimeentulon pitkällä tähtäyksellä. Tiinaa huolettaa se, millaisessa maailmassa hänen lapsensa ja lapsenlapsensa joutuvat elämään, ja siksi hän kiinnittää huomiota myös vastuullisuusasioihin. Hän haluaa myös varmistaa lastensa elinikäisen terveyden, ja siksi hän haluaa alusta asti tarjota heille mahdollisimman puhdasta, turvallista, terveellistä ja ravitsevaa ruokaa.

Miten syötävät hyönteiset ovat tulleet Tiinan tietoisuuteen?

Tiina on tutustunut Teijaan asuinalueensa leikkipuistossa – Tiinan kolmas lapsi ja Teijan ainokainen ovat samanikäisiä, nyt jo esikoululaisia. Tiina ja Teija juttelevat usein ravitsemuksesta. Tiina ei itse lähtisi poikkeamaan virallisten ravitsemussuosittelujen linjasta perheensä ruokavaliossa niin paljon kuin Teija, mutta häntä kiinnostavat yksittäiset ideat ja tuotteet, joista hän Teijalta kuulee. Viimeksi Teija maistatti hänellä uutta gluteenitonta, laktoositonta, viljatonta, GMO-vapaata proteiinipitoista välipalapatukkaa, joka oli Tiinasta ihan hyvän makuinen – kunnes Teija kertoi sen sisältävän jauhamotoja. Silloin Tiina sylkäisi välittömästi patukanpalasen suustaan ulos ja oli vähällä oksentaa.

Miksi syötävät hyönteiset kiinnostavat Tiinaa?

Syötävät hyönteiset sinänsä eivät kiinnosta tai innosta Tiinaa millään lailla – eivät tällä hetkellä sen paremmin kuin tulevaisuudessakaan. Häntä kiinnostaa sen sijaan tarjota perheelleen hyvää, terveellistä ja turvallista ruokaa.

Miten Tiina saadaan ostamaan hyönteiselintarvikkeita?

Tiina voi hyväksyä syötävät hyönteiset elintarvikkeiden raaka-aineena vasta, kun ne ovat riittävän valtavirtaa. Niitä tulee löytyä raaka-aineena useista erilaisista tavanomaisista elintarvikkeista, joita tulee olla saatavilla S- ja K-ketjun kaupoista. Tuotteet saisivat mielellään olla tuttujen ja luotettujen brändien tuotteita. Silloinkin hänen tulee voida ehdottomasti vakuuttua syötävien hyönteisten turvallisuudesta, terveellisyydestä ja maukkaudesta. Vastuullisuus on plussaa, jos se onnistutaan esittämään positiivisena valintana paremman tulevaisuuden puolesta. Hinta ei myöskään saa olla liian korkea. Tiinan lähimmän sosiaalisen piirin – ystävien, työkaverien, sukulaisten ja myös hänen seuraamansa valtavirran median – tulee normalisoida syötävät hyönteiset ennen kuin Tiina alkaa säännöllisesti ostaa hyönteisiä sisältäviä elintarvikkeita. Erikoisuudet ja ”hifistely” eivät suuressa määrin kiinnostaa Tiinaa. Tiina haluaa hyönteiset ehdottomasti prosessoituina tunnistamattomiksi. Kokonaisista hyönteisistä Tiina ei innostu – ehkä korkeintaan lasten Halloween-kutsuille koristeeksi.

KALLE KIIREINEN – HELPPOA TERVEELLISYYTTÄ ETSIVÄ KULUTTAJA**Millainen Kalle on?**

Kalle arvostaa elämässään perusasioita; lapset, vakaa työ ja mukava koti ovat tärkeitä. Kalle on kahden lapsen isä ja tuotantotyöntekijä. Hänen kohta teini-ikäiset poikansa asuvat vuoroviikoin Kallen ja hänen ex-vaimonsa luona. Kalle on omistautunut isä, joka haluaa viettää kivaa aikaa lastensa kanssa ja varmistaa, että näistä kasvaa tasapainoisia ja järkeviä aikuisia. Kalle toimii joukkueenjohtajana nuoremman poikansa salibandyjoukkueessa ja huoltajana vanhemman poikansa joukkueessa. Pojilla on treenit monta kertaa viikossa ja viikonloppuisin on usein pelejä. Usein on niin kova kiire, että Kalle ja pojat eivät oikein ehdi kokata, ja silloin turvaudutaan valmisruokiin. Kallea kuitenkin mietityttää niiden terveellisyys ja monipuolisuus kasvaville pojille, ja jotkut ateriat ovat aika tylsän makuisiakin. Omastakin kunnostaan ja terveydestään Kalle on alkanut huolehtia ihan uudella tavalla eronsa jälkeen, joten ihan mitä tahansa ei Kalle itsekään halua suuhunsa pistää.

Miten syötävät hyönteiset ovat tulleet Kallen tietoisuuteen?

Kallen työkaveri Jussi on maininnut perheensä kasviruokapäivistä, joista hänen lapsensa tykkäävät kovasti. Kallea tämä kiinnostaa, sillä hän haluaa tarjota pojilleen maistuvaa ruokaa, ja Jussin esimerkin innoittamana Kallen kotona onkin jo pari kertaa syöty Nyhtökaura-pastaa. Jussi söi eilen kahvipöydässä proteiiniapatukkaa, jonka kertoi sisältävän jauhettuja kotisirikkoja. Se kuulosti Kallen mielestä todella omituiselta, mutta koska hän tietää Jussin olevan varsin järkevä tyyppi, hän ei suoralta kädeltä tyrmännyt asiaa – vaikkei suostunutkaan maistamaan. Kallen ostaa pojilleen ja itselleenkin usein nopeaksi välipalaksi treeni- ja pelimatkoille proteiiniapatukoita ja jäi nyt miettimään, tulevatko ne tulevaisuudessa sisältämään hyönteisiä.

Miksi syötävät hyönteiset kiinnostavat Kallea?

Syötävät hyönteiset sinänsä eivät kiinnosta tai innosta Kallea millään lailla – eivät tällä hetkellä sen paremmin kuin tulevaisuudessakaan. Häntä kiinnostaa sen sijaan tarjota perheelleen helppoa, nopeaa ja maukasta mutta kuitenkin myös terveellistä ruokaa.

Miten Kalle saadaan ostamaan hyönteiselintarvikkeita?

Kalle voi ostaa hyönteisiä sisältäviä elintarvikkeita, kun ne ovat riittävän valtavirtaa. Niitä tulee löytyä raaka-aineena useista erilaisista tavanomaisista elintarvikkeista, joita tulee olla saatavilla S- ja K-ketjun kaupoista. Kalle pitäytyy pääasiassa valtavirran perustuotteissa mutta vaatii niiltä laadukkuutta. Erikoisuudet ja uutuudet kiinnostavat Kallea vain, jos hän uskoo niiden olevan erityisen hyvänmakuisia. Kallea kiinnostavat erityisesti terveelliset valmisruoat ja mukaan otettavat välipalat kuten patukat ja keksit. Myös esimerkiksi pikapuurot, myslit ja murot voivat kiinnostaa Kallea. Kallen pitää pystyä helposti ja vaivattomasti toteamaan tuotteen terveellisyys ja ravitsemuksellisuus; hänellä ei ole aikaa eikä halua valikoida tuotteita pitkään kaupassa tai etsiä niistä lisätietoja netistä. Vastuullisuus ei ole hänelle juurikaan tärkeä myyntiargumentti. Hinta ei ole Kallelle tärkein valintaperuste, mutta hän kiinnittää siihen kyllä huomiota eikä osta kaikkein kalliimpia tuotteita. Kalle voi ostaa hyönteistuotteita, jos ne täyttävät nämä vaatimukset, ja jos se tuntuu hänestä olevan yhteiskunnassa ja hänen lähipiirissään yleisesti hyväksytty asia.

LÄHTEET

FAO (2013) *Edible insects. Future prospects for food and feed security.*

<http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e00.htm>

FAO & Wageningen University (2014) *Insects to Feed the World Conference. Summary report.*

<https://www.wageningenur.nl/en/show/Insects-to-feed-the-world.htm>

FAO website *Insects for food and feed* <http://www.fao.org/forestry/edibleinsects/en/> □

Frost & Sullivan (2015) *Challenges Facing the Food & Agriculture Sector and Implications on the Global Protein Ingredients Market*

Frost & Sullivan (2015) *Whole Yellow Peas and Pea Protein Ingredients: A Close Supply and Value Chain Relationship*

Leatherhead Food Research (2014) *Consumer attitudes to alternative food sources and ingredients.... INSECTS!* Esitys Food Innovation Day September 2014

Pohjanheimo Terhi (2017) *Can I have a fly in my soup, please? Results from a cross-cultural consumer study.* Esitys 29.8.2017 Insects in the Food Chain -seminaari, Turku

Verbeke W. (2015) Profiling consumers who are ready to adopt insects as a meat substitute in a Western society. *Food Quality and Preference* vol. 39, pp. 147–155. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950329314001554>

LIITE 1: YHTEENVETOTAULUKKO

MARKKINARAPORTEISTA

Tähän taulukkoon on koottu keskeiset vertailutiedot internetistä löydetyistä valmiista markkinaraporteista koskien syötäviä hyönteisiä.

REPORT TITLE	PUBLISHER	CURRENT MARKET ESTIMATE	CAGR	FUTURE MARKET ESTIMATE	SCOPE
Edible Insects Market Size By Product (Beetles, Caterpillars, Grasshoppers, Bees, Wasps, Ants, Scale Insects & True Bugs), By Application (Flour, Protein Bars, Snacks), Industry Analysis Report, Regional Outlook (U.S., Belgium, Netherlands, UK, France, China, Thailand, Vietnam, Brazil, Mexico), Application Potential, Price Trends, Competitive Market Share & Forecast, 2016 – 2023	Global Market Insights	> USD 33 million (2015)	42,1% until 2023	USD 522,5 million (2023)	Human
Global Market Study on Edible Insects: Owing To Increasing Cost of Animal Protein and Increasing Consumption of Sustainable Food to Drive Market Growth By 2024 (Beetles, Caterpillars, Hymenoptera (Includes Wasps, Bees, and Ants), Orthoptera (Cricket, Grasshopper, and Locusts), True Bugs, Others (Termites, Dragonflies, Flies, and etc.)	Persistence Market Research	USD 423,8 million (2016)	6,1% until 2024	USD 722,9 million (2024)	Human
Worldwide Edible Insects Market by Segment [Raw; Coated (Bars, Candy, Chocolate, Cookie, Chips, Crackers, Snack Packs); Powdered (Flour, Baking Powder, Protein Powder, Salts); Paste]: Market Size, Forecasts, Insights and Opportunities (2016-2021)	Arcluster/ Research and Markets	USD 106 million (2016)	70,6% until 2021	USD 1,53 billion (2021)	Human
Worldwide Insect Feed Market [by Segments (Pig Nutrition, Poultry Nutrition,				USD 1,07 billion	

REPORT TITLE	PUBLISHER	CURRENT MARKET ESTIMATE	CAGR	FUTURE MARKET ESTIMATE	SCOPE
Dairy Nutrition, Aquaculture, Others); by Regions (North America, Europe, Asia-Pacific, Central/Latin America, Middle-East, Africa): Market Size and Forecasts (2017-2022)	Arcluster/ Research and Markets	Not available	102,5% until 2022	(2022)	Animal
Global Edible Insects Market Outlook 2024: Global Opportunity and Demand Analysis, Market Forecast, 2016-2024 (Beetles, Orthopterans (Grasshoppers, Crickets etc), Hymenopterans (Ants, Bees and Wasps etc), Others)	Goldstein Market Research	USD 35 million (2016)	> 6% until 2024	USD 56 million (2024)	Human & animal
Edible Insects Market: Global Industry Size, Share, Growth, Outlook, Analysis and Forecast 2016 To 2023 (Grasshoppers, Bees, Wasps, Ants, Beetles, Others)	Credence Research	Not available	Not available	Not available	Human & animal
Global Edible Insects Market Research Report - Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends And Forecast 2016 – 2023 (Caterpillars, Hymenoptera (Wasps, Bees, And Ants), Orthoptera (Cricket, Grasshopper, And Locusts), True Bugs, Other (Termites, Dragonflies, Flies, And Etc.)	Value Market Research	Not available	Not available	Not available	Human, animal & other
Edible Insects for Animal Feed Market: Global Industry Analysis and Forecast 2016 – 2024 (grasshoppers, flies, bees, wasps, worms, ants, beetles, termites)	Persistence Market Research	Not available	Not available	Not available	Animal
Edible Insects Market - Global Industry Size, Market Share, Trends, Analysis, and Forecast 2016 – 2024 (beetles, termites, caterpillar, locusts, grasshoppers, mealworm, and others)	Transparency Market Research	Not available	Not available	Not available	Human, animal & other

Hyönteisruokatuotannon työturvallisuus

RISKIT JA NIIDEN HALLINTA

APILA GROUP OY AB

30.9.2017



Sisällys

1. Johdanto.....	2
2. Ruokahyönteisten tuotanto ja tuotannon vaiheet.....	3
2.1. Ruokahyönteisten tuotanto	3
3. Työturvallisuus työpaikoilla: työnantajan velvollisuudet	4
3.1. Työsuojelun toimintaohjelma.....	4
3.2. Työn vaarojen tunnistaminen ja niiden arviointi.....	4
3.3. Työhön perehdyttäminen ja työhönopastus.....	5
3.4. Henkilösuojaimet.....	5
3.5. Työterveyshuolto.....	5
4. Hyönteistuotannon työturvallisuusriskit ja niihin varautuminen.....	5
4.1. Ergonomia.....	5
4.2. Tapaturmavaarat	6
4.3. Fysikaaliset altisteet	6
4.3.1. Lämpötila ja ilmankosteus	6
4.3.2. Pöly	7
4.3.3. Valaistus.....	7
4.3.4. Melu.....	8
4.4. Biologiset altisteet	8
4.4.1. Rehu ja kasvatusolosuhteet.....	8
4.4.2. Sadonkorjuu ja kasvatusalustojen käsittely.....	9
4.5. Kemialliset altisteet	10
4.5.1. Pesuaineet ja desinfiointiaineet	10
LÄHTEET.....	11
LIITE I Työsuojelun toimintaohjelma	12
LIITE II Työn vaarojen tunnistaminen ja riskinarviointi	14
LIITE III Keskeinen työturvallisuuslainsäädäntö.....	17

1. Johdanto

Taustaa

Tulevaisuudessa hyönteissyönnin odotetaan lisääntyvän voimakkaasti ilmastonmuutoksen, väestön kasvun ja luonnonvarojen ehtymisen myötä. Hyönteisten kerääminen luonnosta syötäväksi on historian aikana ollut osa monia kulttuureita, mutta viime aikoina hyönteisiä on alettu kasvattaa erillisillä kasvualustoilla. Hyönteisten kasvatuksesta ihmisten ravinnoksi on monia ympäristöllisiä, terveydellisiä ja taloudellisia etuja. Verrattuna muihin ihmisen ravinnoksi kasvatettuihin eläimiin hyönteiset kuluttavat vettä, ravintoa ja maa-alaa huomattavasti vähemmän. Lisäksi hyönteiset ovat erinomainen proteiinin ja muiden ihmiselle tärkeiden ravinteiden lähde.

Selvityksen rajaukset ja toteutus

Tässä raportissa on kuvattu hyönteisten elintarviketuotannon prosessien ja työvaiheiden kuvaukset yleisellä, työturvallisuusriskien tunnistamisen edellyttämällä tasolla. Raportti on kooste hyönteisten tuotantoon liittyvistä, tunnistetuista työturvallisuusriskeistä sekä toimintaa koskevista työsuojeluun liittyvistä luvista ja lainsäädännöstä. Raportti on tarkoitettu oppaaksi hyönteisruokatuotantoa aloittavalle tai sitä harkitsevalle toimijalle Suomessa.

Raportin on tuottanut Apila Group Oy Ab tilaustyönä Pielisen Karjalan kehittämiskeskus PIKES Oy:n hallinnoimalle Hyönteistuotannon esiselvitys –hankkeelle, jossa osatoteuttajana toimi Luonnonvarakeskus LUKE. Hankkeen rahoittajina toimi Pohjois-Karjalan ELY-keskus Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahastosta 90 % rahoitusosuudella.

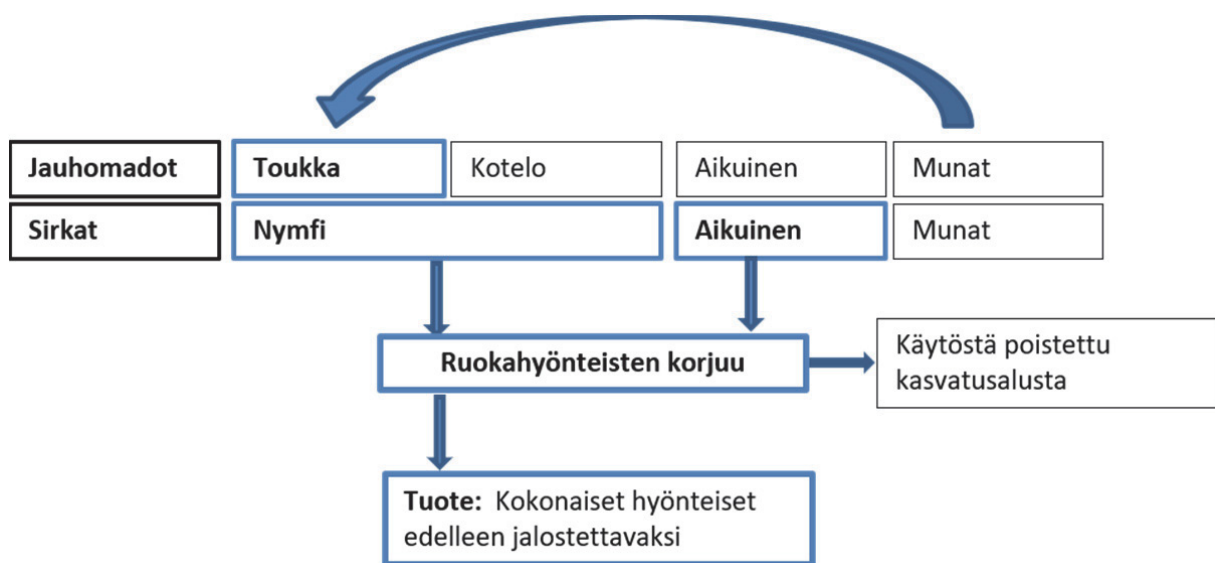
Selvityksessä tarkasteltavia hyönteislajeja olivat sirkat (kotisirikka ja kaksitäpläsirikka) sekä erikokoiset kovakuoriaisen toukat (*Tenebrio molitor*, *Zophobas atratus*, *Alphitobus diaperinus*), jotka tunnetaan nimellä jauhomadot. Selvityksessä keskityttiin tämänhetkisen hajautetun hyönteisruokatuotannon metodeihin ja saatavilla oleviin yksinkertaisiin teknologioihin. Selvitys ei sisällä hyönteisten kuljetukseen, hyönteisten elintarvikekäyttöön, tuotteiden valmistukseen, niiden myyntiin tai tarjolla pitoon liittyvien riskien tarkastelua.

Tuotantomenetelmäkuvausten pohjana käytettiin EFSA:n ruoka- ja reuhuönteistuotannon riskiprofiilissa määritettyä tuotantotapaa [EFSA, 2015]. Myös hyönteistuotannon työturvallisuusriskien määrittelyssä käytettiin EFSA:n ruoka- ja reuhuönteistuotannon riskiprofiilissa määritettyjä tuotantotapoja ja tunnistettuja riskejä. Lisäksi hyödynnettiin ruokatuotannolle Itävallassa ja Ranskassa laadittuja toimintaohjeita [FASFC, 2016; ANSES, 2015]. Riskien tarkastelussa sovellettiin Työturvallisuuskeskuksen työn vaarojen tunnistamisen ja riskienhallintasuunnittelun malleja ja materiaaleja. Tuotantomenetelmäkuvausta sekä työturvallisuusriskien kuvausta täydennettiin ja tarkistettiin alan toimijoille tehtyjen haastattelujen avulla. Selvityksen aikana haastateltiin yhteensä viittä hyönteistuotannon alalla toimivaa, tai kasvatuskokeiluja tehnyttä, suomalaista yritystä. Haastatelluista yrityksistä kaksi oli hyönteisten kasvatukseen teknologiaa tuottavia yrityksiä.

2. Ruokahyönteisten tuotanto ja tuotannon vaiheet

2.1. Ruokahyönteisten tuotanto

Hyönteisruokatuotannon vaiheet on tässä selvityksessä jaettu kasvatukseen, ruokintaan ja teurastukseen. Selkärankaisten, äyriäisten ja nilviäisten tuotannosta sirkkojen ja jauhomatojen kasvatusta eroaa tuotantoketjultaan lähinnä hyönteisille ominaisen kasvatusolosuhteiden (mm. lämpötila, kosteus, ravinnosta koostuva kasvatusalusta ja suljettu elinympäristö) ja nopean elinsyklin osalta. Kuvassa 1 on esitetty yleinen, tässä raportissa tarkasteltu ruokahyönteisten tuotantoketju.



Kuva 1. Yleinen, tässä raportissa tarkasteltu ruokahyönteisten tuotantoketju. Kuvauksessa on sovellettu EFSA Scientific Committee riskiprofiilissa kuvattua tuotantoketjua. [EFSA, 2015]

Eurooppalaisilla hyönteistiloilla hyönteiset kasvatetaan suljetussa ympäristössä, usein muovilaatikoissa. Laatikot desinfioidaan hyönteiserien vaihtuessa. Hormoneja, antibiootteja tai muita kemikaaleja ei ruokahyönteisten kasvatuksessa käytetä. [EFSA, 2015]

Toukana syötävien hyönteisten kasvatusaika munasta korjuuikäiseksi toukaksi riippuu hyönteislajista ja kasvatuslämpötilasta. Esimerkiksi jauhomatoja (*Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*) kasvatetaan noin 8-10 viikkoa 28-30 °C: n lämpötilassa ja 60 %: n suhteellisessa kosteudessa kunnes ne ovat sopivan kokoisia korjattavaksi ruuaksi [FASFC, 2014]. Oikean ilmankosteuden hallinta on tärkeää hyönteisille optimaalisten kasvuolosuhteiden ylläpitämiseksi, että ei-toivotuille homeille ja sienille suosiollisen liiallisen kosteuden välttämiseksi [ANSES, 2015]. Aikuiset hyönteiset laskevat munansa pääasiassa suoraan rehusta koostuvalle kasvatusalustalle. Joskus hyönteisten munat levitetään kasvatusalustalle manuaalisesti ihmisen toimesta. Toukkavaiheessa syötäväksi tarkoitetut hyönteiset kasvavat ravintonaan käyttämästään rehusta koostuvalla kasvatusalustalla ja niiden korjuu tehdään siivilöimällä ne kasvatusalustastaan pääasiassa manuaalisesti. Toukat siivilöidään kasvatusalustaltaan useita tunteja ennen varsinaista lopetusta, jotta ne ehtivät tyhjentää suolensa ennen lopetusta. [EFSA, 2015]

Aikuisvaiheessa syötävät hyönteisten, kuten sirkkojen, kasvatusprosessi on kaksivaiheinen koostuen muninta- ja pesintävaiheesta sekä kasvuvaiheesta. Muninta- ja pesintävaiheessa kasvaneet nymfit siirretään kasvatuslaatikoihin, joissa ne kasvavat aikuisiksi. Sirkkojen kasvatusaika vaihtelee lajista riippuen noin kuukaudesta neljään kuukauteen [EFSA, 2015] [Länsiväylä. 2016] Myös kasvatusolosuhteet riippuvat hyönteislajista. Esimerkiksi kotisirkkoja (*Acheta Domesticus*) kasvatetaan noin 30 asteen lämpötilassa ja 50–80 % suhteellisessa ilmankosteudessa [Länsiväylä. 2016] Sirkat ovat toukkia liikkuvaisempia. Tämän vuoksi kasvatuslaatikoihin muodostuu osana hyönteisten luonnollista käyttäytymistä eri alueita ruokinnalle ja jätöksille. Sirkkojen sadonkorjuu tehdäänkin keräämällä sirkat kasvatuslaatikoista esimerkiksi ravistamalla ne manuaalisesti irti pahvialustasta tai munakennosta, jolla ne oleilevat [Dirty Jobs, 2010]. Kuten toukkien korjuu, myös sirkkojen korjuu voidaan tehdä kaksivaiheisesti siten, että niiltä poistetaan ravinto hyvissä ajoin ennen sadonkorjuuta, jotta hyönteiset ehtivät tyhjentää suolensa ennen lopetusta. Suurissa viljelyjärjestelmissä korjuu voidaan tehdä myös automaattisella seulomismenetelmällä. Sirkat ja jauhomadot lopetetaan esimerkiksi horrostamalla ne ja jäädyttämällä ne max. -18 °C lämpötilassa. [EFSA, 2015]

3. Työturvallisuus työpaikoilla: työnantajan velvollisuudet

3.1. Työsuojelun toimintaohjelma

Työnantajalla tulee olla työpaikan turvallisuuden ja terveellisyyden edistämistä ja työkyvyn ylläpitämistä varten ohjelma, joka kattaa työpaikan työolojen kehittämistarpeet ja työympäristöön liittyvien tekijöiden vaikutukset. Toimintaohjelman laadinta on lakisääteinen velvollisuus, joka koskee kaikenkokoisia yrityksiä. Toimintaohjelmasta johdettavat tavoitteet on otettava huomioon työpaikan kehittämistoiminnassa ja suunnittelussa. Niitä on käsiteltävä työntekijöiden tai heidän edustajiensa kanssa. Yksittäisinä tavoitteina voi olla esimerkiksi fyysisen työympäristön parantaminen hankkimalla työtä keventäviä apuvälineitä tai uusia työvälineitä. Tavoitteena voi olla myös työn psyykkisen kuormittavuuden vähentäminen työtehtäviä vaihtelemalla ja uudelleen muotoilemalla tarkoituksena lisätä siten työviihtyvyyttä ja työmotivaatiota. [Työturvallisuuskeskus]

Työturvallisuuskeskus on laatinut täytettävän lomakepohjan työsuojelun toimintaohjelman laatimiseksi työpaikalla. Se on tämän raportin liitteenä 1.

3.2. Työn vaarojen tunnistaminen ja niiden arviointi

Työympäristöstä ja työolosuhteista aiheutuvat vaara- ja haittatekijät tulee kullakin työpaikalla selvittää järjestelmällisesti. Mikäli vaaroja ei voida kokonaan poistaa, arvioidaan niiden merkitys työntekijöiden terveydelle ja turvallisuudelle eli riskin suuruus ja toteutetaan toimenpiteet, joilla riski pienennetään hallittavalle tasolle tai poistetaan kokonaan. Vaarat ja haitat tunnistetaan selvittämällä arviointikohteessa tehtävät työt, havainnoimalla työn tekemistä ja haastatteleamalla työntekijöitä. Tarkistuslistat lisäävät vaarojen ja haittojen tunnistamisen järjestelmällisyyttä. Vaaratekijöiden tunnistamisessa tulee ottaa normaalin toiminnan lisäksi huomioon poikkeavat tilanteet kuten huolto- ja korjaustyöt, loma-ajat, työvuorot ja sijaisten ja harjoittelijoiden käyttö. [Työturvallisuuskeskus]

Työturvallisuuskeskus on laatinut erilaisia tarkistuslistoja työn vaarojen tunnistamisen ja arvioimisen avuksi, joita sovellettiin tässä selvityksessä. Selvityksen aikana hyödynnetty taulukko on raportin liitteessä 2. Yritykset voivat hyödyntää taulukkoa työn vaarojen tunnistamisessa ja riskien arvioinnissa.

3.3. Työhön perehdyttäminen ja työhönopastus

Työnopastus on tärkeä osa ennakoivaa työsuojelua. Perehdyttämistä varten laadittavan opastussuunnitelman tulee perustua työn vaarojen selvittämisestä saatuihin tietoihin. Työssä tai työympäristössä havaitut vaarat ja vaaratilanteet on poistettava tai vaaroja on vähennettävä jo ennen työn aloittamista. Jäljelle jäävistä vaaroista tulee antaa erityistä opastusta siten, että kiinnitetään huomiota vaarojen tunnistamiseen ja menettelytapoihin vaaratilanteiden ennalta ehkäisemiseksi. Hyvään työnopastukseen kuuluukin turvallisten työtapojen korostaminen ja työssä mahdollisesti esiintyvien vaaratekijöiden esille tuominen. Työpaikalla jokaisen henkilön pitää olla tietoinen työhön liittyvistä vaaroista ja turvallisista työmenetelmistä. [Työturvallisuuskeskus]

Työnopastaja tarvitsee tietoa työsuojeluun liittyvästä lainsäädännöstä ja määräyksistä sekä erityisesti omaan alaan ja työhön liittyvistä valtioneuvoston asetuksista, joissa on selkeitä määräyksiä työtekijöiden opetuksesta ja ohjauksesta. Keskeisimmät työsuojelun säädökset on listattu raportin liitteeseen 3.

3.4. Henkilösuojaimet

Työntekijän on käytettävä suojainta, jos työhön liittyvää vaaraa ei voida poistaa teknisillä ratkaisulla tai työjärjestelyillä. Henkilönsuojaimilla tarkoitetaan välineitä, varusteita ja vaatteita, jotka suojaavat tapaturmalta tai sairastumiselta työssä. Näitä ovat esimerkiksi suojalasit, turvakengät, suojakäsineet, kypärät, kuulon- ja hengityksensuojaimet, valjaat ja suojahaalarit. Työnantajalla on velvollisuus arvioida henkilönsuojaimen tarpeellisuus. Jos suojain riskienarvioinnin perusteella tarvitaan, työnantajan pitää hankkia se ja valvoa sen käyttämistä. Työntekijällä puolestaan on velvollisuus käyttää työnantajan antamaa suojainta. [Työturvallisuushallinto]

3.5. Työterveyshuolto

Työnantajan vastuulla on järjestää työterveyshuoltopalvelut tasapuolisesti kaikille työntekijöille. Työterveyshuolto tulee järjestää sekä toteuttaa siinä laajuudessa kuin työpaikan olosuhteet, työ sekä siihen liittyvät muutokset edellyttävät. Palvelujen tulee olla työntekijöille maksuttomia. [Työturvallisuuskeskus]

Palvelujen järjestäminen työterveyshuollon ammattihenkilöiden ja asiantuntijoiden avulla ei kuitenkaan poista työnantajan velvollisuutta huolehtia työntekijöidensä turvallisuudesta ja terveydestä työhön liittyvissä tilanteissa. Työnantajalla on velvollisuus huolehtia työntekijöidensä turvallisuudesta ja terveydestä työssä. [Työturvallisuuskeskus]

4. Hyönteistuotannon työturvallisuusriskit ja niihin varautuminen

Työturvallisuuslain 738/2002 mukaan työntekijän altistuminen lämpöolosuhteille, melulle, paineelle, värinälle, säteilylle tai muille fyysikaalisille tekijöille on rajoitettava niin vähäiseksi, ettei siitä aiheudu haittaa tai vaaraa työntekijän turvallisuudelle tai terveydelle tai lisääntymisterveydelle.

4.1. Ergonomia

Hyönteistuotannossa päivittäiseen työhön kuuluvat olennaisena osana rehusäkkien sekä tuotantolaatikoiden nostelu ja siirtely, jotka voivat huonojen nostoasentojen takia aiheuttaa mm. selkäkipuja. Rehusäkit painavat täysin ollessaan n. 20 kg. Haastellut luonnehtivat kasvatuslaatikoita suhteellisen keveiksi (8-10 kg), mutta suurikokoisiksi. Laatikoita nostellaan ylös ja lasketaan alas lähes päivittäin. Hyönteisten kasvatuksessa keveiden kuormien nosteluun ja kumarteluun liittyvät

työturvallisuusriskit ovat verrattavissa mehiläisten kasvatuksessa esiintyviin työturvallisuusriskeihin [Keinänen, 2016]. Oikeat nosto- ja työskentelyasennot ovat tärkeitä myös kevyitä kuormia nostattaessa.

Kuormien nosteluun liittyvän rasituksen lisäksi haastatteluissa nousi esiin kasvatuslaatikoiden pesuvaiheeseen liittyvät hankalat työasennot. Fyysistä rasitusta tulee kasvatuslaatikoiden pesussa, joka on vaikeaa tehdä hyvä asento säilyttäen. Joskus pesuun menee parikin tuntia huonoissa asennoissa työskennellen. Työn oikeaa ergonomiaa tukevat, oikein suunnitellut työtilat ja työtasot ovat tärkeitä, jotta huonoista työasennoista johtuvat kipeytymiset voidaan välttää.

Työnopastusvaihe on tärkeä rasitusvammojen ennalta ehkäisemiseksi. Havaittujen vaarojen poistamisen ja ergonomisten parannusten lisäksi tulee antaa tietoa ergonomisesti oikeista työmenetelmistä, -liikkeistä ja -asennoista. Työnopastajan on hallittava hyvin opettamansa työt turvallisuuteen liittyvien käytännön asioiden osalta. [Työturvallisuuskeskus]

Varautuminen, ergonomia:

- Ergonomiset työtavat, oikeat nostotekniikat
- Oikein suunnitellut, oikealla korkeudella olevat työtasot
- Työpaikkakohtainen riskinarviointi ja hallintatoimenpiteiden suunnittelu
- Työntekijöiden perehdyttäminen oikeisiin työasentoihin ja ergonomisiin työtapoihin

4.2. Tapaturmavaarat

Haastattelujen perusteella hyönteistuotannossa yleisin tapaturmariski liittyy kuormien nosteluun ja mahdollisiin raskaiden lastien putoamisvaaraan. Tavaroiden putoamisen aiheuttamilta, jalkateriin kohdistuvilta tapaturmariskeiltä voi suojautua parhaiten käyttämällä turvakengkiä ja noudattamalla oikeita nostoasentoja.

Tuotantotiloihin liittyviä yleisiä tapaturmariskin aiheuttajia ovat liukastumiset ja kompastumiset, jotka voidaan välttää huolehtimalla työtilojen hyvästä järjestyksestä ja siisteydestä. Työvälineet ja tarvikkeet tulee säilyttää merkityillä paikoillaan ja lattiat puhtaina ja kuivina.

Työvälineiden, ja hyönteistuotannon automatisoituessa käytettävien laitteiden, turvalliseen käyttöön tulee kiinnittää huomiota ja ne tulee huoltaa säännöllisesti valmistajan ohjeita noudattaen.

Varautuminen, tapaturmavaarat:

- Henkilösuojainten käyttö, ml. turvakengät
- Työtilojen hyvä järjestys ja siisteys
- Työvälineiden ja laitteiden oikea käyttö ja säännöllinen huolto
- Työpaikkakohtainen riskinarviointi ja hallintatoimenpiteiden suunnittelu
- Työntekijöiden perehdyttäminen mahdollisiin vaaratilanteisiin ja oikeisiin työtapoihin

4.3. Fysikaaliset altisteet

4.3.1. Lämpötila ja ilmankosteus

Hyönteisten kasvatusolosuhteille on ominaista kasvatettavasta lajista riippuen noin 28-30 °C lämpötila ja noin 50-80 % ja suhteellinen ilmankosteus. Työntekijöiden altistuminen näille olosuhteille riippuu kasvattamon rakenteista, käytettävästä teknologiasta ja tilan koosta. Mikäli kyseiset kasvatusolosuhteet vallitsevat koko kasvattamossa, altistuu työntekijä korkealle lämpötilalle ja ilmankosteudelle aina kasvattamossa työskennellessään. Haastattelujen mukaan työntekijät työskentelevät tuotantotiloissa tuotantomäärästä riippuen noin 0,5 – 4 tuntia päivässä. Tulevaisuudessa tilakokojen kasvaessa myös altistus kasvaa. Silloin kun kasvatusolosuhteet ylläpidetään suljetuissa tuotantolaatikoissa, työntekijä altistuu kosteudelle ja lämpötilalle niitä avatessaan.

Työn lämpöoloille ei ole lainsäädännössä säädetty raja-arvoja. Työnantajan on kuitenkin huolehdittava siitä, että työilman lämpötilasta, kosteudesta ja liikkeestä sekä lämpöä tai kylmää säteilevistä pinnoista aiheutuu mahdollisimman vähän haittaa tai vaaraa työntekijän terveydelle ja turvallisuudelle. Lämpöolojen arvioiminen on työterveyshuollon työpaikkaselvityksen oleellinen osa, ja työnantajan varmistettava, että se on tehty riittävän kattavasti. Työsuojeluhallinto ohjeistaakin työn riittävästä tauotuksesta. Kun ilman lämpötila työpaikalla ylittää +28 °C, luokitellaan työ kuumatyöksi. Jos työpaikan ilman lämpötila teknisistä toimista huolimatta helteen vuoksi ylittää 28 °C, työnantajan on rajoitettava sitä aikaa, jonka työntekijät työskentelevät tällaisessa työilmassa. Yhden työskentelyjakson pituus saa olla enintään 50 minuuttia tunnissa, jos työntekijä tekee pakkotahtista kevyttä tai keskiraskasta työtä ja lämpötila on 29–33 °C. Työntekijöiden lämpörasituksen altistusaikaa tulee siis vähentää pitämällä tunnissa taukoa vähintään 10 minuuttia. [Työturvallisuuskeskus]

4.3.2. Pöly

Haastateltavien kokemukset pölylle altistumisesta olivat vaihtelevia tuotannon koosta riippuen. Rehu koettiin suurimmaksi pölynlähteeksi ja toukkien sadonkorjuu tunnistettiin haastatteluissa yhdeksi pölyisimmistä työvaiheista.

Rehu tuottaa allergisoivaa viljapölyä. Hyönteistiloilla voikin esiintyä samankaltaisia allergioita kuin muillakin maataloilla tai leipomoissa. Ulkomailla allergiatapauksia on todettu hyönteisten parissa työskentelevillä ihmisillä. Allergiset reaktiot voivat olla oireita hengitysteissä kuten yskää, nuhaa, hengenahdistusta, keuhkoputkentulehdusta ja astmaa. Lisäksi oireita voi olla ihossa aiheuttaen kutinaa. Allergeenit voivat levitä joko ilman tai ihokontaktin kautta. [ANSES, 2015]

Pölyväisissä työvaiheissa hengityssuojain ja asianmukainen suojavaatetus ovat tärkeitä suojarusteita. Pölyn leviämiseltä suojaudutaan riittävällä ilmanvaihdolla, käyttämällä suojavaatteita ja huolehtimalla hyvästä käsihygieniasta. Osassa haastatelluista yrityksistä työ suunnitellaan niin, että työntekijä ei joudu kulkemaan esim. pölyisemmän hyönteistilan ja puhtaampien tilojen välillä. Näin estetään pölyn leviämistä muihin tuotantotiloista muihin tiloihin.

Tuotantotiloissa käytettäviä henkilösuojaimia ja suojavaatteita tulee käyttää vain tuotantotiloissa. Näin ehkäistään myös mahdollisten hyönteisille haittaa aiheuttavien taudinaiheuttajien siirtyminen ulkoa tuotantotiloihin.

Pölyn aiheuttamaa rasisitteen hallitsemisessa on tärkeää tilojen puhtaanapito, hyvä ilmanvaihto ja laadukkaat henkilösuojaimet.

4.3.3. Valaistus

Tarkat työvaiheet edellyttävät hyvää valaistusta. Esimerkiksi sirkankasvatuksessa syömättä jääneet ruoat on siivottava tarkasti pois kasvatustilatiloista. Lisäksi pienet sirkankoikaset ovat niin pieniä, että niitä olisi vaikea nähdä huonossa valaistuksessa.

4.3.4. Melu

Haastateltavissa yrityksissä melutaso koettiin pääasiassa matalaksi. Pääasiallinen melunaiheuttaja on ilmastointi. Laumassa elävät sirkat eivät siritä, ainoastaan yksinäiset sirkat. Niissä yrityksissä, joissa melua on mitattu, on melu pysynyt kohtuullisella tasolla 70dB.

Varautuminen, fysikaaliset altisteet:

- Työn tauotus yli +28 °C työskentelylämpötilassa: taukoa vähintään 10 min tunnissa
- Riittävä ilmanvaihto pölyn leviämisen estämiseksi ja hyvän ilmanlaadun ylläpitämiseksi
- Työtilakohtaisten henkilösuojainten käyttö, ml. hengityssuojaimet ja suojapuvut
- Hyvä käsihygienia
- Tilojen ja työtapojen suunnittelu pölyn leviämisen estämiseksi pölyisistä tiloista puhtaisiin tiloihin
- Tilojen puhtaanapito
- Riittävä yleis- ja kohdevalaistus
- Melutason seuranta
- Työpaikkakohtainen riskinarviointi ja hallintatoimenpiteiden suunnittelu
- Työntekijöiden perehdyttäminen mahdollisiin vaaratilanteisiin ja oikeisiin työtapoihin

4.4. Biologiset altisteet

Biologiset vaaratekijät ovat biologista alkuperää olevia epäpuhtauksia työympäristössä. Niitä ovat bakteerit, virukset, hiiva- ja homesienet sekä loiset. Biologiset tekijät eivät useinkaan ole näkyviä, joten niiden aiheuttamia riskejä ei aina havaita.

Hyönteiset ovat geneettisesti hyvin kaukana ihmisistä, joten hyönteisille tauteja aiheuttavat taudinaiheuttajat leviävät hyönteisistä ihmisiin huonosti. Näin ollen bakteerien aiheuttamat riskit liittyvät lähinnä hyönteisten elinympäristössä (mm. rehu) ja käsittelyssä ilmeneviin ja niiden käsittelyn kautta leviäviin mikrobeihin. Tehtyjen tutkimusten mukaan niissä tapauksissa, joissa hyönteiset ovat altistuneet rehun kautta ihmiselle haittaa aiheuttavalle taudinaiheuttajalle, kuten Salmonellalle tai Kamylobakteereille, eivät nämä taudinaiheuttajat lisäänty hyönteisten elimistössä. Hyönteiset, hyönteisten ulosteet ja kuolleet hyönteiset voivat kuitenkin toimia taudinkantajina viruksille tai bakteereille. [EFSA, 2015]

4.4.1. Rehu ja kasvatusolosuhteet

Hyönteiset voivat toimia bakteerien ja virusten kantajana, mikäli ne altistuvat näille mikrobeille elinympäristössään esimerkiksi kontaminoituneen rehun kautta. [EFSA, 2015] Hyvälaatuisen, puhtaan rehun käyttäminen ja hyvän tuotanto- ja käsittelyhygienian noudattaminen ovatkin avainasemassa taudinaiheuttajien leviämisen estämisessä. Kasvatustilat tulee pitää puhtaana ja hyvästä käsihygieniasta

huolehtia aina hyönteisiä ja niiden rehua käsiteltäessä. Haastatteluissa ilmeni, että kasvatuslaatikot pestään hyönteiserien välissä. YK:n elintarvike- ja maatalousjärjestö FAO suosittelee myös, että tautien leviämisen ehkäisemiseksi kasvualustan koko tulisi pitää pienenä, koska suurilla kasvualustoilla riski tautien leviämisestä kasvaa. [FAO 2013]

4.4.2. Sadonkorjuu ja kasvatusalustojen käsittely

Haastatteluissa sadonkorjuu tunnistettiin haastatteluissa yhdeksi pölyisimmistä työvaiheista. Kasvatusalustassa käytetty rehu pölisee, ja myös hyönteisten uloste on hyvin kuivaa. Toukkavaiheessa syötäväksi tarkoitetut hyönteiset kasvavat ravintonaan käyttämästään rehusta koostuvalla kasvatusalustalla ja niiden korjuu tehdään siivilöimällä ne kasvatusalustastaan pääasiassa manuaalisesti. Sirkkojen sadonkorjuu tapahtuu keräämällä sirkat kasvatuslaatikoista esimerkiksi ravistamalla ne manuaalisesti irti pahvialustasta tai munakennosta, jolla ne oleilevat.

Käytettyjä kasvatusalustoja käsiteltäessä työntekijöiden tulee käyttää suojakäsineitä, hengityssuojaimia, suojapukua ja suojalaseja. Hyvästä käsihygieniasta tulee huolehtia sekä ennen sadonkorjuuta, että sadonkorjuun jälkeen. Hyönteisten ja kasvatusalustojen hygieenisellä käsittelyllä voidaan estää mahdollisten bakteerien ja virusten kulkeutuminen.

Haastattelujen mukaan mahdollisten bakteerien ja virusten leviämistä hallitaan hyönteisiä kasvattavissa yrityksissä myös työvuorojen suunnittelulla: hyönteisten parissa tehtävä työ jaksotetaan tehtäväksi kerralla siten, että tarvetta siirtymisiin tuotantotilojen ja muiden tilojen välillä ei ole. Työvuoroja suunniteltaessa tulee kuitenkin huomioida työskentelylämpötila, ja kuumatyön riittävä tauotus (kappale 4.3. Fysikaaliset ominaisuudet).

Käytöstä poistetut kasvatusalustat tulee kerätä tiiviiseen, kannelliseen ja selvästi merkittyyn astiaan. Kasvatusalustat tulee suojata kosteudelta homehtumisen estämiseksi. Mikäli kasvatusalustoissa ilmenee homea, on hengityksen suojaus niiden käsittelyssä tärkeää. Kasvatusalustat hävitetään jätteenä paikallisen ympäristöviranomaisen ja jätehuoltoyhtiön ohjeiden mukaisesti.

Varautuminen, biologiset altisteet:

- Puhdas rehu, rehun hygieeninen käsittely ja säilytys
- Työtilakohtaisten henkilösuojainten käyttö, ml. suojakäsineet, suojalasis, hengityssuojaimet ja suojapuvut
- Hyvä käsihygienia
- Kasvatuslaatikoiden puhtaanapito ja desinfiointi tarvittaessa
- Tilojen puhtaanapito
- Käytöstä poistettujen kasvatusalustojen hygieeninen käsittely, säilytys ja hävittäminen jätehuoltoyhtiön ohjeiden mukaisesti
- Työpaikkakohtainen riskinarviointi ja hallintatoimenpiteiden suunnittelu
- Työntekijöiden perehdyttäminen mahdollisiin vaaratilanteisiin ja oikeisiin työtapoihin

4.5. Kemialliset altisteet

Hyönteistuotannon suorat kemialliset työturvallisuusriskit liittyvät hyönteisten itse tuottamiin kemiallisiin yhdisteisiin [ANSES, 2015] ja tuotannossa käytettäviin kemikaaleihin, kuten pesuaineisiin. Yleisesti kasvatettavat hyönteislajit, kuten sirkat (kotisirkka ja kaksitäpläsirkka) tai kovakuoriaisen toukat (Tenebrio molitor, Zophobas atratus, Alphitobus diaperinus) eivät eritä ihmiselle haitallisia kemikaaleja, kuten esimerkiksi mehiläiset.

4.5.1. Pesuaineet ja desinfiointiaineet

Haastatteluissa kemiallisiin altisteisiin liittyviä riskejä ei tunnistettu. Haastattelujen mukaan yrityksissä käytettävät pesuaineet ja desinfiointiaineet ovat elintarvikehyväksytyjä pesuaineita, joita käytetään mm. suurtalouskeittiöissä. Kasvatuslaatikoiden pesu tapahtuu aina kasvatussykliä välissä, ennen uuden hyönteiserän sijoittamista. Pienissä yksiköissä laatikot pestään käsin.

Tavanomaisiakin pesuaineita käsiteltäessä tulee työpaikalla kiinnittää huomiota kyseisten kemikaalien turvalliseen annostukseen ja käyttöön. Käyttö-, säilytys- ja hävitysohjeet löytyvät pakkausmerkinnöistä ja käyttöturvallisuustiedotteista, joihin työntekijät tulee perehdyttää. Miedoiksikin mielletyt pesuaineet voivat aiheuttaa ärsytystä esimerkiksi silmiin joutuessaan tai toistuvan ihokosketuksen seurauksena. Suojalasit suojaavat silmiin joutuvilta roiskeilta ja suojakäsineet ihoärsytykseltä.

Varautuminen, kemialliset altisteet:

- Pakkausmerkinnöissä ja käyttöturvallisuustiedotteissa annettujen ohjeiden noudattaminen kemikaaleja käsiteltäessä, säilytettäessä ja hävitettäessä
- Henkilösuojaimet kemikaaleja käsiteltäessä, ml. käsineet ja suojalasit
- Työpaikkakohtainen riskinarviointi ja hallintatoimenpiteiden suunnittelu
- Työntekijöiden perehdyttäminen mahdollisiin vaaratilanteisiin ja oikeisiin työtappoihin

LÄHTEET

ANSES. (2015). OPINION of the French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety. Request No. 2014-SA-0153.

Dirty Jobs. (10 2010). Dirty Jobs-Season 7 Episode 15 part 2. Noudettu osoitteesta https://www.youtube.com/watch?v=X3aQRj_-HYM&list=PLE5DF55DF85ACA66A&index=2

EFSA Scientific committee. (2015). Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. ISSN: 1831-4732.

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2015/2283 uuselintarvikkeista.

FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2013). Edible insects - Future prospects for food and feed security. E-ISBN: 978-92-5-107596-8.

FASFC (Belgian Scientific Committee of the Federal Agency for the Safety of the Food Chain). (2014). Food safety aspects of insects intended for human consumption. Common advice of the Belgian Scientific Committee of the Federal Agency for the Safety of the Food Chain (FASFC) and of the Superior Health Council (SHC).

J.A. Cortes Ortiz et al. (2016). Insects as Sustainable Food – Ingredients Production, Processing and Food Applications. ISBN: 978-0-12-802856-8.

Keinänen, Paula. SML Talvipäivät. (31.1.2016). Esitys. Mehiläishoitajan terveyden kompastuskivet ja työturvallisuus. Noudettu osoitteesta <https://www.slideshare.net/hunajanet/mehilishoitajan-terveyden-kompastuskivet-ja-tyturvallisuus-paula-keinnen-2016>

Länsiväylä. (24.8.2016). Artikkel. Tämä liha kasvaa syömäkelpoiseksi 35 päivässä – harpisti hyppäsi sirkkafarmariksi. Noudettu osoitteesta <http://www.lansivayla.fi/artikkeli/425819-tama-liha-kasvaa-syomakelpoiseksi-35-paivassa-harpisti-hyppasi-sirkkafarmariksi>

Sirisee Oy, yrityksen verkkosivut www.sirisee.fi

Työsuojeluhallinnon verkkopalvelu, verkkosivut <http://www.tyosuojelu.fi/>

Työturvallisuuskeskus, verkkosivut https://ttk.fi/tyohyvinvointi_ja_tyosuojelu

LIITE I Työsuojelun toimintaohjelma

Malli työsuojelun toimintaohjelmaksi (Sovellettu mallia Työturvallisuuskeskus 2013)

Kirjoita kunkin otsikon alle sisältö napsauttamalla harmaata ohjetekstiä.

Yritys/kunta/toimipaikka/toimipiste

Työsuojelun tavoitteet

Johdon tahdonilmaus työturvallisuudesta ja työterveydestä

Työsuojelun konkreettiset, mitattavat tavoitteet

Työsuojelun vastuut ja toimivaltuudet

Esimiesten toimivaltuudet ja vastuut

Työntekijöiden velvollisuudet ja vastuut

Työympäristön kuvaus

Käytettävissä olevan tiedon perusteella kuvaus työstä ja työoloista

Työn vaarojen ja haittojen selvittäminen ja riskien arviointi; milloin tehty ja miten toteutettu

Työ- ja turvallisuusohjeet

Työpaikan sisäiset ohjeet: työnopastus, koneiden ja työvälineiden käyttö ja huolto, kemikaalien käsittely, ensiapu, vaaratilanteet, päihdeohjelma, pelastussuunnitelma jne.

Työsuojelun kehittämiskohteet

Työympäristön kuvauksen ja työn riskien arvioinnin perusteella havaitut kehittämistarpeet.

Henkilöstön turvallisuus- ja työhyvinvointikoulutus.

Työterveyshuolto

Työterveyshuollon palveluntuottaja, työterveyshuoltosopimus, palvelujen sisältö (lakisääteiset ja muut), työterveyshuollon toimintasuunnitelma

Työsuojeluasioiden huomiointi toiminnassa

Työsuojeluasioiden huomiointi suunnittelu- ja hankintatoimissa, henkilöstö- ja taloushallinnossa, viestinnässä jne.

Työolojen seuranta

Millä mittareilla työoloja seurataan: sairauspoissaolot, tapaturmat, turvallisuushavainnot, työkyvyn ja työhyvinvoinnin seurantatiedot, työilmapiirikartoitukset, työhygieeniset mittaukset jne.

Toimintaohjelman seuranta ja päivitys

Miten toimintaohjelman seuranta toteutetaan ja kuka vastaa seurannasta

Päiväys

Kirjoita päivämäärä napsauttamalla tätä.

LIITE II Työn vaarojen tunnistaminen ja riskinarviointi

TYÖTURVALLISUUDEN TARKISTUSLISTA – HYÖNTEISRUOKATUOTANTO

Työnantajan tulee tunnistaa työssä ilmenevät työturvallisuustekijät ja niistä aiheutuvat riskit.

Yritys	Arvioinnin kohde (esim. tuotantotilat, toimisto, sivuvirtojen käsittely)
Päiväys	Arvioinnin tekijät

Työturvallisuustekijöiden tunnistaminen voidaan tehdä alla olevan taulukon avulla.

	Ilmenee / Aiheuttaa haittaa tai vaaraa	Ei ilmene/ ei aiheuta haittaa tai vaaraa	Ei tietoa	Lisätietoja, perustelut
Melu				
Jatkuva melu työtiloissa (esim. kohina tai humina)				
Jaksottainen melu työtiloissa (esim. pauke tai kolina)				
Lämpötila ja ilmanlaatu				
Työpaikan lämpötila				
Sisäilman kosteus				
Sisäilman muu ilmanlaatu				
Valaistus				
Riittämätön yleisvalaistus				
Riittämän kohdevalaistus				
Työtilojen ergonomia ja turvallisuus				
Työvälineiden sijoittelu				
Työskentelytilan riittävyys				
Järjestys ja siisteys				
Työskentelytason korkeus				
Näytöt ja näyttöpäätteet				
Työvälineiden käyttö				
Työasento				
Selän asento				
Hartioiden ja käsien asento				

Ranteiden ja sormien asento				
Pään ja niskan asento				
Fyysinen kuormittuminen				
Liikkuminen				
Työtahti				
Nostot, siirrot ja taakan kannattelu				
Kemikaalit				
Kemikaalien pakkausmerkinnät				
Käyttöturvallisuustiedotteet				
Kemikaalien käyttö				
Kemikaalien varastointi				
Kemikaalien käytöstä poisto				
Pöly ja biologiset riskit				
Pöly rehua käsiteltäessä				
Pöly kasvatusalustoja käsiteltäessä				
Bakteerit, virukset, alkueläimet tai loiset				
Hyönteiset				
Hyönteisten aiheuttamat allergiset oireet				
Hyönteisten aggressiivinen käyttäytyminen (pistäminen, pureminen)				
Jätteenkäsittely				
Käytöstä poistettujen kasvatusalustojen käsittely ja säilyttäminen				
Muut mahdolliset häirtatekijät tai vaaratilanteet				

RISKIEN ARVIOINTI JA HALLINTATOIMENPITEET

Vaaratekijälä tarkoitetaan työssä esiintyviä tekijöitä, jotka voivat aiheuttaa vaaraa tai haittaa työntekijöiden terveydelle tai turvallisuudelle. Riski on vaaran tai haitan aiheuttama haitallinen tapahtuma.

Esimerkkejä vaaratekijöistä: melu, liukas lattia, jatkuva kiire

Esimerkkejä riskeistä: kuulovaurio, tapaturma, työuupumus, lihasvamma

Riskien arviointi ja hallintatoimenpiteiden suunnittelu voidaan tehdä alla olevan taulukon avulla.

Haitta tai vaaratekijä	Riskin kuvaus	Riskin suuruus (merkityksetön/vähäinen/kohtalainen/merkittävä/sietämätön)	Toimenpiteet	Vastuuhenkilö	Aikataulu

Riskin suuruuden arvioiminen

Riskin suuruus on vaaran tai haitan aiheuttamien seurausten vakavuuden ja niiden ilmenemisen todennäköisyyden yhdistelmä. Riskin suuruuden määrittämisessä käytetään yleisesti kolmiportaista riskitaulukkoa.

Tapahtuman todennäköisyys	Tapahtumasta koituvat seuraukset		
	Vähäiset	Haitalliset	Vakavat
Epätodennäköinen	1.Merkityksetön	2.Vähäinen	3.Kohtalainen
Mahdollinen	2.Vähäinen	3.Kohtalainen	4.Merkittävä
Todennäköinen	3.Kohtalainen	4.Merkittävä	5.Sietämätön

LIITE III Keskeinen työturvallisuus- ja työterveyslainsäädäntö

Työturvallisuuslaki 738/2002

Terveysturvallisuuslaki 763/1994

Terveysturvallisuusasetus 1280/1994

Työterveyshuoltolaki 1383/2001

Valtioneuvoston asetus 708/2013 hyvän työterveyshuoltokäytännön periaatteista, työterveyshuollon sisällöstä sekä ammattihenkilöiden ja asiantuntijoiden koulutuksesta

Työtapaturma- ja ammattitautilaki 459/2015

Valtioneuvoston asetus 577/2003 työpaikkojen turvallisuus- ja terveysvaatimuksista

Valtioneuvoston asetus 403/2008 työvälineiden turvallisesta käytöstä

Valtioneuvoston päätös 1406/1993 henkilösuojaimista

Valtioneuvoston päätös 1407/1993 henkilösuojainten valinnasta ja käytöstä työssä

Valtioneuvoston päätös 993/1992 melutason ohjearvoista

Valtioneuvoston asetus 85/2006 työntekijöiden suojaamisesta melusta aiheutuville vaaroille

Valtioneuvoston päätös 1155/1993 työntekijöiden suojelemisesta työhön liittyvältä biologisten tekijöiden aiheuttamalta vaaralta

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 921/2010 biologisten tekijöiden luokituksista

Valtioneuvoston asetus 715/2001 kemiallisista tekijöistä työssä

Hyönteisruokatuotanto

TOIMIJAN LUVAT JA KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ

APILA GROUP OY AB

20.9.2017 (TARKISTETTU 6.10.2017)



Sisällys

1.	Johdanto	2
1.	Alkutuotanto	3
1.1.	Luvat ja viranomaiset	3
1.2.	Keskeinen alkutuotantoa koskeva lainsäädäntö	3
2.	Elintarvikelainsäädäntö	4
2.1.	Luvat ja viranomaiset	4
2.2.	Keskeinen elintarvikelainsäädäntö	4
3.	Ympäristölainsäädäntö	5
3.1.	Luvat ja viranomaiset	5
3.2.	Keskeinen ympäristölainsäädäntö	5
4.	Rehulainsäädäntö	5
4.1.	Luvat ja viranomaiset	5
4.2.	Keskeinen rehulainsäädäntö	6
5.	Työturvallisuus- ja terveyslainsäädäntö	7
5.1.	Luvat ja viranomaiset	7
5.2.	Keskeinen työturvallisuus- ja työterveyslainsäädäntö	7

1. Johdanto

Raportointihetkellä uuselinarvikkeita ja näin ollen hyönteisten kasvatusta ruoaksi koskeva lainsäädäntö on muutoksessa. Kiinnostus hyönteisten kasvatukseen on lisääntynyt ja hyönteistuotantoon liittyviä kokeiluja on Suomessa käynnissä. Tämä raportti on kooste oleellisimmista paikalliseen toimintaan liittyvistä ympäristöön, työturvallisuuteen ja työterveyteen, elintarviketuotantoon ja alkutuotantoon luvista sekä lainsäädännöistä. Raportti on tarkoitettu avuksi toimintaan harkitsevalle tai aloittavalle pientoimijalle.

Raportin on tuottanut Apila Group Oy Ab tilaustyönä Pielisen Karjalan kehittämiskeskus PIKES Oy:n hallinnoimalle Hyönteistuotannon esiselvitys –hankkeelle, jossa osatoteuttajana toimi Luonnonvarakeskus LUKE. Hankkeen rahoittajina toimi Pohjois-Karjalan ELY-keskus Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahastosta 90 % rahoitusosuudella.

1. Alkutuotanto

1.1. Luvat ja viranomaiset

Alkutuotannolla tarkoitetaan alkutuotannon tuotteiden tuotantoa, kasvatusta ja viljelyä sekä sadonkorjuuta, sekä kaikkia eläintuotannon vaiheita ennen teurastusta tai lopetusta. Myös elävien eläinten kuljetus ja muiden alkutuotannon tuotteiden kuin maidon kuljetus seuraavaan elintarvikeketjun käsittelypaikkaan, esimerkiksi laitokseen tai vähittäiskauppaan on alkutuotantoa. Hyönteisten kasvattamiseen ja lopettamiseen sovelletaan alkutuotantoa koskevia ilmoitusmenettelyjä.

Ilmoitus alkutuotantopaikasta tai ilmoitus alkutuotannon tuotteiden kuljetuksesta tai niissä tapahtuvasta olennaisesta muuttamisesta tehdään kunnan elintarvikevalvontaviranomaiselle (terveystarkastaja tai hygieenikkoeläinlääkäri). Ilmoitus uudesta toiminnasta on tehtävä noin neljä viikkoa ennen toiminnan aloittamista. Ilmoituksesta ei tehdä erillistä päätöstä, mutta valvontaviranomainen ilmoittaa toimijalle saaneensa ilmoituksen. Valvontaviranomainen voi pyytää toimijalta tarpeellisia selvityksiä. Ilmoituksen käsittelystä ei peritä maksua. Maksuttomalla alkutuotantoilmoituksella voi tuotteita myydä suoraan kuluttajille, paikallisesti oman maakunnan sisällä. Jos tuotteet tulevat maanlaajuisesti kauppoihin, saatetaan tarvita Eiran laitoshyväksyntä.

Eläinsuojelua kunnassa valvoo kunnaneläinlääkäri.

1.2. Keskeinen alkutuotantoa koskeva lainsäädäntö

Raportointihetkellä voimassa olevassa alkutuotantoa koskevassa lainsäädännössä ei vielä tunneta hyönteisruokatuotantoa, mutta alkutuotantoa koskevat rakenne- ja hygieniavaatimukset tulee ottaa huomioon jo toimintaa suunniteltaessa.

Säädös	Linkki säädökseen
Yleinen elintarvikehygieniasetus (EY) N:o 852/2004 liite I	http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32002R0178:FI:HTML
Maa- ja metsätalousministeriön asetus 1368/2011 elintarvikkeiden alkutuotannon elintarvikehygieniasta (ns. alkutuotantoasetus)	https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20111368
Eläintautilaki 441/2013	https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130441
Maa- ja metsätalousministeriön asetus 1010/2013 eläintautien ilmoittamisesta ja mikrobikantojen toimittamisesta	https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20131010
Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 999/2001 tiettyjen tarttuvien spongiformisten enkefalopatioiden ehkäisyä, valvontaa ja hävittämistä koskevista säännöistä (TSE-lainsäädäntö)	http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=CELEX:32001R0999
Eläinsuojelulaki 247/1996	https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19960247

2. Elintarvikelainsäädäntö

2.1. Luvat ja viranomaiset

Elintarvikehuoneistolla tarkoitetaan mitä tahansa rakennusta tai huoneistoa tai niiden osaa taikka muuta ulko- tai sisätilaa, jossa myytäväksi tai muuten luovutettavaksi tarkoitettuja elintarvikkeita valmistetaan, säilytetään, kuljetetaan, pidetään kaupan, tarjoillaan tai muutoin käsitellään, ei kuitenkaan alkutuotantopaikkaa. Kun hyönteisten kasvatusta ja myyntiä elintarvikkeiden käyttöön laillistuu, lopetettujen hyönteisten pakkaaminen jatkojalostusta varten voidaan katsoa elintarvikehuoneistoksi, josta on tehtävä ilmoitus kunnan elintarvikeviranomaiselle. Ilmoituksesta ei tehdä erillistä päätöstä, mutta viranomainen antaa elintarvikealan toimijalle todistuksen ilmoituksen käsittelystä. Ilmoitus elintarvikehuoneistosta tai siinä tapahtuvasta toiminnan olennaisesta muuttamisesta on lähetettävä valvontaviranomaiselle neljä viikkoa ennen toiminnan aloittamista tai suunniteltua muutosta.

Jos elintarvikehuoneistossa käsitellään eläimistä saatavia elintarvikkeita ennen vähittäismyyntiä, huoneistolle on haettava laitoshyväksyntää asianomaiselta valvontaviranomaiselta ennen toiminnan aloittamista tai toiminnan olennaista muuttamista. Viranomainen tekee hyväksymisestä päätöksen.

Raportin kirjoitushetkellä elintarvikeviranomaisilla ei ole vielä käytäntöjä hyönteisten kasvatuksen ilmoitus- tai hyväksymismenettelyiksi, mutta elintarvikehuoneistoja ja tuotantolaitoksia koskevat rakenne- ja hygieniasäädökset kannattaa ottaa huomioon jo toimintaa suunniteltaessa. Tulevien ilmoitus- ja lupakäytäntöjen sujuvoittamiseksi toiminnanharjoittajan kannattaa arvioida toimintansa hygieniariskit (HACCP) ja laatia niihin perustuva omavalvontasuunnitelma. Lisätietoja omavalvontasuunnitelmasta ja HACCP-järjestelmästä löytyy mm. Eviran sivuilta: <https://www.evira.fi/yhteiset/omavalvonta/haccp/>

Kunnissa elintarviketurvallisuutta valvoo kunnan elintarvikevalvontaviranomainen (terveystarkastaja).

2.2. Keskeinen elintarvikelainsäädäntö

Raportointihetkellä voimassa olevassa elintarvikelainsäädännössä ei vielä tunneta hyönteisruokatuotantoa. Lainsäädäntö kuitenkin asettaa vaatimuksia laitosten ja elintarvikehuoneistojen rakenteille ja hygienialle. Nämä vaatimukset kannattaa ottaa huomioon jo toimintaa suunniteltaessa.

KORJAUS: Suomi hyväksyi hyönteiset elintarvikkeeksi. Hyönteisruoka kuuluu elintarvikelainsäädännön piiriin. Eviran ohje Hyönteiset elintarvikkeena (10588/1) otettiin käyttöön 1.11.2017 ja löytyy Internetistä <https://www.evira.fi/elintarvikkeet/valmistus-ja-myynti/elintarvikeryhmat/hyonteiset/> (Toim.)

Säädös	Linkki säädökseen
Uuselintarvikeasetus (EU) 2015/2283	http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX%3A32015R2283
Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) No 178/2002 elintarvikelainsäädäntöä koskevista yleisistä periaatteista ja vaatimuksista (yleinen elintarvikeasetus)	http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?qid=1438689877860&uri=CELEX:02002R0178-20140630
Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) No 852/2004 elintarvikehygieniasta	http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?qid=1454929261178&uri=CELEX:02004R0852-20090420
Elintarvikelaki 23/2006	https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2006/20060023
Maa- ja metsätalousministeriön asetus 795/2014 laitosten elintarvikehygieniasta	https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140795
Terveydensuojelulaki 763/1994	https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19940763
Terveydensuojeluasetus 1280/1994	https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19941280
Valtioneuvoston asetus elintarvikevalvonnasta 420/2011	https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110420
Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY)	http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:32004R1935

No 1935/2004 elintarvikkeiden kanssa kosketukseen joutuvista materiaaleista ja tarvikkeista	
Komission asetus (EU) No 10/2011 elintarvikkeiden kanssa kosketukseen joutuvista muovisista materiaaleista ja tarvikkeista	http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:32011R0010
Euroopan parlamentin ja neuvoston (EY) No 396/2005 torjunta-ainejäämien enimmäismääristä kasvi- ja eläinperäisissä elintarvikkeissa ja rehuissa tai niiden pinnalla	http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:32005R0396

3. Ympäristölainsäädäntö

3.1. Luvat ja viranomaiset

Mikäli hyönteiskasvatustoimintaa suunnitellaan maatilalle tai osaksi muuta toimintaa, jolla on olemassa oleva ympäristölupa, tulee suunnitelmista hyönteiskasvatuksen aloittamiseksi ilmoittaa valvovalle ympäristöviranomaiselle. Ympäristöluvan muutoksen tarve arvioidaan tapauskohtaisesti.

Käytöstä poistetuissa kasvualustoissa on eläinten jätöksiä ja mahdollisesti kuolleita hyönteisiä. Hyönteiset katsotaan eläimistä saataviksi sivutuotteiksi, jotka hävitetään eläinjätteenä. Kasvualustojen ja kuolleiden hyönteisten hävittäminen tulee tehdä kunnaneläinlääkärin antamien ohjeiden mukaan. Hävitettävän kasvualustan (ml. kuolleet hyönteiset, lanta ja rehu) määrästä ja hävitystavasta tulee pitää kirjaa.

3.2. Keskeinen ympäristölainsäädäntö

Säädös	Linkki säädökseen
Laki eräistä naapurussuhteista 26/1920	https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1920/19200026
Ympäristönsuojelulaki 527/2014	https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527
Valtioneuvoston asetus ympäristönsuojelusta 713/2014	https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140713
Jätelaki 646/2011	https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110646
Jäteasetus 179/2012	https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2012/20120179
Laki eläimistä saatavista sivutuotteista 517/2015	https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2015/20150517#L1P3
Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1069/2009 (sivutuoteasetus)	http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=CELEX:32009R1069

4. Rehulainsäädäntö

4.1. Luvat ja viranomaiset

Rehulainsäädäntö koskee hyönteisille syötettäviä rehuja sekä hyönteisten tai niistä saatavien jakeiden käyttöä muiden tuotantoeläinten rehuina. Hyönteistuotantoa aloitettaessa tuottajan on rekisteröidyttävä rehualan toimijaksi. Eräät rehualan toiminnot edellyttävät Elintarvikeviraston tai kunnan hyväksyntäpäätöstä, ennen kuin toiminnan voi aloittaa. Lisätietoja saa kunnaneläinlääkäriltä ja Elintarvikeviraston sivuilta <https://www.evira.fi/tietoa-evilasta/lomakkeet-ja-ohjeet/sivutuotteet/>.

Hyönteistuotantoon liittyviä rehualan toimintoja valvova viranomainen on Elintarvikevirasto.

4.2. Keskeinen rehulainsäädäntö

Säädös	Linkki säädökseen
Rehulaki 86/2008	https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080086
Maa- ja metsätalousministeriön asetus rehualan toiminnanharjoittamisesta 548/2012	https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2012/20120548#Pidp452597760
Maa- ja metsätalousministeriön asetus rehualan toiminnanharjoittamisesta annetun maa- ja metsätalousministeriön asetuksen muuttamisesta 960/2014	https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140960
Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 767/2009 rehun markkinoille saattamisesta ja käytöstä (rehujen markkinoille saattaminen)	http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=CELEX%3A32009R0767
Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 183/2005 rehuhygieniää koskevista vaatimuksista (rehuhygienia-asetus)	http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX%3A02005R0183-20151112
Komission asetus (EU) N:o 2017/1017 rehueluettelosta annetun asetuksen (EU) N:o 68/2013 muuttamisesta (rehueluettelo)	http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:32017R1017
Laki eläimistä saatavista sivutuotteista 517/2015	https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2015/20150517#L1P3
Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1069/2009 (sivutuoteasetus)	http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=CELEX:32009R1069

5. Työturvallisuus- ja terveyslainsäädäntö

5.1. Luvat ja viranomaiset

Lainsäädännössä on määritelty työt, joiden tekeminen vaatii työsuojeluviranomaisen myöntämää valtuutusta tai pätevyyskirjaa. Tällaisia töitä ovat asbestipurkutytön tekeminen, räjäytystyöt (panostajan lupakirja) ja rakennustyö veden alla – hyönteisten kasvatusta tai muu alkutuotanto ei kuulu työsuojeluviranomaisen valtuutuksen tai pätevyyskirjan piiriin.

Työsuojeluviranomaiselta haetaan tarvittaessa poikkeuslupa, jotka koskevat yötyötä, vuorotyötä ja vapautusta työvuoroluettelon pitämisestä. Lisäksi työsuojeluviranomainen voi myöntää luvan tiettyihin nuorten työntekijöiden töihin.

Työsuojeluviranomaisena toimii aluehallintovirasto. Yhteystiedot löytyvät työsuojeluhallinnon verkkopalvelusta <http://www.tyosuojelu.fi/tietoa-meista/asiointi>.

5.2. Keskeinen työturvallisuus- ja työterveyslainsäädäntö

Säädös	Linkki säädökseen
Työturvallisuuslaki 738/2002	https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738
Terveydensuojelulaki 763/1994	https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19940763#L7P31
Terveydensuojeluasetus 1280/1994	https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19941280
Työterveyshuoltolaki 1383/2001	https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20011383
Valtioneuvoston asetus 708/2013 hyvän työterveyshuoltokäytännön periaatteista, työterveyshuollon sisällöstä sekä ammattihenkilöiden ja asiantuntijoiden koulutuksesta	https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130708
Työtapaturma- ja ammattitautilaki 459/2015	https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2015/20150459
Valtioneuvoston asetus 577/2003 työpaikkojen turvallisuus- ja terveysvaatimuksista	https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2003/20030577
Valtioneuvoston asetus 403/2008 työvälineiden turvallisesta käytöstä	https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080403
Valtioneuvoston päätös 1406/1993 henkilösuojaimista	https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1993/19931406
Valtioneuvoston päätös 1407/1993 henkilösuojainten valinnasta ja käytöstä työssä	https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1993/19931407
Valtioneuvoston päätös 993/1992 melutason ohjearvoista	https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1992/19920993
Valtioneuvoston asetus 85/2006 työntekijöiden suojaamisesta melusta aiheutuvilta vaaroilta	https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2006/20060085
Valtioneuvoston päätös 1155/1993 työntekijöiden suojelemisesta työhön liittyvältä biologisten tekijöiden aiheuttamalta vaaralta	https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1993/19931155
Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 921/2010 biologisten tekijöiden luokituksesta	https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20100921
Valtioneuvoston asetus 715/2001 kemiallisista tekijöistä työssä	https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20010715



luke.fi

Luonnonvarakeskus
Latokartanonkaari 9
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000