

Hunajan terveellisyys ja turvallisuus

Kaisa Kähärä
Luonnontieteiden kandidaatin tutkielma
Ravitsemus- ja elintarvikebiotekniikka
Biotieteiden laitos
Kuopion yliopisto
Heinäkuu 2007

Tiivistelmä

KUOPION YLIOPISTO, Luonnontieteiden ja ympäristötieteiden tiedekunta
Soveltavan biotekniikan koulutusohjelma, Ravitsemus ja elintarvikebiotekniikka
Kaisa Kähärä: Hunajan terveellisyys ja turvallisuus
Luonnontieteiden kandidaatin tutkielma 37 sivua
Tutkielman ohjaajat: Paula Hyvönen, Vuokko Tuononen
Heinäkuu 2007

Avainsanat: Hunaja, vierasainejäämät, antimikrobinen aktiivisuus, antioksidantit, *Clostridium botulinum*

Luonnontieteiden kandidaatin tutkielmassa ”Hunajan terveellisyys ja turvallisuus” tarkasteltiin hunajan käytön hyötyjä ja haittoja ihmiselle. Hunaja koostuu pääasiassa glukoosista ja fruktoosista, jotka imeytyvät elimistössä nopeasti ja toimivat siten nopeina energian lähteinä. Imeytyessään hunajan sisältämä fruktoosi ei kuitenkaan aiheuta nopeita verensokeritason muutoksia. Hunajalla on myös parempi vedensidontakyky kuin esimerkiksi tavallisella sokerilla. Hunajan sisältämien oligosakkaridien on lisäksi osoitettu vaikuttavan positiivisesti ihmisen suolistomikrobiston kasvuun, mutta on muistettava, että alhaisilla hunajan käyttömäärillä nämä vaikutukset jäävät kuitenkin varsin vähäisiksi.

Hunaja sisältää myös glukoosin ja fruktoosin lisäksi lukuisia muita yhdisteitä, joilla on antibakteerisia ja antioksidatiivisia ominaisuuksia. Antioksidanttiaktiivisuuden omaavia yhdisteitä hunajassa ovat mm. glutathioniperoksidaasi, katalaasi, C-vitamiini sekä flavonoidit ja polyfenolisyhdisteet. Antibakteerisia yhdisteitä puolestaan ovat flavonoidit pinosembriini, pinobanksiini, krysiini ja galangiini. Muita antibakteerisia yhdisteitä hunajassa ovat myös hapot kuten glukonihappo, sitruunahappo, omenahappo, bentsoehappo syringiinihappoja fenyylihappo ja eri happojen johdannaiset. Hunajan päivittäiset käyttömäärät ovat varsin vähäiset ja esimerkiksi Suomessa hunajaa käytetään n. 1,3 g/vrk henkilöä kohti. Alhaisilla käyttömäärillä hunajan antibakteeriset ja antioksidatiiviset ominaisuudet ja vaikutukset jäävät varsin vähäisiksi.

Hunaja aiheuttaa hammaskariesta siinä missä cola-juomakin. Hunajan sisältämät proteiinit ja siitepöly voivat myös aiheuttaa allergiaa. Hunajan käyttö on kielletty alle 1-vuotiailla lapsilla johtuen hunajan mahdollisesti sisältämistä *Clostridium botulinum* bakteerin itiöistä. Alle 1-vuotiaan lapsen kehittymättömässä suolistossa *C. botulinum*-itiöt voivat kasvaa ja tuottaa botuliini-hermomyrkyä. Hunajasta voi löytyä myös jäämiä torjunta-aineista ja muista kemikaaleista, joita on mehiläisten elinympäristössä. Ajantasaisella lainsäädännöllä ja oikeilla mehiläistarhausmenetelmillä voidaan kuitenkin ehkäistä turhien jäämien syntymistä hunajaan.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	1
Sisällysluettelo	2
1. Johdanto	4
2. Hunajan tuotanto ja kulutus Suomessa	5
3. Hunajan raaka-aineet ja valmistus	6
4. Hunajan koostumus	7
4.1 Hiilihydraatit	7
4.2 Vesi	7
4.3 Proteiinit	8
4.4 Hapot	8
4.5 Vitamiinit sekä kivennäis- ja hivenaineet	9
4.6 Flavonoidit	10
4.7 Hunajan väri- ja hajuaineet	11
5. Hunaja EU:ssa	11
5.1 Hunajan laatu	12
5.1.1 Vesipitoisuus	13
5.1.2 Sokeripitoisuus	13
5.1.3 Hydroksymetyylifurfuraalipitoisuus	13
5.1.4 Diastaasi	14
5.1.5 Sähkönjohtokyky	14
5.1.6 Happamuus	14
5.1.7 Kiteytyminen	14
5.2 Lajihunajien erityispiirteitä	15
5.2.1 Kanervahunaja	15
5.2.2 Voikukkahunaja	15
5.2.3 Rypsihunaja	16
5.2.4 Mesikastehunaja	16
6. Hunajan haitallisuus	16
6.1 Hunajan vaikutus hammaskariekseen	16
6.2 Hunaja ja allergia	17
6.3 Mikrobit hunajassa	17
6.3.1 Bakteerit	17
6.3.2 <i>Clostridium botulinum</i> hunajassa	18
6.3.3 Homeet	19
6.3.4 Hiivat	19
6.4 Vierasainejäämät hunajassa	19
6.4.1 Formaalihappo ja oksaalihappo	19
6.4.2 Organokloridien ja PCB:n jäämät hunajassa	20
6.4.3 Fluvalinaatin jäämät hunajassa	21
6.4.4 Tylosiinijäämät hunajassa	22
6.4.5 EDB- ja PDCB-jäämät hunajassa	22
6.5 Hunajan vierasainejäämät ja laadunvalvonta Suomessa	23
7. Hunajan terveellisyys	24
7.1 Hunajan antimikrobinen aktiivisuus	24

7.2 Mikrobin kasvun kontrollointi teollisuudessa.....	26
7.3 Hunajan antioksidanttiaktiivisuus.....	27
7.4 Hunaja ja diabetes.....	27
7.5 Hunaja urheilujuomissa.....	28
7.6 Hunajan vaikutus suolistomikrobistoon.....	30
8. Kooste.....	31
Lähteet.....	32

1. Johdanto

Luonnontieteiden kandidaatin tutkielma "Hunajan terveellisyys ja turvallisuus" toteutettiin Kuopion Yliopistossa opinnäytetyönä Sisä-Savon Seutuyhtymän Hunajainen Marja-Suomi -hankkeelle. Tutkielman tarkoituksena oli selvittää hunajan käytön terveydellisiä hyötyjä ja haittoja.

Hunaja on käytetty ravintoaineena jo tuhansia vuosia. Itä-Euroopasta löydetty vuodelta 7000 eKr. peräisin oleva luolamaalaus osoittaa, että metsästäjä-keräilijä ihminen osasi jo tuolloin käyttää hunajaa ravinnon lähteenään. (Hämäläinen, Korpela & Långfors, 1978) Vieläkin varhaisempia todisteita hunajan käytöstä on löydetty vanhoista luolamaalauksista Espanjassa ja Afrikasta. Jo muinaiset kreikkalaiset urheilijat ovat käyttäneet hunajaa urheilujuomissaan energianlähteenä. Antibakteeristen ominaisuuksiensa vuoksi hunajaa on osattu hyödyntää myös haavojen hoidossa. (Suomen Mehiläishoitajain liitto, 2006) Hunajan raaka-aine, mesi, tarkoittaa mytologiassa myös jumalten juomaa. (Hämäläinen, Korpela & Långfors, 1978)

Kansantaloudellisesti mehiläistarhaus on merkityksellä niin hunajan tuotannon kuin varsinaisen pölytystyön ansiosta. Mehiläisten pölytystyöllä on arvioitu olevan jopa kuusi kertaa suurempi arvo kuin hyöty pelkällä tuotetulla hunajalla. Ilman mehiläisten arvokasta pölytystyötä myös arvokkaita kotimaisia marjojakin olisi vähemmän saatavilla. Mehiläispölytys lisääkin satoa 10–50 % pölytettävästä kasvista riippuen. Suomessa tuotettu hunaja vaatii mehiläisiltä 1 200 000 miljoonaa kukassa käyntiä, 240 000 mesikuormaa ja 260 000 miljoonaa lentokilometriä. Hunajan eteen tehdään huomattavan paljon töitä. Ei siis ihme, että Kalevalassakin mehiläisiä kutsuttiin ”metsän kukkien kuninkaaksi”. (Suomen Mehiläishoitajain liitto, 2006)

2. Hunajan tuotanto ja kulutus Suomessa

Vuonna 2005 Food and Agricultural Organisation of the United Nations (FAO) tilastojen mukaan Suomessa tuotettiin 2300 tonnia hunajaa. Vuosi 2006 oli myös erinomainen hunajantuotantovuosi ja kokonaissadoksi saatiin noin 3 000 tonnia hunajaa. (Seppälä, 2007) Hunajan tuotanto riippuu satovuodesta ja keskimäärin hunajaa tuotetaan Suomessa noin 1600 tonnia. (Suomen Mehiläishoitajain liitto, 2006) Ruotsissa puolestaan tuotettiin 3 400 tonnia hunajaa. Maailman suurimpiin hunajantuottajamaihin kuuluvassa Kiinassa tuotettiin vuonna 2005 peräti 298 000 tonnia hunajaa. (FAO, 2007)

FAO:n tilastojen mukaan mehiläispesien määrä oli Suomessa vuonna 2005 53 000 kappaletta. Tämä tarkoittaa, että keskimääräinen pesäkohtainen hunajasato oli n. 43,40 kg. Henkilöä kohti Suomessa kulutettiin keskimäärin 475g hunajaa vuonna 2005. (Suomen Mehiläishoitajain liitto, 2006) Hunajaa kulutetaankin Suomessa suhteellisen vähän verrattuna esimerkiksi EU:n keskimääräiseen, joka on 700 g vuodessa. (Maa- ja metsätalousministeriö, 2007)

Hunajan kokonaiskulutus Suomessa on keskimäärin 3 020 tonnia vuodessa. (FAO, 2006) Kotimainen hunajan tuotanto vastaakin satovuodesta riippuen vain noin 35–70 % hunajan kulutuksesta maassamme ja Suomessa markkinoilla olevan hunajan kotimaisuusaste onkin vain 60 %. Suomeen tuodaan hunajaa pääasiassa Argentiinasta, Saksasta, Tanskasta, Unkarista, Australiasta ja Thaimaasta. Tanskassa ja Saksassa pakataan suuria määriä ympäri maailmaa saapuvaa tuontihunajaa, mikä selittää myös niiden suuren hunajan viennin suhteessa maiden omaan hunajantuotantoon. (Maa- ja metsätalousministeriö, 2007) Vuonna 2005 Suomeen tuotiin hunajaa ulkomailta FAO:n tilastojen mukaan yhteensä 914 miljoonaa kiloa. Eniten hunajaa tuotiin Suomeen Saksasta, noin 221 tonnia. Huomattava osa maahamme tuotavasta hunajasta tulee myös Argentiinasta ja Tanskasta, joista kummastakin tuodaan noin 100 miljoonaa kiloa hunajaa. Neljänneksi eniten hunajaa saapuu maahamme Thaimaasta, josta tuodaan noin 50 miljoonaa kiloa hunajaa. (FAO, 2006)

Alueellisesti hunajaa tuotetaan Suomessa eniten Lounais-Suomessa, mutta myös Keski- ja Itä-Suomessa hunajantuotanto on kasvussa. 1990-luvulla hunajan tuotanto väheni Suomessa johtuen tarhaajien keski-ikänsä noususta, mehiläisten yleisimmän haittaeläimen, varroapunkin leviämisestä, sekä alan yleisen kannattavuuden heikkenemisestä. (Maa- ja metsätalousministeriö, 2007) Mehiläistarhaajien määrä onkin vähentynyt huomattavasti. 1990-luvulla mehiläistarhaajia oli 6400, kun vuonna 2005 tarhaajia on enää 3300. Ammattimehiläishoitajia Suomessa on vain 90. Sen sijaan

harrastuspohjalta toimivia mehiläishoitajia maassamme on peräti 2900 ja sivu- tai liitännäiselinkeinona toimivia mehiläistarhaajia on noin 350 henkilöä. Harrastajatarhaajilla mehiläispesiä on yleensä 2-8 kappaletta. Ammattilaitarhaajilla ja liitännäiselinkeinona mehiläistarhausta harjoittavilla pesämäärä voi vaihdella 50:stä jopa 2000:een. (Elintarviketurvallisuusvirasto, 2007) Hunajamarkkinat Suomessa ovat noin 17 miljoonaa euroa vuodessa. Ulkomailta tuotu hunaja olisi mahdollista korvata kotimaisella hunajalla tuotantoa lisäämällä. (Suomen Mehiläishoitajain liitto, 2006)

3. Hunajan raaka-aineet ja valmistus

Mehiläiset valmistavat hunajaa kukista saatavasta medestä sekä myös lehtipuiden lehtien ja kuusien ja mäntyjen neulasien pinnalle eritetystä sokeripitoisesta nesteestä. Yleisimmin hunaja on meden ja mesikasteen sekoitusta. Eri kasvien meden tuotanto ja meden sokeripitoisuus vaihtelevat huomattavasti. Keskimäärin mesi sisältää 40–50 % sokeria, josta noin puolet on sakkaroosia ja puolet glukosia ja fruktoosia vaihtelevissa suhteissa. Mesikastetta erittävät puiden lehdeille kirvat. Se sisältää sakkaroosia sekä glukosia ja fruktoosia. (Hämäläinen, Korpela & Långfors, 1978) Hunajan sisältämät yhdisteet ovat peräisin kasveista, ja osa on seurausta hunajan kypsymisestä, sekä osa yhdisteistä on mehiläisten lisäämiä. Myös hunajassa laadulliset ominaisuudet vaihtelevat riippuen meden alkuperästä, ilmastosta, vuodenajasta ja maantieteellisestä sijainnista. Puhdistamaton hunaja sisältää pelkän hunajan lisäksi siitepölyä, jäämiä vahasta sekä vaihtelevia määriä sokerinsietokykyisiä hiivoja. (Anklam, 1998)

Mehiläinen kerää meden ja mesikasteen mesikupuunsa, jossa mesi ja mesikaste sekoittuvat. Myös pieniä määriä siitepölyä sekoittuu hunajan raaka-aineisiin. Kerääjämehiläinen luovuttaa mesikupunsa sisällön pesässä pesämehiläisille, jotka aloittavat hunajan valmistuksen. Pesämehiläiset pusertavat mettä noin 20 minuutin ajan pienenä pisarana kielenjuuren alustalleen ja takaisin sekoittaen samalla siihen rauhaseritettä. Kennot peitetään ilmatiiviisti puhtaalla vahalla. Samalla medestä haihdutetaan vettä, kunnes kennoihin levitettävän puolikypsän hunajan kosteuspitoisuus on noin 40 %. Pesän korkean lämpötilan ja jatkuvan ilmanvaihdon ansiosta hunajan vesipitoisuus laskee lopulta alle 20 %:iin. (Hämäläinen, Korpela & Långfors, 1978) Mehiläisen lisäämien entsyymien, lähinnä invertaasin (Skrönkki, 1991) ansiosta hunajan kypsymisen aikana tapahtuu myös sokerilajien muuttumista; tärkein muutos on sakkaroosin invertoituminen glukosiksi ja fruktoosiksi (Hämäläinen, Korpela & Långfors, 1978). Suomessa yleisimmät mehiläisrodut ovat kranilainen ja italialainen mehiläisrotu, mutta myös pohjolan mehiläistä on käytetty mehiläistarhauksessa. Tilastollisesti näiden kahden rodun keräämissä satomäärissä ei ole juuri lainkaan eroja. Pohjolan mehiläinen on kui-

tenkin sekä kranilaista että italialaista mehiläisrotua huonompi hunajantuottaja. (Siira, Siira & Korpela, 1998)

4. Hunajan koostumus

4.1 Hiilihydraatit

Hiilihydraatteja hunajassa on noin 80 %. Suurin osa hiilihydraateista on monosakkarideja, glukosia ja fruktoosia. (Skrönkki, 1991) Kansanterveyslaitoksen ravitsemusyksikön Fineli-tietokannan mukaan hunajan fruktoosipitoisuus on 41,4g/100 g ja glukosin pitoisuus 37,1 g/100 g. (Kansanterveyslaitos, 2007) Keskimääräinen glukosin ja fruktoosin suhde on hunajassa 1,2:1. (Hämäläinen, Korpela & Långfors, 1978)

Hunaja sisältää myös noin 1 % sakkaroosia. Hunajan kypsymisprosessin seurauksena suurin osa meden ja mesikasteen alun perin sisältämästä sakkaroosista muuttuu invertaasientsyymin ansiosta glukosiksi ja fruktoosiksi. (Skrönkki, 1991) Hunajan sakkaroosipitoisuuteen vaikuttaa kuitenkin myös mehiläishoitajan toimenpiteet; sakkaroosin määrä hunajassa nousee, jos mehiläisiä syötetään keväällä liikaa sokeriliuoksella. (Hämäläinen, Korpela & Långfors, 1978) Hunajassa on myös oligosakkarideja: erloosia, raffinoosia, meleksitoosia. (Skrönkki, 1991) Erityisesti mesikastehunajassa näiden ei-pelkistävien oligosakkaridien pitoisuus on suuri. (Bogdanov *et al.*, 1999)

Käymisen seurauksena hunajaan voi muodostua myös glyserolia tai etanolia. Glyserolia muodostuu 20 % sokeriliuoksessa, aerobisissa olosuhteissa ja alhaisessa fosfaattipitoisuudessa. (Anklam, 1998) Etanolia puolestaan muodostuu anaerobisissa oloissa hiivojen käymistuotteena ja samalla syntyy myös etanolia. (Snowdon & Cliver, 1996)

4.2 Vesi

Hunajassa on vettä noin 15-20 %, mutta veden määrä riippuu kuitenkin hunajalajista. (Skrönkki, 1991) Vettä sitovia yhdisteitä hunajassa ovat lähinnä sokerit, kuten fruktoosi, glukosii, sakkaroosi sekä proteiinit ja aminohapot, joista erityisesti proliini. (Railonsala, 1991) Mitä vähemmän hunajassa on vapaata aktiivista vettä, sitä paremmat edellytykset hunajalla on säilyä. (Zamora & Chirife 2006 Beuchat 1983 mukaan sekä Troller & Christian 1978 mukaan)

4.3 Proteiinit

Proteiinien määrä hunajassa on normaalisti alle 0,5 %. Aminohappokoostumukseltaan hunaja on pääasiassa proliinia, jota onkin hunajan aminohapoista 50–85 %.(Anklam, 1998) Mesikastehunaja ja medestä saatava kukkaishunaja sisältävät proliinia yhtä paljon, myöskään maantieteellinen sijainti ei vaikuta proliinin pitoisuuteen. (Iglesias *et al.*, 2006) Tämä johtuu siitä, että proliini on pääasissa peräisin mehiläisen eritteistä.(Iglesias *et al.*, 2006 Ohe von der, Dustmann & Ohe von der 1991 mukaan) Mehiläisten erittämän proliinin määrä hunajassa riippuu meden vesipitoisuudesta.(Railonsala, 1991) Hunajalaadusta riippuen toiseksi eniten hunajassa on glutamiinihappoa, glysiiniä, (Skrönkki, 1991) tai aspargiinihappoa ja aspartaattihappoa (Iglesias *et al.*, 2006). Erilähteistä peräisin olevien hunajien tunnistamisessa hyödynnetään eroja hunajien aminohappokoostumuksissa. Vapaiden aminohappojen määrä on mesikastehunajissa suurempi kuin pelkästä medestä saatavista hunajissa, mutta medestä saatavassa kukkaishunajassa on kuitenkin enemmän histidiiniä, tyrosiinia, fenyylialaniinia ja leusiinia.(Iglesias *et al.*, 2006) Vapaiden aminohappojen määrää arvioimalla voidaan myös jäljittää hunajan alkuperää.(Anklam, 1998)

Hunajassa on myös pieniä määriä erilaisia entsyymejä. Yleisimmin hunajassa olevia entsyymejä ovat diastaasi, invertaasi, glukoosioksidaasi, katalaasi ja fosfataasi. Diastaasi hajottaa hunajassa tärkkelystä. Invertaasi on mehiläisen erittämää ja sitä tarvitaan sakkaroosin invertoimiseen glukosiksi ja fruktoosiksi. Kotimaisessa hunajassa on havaittu suurempia invertaasipitoisuuksia kuin tuontihunajassa. (Vartiainen & Ollikka, 2004) Glukoosioksidaasi tuottaa hunajaan glukonihappoa sekä hajottaa glukoosia vetysuperoksidiksi ja glukonolaktoniksi. (Skrönkki, 1991)

4.4 Hapot

Hunajan happamuus ja sen sisältämät hapot edesauttavat hunajan säilymistä ja ehkäisevät mikro-organismien kasvua. Hunaja sisältää mm. glukonihappoa, etikkahappoa, butuurihappoa, sitruunahappoa, muurahaishappoa, maitohappoa, maleiinihappoa, omenahappoa, oksaalihappoa, pyroglumiinihappoa, sukkiiniinihappoa (Skrönkki, 1991) sekä askorbiinihappoa (Gheldof *et al.*, 2002). Eniten hunajassa on glukonihappoa, jota muodostuu glukoosioksidaasientsyymien avulla glukoosista. (Skrönkki, 1991)

Happokoostumuksen muutoksilla voidaan myös määrittää hunajan laatua. Vapaiden aminohappojen määrä on mesikastehunajissa suurempi kuin kukkaishunajissa. (Bogdanov, 2002; Iglesias *et al.*,

2006) Esimerkiksi mesikastehunajat saattavat sisältää jopa kaksi kertaa enemmän muurahaishappoa, kolme kertaa enemmän oksaalihappoa ja 60 % enemmän vapaita happoja. (Bogdanov, 2002)

Hunajan kokonaishappamuuteen vaikuttavat niin hunajan sisältämät hapot kuin myös hunajan laktonit. (Cavia *et al.*, 2007) Kaikkein merkittävin happamuuden aiheuttaja hunajassa on glukonihappo. Glukonihapon tasapainotila glukonolaktonin kanssa vaikuttaa myös happamuuteen. (Cavia *et al.* 2007, White 1979 mukaan)

4.5 Vitamiinit sekä kivennäis- ja hivenaineet

Hunajan vitamiinipitoisuus on suhteellisen vähäinen. Taulukosta 1. on huomattavissa, että hunajassa on kuitenkin pieniä määriä B-ryhmän vitamiineja, K-vitamiinia sekä C-vitamiinia. Eniten hunajassa on C-vitamiinia, 40 mg/100 g. B-ryhmän vitamiineista eniten hunajassa on riboflaviinia 0,04 mg/100 g, niasiinia 0,2 mg/100 g ja tiamiinia 0,01g/100 g. K-vitamiinia on hunajassa löytyvistä vitamiineista vähiten 0,0002 mg/100 g. (Kansanterveyslaitos, 2007)

Taulukko 1. Vitamiinipitoisuudet hunajassa

Vitamiini	Pitoisuus (mg/100 g)
C-vitamiini	4,0
niasiiniekvivalentti NE	0,2
riboflaviini (B2)	0,04
tiamiini (B1)	0,01
K-vitamiini	0,0002

(Lähde: Kansanterveyslaitos, 2007)

Kivennäis- ja hivenaineita hunajassa on huomattavasti enemmän kuin vitamiineja. Kivennäis- ja hivenaineista hunajassa on kaikkein eniten kaliumia 60,0 mg/100 g. (ks. Taulukko 2.) Muita kivennäis- ja hivenaineita on huomattavasti vähemmän. (Kansanterveyslaitos, 2007)

Taulukko 2. Hunajan kivennäis- ja hivenainesisältö

Kivennäis- tai hivenaine	Pitoisuus (mg/100 g)
Kalium	60,0 mg
Fosfori	7,0 mg
Kalsium	5,0 mg
Jodidi	5,0 mg
Magnesium	3,0 mg
Natrium	2,2 mg
Rauta	0,5 mg
Seleeni	0,5 mg
Sinkki	0,1 mg

(Lähde: Kansanterveyslaitos, 2007.)

Tuzen *et al.* (2007) tutkivat hunajan hivenainepitoisuuksia turkkilaisissa hunajissa. Rautaa tutkituissa hunajissa oli eniten, 1,8–10,2 µg/g eli 0,18–1,02 mg/100g ja kadmiumia vähiten 0,0009–0,0179 µg/g eli 0,09–1,79 µg/100 g. Vaikuttaa myös siltä, että hivenainepitoisuudet eri alueiden hunajissa riippuvat pitkälti kontaminaatioista ympäristöstä. Teollisuusalueen lähistöillä tuotetut hunajat sisältävätkin enemmän Cu, Mn, Zn, Ni, Se sekä Fe kuin kaukana teollisuusalueelta tuotetut hunajat. (Tuzen *et al.*, 2007) Toisaalta on myös osoitettu, että hunajat joiden kivennäisainepitoisuus on alhainen ja kalsiumpitoisuus korkea, saattavat kontaminoitua tavallista helpommin haitallisella kadmiumilla ja raudalla. Hunajat, joiden kivennäisainepitoisuus on korkea, saattavatkin sietää suurempia raskasmetallipitoisuuksia ympäristössään. Täten esimerkiksi mesikastehunajat eivät kontaminoidu raudalla tai sinkillä yhtä helposti kuin kukkaishunajat. (Przybylowski & Wilczyńska, 2001)

4.6 Flavonoidit

Hunaja sisältää yli 150 polyfenolista yhdistettä, mukaan lukien flavonoidit. (Buratti *et al.*, 2007) Flavonoidipitoisuus hunajassa vaihtelee, mutta keskimääräiseksi flavonoidipitoisuudeksi on arvioitu noin 0,06 mg/100g. Tarkemmin hunajan sisältämät flavonoidit on määritelty flavanoneiksi. Antimikrobisesti toimiva flavononi hunajassa on pinocemriini, mutta myös pinobanksiini flavononia on yksi hunajan yleisimmistä flavanoneista. (Weston, Brocklebank & Lu, 2000) Flavonit galangiini ja krysiini kuuluvat myös hunajan sisältämiin tärkeimpiin flavonoideihin. (Gheldof *et al.*, 2002) Feno-

lisiä yhdisteitä hunajassa ovat myös p-hydroksybentsoehappo, bentsoehappo ja kanelihappo. (Weston, Brocklebank & Lu, 2000) Muita hunajasta löydettyjä yhdisteitä ovat mm. myrisetiini, kampferoli-3-ramnosiini, myrisetiini-3'-metyylieetteri, isoramnetiini-3-ramnosiini, quersetiini. (Anklam, 1998)

4.7 Hunajan väri- ja hajuaineet

Hunaja voi olla väriltään kirkasta, mustaa, keltaista, punertavaa tai vihertävää sekä näiden eri sävyjä riippuen hunajan alkuperästä. Voikukasta saatava hunaja on tummankeltaista, kanervahunaja on punertavan ruskeaa ja apilahunaja valkoista. Ristikukkaisista kukista saatava hunaja on yleensä vaalean keltaista kun taas mesikasteesta saatavat hunajat ovat yleensä tummia. Kiteytyminen aiheuttaa myös värin vaalenemista. Samoin myös kiderakenteella on vaikutusta väriin. Mitä hienorakeisemmin kiteytynyt hunaja on, sitä vaaleammaksi hunajan väri muuttuu. Hunajan käsittelyllä on myös vaikutusta hunajan väriin. (Hämäläinen, Korpela & Långfors, 1978)

Hunajan makuun vaikuttavat lähinnä hunajan sokerien glukonihapon ja proliinin suhteet. Makuun vaikuttavat myös mehiläisten erittämät entsyymit, maaperä, ilmasto sekä vuodenaika. Suomalainen hunaja on useimmiten maultaan mietoa sekakukkahunajaa. Rypsi-, tattari- ja kanervahunaja ovat maultaan usein voimakkaita, kun taas apilahunaja on pehmeää ja vadelmahunajaa kuvaillaan hienoksi. (Hämäläinen, Korpela & Långfors, 1978)

5. Hunaja EU:ssa

EU:ssa on säädetty asetus (Neuvoston direktiivi 2001/110/EY) koskien hunajaa, jonka mukaan ”Hunajalla tarkoitetaan luontoperäistä makeaa ainetta, jonka hunajamehiläinen (*Apis mellifera*) on tuottanut kukkien medestä tai kasvien elävien osien eritteistä tai tiettyjen kasveja imevien hyönteislajien/kasvien elävillä osilla olevista eritteistä, ja jota mehiläiset keräävät, muuntavat yhdistellen tiettyjen itsestään peräisin olevien aineiden kanssa, saostavat, kuivaavat, varastoivat sekä jättävät kehittymään ja kypsymään hunajakennoihin”. Asetuksessa on säädetty hunajaa koskevat laatukriteerit sekä hunajan nimitykset, tuotekuvaukset ja pakkausmerkintöjä koskevat erityisrajoitukset. Asetuksen mukaan hunajasta ei saa myöskään poistaa mitään yksittäistä ainesosaa muutoin kuin siinä tapauksessa, ettei poistamista voi välttää vierasta orgaanista tai epäorgaanista ainetta poistettaessa. Vieraan aineen poistokielto koskee myös siitepölyä, mutta mikäli siitepölyä poistuu merkittävä määrä vieraiden aineiden poiston yhteydessä, on siitä ilmoitettava kuluttajalle. Myös hunajan

alkuperämaa on ilmoitettava, mutta mikäli alkuperämaita on useita riittää merkintä EY:stä peräisin oleva hunaja tai EY:n ulkopuolelta peräisin olevan hunajan sekoitus. (Neuvoston direktiivi 2001/110/EY) Suomalainen lainsäädäntö on pyritty yhdenmukaistamaan EU:n antamien säädösten mukaisiksi, ja hunajastakin annettu Kauppa- ja teollisuusministeriön asetus (447/2003). (Kauppa ja teollisuusministeriö, 2003) Lisäksi Maa- ja metsätalousministeriö on antanut asetuksen (1/EEO/2007) vieraista eläimistä saatavissa elintarvikkeissa koskien myös hunajaa. Asetus koskee erityisesti eläinten lääkintää ja toimenpiteitä, mikäli jäämiä havaitaan. (Maa- ja metsätalousministeriö, 2007)

5.1 Hunajan laatu

Kansainväliset hunajan laatua koskevat standardit on määritelty EU:ssa ja FAO:n ja WHO:n elintarvikkeita koskevien standardien kehittämiseksi perustamassa Codex Alimentarius:ssa. Codex Alimentarius onkin määrittänyt myös hunajan tuottamista ja laatua koskevat maailmanlaajuiset standardit yhdessä International Honey Commissionin kanssa helpottamaan kaupankäyntiä ja takamaan turvallisia tuotteita kuluttajille. Pääosin nämä kaksi erillistä laatua koskevaa ohjeistusta vastaavat toisiaan joitakin yksittäisiä kohtia lukuun ottamatta. Erona tosin on, että Codex Alimentarius standardien noudattaminen on vapaaehtoista, kun taas EU:n asettamat säädökset ovat jäsenvaltioilleen pakollisia. (Bogdanov *et al.*, 1999)

Taulukko 3. EU:n ja International Honey Commissionin (IHC) asettamat rajat hunajan sisältämien ainesosien pitoisuudelle ja ominaisuuksille

Ominaisuus	EU:n asettamat viitearvot	International Honey Commissionin viitearvo
Vesipitoisuus	< 20 %	< 20 %
Fruktoosi+glukoosi -pitoisuus	> 60 %	> 60 %
Sakkaroosi	< 5 %	< 5 %
Hydroksymetyyli- furfuraali (HMF) (mg/kg)	< 40	< 60
Diastaasi (Schaden yksikkö)	> 8	> 8
Vapaat hapot (meq/kg)	< 50	< 50
Sähköjohtokyky (mS x cm ⁻¹)	< 0,8	< 0,

(Lähde: Persano Oddo & Piro 2004)

Taulukosta 3. on huomattavissa, etteivät International Honey Commissionin (IHC) ja EU:n asettamat yleiset kriteerit hunajan ominaisuuksille poikkea juuri lainkaan toisistaan. Suurimmat erot EU:n ja IHC:n säädöksissä koskevat yksittäisistä kasveista saatavien hunajien laatua.

5.1.1 Vesipitoisuus

Hunajan vesipitoisuus on riippuvaista lähinnä hunajan sisältämistä sokereista sekä aminohappokoostumuksesta. Glukoosi sitoo 3,7 moolia vettä yhtä glukoosimoolia kohti. Sakkaroosi voi sitoa kaksinkertaisen määrän vettä verrattuna glukoosiin (Railonsala, 1991) ja fruktoosi puolestaan voi sitoa vielä sakkaroosiakin enemmän vettä (Parkkinen & Rautavirta, 2003). Hunajan sisältämistä aminohapoista erityisesti proliini sitoo vettä. Mitä vähemmän hunajassa on aktiivista vettä (a_w) sitä paremmat edellytykset hunajalla on säilyä. Elintarviketeollisuudessa proliinia hyödynnetäänkin kosteuden aiheuttaman pilaantumisen ehkäisyssä. (Railonsala, 1991) EU:n hunaja asetuksen mukaan (2001/110/EY) hunajan vesipitoisuuden tulee olla alle 20 % (ks. Taulukko 2.) Poikkeuksena kuitenkin on Suomessakin paljon tuotettu kanervahunaja, jonka vesipitoisuus voi EU:n asetuksen mukaan olla alle 23 %. IHC:n asettama viitearvo korkeimmaksi sallitaksi kanervahunajan vesipitoisuudeksi on puolestaan 21,5 %. (Persano Oddo & Piro, 2004) Lajihunajien normaalit kosteuspitoisuudet voivatkin poiketa hieman toisistaan. Hunajan säilyvyyden paranteleminen kuivaamalla vähentää aromiaineiden määrää hunajassa. (Railonsala, 1991)

5.1.2 Sokeripitoisuus

Hunajan glukoosin ja fruktoosin sokeripitoisuuden suositusarvoksi on asetettu EU:ssa yli 60 %. Tämä koskee muita kuin mesikastehunajia sekä mesikastehunajien ja kukkaishunajien sekoituksia. Mesikastehunajille sekä mesikastehunajien ja kukkaishunajien sekoituksille glukoosin ja fruktoosin yhteiseksi suositusarvoksi on asetettu 45 %. (Bogdanov, Martin & Lüllmann, 1997)

5.1.3 Hydroksymetyylifurfuraalipitoisuus

Hydroksymetyylifurfuraali (HMF) -pitoisuus kertoo hunajan tuoreudesta ja kuumennuksesta. HMF on syklinen aldehydi, jota muodostuu glukoosin ja fruktoosin dehydroituessa happamassa ympäristössä. Tuoreissa hunajissa ei ole käytännössä lainkaan HMF:a, mutta sen pitoisuus kasvaa varastoinnin kestäessä riippuen kuitenkin hunajan happamuudesta ja varastointilämpötilasta. (Tosi, 2004) Lämpökäsittelyt lisäävät hunajan HMF-pitoisuutta. Mikäli hunajaa käsitellään yli 130 C°:ssa lyhyitäkin aikoja, nousee HMF:n määrä yli kansainvälisesti sovittujen rajojen. (Tosi et al., 2002)

5.1.4 Diastaasi

Diastaasin määrää mitataan määrittämällä hunajan tärkkelyspitoisuus, sillä mehiläisten lisäämä diastaasi hajottaa tärkkelystä hunajassa. Kuumentaminen alentaa diastaasin aktiivisuutta hunajassa. Rajoitukseksi asetettu yli 8 Schaden yksikön arvo (ks. Taulukko 2) takaa, ettei kaikkea diastaasia hunajassa ole tuhottu liiallisella kuumennuksella. (Bogdanov, Martin & Lüllmann, 1997)

5.1.5 Sähkönjohtokyky

Hunajan sähkönjohtokyky riippuu hunajan tuhka- ja happokoostumuksesta. Mitä enemmän hunajassa on kivennäis- ja hivenaineita sekä happoja, sitä suurempi on myös sähkönjohtokyky. Sähkönjohtokykyä käytetään myös sen määrittämiseen, mistä kasveista hunaja on peräisin. Erityisesti mm kanerva-, eukalyptus-, lehmus- ja laventelihunajien sähkönjohtokyky on normaalia hunajaa arvoa suurempi, joten niiden sähkönjohtokyvylle on asetettu omat viitearvonsa. (Bogdanov, Martin & Lüllmann, 1997)

5.1.6 Happamuus

Varastoinnin aikana on huomattavissa vapaiden aminohappojen määrän vähenevän huoneenlämpöisessä varastossa yhdeksän ensimmäisen varastointikuukauden aikana. Medestä saatavan kukkais-hunajan ja mesikastehunajan vapaiden aminohappojen määrä vähenee samassa suhteessa huolimatta niiden erilaisista vapaiden aminohappojen pitoisuuksista. Pelkästään varastointiaika vaikuttaa merkittävästi β -alaniinin, valiinin, isoleusiinin ja ornitiinin pitoisuuksiin hunajassa. Erityisesti kukkais-hunajissa varastointi vähentää glutamiinihappoa, glutamiinia ja arginiinia peräti 45-52 % alkuperäisestä pitoisuudesta. (Iglesias *et al.*, 2006)

Sekä varastointi että kiihtynyt kiteytyminen vaikuttavat hunajan laktonipitoisuuteen. Laktonipitoisuus vähenee pitkäaikaisessa hunajan varastoinnissa siinä missä vapaiden happojen määrä kasvaa. Kiteytymisellä, aktiivisen veden määrällä tai kosteudella ei kuitenkaan ole merkittävää vaikutusta hunajan happamuuden aiheuttamaan vanhenemiseen. (Cavia *et al.*, 2007)

5.1.7 Kiteytyminen

Hunaja on glukoosin suhteen ylikylläinen liuos, minkä seurauksena glukoosi myös helposti kiteytyy. Kiteytymiseen kuitenkin vaikuttaa myös hunajan alkuperä. (Bhandari & Bareyre, 2003) Hunajan kiteytymistä edesauttavat erityisesti vierasainejäämät ja liukoiset epäpuhtaudet sekä varastointilämpötila ja proteiinien läsnäolo. Fruktoosi kuitenkin ehkäisee glukoosin kiteytymistä hunajassa. (Zamora & Chirife, 2006) Erityisesti myös aktiivisen veden (a_w) määrän noustessa tapahtuu glukoosin suhteen ylikylläisessä hunajassa glukoosin kiteytymistä. Kiteytyminen jatkuu, kunnes hunaja on

saavuttanut kylläisyypisteen. Samalla vapautuu vesimolekyylejä, jolloin aktiivisen veden määrä lisääntyy. Liuottamalla glukoosikiteitä uudelleen ja mittaamalla veden aktiivisuutta ennen ja jälkeen liuotuksia, voidaan määrittää kiteytyneen glukoosin määrä hunajassa. (Bhandari & Bareyre, 2003)

5.2 Lajihunajien erityispiirteitä

5.2.1 Kanervahunaja

Kanerva on yksi myöhäiskesän tärkeimmistä hunajakasveista Pohjois- ja Länsi-Euroopan alueella. Kanervahunajalle tyypillistä on nk. paksuuntuminen, joka johtuu lähinnä sen sisältämistä kolloidisista proteiineista. Kanervahunajaa voidaankin pitää hillomaisena hunajana. Kanervahunajan vesipitoisuus on suhteellisen suuri johtuen myöhäisestä tuotantoajankohdasta. Kanervahunaja sisältää suhteellisen paljon eri happoja, kuten oksaalihappoa, galakturonihappoa, propionihappoa, omenahappoa sekä D-glukonihappoa. (Nozal *et al.*, 2003) Vapaiden happojen määrä kanervahunajassa onkin korkea 32,1 meq/kg, minkä johdosta HMF-arvo kohoaa helposti. Näiden ominaisuuksiensa vuoksi kanervahunaja on suhteellisen lyhytikäistä. (Persano & Oddo, 2004)

Väritään kanervahunaja on hyvin tummaa ja sävyltään oranssia. Myös maultaan se on suhteellisen vahvaa, eikä sitä aistita kovinkaan makeana. Tummat ja voimakkaat hunajat sisältävätkin usein paljon kivennäis- ja hivenaineita, jotka havaitaan myös korkeana sähkönjohtokykynä. (Vartiainen & Ollikka, 2004) Kanervahunajassa on fruktoosia keskimäärin 40,8 g/100 g ja glukoosia 32,5 g/100 g. Kiteytyessään se muodostaa suuria pyöreitä kiteitä. Kemiallisesti kanervahunaja on tunnistettavissa korkean proteiinipitoisuutensa ansiosta. Proliinia kanervahunajassa voi olla peräti 0,0646 g/100 g, mikä on erittäin paljon verrattuna muihin eurooppalaisiin hunajiin. (Persano & Oddo, 2004)

5.2.2 Voikukkahunaja

Voikukkahunajalle tyypillistä on keltainen väri. Sen maku on vahva ja se kiteytyy varsin nopeasti johtuen sen suuresta glukoosipitoisuudesta 38,0 g/100 g verrattuna muihin yleisiin eurooppalaisiin hunajiin. Voikukkahunaja kiteytyy kuitenkin hyvin hienorakeiseksi. Fruktoosia voikukkahunajassa on keskimäärin 37,4 g/100 g, mikä on melko vähän suhteessa muihin yleisiin eurooppalaisiin hunajiin. (Persano & Oddo, 2004)

Voikukkahunaja ei ole kovinkaan hapanta ja sen pH onkin keksimäärin 4,5. Vapaita happoja voikukkahunajassa puolestaan on 10,9 meq/kg. Tämän takia voikukkahunajaa ei myöskään aistita kovin happamana. Proliinia voikukkahunajassa on suhteellisen paljon 0,0348 g/100 g, mutta kuitenkin vain puolet kanervahunajan proliinipitoisuudesta. (Persano & Oddo, 2004)

5.2.3 Rypsihunaja

Rypsihunajalle tyypillistä on nopea kiteytyminen. Tämä johtuu sen suuresta glukoosipitoisuudesta. Verrattuna muihin yleisiin eurooppalaisiin hunajiin rypsihunajan sokeripitoisuus onkin aivan korkeimpien arvojen joukossa 40,5 g/100g:n pitoisuudella. Kuten voikukkahunajakin, kiteytyy myös rypsihunaja suhteellisen pieniksi kiteiksi. Rypsihunajaa käytetäänkin usein kiteytymisen alkuympyrinä hunajan tuotannossa. (Persano & Oddo, 2004)

Rypsihunajan sähkönjohtokyky on suhteellisen alhainen verrattuna eurooppalaisiin hunajiin. Tämä johtuu rypsihunajan suhteellisen korkeasta pH:sta 4,1 sekä melko alhaisesta vapaiden happojen määrästä. Rypsihunajan proliinipitoisuus ei ole kovin korkea 0,0235 g/100 g. Väriltään rypsihunaja normaalin hunajan väristä, eikä väri olekaan kovin voimakas. Maultaan rypsihunajaa kuvataan hedelmäiseksi ja kasvimaiseksi. (Persano & Oddo, 2004)

5.2.4 Mesikastehunaja

Mesikastehunajaa voivat tuottaa mehiläisten lisäksi myös muut hyönteiset useista eri havupuista ja lehtipuista. Eri mesikastehunajien ominaisuudet voivat poiketa huomattavasti toisistaan. Tyypillistä mesikastehunajille on kuitenkin korkea sähkönjohtokyky ja pH (jopa 5,1) sekä alhainen glukoosin ja fruktoosin pitoisuus. Väriltään mesikastehunajat ovat tummia. Niiden makua on kuvattu puumaiseksi ja makeutta keskimakeaksi. (Persano & Oddo, 2004)

6. Hunajan haitallisuus

6.1 Hunajan vaikutus hammaskariekseen

Bowen & Lawrence (2005) ovat tutkineet hunajasta valmistetun liuoksen vaikutusta hammaskariekseen erityisesti lapsilla. Myös muita runsaasti sokereita sisältäviä liuoksia käytettiin tutkimuksessa vertailukohtana. Hunaja ei sokerikoostumukseltaan ole yhtään terveellisempi hampaiden kariogeenisuudelle kuin sakkaroosi, vaikka näin usein ilman tieteellistä pohjaa väitetäänkin. Bowen & Lawrence (2005) mukaan hunajasta valmistettu 10 % -liuos on kuitenkin yhtä haitallinen hampaille kuin cola-juoma tai 10 % sakkaroosiliuos. Vertailtaessa erityisesti näitä juomia, oli havaittavissa, että huomattavaa eroosiota hampaiden pinnalla aiheuttavat erityisesti cola-juoma sekä hunajaliuos. Lehmän maito ja ihmisen rintamaito eivät olleet läheskään yhtä haitallisia hampaille kuin cola-, sokeri- tai hunajajuomat. Tulokset hunajan kariogeenisuudesta eivät tosin ole yllättäviä kun otetaan huomioon hunajan korkea sokeripitoisuus. (Bowen & Lawrence, 2005)

6.2 Hunaja ja allergia

Hunaja voi aiheuttaa allergisia reaktioita, kuten niin monet muutkin ruoka-aineet. Allergisten reaktioiden aiheuttajana hunajassa toimivat pääasiassa mehiläisten hunajaan erittämät yhdisteet. (Ibero *et al.* 2002) Myös hunajan sisältämän siitepölyn on todettu aiheuttavan allergisia reaktioita. On kuitenkin osoitettu, että siitepölylle allergiset henkilöt ovat vain harvoin allergisia hunajalle. Allergisuus mehiläisen myrkyllä ei aiheuta allergisuutta hunajalle, mutta allergisuus hunajalle kertoo myös allergisuudesta mehiläisen myrkyllä. (Kiistala *et al.*, 1995) Hunajan ja muiden mehiläisestä peräisin olevien tuotteiden välillä onkin havaittavissa yhteyksiä. Pääasiassa yliherkkyyttä hunajalle aiheuttavat mehiläisestä ja kasvien siitepölystä peräisin olevat proteiinit. (Bauer *et al.*, 1996)

6.3 Mikrobit hunajassa

Hunaja ei luonnostaan sisällä juuri lainkaan mikrobeja. Mahdollisia primaarisia mikrobikontaminaatiolähteitä ovat siitepöly, mehiläisten ruoansulatustuotteet, pöly, ilma, maa ja mesi. Muita mahdollisia kontaminaatiolähteitä ovat ns. sekundaariset lähteet kuten hunajankerääjän kädet, laitteisto ja rakennukset, joissa hunajaa käsitellään. Erityisesti itiöivät bakteerit ja hiivat ovat hunajassa viihtyviä mikrobeja. Useimmat hunajat sisältävät hiivoja, mutta kuitenkin alle 100 pesäkettä muodostavaa yksikköä grammassa (pmy/g) hunajaa. Hiivoja voi kuitenkin kasvaa hunajassa suurinakin määrinä. Myös leviä voi esiintyä mesikastehunajissa. Ihmisen suolistovirukset voivat säilyä hunajassa jonkin aikaa sopivassa lämpötilassa. (Snowdon & Cliver, 1996)

6.3.1 Bakteerit

Bacillus-suvun bakteerien itiöt ovat hunajassa useimmin esiintyviä mikrobeja. Erityisesti hunajassa vallitsevia bakteerien itiöitä ovat *Bacillus cereus*, *B. coagulans*, *B. megaterium* ja *B. alvei*. Kuitenkaan taudinaiheuttajabakteereita ei ole löydetty hunajasta. *Bacillus*, *Micrococcus* ja *Clostridium* suvut ovat yleisiä ilmassa ja maaperässä, josta niiden kontaminaation hunajaan epäilläänkin useimmiten olevan peräisin. Hunajan kypsymisen aikana hunaja sisältää myös *Lactobacillus*- ja *Gluconobacter*-suvun bakteereja, mutta ne katoavat hunajan saavutettua lopullisen alhaisen kosteuspitoisuutensa. (Ruiz-Argueso & Rodriguez-Navarro, 1975) Hunajan antimikrobisten ominaisuuksien vuoksi bakteerit eivät voi lisääntyä hunajassa ja korkea bakteeripitoisuus kertoo vain äskettäisestä sekundaarisesta bakteerikontaminaatiosta. Bakteerien selviytymisaikaan hunajassa voi vaikuttaa hunajalaatu sekä kosteuspitoisuus. Hunajateollisuudessa

bakteerien itiöiden määrän on todettu vaihtelevan 1-5000 pmy/g ja tähän määrään vaikuttaa hunajan laadun lisäksi myös ikä, korjausaika ja käytetty analysointitekniikka. (Snowdon & Cliver, 1996)

6.3.2 *Clostridium botulinum* hunajassa

Clostridium botulinum bakteerit ovat anaerobisia, gram-positiivisia, itiöiviä bakteereita, jotka voivat tuottaa botuliini hermomyrkkymyrkkyä. *C. botulinum* bakteerin seitsemän tyyppiä on nimetty kirjaimin A:sta G:hen. Kolme yleisintä *C. botulinum* bakteerin tyyppiä ovat ruoan välityksellä tarttuva bakteeri, haavan aiheuttama bakteeri ja alle 1-vuotiailla lapsilla esiintyvä bakteeri. (Midura, 1996) Suurin osa lapsilla esiintyvistä botulismi tapauksista aiheuttaa *C. botulinum* A ja B tyypit. Muita ihmisissä botulismia aiheuttavia *C. botulinum* tyyppejä ovat E- ja F-tyypit. Eläimissä botulismia aiheuttavat *C. botulinum* C- ja D-tyypit. (Midura T F, 1996)

Hunaja on *C. botulinum* lähde erityisesti imeväisikäisillä lapsilla. Myös ympäristö toimii *C. botulinum* itiöiden lähteenä. Samantyyppistä botulismia aiheuttavaa bakteeria löytyy yleensä myös maaperästä siltä alueelta, jossa myös botulismia ilmaantuu. (Midura *et al.*, 1979) Myös siitepöly, pöly sekä ilma ovat mahdollisia kontaminaatiolähteitä. (Nevas *et al.*, 2005)

Alle 1-vuotiailla lapsilla esiintyvä botulismi johtuu lasten suolistomikrobiston kehittymättömyydestä. (Nevas *et al.*, 2005). Hunajan korkea sokeripitoisuus, alhainen pH, alhainen proteiinipitoisuus, hapettavat entsyymit sekä antimikrobiset yhdisteet estävät itiöiden kasvun hunajassa. (Snowdon & Cliver, 1996) Klostridi-itiöt voivat kuitenkin kehittyä lasten suolistossa ja tuottaa suolistosta imeytyvää botuliini-hermomyrkkyyä. (Midura, 1996) Ongelmallista on, ettei itiöitä ei kuitenkaan voida poistaa hunajasta ilman hunajan laadun huononemista. (Nevas *et al.*, 2005) Suomessa Kauppa ja teollisuusministeriön asetuksen (447/2003) mukaan hunajan antamisesta alle 1-vuotiaille lapsille voi liittyä botulismivaara. Kauppa- ja teollisuusministeriön pakkausmerkintäasetuksen (1083/2004) vuoksi Elintarviketurvallisuusvirasto edellyttääkin hunajan pakkausmerkintöihin maininnan ”Ei alle 1-vuotiaille lapsille” tai ”Vain yli 1-vuotiaille lapsille”. (Evira, 2007)

Tyypillisesti *C. botulinum* itiöitä on 5 % hunajissa ja yleensä alle 1 kpl/g. (Snowdon & Cliver, 1996) Nevas *et al.* (2006) tutkivat eroja pohjoismaisten hunajien *C. botulinum* itiöiden pitoisuuksissa. Suurin pitoisuus vaikuttaa olevan tanskalaisissa hunajissa, joista 26 % oli kontaminoitunut. Pienin pitoisuus puolestaan oli ruotsalaisissa hunajissa, joissa vain 2 % oli kontaminoitunut. Suomalaisissa hunajissa on puolestaan havaittu *C. botulinum* tyyppejä A ja B keskimäärin 7 % hunajista. (Nevas *et al.*, 2002) Tyypin B *C. botulinum*ia on yleisimmin tanskalaisissa ja norjalaisissa hunajis-

sa, kun taas ruotsalaisissa hunajissa yleisin *C. Botulinumin* tyyppi on E. Tyypin C *C. botulinumia* on tutkimusten mukaan eniten tanskalaisissa hunajissa. Itiöiden määrässä ei juurikaan ole eroja puristetun ja kennohunajan välillä. *C. botulinum* -itiöiden ilmaantuminen hunajaan voi heijastaa itiöiden määrä myös muussa ympäristössä. (Nevas *et al.*, 2005)

6.3.3 Homeet

Homeet eivät yleensä kykene kasvamaan hunajassa. Homekontaminaatio voi aiheutua mehiläisten ruoansulatustuotteista, pesänrakenteista ja mehiläisten ruokailuympäristöstä. Erityisesti kosteassa ympäristössä homeita voi esiintyä mehiläispesissä. Tyypillisimpiä homeita mehiläispesissä ja hunajassa ovat *Atichia*, *Coniothecium*, *Hormiscium* ja *Triposporium*. (Snowdon & Cliver, 1996)

6.3.4 Hiivat

Hiivat voivat lisääntyä happamassa ympäristössä, eikä sakkaroosi ehkäise niiden kasvua. Erityisesti osmofiiliset ja sokerinsietokykyiset hiivat ovat ongelmallisia hunajateollisuudessa. Ne lisääntyvät, vaikka vettä olisi äärimmäisen vähän. Tyypillisin hunajassa esiintyviä hiivoja ovat *Saccharomyces* spp., mutta myös mm. *Rhodotorula*, *Nematospora*, *Torula*, *Schwanniomyces*, *Zygosaccharomyces* ja *Schizosaccharomyces*-hiivoja löytyy hunajasta. Hiivat aiheuttavat hunajan käymisen. Käymistä kiihdyttävät kosteus, kohtalainen lämpötila, hunajan kiteytyminen, tuhkapitoisuus sekä typpi. Käymisen seurauksena muodostuu alkoholia ja hiilidioksidia ja hapekkaassa ympäristössä alkoholista voi edelleen muodostua etikkahappoa. Kosteuspitoisuudeltaan 17 % hunaja on taipuvainen käymiseen ja kosteuspitoisuudeltaan yli 19 % hunajassa käyminen on hyvin todennäköistä. Yleensä käymistä tapahtuu hunajan pinnalla, jossa vesipitoisuus on kohonnut. Hunaja, joka sisältää paljon hiivoja, ei ole markkinakelpoista. Teollisuudessa kontrolloidaan hiivojen määrää hunajassa erittäin tarkasti, eikä ole todennäköistä että hiivojen määrä ylittää 100 pmy/ 1g hunajaa. (Snowdon & Cliver, 1996)

6.4 Vierasainejäämät hunajassa

6.4.1 Formaalihappo ja oksaalihappo

Formaalihappoa ja oksaalihappoa käytetään yleisesti *Varroa destructor* -punkin torjunnassa mehiläistarhauksessa. Kumpaakin happoa esiintyy hunajassa luonnostaan, joten niiden käyttö myös *V. destructorin* torjunnassa on sallittua. Erityisesti kanervakasvienhunajassa ja muissa tummissa hunajissa oksaalihappoa on paljon, jopa yli 0,1 mg/g. (Nozal *et al.*, 2003) Kukkaishunajissa on todettu

olevan alhaisempi oksaalihappopitoisuus kuin kukkaishunajien ja mesikastehunajien sekoituksilla sekä puhtailla mesikastehunajilla. (Moosbeckhofer *et al.*, 2003) Formaalihiappokäsittely keväällä aiheuttaa jäämiä kesän hunajasatoon erityisesti leudossa ilmastossa. Formaalihiappokäsittelyä ei tulisikaan tehdä keväällä jäämien ehkäisemiseksi. Syksyllä tehdyt oksaalihappokäsittelyt eivät puolestaan aiheuta jäämiä seuraavan vuoden hunajasatoon. Oksaalihappo- ja formaalihiappokäsittelyjen ei ole todettu vaikuttavan merkittävästi hunajan vapaiden happojen määrään sveitsiläisissä kukkaishunajissa tai mesikastehunajissa. (Bogdanov, 2002) Moosbeckhofer *et al.* (2003) tutkimuksessa itävaltalaisilla hunajilla on myös saatu samansuuntaisia tuloksia oksaalihappokäsittelystä. Tutkimuksessa suurin aiheutuva oksaalihappopitoisuus hunajaan oli 0,068 mg/g. On myös huomattava, ettei tutkimuksessa kontrolliryhmällä *V. destructorin* torjunnassa käytetyistä formaalihiaposta (Apistan, Thymovar, Perizin, Apilac) aiheutunut muutoksia oksaalihappopitoisuuteen. (Moosbeckhofer *et al.*, 2003) Kokonaisuudessaan oksaalihappo- ja formaalihiappokäsittelyistä ei kuitenkaan aiheudu merkittäviä laatuun vaikuttavia jäämiä hunajaan (Bogdanov, 2002).

6.4.2 Organokloridien ja PCB:n jäämät hunajassa

Hunajassa ilmenevät torjunta-ainejäämät espanjalaisissa ja portugalilaisissa hunajissa ovat yleisimmän organoklorideja. Blasco *et al.* (2003) tutkimuksessa organokloridi γ -HCH:ta havaittiin eniten, jopa 50 % tutkituista näytteistä. Toisaalta Albero, Sánchez-Brunete & Tadeo (2001) tutkimuksessa jopa 64 % espanjalaisista hunajista löydettiin torjunta-ainejäämiä. Jäämiä löydettiin myös dikloorifluanidista, triallaatista sekä etaaliifluraliinista. (Albero, Sánchez-Brunete & Tadeo, 2001) Blasco *et al.* (2003) mukaan portugalilaisista hunajista jopa 95 % sisälsi jäämiä γ -HCH:sta. Organokloridi HCB oli toiseksi yleisin havaituista torjunta-ainejäämistä espanjalaisissa ja portugalilaisissa hunajissa. Myös DDT:n sekä sen johdannaisten jäämiä oli havaittavissa jopa 20 % hunajanäytteistä. Näytteistä 10 % sisälsi myös karbamaatteihin kuuluvaa torjunta-ainetta karbofuraania. Portugalilaiset hunajat sisälsivät enemmän torjunta-ainejäämiä kuin espanjalaiset hunajat. Organokloridit DDT, HCH ja HCB ovat olleet kiellettyjä Euroopassa jo vuosikymmeniä. Aiemmin runsaan käyttönsä vuoksi niitä näyttää hunajanäytteistä saatujen tulosten perusteella yhä olevan ympäristössä. On myös huomattava, että Blasco *et al.* (2003) tutkimuksessa tutkittiin myös neljä ekologisesti tuotettua hunajaa Espanjasta. Myös kyseiset hunajat sisälsivät korkeita torjunta-ainejäämiä. Torjunta-ainejäämät hunajassa eivät kuitenkaan ylitä hyväksyttävän päivittäisen saannin arvoja (ADI-arvoja eli Acceptable daily intake), joten niistä ei pitäisi aiheutua myrkytysriskiä. (Blasco *et al.*, 2003)

Myös turkkilaisten hunajien torjunta-ainejäämiä on tutkittu. Turkkilaisissa hunajissa havaittiin jäämiä γ -HCH:sta sekä Blasko *et al.* (2003) tuloksista poiketen poiketen myös PCB 28:sta. (Erdoğrul, 2007) Herrera *et al.* (2004) tutkimuksessa kuitenkin myös PCB 28 sekä PCB 138 havaittiin 50 % tutkituista espanjalaisista hunajista. PCB:tä havaittiinkin 83,75 % hunajanäytteistä, joissa PCB:n pitoisuus vaihteli 0,28–25,40 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Myös organokloridijäämiä havaittiin espanjalaisissa hunajissa, mutta niiden pitoisuus oli vain 0,17–7,90 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Epäpuhtauksien pitoisuudet olivatkin espanjalais-hunajissa hyvin alhaisia. Neljässä teollisuusalueen läheltä kerätyssä näytteessä havaittiin kuitenkin korkeita 100 $\mu\text{g}/\text{kg}$ PCB-pitoisuuksia. (Herrera *et al.*, 2004)

6.4.3 Fluvalinaatin jäämät hunajassa

Fluvalinaatti on synteettinen pyretroidi, jota käytetään hyönteismyrkkinä. Mehiläistarhauksessa sitä käytetään lähinnä *V. destructor*-punkin vastaan ja markkinoilla sitä myydään Apistan sekä Mavrik-merkkisinä valmisteina. Mehiläistarhaajat ruiskuttavat nestemäistä Mavrikia pesiin, kun taas Apistania mehiläiset levittävät itse jaloissaan pesiin asetetuista muoviliuskoista. (Tsigouri *et al.*, 2004) Mavrik-käsittelystä aiheutuviin jäämiin vaikuttavat käsittelyn kesto, vuodenaika ja mehiläisten aktiivisuus. Toistuvat käsittelyt fluvalinaatilla johtavat jäämiin erityisesti mehiläisvahassa. (Wallner, 1999)

Tsigouri *et al* (2004) tutkimuksessa Apistanista peräisin olevia fluvalinaattijäämiä hunajassa oli keskimäärin 0,006 $\mu\text{g}/\text{g}$. Fluvanaattijäämien määrään vaikuttaa liuskojen käyttöaika pesässä. Mavrikin jäämät ovat korkeimmillaan päivä käsittelyn jälkeen. Tsigouri *et al.* (2004) tutkimuksessa fluvanaattijäämät vähenivät kuitenkin syyskäsittelystä niin, että kevään lopussa jäämiä oli enää 0,001–0,0002 $\mu\text{g}/\text{g}$. Toisen käsittelyn jälkeen syksyn lopussa jäämiä oli 0,0028–0,0125 $\mu\text{g}/\text{g}$. Syksyllä tehdyn käsittelyn tyyppi ei aiheuttanut suurta eroa hunajassa havaittuihin jäämiin keväällä. Tämä voi johtua vanhan hunajan laimentumisesta uudella hunajalla. Mavrik-käsittely aiheutti syksyllä enemmän jäämiä hunajaan kuin Apistan-käsittely. Mehiläisten liikkuvuus on syksyllä vähentynyt ja siksi jalkojen välityksellä leviävästä Apistanista ei aiheudu niin paljon jäämiä kuin Mavrik-käsittelystä. Kuitenkin Apistanista todetaan aiheutuvan pieniä fluvalinaattijäämiä hunajaan. (Tsigouri *et al.*, 2004)

6.4.4 Tylosiinijäämät hunajassa

Hunajan tuotannossa antibioottien ja torjunta-aineiden käytön negatiivisia puolia ovat mahdolliset allergiset reaktiot kuluttajilla sekä resistentit bakteerikannat. Mehiläisten tappajaa, esikotelomätää aiheuttavaa *Paenibacillus larvaeta* vastaan käytetään tylosiinia, joka on korvannut aiemmin käytetyt oksitetrasykliinin sekä sulfatiatsolin. Tylosiinipohjaisien makrolidien sisältämät yhdisteet koostuvat pääasiassa tylosiini A:sta, sekä vähemmässä määrin myös tylosiini B:stä eli desmykosiinista, tylosiini C:stä eli makrosiinista ja tylosiini D:stä eli relomysiinistä. Hunajaan siirtyy tylosiinilla käsittelystä pieniä jäämiä näistä kaikista tylosiinin muodoista. Erityisesti tylosiini A pelkistyy happamassa ympäristössä, kuten hunajassa, desmykosiiniksi. (Nozal *et al.*, 2006)

Tylosiinin siirtymistä hunajaan on tutkittu myös Kanadassa. Erityisesti syksyllä suoritettut tylosiinikäsittelyt takaavat tylosiinille pitkän vaikutusajan koko talven yli ennen kuin hunajaa aletaan uudestaan tuottaa. Talvettaminen myös pienentää antibioottijäämien siirtymistä hunajaan. Kun mehiläisille annettava siitepöly käsiteltiin tylosiinilla, ei hunajassa havaittu tylosiini A tai desmykosiini jäämiä lainkaan. Mehiläisille annettavan sokeriliuoksen käsittely tylosiinilla aiheutti paljon pienemmällä pitoisuuksilla jäämiä hunajaan kuin siitepölyn tylosiinikäsittely. Keväthunajan mahdolliset tylosiinijäämien pitoisuus vähenee kesän edetessä, kun tuotetun puhtaan hunajan määrä kasvaa. Hunajasadon korjausaika vaikuttaakin merkittävästi hunajan antibiottijäämiin. (Thompson *et al.*, 2007)

6.4.5 EDB- ja PDCB-jäämät hunajassa

Mehiläispesän rakenteissa ilmeneviä homeita *Galleria mellonellaa* ja vähemmässä määrin *Achroia grisellaa* vastaan on aiemmin käytetty 1,2-dibromietaani (EDB) ja 1,4-diklooribentseeniä (PDCB). EDB:n käyttö on ollut pitkään kiellettyä sen karsinogeenisuuden vuoksi. PDCB:tä käytetään lähinnä säilöntäaineena ja sen käyttö mehiläisten hoidossa voi johtaa jopa 0,01 mg/kg suuruisiin jäämiin. Kreikkalaisista hunajista on löydetty PDCB:n jäämiä ja yhdeksän näytettä 25:stä tutkitusta ylitti Sveitsissä PDCB:lle asetetun standardi raja-arvon 10 µg/kg. Kaksi tutkituista 25:stä näytteestä sisälsi peräti 186 µg/kg ja 261 µg/kg. EDB:tä löytyi neljästä näytteestä, mutta vain yhden näytteen sisältämä EDB:n määrä ylitti 30 µg/kg. (Tananaki *et al.*, 2005)

6.5 Hunajan vierasainejäämät ja laadunvalvonta Suomessa

Suomessa elintarvikkeiden laadunvalvonnasta vastaa Elintarviketurvallisuusvirasto (Evira) yhdessä tullilaboratorion kanssa. Hunajan koskee myös Maa- ja metsätalousministeriön asetus vieraista aineista eläimistä saatavissa elintarvikkeissa (1/EEO/2007) (Maa- ja metsätalousministeriö, 2007) Toisista EU-maista tai niiden kautta Suomeen tuotavia elintarvikkeita koskee EU:ssa ensisaapumispaikasta säädetyt asetukset. Ensisaapumispaikkaa valvoo kunnan valvontaviranomainen ja elintarvikviranomaisen rekisteröimä tuoja vastaa omavalvonnallaan tuoduista elintarvikkeista ja on velvollinen ilmoittamaan tuoduista eristä. EU:ssa jokainen jäsenvaltio on velvollinen toteuttamaan samantasoista vierasainevalvontaa ja yhdessä maassa hyväksytyt elintarvike-erä onkin markkinakelpoinen kaikkialla EU:ssa. (Elintarviketurvallisuusvirasto, 2006)

EU:n ulkopuolelta tuotavat eläimistä saatavat elintarvikkeet kulkevat hyväksytyjen ulkorajoilla sijaitsevien eläinlääkinnällisten rajatarkastusasemien kautta. Maa- ja metsätalousministeriön palveluksessa olevat eläinlääkärit tarkastavat tuotavat elintarvikkeet Suomen raja-asemilla. Vuonna 2004 ei havaittu poikkeamia hunajanäytteissä rajatarkastusasemilla tehdyissä tarkastuksissa. (Elintarviketurvallisuusvirasto, 2006)

Eviran vuoden 2004 Eläimistä saatavien vierasaineiden tutkimuksessa selvitettiin mm. hunajan sisältämien vierasaineiden pitoisuuksia Suomessa. Eläinlääkäri määrä mikrobilääkkeitä käytettäessä riittävän varoajan, ja sen sisällä tuotettua hunajaa ei saa myydä elintarvikkeeksi. Pitkäaikaisten lääkejäämien vuoksi sulfaa ei tulisi käyttää mehiläisten lääkitsemiseen. Yhden pesän lääkejäämät voivat aiheuttaa lähipesiin jäämiä ja aiheuttaa pakkaamossa 8 tonnin pakkauserän saastumisen. Pesien mikrobilääkehoito edellyttää asiantuntemusta ja jäämien ehkäisemiseksi esimerkiksi pesien saneeraus tulisi toteuttaa eläinlääkärin kanssa yhteistyössä.

Eviran vuoden 2004 vierasaineidentutkimuksessa selvitettiin lääkeainejäämistä erityisesti sulfayhdisteitä, sekä torjunta-aineista bromopropylaattia että klorobentsilaattia. Kielletyistä lääkejäämistä tutkittiin kloramfenikolia, jota ei kuitenkaan löydetty. Myös mehiläispesien mikrobitorjunnassa käytettyjä eläinlääkkeitä oksitetrasykliiniä, fumagilliinia, streptomysiiniä tai fluvalinaattia ei löydetty hunajasta. Kolmelta hunajantuotantotalalta löydettiin sulfayhdisteistä sulfatiatsolijäämiä, mutta muita lääkeainejäämiä tai orgaanisia kloori- tai fosforiyhdisteitä ei löytynyt hunajasta. Hunajan si-

sältämistä raskasmetalleista tutkittiin erityisesti lyijyä ja kadmiumia, joita löydettiin pieniä pitoisuuksia, mutta ei kuitenkaan yli sallittujen rajojen. (Elintarviketurvallisuusvirasto, 2006)

7. Hunajan terveellisyys

7.1 Hunajan antimikrobinen aktiivisuus

Hunajan antibakteerinen aktiivisuus on peräisin sekä fysikaalisista tekijöistä että kemiallisista tekijöistä. Fysikaalisia tekijöitä ovat mm. happamuus sekä osmolaarisuus. Hunajan antibakteerisuuteen vaikuttavia kemiallisia tekijöitä ovat vetyperoksidi, mehiläisvaha, mesi, siitepöly sekä propolis. Effemin (1998) mukaan osmolaarisuus on tärkeä tekijä käytettäessä hunajaa antibakteerisessa tarkoituksessa ihon haavoille. (Effem, 1988) Hunajan antimikrobisten ominaisuuksien on todettu estävän bakteerien, hiivojen ja homeiden kuten *Aspergillus*-, *Candida*-, *Penicillium*-sienien kasvua. (Snowdon & Cliver, 1996)

Whiten (1978) mukaan hunajan antimikrobisten ominaisuuksien tärkein aiheuttaja on vetyperoksidi, jota muodostuu glukoosin hapettuessa glukoosioksidaasientsyymin avulla. (Weston, Mitchell & Allen, 1999) Tämä entsyymattainen prosessi tapahtuu lähinnä epäkypsässä hunajassa, jota ei ole vielä haihdutettu lopulliseen vesipitoisuuteensa. Hiivat ja homeet eivät ole yhtä herkkiä vetyperoksidille kuin bakteerit. (Snowdon & Cliver, 1996) Muita kuin hunajan sisältämästä vetyperoksidista johtuvia antimikrobisia komponentteja hunajassa ovat aromaattiset hapot ja fenoliset yhdisteet. Matalan proteiinipitoisuutensa, korkean hiilen ja typen välisen suhteensa sekä happamuutensa vuoksi hunaja ei ole mikrobeille suotuisa kasvuympäristö. Homeiden ja anaerobisten bakteerien kasvua hunajassa estää hunajan alhainen pelkistyskyky, joka johtuu erityisesti pelkistävien sokerien suuresta määrästä. Hapen liukenemista hunajaan estää hunajan suuri viskositeetti, sillä hapen puute vaikeuttaa myös osaltaan bakteerien ja homeiden lisääntymistä hunajassa. Osmolaarisuus on myös erittäin keskeinen tekijä hunajan antimikrobisten ominaisuuksien aikaansaamisessa. Korkea osmoottinen paine imee nesteen bakteerisolusta ympäröivään hunajaan aiheuttaen samalla bakteerien kuoleman. (Snowdon & Cliver, 1996)

Hunajan antimikrobisiin ominaisuuksiin vaikuttaa myös se, mistä kasveista hunaja on peräisin. (Snowdon & Cliver, 1996) esimerkiksi erityisesti uusiseelantilaisen manukapuun hunajalla (*Leptospermum polygalifolium*) olevan korkea ei-peroksidinen antibakteerinen aktiivisuus. (Snowdon & Cliver 1996 Allen *et al.* 1991 mukaan) Myös peltorastilla (*Anchusa arvensis*) on ilmeisesti ei-

peroksidinen antimikrobinen aktiivisuus. (Snowdon & Cliver, 1996) Proteiineilla, peptideillä tai polysakkarideilla ei ole kuitenkaan havaittu huomattavaa antimikrobista vaikutusta hunajaan ainakaan paljon tutkituilla manukapuun hunajilla. (Weston, Brocklebank & Lu, 2000) Myöskään lysotsoymi entsyymillä ei vaikuta olevan yhteyttä manukahunajan antimikrobisiin ominaisuuksiin. (Weston 2000, Molan 1992 mukaan) Hunajassa olevia haihtuvia yhdisteitä on myös tutkittu antimikrobisten ominaisuuksien lähteenä. Medestä peräisin olevia haihtuvia yhdisteitä hunajassa on monia erilaisia, mutta niiden kokonaispitoisuus on varsin pieni. Haihtuvien yhdisteiden vaikutus hunajan antimikrobisiin ominaisuuksiin ei kuitenkaan ole kovin merkittävä. (Weston, 2000)

Hunajan antimikrobisia ominaisuuksia on tutkittu vetyperoksidilähtöisinä tai ei-vetyperoksidista johtuvina. Ei-peroksidinen antimikrobinen aktiivisuus säilyy hunajan altistuessa lämpökäsittelyille (Taormina, 2001) valolle tai pitkäaikaiselle varastoinnille toisin kuin vetyperoksidista johtuva antimikrobinen aktiivisuus (Bogdanov 1996). Fenolisten yhdisteiden on kuitenkin todettu olevan vain osittain vastuussa ei-peroksidiperäisestä antimikrobisesta aktiivisuudesta esimerkiksi uusiseelantilaisissa manukapuun hunajissa, siitepölyssä sekä propoliksessa. (Weston, Mitchell & Allen, 1999)

Tutkimuksissa on myös ilmennyt, että ei-peroksidista antimikrobisuutta aiheuttavien flavonoidien ja aromaattisten yhdisteiden määrä on yhtä suuri uusiseelantilaisissa manukapuun hunajissa kuin eurooppalaisissa hunajissa. (Weston, Brocklebank & Lu, 2000) Tästä on pääteltävissä, että ei-peroksidinen antimikrobinen aktiivisuus voikin olla lähtöisin vetyperoksidin tavallista suuremmasta määrästä. Siitepölystä peräisin olevaa, vetyperoksidia hajottavaa katalaasientsyymiä on todettu olevan manukapuun hunajassa muita hunajia vähemmän ja glukosioksidaasi-entsyymiä puolestaan muita hunajia enemmän. Koska vetyperoksidia saattaa olla suuria määriä manukapuun hunajassa, on mahdollista, että osa tästä vetyperoksidista välttyy katalaasientsyymien hajotukselta hunajan valmistumisen aikana. Täten hunajaan myös jää suuri määrä aktiivista vetyperoksidia toimimaan antimikrobisena tekijänä. (Weston, 2000) Toisaalta Taormina *et al.*, 2001 tutkimus antaa viitteitä että antimikrobisiin ominaisuuksiin vaikuttavat vetyperoksidin lisäksi olennaisesti myös muut tekijät.

Hunajan sisältämiä antibakteerisia yhdisteitä ovat fenoliset yhdisteet ja aromaattiset hapot johdannaisineen. Näitä yhdisteitä ovat jo aiemmin mainitut flavonoidit pinosembriini, pinobanksiini, **krysiini** ja galangiini, joita hunajasta on yleisesti löydettävissä. (Weston, Brocklebank & Lu, 2000) Manukapuun hunajasta on löydetty bentsoehappoa ja eri johdannaisineen, kuten syringiinihappoa ja fenyylilihappoa (Russell *et al.*, 1990), mutta myös esimerkiksi apilahunajasta sekä kanervahunajasta löytyy näitä antimikrobisia yhdisteitä (Weston, Brocklebank & Lu, 2000). Syringiinihapon ja sen

estereiden sekä muiden happojen on todettu toimivan antimikrobisesti *Staphylococcus aureusta* vastaan. Myös hunajasta löydettyillä 3,4,5-trimetoksybentsoaatilla sekä metyyli-3,5-dimetoksy-4-hydroksybentsoaatilla eli metyyliisyringaatilla on antimikrobista aktiivisuutta. Kahta viimeksi mainittua käytetään myös elintarketeollisuudessa säilöntäaineena. (Russell *et al.*, 1990) Suomessakin hunajakasvina esiintyvissä rypsissä ja apilassa on erityisen runsaasti metyyliisyringaatia. (Joerg & Sonntag, 1993) Apila- ja kanervahunaja sisältävät lisäksi myös vaniliinihappoa. (Weston, Brocklebank & Lu, 2000) Lisäksi hunajan antimikrobisiin ominaisuuksiin vaikuttavat glukonihappo, sitruunahappo, omenahappo ja muut hunajan orgaaniset hapot. Varastointi ja kuumennus vähentävät joidenkin antibakteeristen antioksidanttien määrää hunajassa. (Gheldof *et al.*, 2002)

Taormina *et al.* (2001) tutkivat eri hunajatyyppeiden kykyä estää *Escheria coli* O157:H7, *Salmonella Typhimurium*, *Shigella sonnei*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* ja *Bacillus cereus* bakteerien kasvua. Tummat hunajat sisältävät enemmän karotenoideja, flavanoideja ja pigmenttiaineita muita, joilla on antioksidanttiaktiivisuus. Tummillalla hunajilla onkin suurempi antioksidanttiaktiivisuus kuin vaaleilla. *S. sonnein* kasvua ehkäisi tutkimuksen mukaan parhaiten tatarkasvin hunaja. Ylipäätään *S. sonnein* kasvua ehkäisivät myös muut hunajat (tatar, saflori, mustikka, avokado ja apila) paremmin kuin *E. coli* O157:H7:n kasvua. Kaikkein vähiten hunajien antimikrobiset ominaisuudet vaikuttivat *B. cereus* kasvuun. *S. aureus* puolestaan oli kaikkein herkin tutkituille hunajille. (Taormina *et al.*, 2001)

Propoliksien antibakteerinen vaikutus perustuu moniin yhdisteisiin kuten bentsoehappoon, kanelihappoon sekä flavonoideihin. Muita antimikrobisia yhdisteitä propoliksessa ovat galangiini, pino-cembriini, kofeiinihappo ja feruliinihappo. (Russell *et al.*, 1990) Propoliksella on todettu olevan suurempi antimikrobinen vaikutus esimerkiksi *S. aureus* bakteeriin kuin hunajalla. Tämä voi johtua siitä että propolis sisältää kyseisiä yhdisteitä huomattavasti enemmän kuin hunaja. (Miorin *et al.*, 2003) Hunajassa on jäämiä myös siitepölystä, joka on myös antimikrobisten aromaattisten happojen lähde. Samoin myös mehiläisvaha sisältää lämpöstabiileja vesiliukoisia antimikrobisia yhdisteitä. (Russell *et al.* 1990, Lavie 1960 mukaan)

7.2 Mikrobien kasvun kontrollointi teollisuudessa

Hunajan laadun takaamiseksi niin mehiläistarhauksessa kuin teollisuudessakin tulisi noudattaa GMP käytäntöä (Good Manufacturing Practices). Tärkeintä on yrittää käsitellä ja varastoida hunajaa

niin, ettei hunaja pääse kontaminoitumaan mikrobeilla. Niin prosessointivälineiden puhtaudella kuin käsihygieniallakin on huomattavasti merkitystä turvallisen hunajan tuottamisessa. Pilaajamikrobien kasvua voidaan estää pitämällä varastolämpötilaa alle 10 C° ja pitämällä esimerkiksi hunajaa 30 minuutin ajan 60–63 C°, mutta myös 70 C° lämpötilaa käytetään. Hunajan käymistä voidaan ehkäistä pastöroimalla hunajaa tai säilyttämällä varastolämpötila alle 10 C°. Hiivojen tuhoamiseksi hunajasta voidaan käyttää säteilytystä ja ultrafiltraatiota voidaan käyttää esimerkiksi bakteerien poistamiseksi hunajasta. (Snowdon & Cliver, 1996)

7.3 Hunajan antioksidanttiaktiivisuus

Antioksidantit ovat yhdisteitä, jotka voivat pelkistää biologisesti haitallisia yhdisteitä kemiallisilla reaktioilla ruoassa ja elimistössä. Erityisesti antioksidantit pelkistävät vapaita radiaaleja ja hapettavia yhdisteitä, jotka muutoin vaarantaisivat lipidien, proteiinien ja nukleiinihappojen toimintaan. Antioksidantteina toimivia yhdisteitä hunajassa ovat mm. glutationiperoksidaasi, kataalaasi, C-vitamiini sekä monofenoliset yhdisteet kuten 4-hydroksybentsoehappo ja 4-hydraksykanelihappo, sekä flavonoidit ja polyfenolisetyhdisteet. (Schramm *et al.*, 2003)

Schramm *et al.* (2003) tutkivat hunajan fenolisten antioksidanttien kykyä nostaa plasman antioksidanttikapasiteettia ihmisillä. Koehenkilöt käyttivät hunajaa painoaan kohti 1,5 g/kg. Tutkimuksessa käytetyt hunajat olivat antioksidanttipitoisuudeltaan alhainen tatarhunaja ja antioksidanttipitoisuudeltaan korkea tatarhunaja sekä vertailukohtana käytettiin glukoosisiirappia. Hiivojen tuhoamiseksi hunajat olivat lisäksi lämpökäsiteltyjä 65 C° 30 min. Molemmat hunajat nostivat sekä plasman antioksidantti kapasiteettia ja siten myös plasman pelkistyskapasiteettia. Glukoosisiirapilla ei saatu lainkaan muutoksia plasman fenolisten yhdisteiden konsentraatioon. Tutkimuksen tulokset viittavatkin, että hunajan käytön lisäämisellä voitaisiin lisätä ruokavalion antioksidanttipitoisuutta. On kuitenkin muistettava, että eri hunajien välillä voi olla suuriakin eroja antioksidanttipitoisuudessa. Lisäksi hunajan käyttö on esimerkiksi Suomessa n. 1,3g päivässä eikä suinkaan 1,5g henkilön painokiloa kohti. (Suomen Mehiläishoitajain liitto, 2006) Pienillä käyttömäärillä niin antioksidanttien aktiivisuus kuin muutkin hunajan positiiviset vaikutukset jäävät varsin alhaisiksi. (Schramm *et al.*, 2003)

7.4 Hunaja ja diabetes

Diabetes on sairaus, jossa veren glukoosipitoisuus on suurentunut paastossa tai aterian jälkeen. Diabetes voi johtua vähentyneestä tai kokonaan loppuneesta insuliinin erityksestä vereen (tyypin 1 dia-

betes) tai insuliinin vaikutuksen heikentymisestä kohdekudoksissa (tyypin 2 diabetes). (Aro, 2003) Hunaja koostuu pääasiassa fruktoosista ja glukoosista. (Skrönkki, 1991; Ruoff & Ruottinen, 2004; Parkkinen & Rautavirta, 2003) Fruktoosi imeytyy ohutsuolesta hitaasti ja metaboloituu maksassa glukoosiksi. (Aro, 2006) Fruktoosin imeytyminen tapahtuu kuitenkin paljon hitaammin kuin glukoosin imeytyminen johtuen erilaisista kuljetusmekanismeista ohutsuolessa (Henry, Crapo & Thorburn, 1991). Fruktoosin aiheuttama verensokerin nousu on vähäistä, minkä vuoksi fruktoosia pidetään diabeetikoille soveltuvana. (Aro, 2003) Fruktoosi ei myöskään vaadi insuliinia päästäkseen kohdesoluihin, minkä vuoksi sitä suositellaan makeutusaineeksi erityisesti tyypin 2 diabeetikoille. Kuitenkin fruktoosi voi nostaa insuliini ja triglyseridipitoisuuksia huomattavasti erityisesti tyypin 2 diabeetikoilla, jotka kärsivät muutenkin korkeista veren triglyseridipitoisuuksista. (Henry, Crapo & Thorburn, 1991)

Fruktoosi voi osallistua energia-aineenvaihduntaan tai triglyseridisynteesiin. Tyypin 2 diabeteksessa fruktoosi voikin aiheuttaa seerumin triglyseridipitoisuuksien nousua. Fruktoosin pitkäaikaisen käytön turvallisuutta diabeetikoiden ruokavalion osana ei ole juurikaan tutkittu. Suomessa fruktoosi on hyväksytty osaksi diabeetikoiden ruokavaliota, vaikka sen runsasta käyttöä ei suositellakaan. (Aro, 2005) Hunaja sisältää kuitenkin fruktoosin lisäksi huomattavan määrän glukoosia, mikä on huomioitava hunajan käyttömäärissä diabeetikoilla. Suomalainen horsmahunaja sisältää keskimääräistä enemmän fruktoosia, jonka vuoksi se soveltuukin diabeetikolle paremmin kuin esimerkiksi glukoosipitoisuudelta suurempi eukalyptyshunaja. Hunaja nostaa verensokeria hitaammin kuin talousokeri ja se soveltuu osaksi diabeetikoiden ruokavaliota, kunhan sokerin määrä ei ylitä annettuja hoitosuosituksia. (Ruoff & Ruottinen, 2004)

7.5 Hunaja urheilujuomissa

Harraste ja kilpaurheilussa käytettyjä urheiluravinteita ovat mm. tankkausjuomat, urheilujuomat, palautusjuomat, hiilihydraattigeelit ja energiajuomat. (Niemelä-Koura, Ruottinen & Korpela, 2007) Hiilihydraatit ovat elimistön pääasiallisia energianlähteitä. Hiilihydraatteja on elimistössä varastoituneena glykogeena maksaan ja luurankolihasiin. Glykogeena valmistetaan elimistössä fruktoosista, glukoosista sekä galaktoosista glukoosi-6-fosfaatin kautta. Glukoosia voidaan myös syntetisoida rasvojen glyseserolirungosta. (Aro, 2005)

Hiilihydraattipitoisia tankkausjuomia on tarkoitettu nautittaviksi noin tuntia ennen urheilusuoritusta, jotta hiilihydraatti ehtii imeytyä. Tankkausjuomien hiilihydraattipitoisuuden tulee olla mielellään 7-

10%, jolloin hiilihydraatin kokonaismäärän tulisi olla noin 30-60 g. Tankkausjuomien tulisi olla glykeemiseltä indeksiltään matalia. Ne eivät saa nostaa veren insuliinitasoa liiaksi, jotta veressä on sokeria riittävästi vielä suorituksen alkaessa. Fruktoosipitoisuutensa vuoksi hunaja soveltuukin tankkausjuomissa käytettäväksi. (Niemelä-Koura, Ruottinen & Korpela, 2007)

Urheilujuomia käytetään ehkäisemään nestehukkaa ylläpitämään elimistön suolatasapainoa. Lyhyt ja pitkäketjuiset sokerit ovat erityisen tärkeitä urheilusuorituksen aikaisen energian saannin turvaamisessa. Urheilujuomissa käytettävien sokereiden tulisi olla sellaisia, jotka imeytyvät nopeasti nostamatta kuitenkaan veren sokeritasoa liiaksi. Väkevyydeltään 2-5 % hiilihydraattiliuosta tulisi nauttia pitkäkestoisen suorituksen aikana alusta asti n. 30–60 g/h aina 15 min välein 2,5 dl kerrallaan. Kilpaurheilijoiden urheilujuomiin lisätään myös antioksidantteja (Niemelä-Koura, Ruottinen & Korpela, 2007), joita esimerkiksi hunajassa esiintyy luonnostaan (Taormina *et al.*, 2001).

Palautusjuomia käytetään täyttämään elimistön tyhjentyneet glykokeenivarastot hiilihydraattien avulla. Hiilihydraatteja tulisi nauttia 1,0–2,0 g painokiloa kohti n. 30–50 g tunnissa heti suorituksen päätyttyä. Palautusjuomat koostuvat nopeasti imeytyvistä hiilihydraateista (Niemelä-Koura, Ruottinen & Korpela, 2007), joita ovat erityisesti glukoosi ja fruktoosi (Aro, 2005; Niemelä-Koura, Ruottinen & Korpela, 2007)

Hiilihydraattigeelejä nautitaan suorituksen aikana veden kanssa. Geelipatukoiden etu on se että ne vievät vähän tilaa sisältämäänsä energiamäärään nähden. Energiajuomat puolestaan sisältävät vitamiineja, mineraaleja ja laillisia piristeitä, kuten guarana, kofeiinia, tauriinia, maltodekstriiniä ja glukuronilaktonia. Energiajuomien energia tulee lähinnä edellä mainituista yhdisteistä hiilihydraattien sijaan ja siksi hunaja ei sovellu niissä pääasiallisen energianlähteenä käytettäväksi. (Niemelä-Koura, Ruottinen & Korpela, 2007)

Hunaja soveltuu käytettäväksi tankkausjuomissa, urheilujuomissa sekä palautusjuomissa, sillä se sisältää fruktoosia, jonka glykeeminen indeksi on matala. Se ei siten stimuloi nopeaa insuliinin suurta eritystä vereen. (Tittelbach *et al.*, 2000; Aro, 2005) Myös glukoosin ja fruktoosin määrä hunajassa on sopiva esimerkiksi palautusjuomissa käytettäväksi. (Niemelä-Koura, Ruottinen & Korpela, 2007)

7.6 Hunajan vaikutus suolistomikrobistoon

Hunaja sisältää sulamattomia oligosakkarideja, kuten myös monet vihannekset, hedelmät ja maito. Fruktoligosakkarideja ja muita oligosakkarideja hunajaan on syntynyt mehiläisen erittämän α -D-glukosidaasin avulla sakkaroosista. Eri hunajien oligosakkaridipitoisuudet vaihtelevat. Hunajan oligosakkaridit näyttävät kuitenkin vaikuttavan positiivisesti ihmisen yleisimpien suolistomikrobien *Bifidobacterium* spp. kasvuun. Hunaja edistää bifidobakteerien kasvua ja myös näiden bakteerien maitohapon ja etikkahapon tuotantoa. Erityisesti näiden kahden orgaanisen hapon tuotanto alentaa suoliston pH:ta ehkäisten samalla ulkopuolisten patogeeneiden kasvua ja edistää kalsiumin imeytymistä. Hunaja myös ilmeisesti estää *Clostridium perfringens* ja *Eubacterium aerofaciens* -bakteerien kasvua. (Shin & Ustunol, 2005) Hunajaa käytetään kuitenkin suhteellisen vähän ja siksi on muistettava että positiivisten vaikutusten toteutuminen käytännössä voivat jäädä varsin minimaalisiksi. (Maa- ja metsätalousministeriö, 2006)

8. Kooste

Hunaja koostuu pääasiassa sokerista ja vedestä sekä lukuisista monimutkaisista yhdisteistä. Kaikkia hunajan sisältämiä yhdisteitä ei ole täysin tunnistettu. Useiden tunnistettujen yhdisteiden on osoitettu olevan antimikrobisia, mikä onkin hunajan ominaisuuksista kenties tärkein. Lisäksi hunajan on osoitettu sisältävän antioksidanteina toimivia yhdisteitä, jotka voivat nostaa myös plasman antioksidanttipitoisuutta. Hunajan sokerit ovat helposti imeytyvässä muodossa ja siksi hunaja toimii myös nopeana energian lähteenä. Hunajan sokereista erityisesti fruktoosilla on alhainen GI-arvo, minkä ansiosta hunaja ei aiheuta äkillisiä verensokeritason muutoksia ja runsasta insuliinin erityistä. Hunaja sitoo myös vettä paremmin kuin tavallinen sokeri, minkä vuoksi esimerkiksi hunajalla leivotut leivonnaiset säilyvät tuoreina tavallisia pidempään. Kuitenkin hunajan terveydelle edullisista vaikutuksista puhuttaessa on huomioitava, etteivät hunajan päivittäiset käyttömäärät tällä hetkellä ole kovinkaan suuria. Suomessa hunajaa kulutettiin vuonna 2005 n. 47 g/hlö, mikä tarkoittaa, että päivittäinen kulutus on henkilöä kohti n. 1,3 g/vrk. Pienillä käyttömäärillä hunajan hyödylliset vaikutukset jäävät varsin vähäisiksi.

Hunajan käyttö ei ole suositeltavaa alle 1-vuotiailla lapsilla. Tämä johtuu hunajan mahdollisesti sisältämistä *C. botulinum* itiöistä, jotka saattavat lapsen kehittymättömässä suolistossa kasvaa ja tuottaa botuliinihermomyrkyä. Suomalaisessa hunajassa *C. botulinum* -itiöitä voi ilmetä siinä missä ulkomaisissakin hunajissa. Bakteerit eivät kuitenkaan voi lisääntyä hunajassa ja harvat elinkykyiset mikrobit hunajassa ovat lähinnä hiivoja. Suurimmat hunajan aiheuttamat terveysuhkat aiheutuvat ihmisestä itsestään. Mehiläistarhauksessa käytetyt kemikaalit ja mehiläisten elinympäristöön joutuneet kemikaalit ja myrkyt voivat kulkeutua hunajaan ja sitä kautta myös ihmisiin. Ajantasaisella lainsäädännöllä ja oikeilla mehiläistarhausmenetelmillä voidaan kuitenkin ehkäistä turhien jäämien syntymistä hunajaan.

Suomalainen hunaja on terveellinen ja turvallinen tuote, kunhan hunajan tuotannossa otetaan huomioon viranomaisten antama ohjeistus mikrobilääkinnässä ja noudatetaan GMP-periaatteita (Good Manufacturing Practices) Suositukset ylittäviä vierasainejäämiä ei ole Suomessa kovinkaan useilla mehiläistarhoilla havaittu. Suomalainen luonto ei ole läheskään yhtä saastunutta kuin esimerkiksi Keski-Euroopassa ja siksi ympäristöstä hunajaan siirtyvien kemikaalien ja raskasmetallien määrä on varsin vähäinen. Hunajatutkimuksen painopiste on 2000-luvulla keskittynyt lähinnä erilaisten tutkimusmenetelmien kehittämiseen. Erityisesti suomalaisten hunajien erityispiirteiden selvittäminen vaatisikin tarkempaa tutkimusta.

Lähteet

- Albero B, Sánchez-Brunete C & Tadeo J L, 2001. Analysis of Pesticides in Honey by Solid-Phase Extraction and Gas Chromatography-Mass Spectrometry. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 52: 5828-5835.
- Allen K L, Molan P C & Reid G M, 1991. A survey of the antibacterial activity of some New Zealand honeys. *Journal of Pharmacy and Pharmacology* 43: 817-822.
- Anklam E, 1998. A review of the analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey. *Food Chemistry* 63: 549-562.
- Aro A (toim.), 2005. Ravitsemustiede. 2.painos. s 112, 217, 408-410. Duodecim, Helsinki.
- Bauer L, Kohlich A, Hirschwehr R, Siemann U, Ebner H, Scheiner O, Kraft D & Ebner C, 1996. Food allergy to honey: Pollen or bee products? *Journal of allergy and clinical immunology* 97: 65-73.
- Beuchat L R, 1983. Influence of water activity on growth, metabolic activities and survival of the yeasts and molds. *Journal of Food Protection* 46: 135-141.
- Bhandari B & Bareyre I, 2003. Estimation of crystalline phase present in the glucose crystal-solution mixture by water activity measurement. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie-Food Science and Technology* 36: 729-733.
- Blasco C, Fenández M, Pena A, Lino C, Silveira M I, Font G & Picó Y, 2003. Assessment of Pesticide Residues in Honey Samples from Portugal and Spain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 8132-8138.
- Bogdanov S, 1996. Nature and Origin of the Antibacterial Substances in Honey. *Lebensmittel-Wissenschaft und – Technologie* 30: 784-753.
- Bogdanov S, Charrière JD, Imdorf A, Kilchenmann V & Fluri P, 2002. Determination of residues in honey after treatments with formic acid and oxalic acid under field conditions. *Apidologie* 33: 399-409.
- Bogdanov S, Martin P & Lüllmann C, 1997. Harmonized methods of the European Honey Commission. *Apidologie*, Extra issue: 1-59.
- Bogdanov S et al, 1999. Honey Quality and International Regulatory Standards: Review of the International Honey Commission. *Bee World* 80: 61-69.
- Bowen W H & Lawrence R A, 2005. Comparison of the Cariogenicity of Cola Honey, Cow Milk, Human Milk, and Sucrose. *Pediatrics* 116: 921-926.
- Buratti S, Benedetti S & Cosio MS, 2007. Evaluation of the antioxidant power of honey, propolis and royal jelly by amperometric flow injection analysis. *Talanta* 71: 1387-1392.

- Cavia M M, Fernández-Muiño M A, Alonso-Torre S R, Huidobro J F & Sancho M T, 2007. Evolution of acidity of honeys from continental climates: Influence of induced granulation. *Food Chemistry* 100: 1728-1733.
- Effem S E E, 1988. Clinical observations on the wound healing properties of honey. *British journal of Surgery* 75: 679-681.
- Elintarviketurvallisuusvirasto, 2005. Eläimistä saatavien vierasaineiden tutkimukset 2004. EVI-EELA-MMM Julkaisuja 1: 38, 74. Edita Prima, Helsinki.
Saatavilla:
http://www.evira.fi/attachments/elaintauti_ja_elintarviketutkimus/elintarvike_ja_rehututkimus/kemialliset_tutkimukset/vierasainetutkimukset/vierasaineraportti04.pdf. Viitattu 25.6.2007.
- Elintarviketurvallisuusvirasto, 2007. Pakkausmerkintäasetuksessa (1084/2004) ja tuotekohtaisessa lainsäädännössä vaaditut sekä Elintarviketurvallisuusvirasto Eviran edellyttämät varoitusmerkinnät ja käyttöohjeet. Saatavilla:
http://www.evira.fi/attachments/elintarvikkeet/valvonta_ja_yrittajat/pakkausmerkinnat/varoituksmerkinnat_taulukko.pdf. Viitattu 15.8.2007.
- Erdoğan Ö, 2007. Levels of pesticides in honey samples from Kahramanmaraş, Turkey. *Food Control* 18: 866-871.
- Gheldof N, Wang XH & Engeseth N J, 2002. Identification and Quantification of Antioxidant Components of Honeys from Various Floral Sources. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 5870-5877.
- Henry R R, Crapo P A & Thorburn A W, 1991. Current issues in fructose metabolism. *Annual Review of Nutrition*. 11: 21-39.
- Herrera A, Pérez-Arquillué C, Conchello P, Bayarri S, Lázaro R, Yagüe C & Ariño A, 2005. Determination of pesticides and PCBs in honey by solid-phase extraction cleanup followed by gas chromatography with electron-capture and nitrogen-phosphorus detection. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 381: 695-701.
- Hämäläinen E, Korpela S & Långfors K 1978. *Mehiläishoitajan käsikirja*. 1.-4. painos. s.154. Otava, Keuruu.
- Ibero M, Castillo M J, Pineda F, Palacios R & Martinez J, 2002. Whole bee for diagnosis of honey allergy. *Allergy* 57: 557-558.
- Iglesias M T, Martín-Alvarez P J, Polo M C, de Lorenzo C, Gonzáles M & Pueyo E, 2006. Changes in the free amino acid contents of honeys during storage at ambient temperature. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 54: 9099-9104.
- Joerg E & Sonntag G, 1993. Multichannel coulometric detection coupled with liquid

- chromatography for determination of phenolic esters in honey. *Journal of Chromatography* 635: 137-142.
- Kansanterveyslaitos, 2007. Fineli®-elintarvikkeiden koostumustietopankki. Päivitetty 10.5.2007. Saatavilla: <http://www.fineli.fi/food.php?foodid=4&lang=fi>. Viitattu 21.6.2007.
- Kauppa- ja teollisuusministeriö, 2004. Asetus elintarvikkeiden pakkausmerkinnöistä (1084/2004). Saatavilla: <http://www.finlex.fi/fi/laki/kokoelma/2004/20040160.pdf>. Viitattu 15.9.2007.
- Kauppa- ja teollisuusministeriön, 2003. Asetus hunajasta (447/2003). Saatavilla: <http://www.finlex.fi/fi/laki/kokoelma/2003/20030075.pdf>. Viitattu 15.9.2007.
- Kiistala R, Hannuksela M, Mäkinen-Kiljunen S, Niinimäki A & Haahtela T, 1995. Honey allergy is rare in patients sensitive to pollens. *Allergy* 10: 844-847.
- Lavie P, 1960. Les substances Antibacteriennes dans la Colonie d'Abeillies Apis Mellifica L. Thesis Station Expérimentale d'Apiculture. Montfavet, France.
- Maa- ja metsätalousministeriö, 2007. Asetus vieraista aineista eläimistä saatavissa elintarvikkeissa (1/EEO/2007). Saatavilla: http://wwwb.mmm.fi/el/laki/i/asetus%201_EEO_2007.pdf. Viitattu 21.8.2007.
- Maa- ja metsätalousministeriö, 2006. Hunajan tuotanto maailmalla ja EU:ssa. Verkkodokumentti. Päivitetty 12.6.2006. Saatavilla: <http://www.mmm.fi/fi/index/etusivu/maatalous/maatalouspolitiikka/markkinajarjestelytjasetehtavav/mehilaistaloushunaja/luelisaa.html>. Viitattu 20.6.2007.
- Midura T F, 1996. Update: Infant Botulism. *Clinical Microbiology Reviews* 9: 119-125.
- Midura T F, Snowden S, Wood R M & Arnon S S, 1979. Isolation of *Clostridium botulinum* from Honey. *Journal of Clinical Microbiology* 9: 282-283.
- Miorin P L, Levy Junior N C, Custodio A R, Brez W A & Marcucci M C, 2003. Antibacterial activity of honey and propolis from Apis mellifera and Tatragonisca angustula against Staphylococcus aureus. *Journal of Applied Microbiology* 95: 913-920.
- Molan P C, 1992. The antibacterial activity of honey. *Bee World* 73: 5-28, 59-76.
- Moosbeckhofer R, Pechhacker H, Unterweger H, Bandion F & Heinrich-Lenz A, 2003. Investigations on the oxalic acid content of honey from oxalic acid treated and untreated bee colonies. *European Food Research and Technology* 217: 49-52.
- Neuvoston direktiivi 2001/110/EY, hunajasta. Saatavilla: http://www.hunaja.net/mp/db/file_library/x/IMG/31453/file/hunajadirektiivi.pdf. Viitattu 12.6.2006.
- Nevas M, Hielm S, Lindström M, Koivulehto K, Horn H & Korkeala H, 2002. High prevalence of

- Clostridium botulinum* types A and B in honey samples detected by polymerase chain reaction. *International Journal of Food Microbiology* 72: 45-52.
- Nevas M, Lindström M, Hautamäki K, Puoskari S & Korkeala H, 2005. Prevalence and diversity of *Clostridium botulinum* types A, B, E and F in honey produced in the Nordic countries. *International Journal of Food Microbiology* 105: 145-151.
- Niemelä-Koura A, Ruottinen L & Korpela S, 2007. Luonnollinen urheiluravinne. *Mehiläinen* 1.
- Nozal M J, Bernal J L, Gómez L A, Higes M & Meana A, 2003. Determination of oxalic acid and other organic acids in honey and some anatomic structures of bees. *Apidologie* 34: 181-188.
- Ohe von der W, Dustmann J H & Ohe von K, 1991. Proline as criterium of the ripeness of honey. *Deutsche Lebensmittel Rundschau* 87: 383-386.
- Parkkinen K & Rautavirta K, 2003. Utelias kokki. 5.painos. s 169-170. Restamark oy, Vantaa.
- Persano Oddo L & Piro R, 2004. Main European unifloral honeys: descriptive sheets. *Apidologie* 35: 38-81.
- Przybyłowski P & Wilczyńska A, 2001. Honey as an environmental marker. *Food Chemistry* 74: 289-291.
- Railonsala, 1991. Hunajan vesipitoisuudesta. *Mehiläinen* 6: 172-174.
- Ruiz-Argueso T & Rodriguez-Navarro A, 1975. Microbiology of ripening honey. *Applied Microbiology* 30: 893-896.
- Ruoff K & Ruottinen L, 2004. Hunajan terveysvaikutuksista. *Mehiläinen* 7: 206-208. Suomen Mehiläishoitajain liitto r.y., Mikkeli.
- Russell K M, Molan P C, Wilkins A L & Holland P T, 1990. Identification of Some Antibacterial Constituents of New Zealand Manuka Honey. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 38: 10-13.
- Schramm D D, Karim M, Schrader H R, Holt R R, Cardetti M & Keen C L, 2003. Honey with high levels of antioxidants can provide protection to healthy humans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 1732-1735.
- Seppälä A, 2007. 2006 jättisato teki viime vuodesta suomalaisen mehiläistarhauksen käännevuoden. *Mehiläinen* 1: 7-9. Suomen Mehiläishoitajain liitto ry., Mikkeli.
- Shin HS & Ustunol Z, 2005. Carbohydrate composition of honey from different floral sources and their influence on growth of selected intestinal bacteria: An in vitro comparison. *Food Research International* 38: 721-728.
- Siira P, Siira A & Korpela S, 1998. Mehiläistarhauksen tila Pohjois-Suomessa 1998. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja 58: 13-14, 24.
- Suomen mehiläishoitajain liitto, 2006. Tietoa hunajasta. Verkkodokumentti. Päivitetty 2006.

Saatavilla: http://www.hunaja.net/tietoa_hunajasta/ . Viitattu 15.6.2006.

- Skrönkki A, 1991. Hunajan koostumus. *Mehiläinen* 6: 177-179. Suomen Mehiläishoitajain liitto r.y., Mikkeli.
- Snowdon J A & Cliver D O, 1996. Microorganisms in honey. *International Journal of Food Microbiology* 31: 1-26.
- Tananaki C, Zotou A & Thrasyvoulou A, 2005. Determination of 1,2-dibromoethane, 1,4-dichlorobenzene and naphthalene residues in honey by gas chromatography – mass spectrometry using purge and trap thermal desorption extraction. *Journal of Chromatography* 1083: 146-152.
- Taormina P J, Brendan A N & Beuchat L R, 2001. Inhibitory activity of honey against foodborne pathogens as influenced by the presence of hydrogen peroxide and level of antioxidant power. *International Journal of Food Microbiology* 69: 217-225.
- Thompson T S, Pernal S F, Noot D K, Melathopoulos A P & van den Heever J P, 2006. Degradation of incurred tylosin to desmycosin – Implications for residue analysis of honey. *Analytica Chimica Acta* 586: 304-311.
- Tittelbach T J, Mattes R D & Gretebeck R J, 2000. Post-Exercise Substrate Utilization after a High Glucose vs. High Fructose Meal During Negative Energy Balance in the Obese. *Obesity Research* 8: 496-505.
- Tosi E, Ciappini M, Ré E & Lucero H, 2002. Honey thermal treatment effects on hydroxymethylfurfural content. *Food Chemistry* 77: 71-74.
- Troller J A & Christian J H B, 1978. *Water activity and food*. New York: Academic Press.
- Tsigouri A D, Menkissoglu-Spiroudi U, Thrasyvoulou A & Diamantidis G, 2004. Fluvalinate Residues in Honey and Beeswax after Different Colony Treatments. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 72: 975-982.
- Tuzen M, Silici S, Mendil D & Soylak M, 2007. Trace element level in honeys from different regions of Turkey. *Food Chemistry* 103: 325-330.
- Vartiainen H & Ollikka T, 2004. Hunajan käsittely hellävaraista. *Mehiläinen* 1: 138-139. Suomen Mehiläishoitajain liitto r.y., Mikkeli.
- Wallner K, 1999. Varroacides and their residues in beeswax. *Apidologie* 30: 235-248.
- Weston R J, 2000. The contribution of catalase and other natural products to the antibacterial activity of honey: a review. *Food Chemistry* 71: 235-239.
- Weston R J, Brocklebank L K & Lu Y, 2000. Identification and quantitative levels of antibacterial components of some New Zealand honeys. *Food Chemistry* 70: 427-435.
- Weston R J, Mitchell K R & Allen K L, 1999. Antibacterial phenolic components of New Zealand

manuka honey. *Food Chemistry* 64: 295-301.

White J W, 1978. Honey. *Advances in Food Science* 24: 287-374.

Zamora MC & Chirife J, 2006. Determination of water activity change due to crystallization in honeys from Argentina. *Food Control* 17: 59-64.