

MALLASTETTU VILJA  
RAVINTONA

Rantanen Timo  
Kandidaatin tutkielma  
Ravitsemustiede  
Lääketieteen laitos  
Terveystieteiden tiedekunta  
Itä-Suomen yliopisto  
Toukokuu 2018

Itä-Suomen yliopisto, Terveystieteiden tiedekunta  
Kansanterveystieteen ja kliinisen ravitsemustieteen yksikkö  
Ravitsemustiede  
Rantanen Timo O: Mallastettu vilja ravintona ravintona  
Kandidaatin tutkielma, 44 sivua, 2 liitettä (2 sivua)  
Ohjaajat: Marjukka Kolehmainen, Professori, Annika Wilhelmson, TkT  
Toukokuu 2018

---

Avainsanat: mallastus, idätys, vilja, ravitsemussuositukset

## MALLASTETTU VILJA RAVINTONA

Tutkielman tavoitteena oli selvittää, millainen ruoka-aine mallastettu vilja eli mallas on ravintoarvoiltaan ja osana täysipainoista ruokavaliota ravitsemussuositusten näkökulmasta sekä arvioida maltaan mahdollisia terveysvaikutuksia. Maltaan ravitsemuksellista laatua selvitettiin tutkimuskirjallisuuden avulla. Suuri osa maltaita käsittelevistä tutkimuksista on tehty oluen valmistuksen näkökulmasta. Ravitsemuksen kannalta tärkeimmät mallastuksen aiheuttamat muutokset ovat antiravintoaineiden ja  $\beta$ -glukaanin väheneminen, minkä lisäksi muutoksia tapahtuu myös fenolisten yhdisteiden pitoisuuksissa sekä antioksidanttien aktiivisuudessa. Antiravintoaineiden väheneminen parantaa kivennäisaineiden ja proteiinin hyväksikäytettävyyttä. Ravitsemussuositusten kannalta mallas soveltuu hyvin osaksi monipuolista ruokavaliota. Se sisältää paljon kuitua ja toimii myös raudan, folaatin ja proteiinin lähteenä. Mallasuutteella voidaan korvata valkoista sokeria ruokavaliossa. Se sisältää mm. folaattia, antioksidanteja ja aktiivisia entsyymejä. Maltaan terveysvaikutuksista ei ole vakuuttavaa tutkimusnäyttöä, mutta osalla sen sisältämistä yhdisteistä on havaittu olevan terveyttä edistäviä vaikutuksia. Näistä tärkeimpiä ovat kuitu ja fenoliset yhdisteet, joiden lisäksi tummissa maltaissa esiintyvät Maillard-reaktiotuotteet voivat myös olla terveydelle edullisia. Maltaan terveysvaikutusten osoittamiseksi tarvitaan ihmisillä tehtäviä lyhyitä ja pidempiaikaisia kontrolloituja tutkimuksia.

# SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	4
2	MALLASTUSPROSESSI .....	5
3	MALLASTUKSEN AIHEUTTAMAT MUUTOKSET .....	6
3.1	Imeytymiseen vaikuttavat tekijät .....	6
3.1.1	Fytiinihappo .....	6
3.1.2	Tanniinit .....	7
3.1.3	Mallastuksen vaikutus antiravintoaineiden määrään .....	7
3.2	Kivennäisaineet ja niiden hyväksikäytettävyys .....	8
3.3	Vitamiinit ja muut yhdisteet .....	11
3.3.1	Vitamiinit .....	11
3.3.2	Antioksidantit .....	12
3.4	Kuitu ja hiilihydraatit .....	15
4	RAVINTOARVOT JA TERVEYSVAIKUTUKSET .....	19
4.2	Mallasuute .....	24
4.3	Terveysvaikutukset .....	26
4.3.1	Arvio terveyshaitoista .....	28
4.4	Sovellukset .....	30
5	POHDINTA .....	31
6	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	34

# 1 JOHDANTO

Viljatuotteet ovat oleellinen osa ihmisen ravintoa ja viljoja käytetään lähes kaikissa kulttuureissa. Suomessa yleisimpiä lajikkeita ovat ohra, ruis, vehnä ja kaura (Leipätiedotus 2018). Suomalaisessa ruokavaliossa vilja on tärkeä lähde mm. monille kivennäisaineille, minkä lisäksi 30–32 % energiasta ja 23–24 % proteiinista katetaan viljatuotteilla (Helldán ym. 2013). Viljan käytettävyyteen voidaan vaikuttaa erilaisilla prosessointikeinoilla, kuten jauhamisella tai leseenpoistolla. Mallastus on spesifinen idätysprosessi, jossa itäminen keskeytetään hallitusti kuivaamalla (Enari ja Mäkinen 2014). Prosessin tarkoituksena on muuttaa jyvään varastoituneita aineita liukoiseen muotoon aktivoimalla jyvän omaa entsyymituotantoa.

Perinteisesti mallas tunnetaan oluen raaka-aineena. Yleisin maltaan raaka-aine on ohra panimoprosesseille hyödyllisten ominaisuuksiensa takia. Maailmanlaajuisesti suurin osa tuotetusta maltaasta käytetään oluen valmistukseen (Zhou 2010). Maltaiden käyttö ravintona on puolestaan vähäistä. Suomessa niitä käytetään leipomiseen ja esimerkiksi mämmin raaka-aineena (Martat 2018a, 2018b). Idättäminen tunnetaan ravintoarvoja parantavana prosessina (Kaukovirta-Norja ym. 2004, Hübner ja Arendt 2013, Nelson ym. 2013, Gan ym. 2017). Myös täysjyväviljan terveyshyödyistä löytyy paljon tutkimustietoa (Singhal ja Kaushik 2016, McRae 2017, Zhu ja Sang 2017, Gong ym. 2018). Maltaasta löytyy paljon oluen valmistukseen liittyvää tutkimusta, mutta tutkimustietoa maltaan terveyshyödyistä ihmiselle on vähemmän. Mallastuksen tiedetään vaikuttavan monin tavoin viljan jyvään, mikä voi parantaa viljan ravintoarvoja tai lisätä terveyshyötyjä (Baranwal 2017).

Mallas on idätettyä täysjyväviljaa, mutta prosessin erikoispiirteiden, kuten lämpökuivauksen ja juuri-itujen poiston, vuoksi suoria johtopäätöksiä idätetyn viljan tai täysjyväviljan terveyshyödyistä ei voida tehdä. Esimerkiksi folaattia saatetaan menettää juuri-itujen mukana (Kariluoto ym. 2006) tai kuumennuksessa (Aro 2003). Toisaalta Maillard-reaktiossa syntyvät tuotteet (myöhemmin Maillard-tuotteet) saattavat olla osatekijä maltaan terveysvaikutuksiin.

Tämän tutkielman tarkoituksena on selvittää, millä tavoin mallastus parantaa viljan ravitsemuksellista laatua ja millaisia terveysvaikutuksia maltaalla mahdollisesti on. Mallastusta voidaan hyödyntää myös palkokasvien prosessoinnissa, mutta tässä tutkielmassa aihetta on rajattu käsittelemään viljoja, kuten ohraa, vehnää, ruista, maissia, riisiä, hirssiä ja durraa, sekä joitain pseudoviljoja, kuten amaranttia, tattaria ja kvinoaa. Esimerkiksi hirssiä, durraa ja vehnää on useita erilaisia lajikkeita, mutta tässä tutkielmassa niihin on viitattu pääasiassa niiden yksinkertaisilla nimillä.

## 2 MALLASTUSPROSESSI

Mallastus perustuu jyvän luonnollisen itämisprosessin käynnistämiseen ja sen hallittuun pysäyttämiseen. Mallastuksessa jyvän aineenvaihdunta käynnistyy ja jyvässä alkaa muodostumaan entsyymejä varastoitujen hiilihydraattien, aminohappojen, mineraalien ja muiden yhdisteiden purkamiseksi jyvän siemenvalkuaisesta (Enari ja Mäkinen 2014). Mallastukseen käytetyt viljalajikkeet on jalostettu erityisesti vierteen valmistusta silmällä pitäen. Maltaasta valmistetun vierteen tulee sisältää käymiselle oleellisia yhdisteitä, kuten sokereita ja aminohappoja, joten maltaan tulee sisältää paljon tärkkelystä ja entsyymejä sen pilkkomiseen. Käytetyllä viljalla on myös muita laatuvaatimuksia muun muassa lajikepuhtauden, itävyyden ja homeiden määrän suhteen.

Mallastuksen ensimmäinen vaihe on liotus (Enari ja Mäkinen 2014). Käytetty vilja on puhdistettu roskista ja pesty, minkä lisäksi sitä on varastoitu tietty aika itämisen mahdollistamiseksi. Liotuksessa vilja upotetaan veteen jyvien kosteuspitoisuuden nostamiseksi noin 43–45 %:iin. Itämisen alkamiseksi pitää saavuttaa vähintään 37 %:n kosteuspitoisuus. Liotuksessa säädeltäviä muuttujia ovat veden lämpötila, veden vaihtamisen aikaväli, veden ilmastus ja kuivaliotusvaiheet. Liotusveteen voidaan myös lisätä erilaisia apuaineita, esimerkiksi maitohappoa (Haraldsson ym. 2004). Liotus lopetetaan juuri-itujen ilmaantuessa ja vaiheen pituus on noin kaksi vuorokautta (Enari ja Mäkinen 2014). Liotusvaiheessa menetetään 0,5–1 % jyvän painosta veteen liuenneiden yhdisteiden takia.

Liotuksesta vilja siirretään varsinaiseen idätykseen. Idätyksessä on tärkeää pitää yllä suotuisia kosteus-, lämpötila- ja ilmastosolosuhteita (Enari ja Mäkinen 2014). Esimerkiksi laarimallastamossa vilja on noin metrin paksuisena kerroksena muutamia metrejä leveässä ja yli 10 metriä pitkässä laarissa. Vilja käännetään muutamia kertoja vuorokaudessa kääntökoneella. Kosteudesta ja ilmastuksesta huolehditaan välipohjan alta ohjattavalla ilmapirralla. Viljan entsyymipitoisuudet nousevat huomattavasti idätysvaiheessa. Tärkeimpiä entsyymejä ovat amylaasit, proteinaasit, peptidaasit ja glukanaasit.

Itäminen pysäytetään kuivaamalla mallas kuumailmakuivurilla juuri-itujen ollessa tietyn mittaisia (Enari ja Mäkinen 2014). Maltaan kosteusprosentti lasketaan 3,5–5,0 %:iin. Entsyymiaktiivisuudet kääntyvät kuivauksen aikana laskuun joko kuivuuden tai korkean lämpötilan takia. Tummissa maltaissa entsyymien toiminta on loppunut kokonaan. Kuivaus kestää noin 20 tuntia ja kuivausilman loppulämpötila vaihtelee pilsnermaltaan 70–80 °C:sta tummien maltaiden 100–115 °C:een. Erittäin tummien maltaiden valmistuksessa mallas paahdetaan erillisessä paahtorummussa yli 200 °C:n lämpötilassa. Kuivauksen jälkeen maltaasta poistetaan juuri-idut, joita voidaan kuitenkin hyödyntää esimerkiksi rehun raaka-aineena. Juuri-itujen poistosta syntyy noin 4 %:n hävikki.

### 3 MALLASTUKSEN AIHEUTTAMAT MUUTOKSET

Mallastuksen aiheuttamiin muutoksiin vaikuttavat mallastusprosessin kaikki vaiheet. Esimerkiksi vaiheiden pituudet ja lämpötilat voivat vaikuttaa valmiin maltaan ravintoainepitoisuuksiin. Myös eri viljalajit ja -lajikkeet vaikuttavat mallastuksen lopputulokseen.

#### 3.1 Imeytymiseen vaikuttavat tekijät

Kasviperäisissä tuotteissa on monia ravintoaineiden imeytymiseen vaikuttavia tekijöitä, joita kutsutaan antiravintoaineiksi (Hill 2003). Ne voivat estää ravintoaineiden hyväksikäyttöä elimistössä vaikuttamalla imeytymiseen, esimerkiksi muodostamalla imeytymättömiä yhdisteitä ravintoaineiden kanssa. Ne pitävät sisällään erilaisia ja eri tavalla vaikuttavia kemiallisia yhdisteitä. Antiravintoaineita ovat esimerkiksi fytiinihappo, tanniinit, oksalaatit ja trypsiininestäjät (Ojha ym. 2018). Seuraavissa kappaleissa on esitelty lyhyesti fytiinihapon ja tanniinien vaikutustapaa, sillä niitä esiintyy myös ohrassa. Kappaleessa 3.1.3. on koottu tutkimustietoa antiravintoaineiden vähenemisestä mallastuksen seurauksena useilla eri viljalajeilla.

##### 3.1.1 Fytiinihappo

Fytiinihappo ja sen suolat eli fytaatit ovat kasvien siementen ja jyvien pääasiallisia fosforin varastomuotoja (Bohn ym. 2008, Kumar ym. 2010). Fytiinihappo koostuu inositolirenkaasta ja kuudesta fosfaattiryhmästä (Liener 2003). Negatiivisesti varautuneiden fosfaattiryhmien seurauksena fytiinihappo kelatoi voimakkaasti metallikationeja, kuten  $Zn^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  ja  $Ca^{2+}$ -ioneja, liukenemattomiksi suoloiksi eli fytaateiksi (Bohn ym. 2008, Kumar ym. 2010). Kelatoivana yhdisteenä fytiinihappo voi muodostaa kationin kanssa useamman kompleksin yhden fosfaattiryhmän sisällä (Konietzny ja Greiner 2003). Tämän lisäksi kationit voivat muodostaa kompleksin usean fosfaattiryhmän tai jopa eri fytaattimolekyylin kanssa. Fytaatti-kationikompleksin stabiilius ja liukoisuus riippuvat mm. kompleksin kationista ja ympäristön pH-arvosta. Suurin osa fytaateista on liukoisempia happamassa ympäristössä. Sinkkifytaatin liukoisuus lisääntyy pH:n ollessa 4,3–4,5, kalsiumfytaatin 5,5–6,0, mutta rauta(3+)-fytaatin liukoisuus lisääntyy vasta 1–3,5 pH:ssa. Fytiinihappo voi sitoutua myös proteiineihin, joko suoraan tai kationisiltojen kautta, heikentäen näin myös proteiinien käytettävyyttä (Gilani ym. 2012). Se voi myös heikentää ruoansulatusentsyymien toimintaa kelatoimalla niiden kofaktoreita.

Suuri osa jyvän tai siemenen fytiinihaposta on fytaatin muodossa, jolloin siihen on fosforin lisäksi varastoituneena myös kivennäisaineita (Konietzny ja Greiner 2003). Lepotilassa olevassa jyvässä 60–90 % fytiinihaposta on suoloina ja niitä esiintyy kaikkialla jyvässä. Fytaatit ovat antiravintoaineita, sillä ne voivat muodostaa komplekseja ruoansulatuskanavassa kivennäisaineiden kanssa (Liener

2003). Vaikka mahan matala pH lisää fytaattien liukoisuutta, vähenee liukoisuus jälleen ruokasulan neutraloitua ohutsuolessa (Kumar ym. 2010). Fytaattien kyky sitoa metalli-ioneja lakkaa vasta, kun fosfaattiryhmät hydrolysoidaan fytaasin avulla (Liener 2003). Fytaattien hydrolysoimisessa voidaan hyödyntää luonnollisia prosesseja, kuten idätystä ja mallastusta, (Kumar ym. 2010), joiden seurauksena kasvisolukosta vapautuu endogeenista fytaasia (Liener 2003).

### 3.1.2 Tanniinit

Tanniinit ovat polyfenolisiin yhdisteisiin kuuluvia oligo- ja polymeereja, joiden molekyylipaino on yli 500 Daltonia (Swanson 2003). Molekyylien koko vaihtelee muutamasta monomeerista yli 50:een (Bravo 1998). Tanniinit sisältävät useita hydroksyyliiryhmiä, joiden avulla ne voivat muodostaa vetysidoksia muiden makromolekyylien kanssa aiheuttaen esimerkiksi proteiinien sakkautumista (Smeriglio ym. 2017). Tanniini-proteiinikompleksit perustuvat pääasiassa vetysidoksiin ja hydrofobisiin vuorovaikutuksiin ja suuret polymeerit muodostavat niitä tehokkaimmin (Bravo 1998). Kompleksit ovat liukenemattomia 3,5–7,0 pH:ssa (Patra ja Saxena 2011).

Tanniinit voidaan jakaa hydrolysoituviin tanniineihin ja proantosyanidiineihin (Smeriglio ym. 2017). Proantosyanidiinit ovat kasvikunnan runsaslukuisimpia polyfenolisia yhdisteitä ja myös viljan sisältämät tanniinit kuuluvat tähän ryhmään. Ne koostuvat flavonoidimonomeereista (Swanson 2003), eivätkä ne hajoa mahalaukun happamassa ympäristössä, joten ne voivat haitata muiden ravintoaineiden imeytymistä ohutsuolessa (Freese ja Voutilainen 2015). Proantosyanidiinit voivat estää ruoansulatusentsyymien toimintaa, jolloin proteiinien lisäksi myös esimerkiksi tärkkelyksen ja lipidien imeytyminen heikentyy (Bravo 1998). Tanniinit voivat myös kelatoida metalli-ioneja (Taghizadeh ja Besharati 2011), jolloin niiden vaikutus kivennäisaineiden imeytymiseen on samankaltainen kuin fytiinihapolla.

### 3.1.3 Mallastuksen vaikutus antiravintoaineiden määrään

Viljojen jyvät sisältävät suuria määriä fytaatteja (Rimsten ym. 2002). Mallastuksen vaikutuksesta fytaattien määrään on paljon tutkimusnäyttöä, jota on koottu Taulukkoon 1. Fytaattien vähenemiseen mallastuksen aikana vaikuttavat monet tekijät, kuten lajike ja liotuksen lämpötila (Teixeira ym. 2016). Korkea fytaattipitoisuus on yhteydessä matalampaan uutesaantiin (Dai ym. 2007), joten fytaattien väheneminen mallastuksen aikana on tarkoituksenmukaista.

Ohrassa tanniineja esiintyy 59–153 mg/100 g, mutta esimerkiksi durrassa niitä voi olla jopa 413–5333 mg/100 g (Smeriglio ym. 2017), mikä voi merkittävästi vähentää ravintoaineiden imeytymistä. Durraa käsittelevässä tutkimuksessa mallastus vähensi tanniinien määrää 16 % (Ojha ym. 2018). Samassa tutkimuksessa mallastuksen huomattiin vähentävän myös oksalaattien määrää 49 %.

Toisesta durraa käsittelevästä tutkimuksesta saatiin yhteneviä tuloksia tanniinien vähenemisestä, minkä lisäksi myös trypsiinestäjien aktiivisuuden huomattiin alenevan 36,5% (Ogbonna ym. 2012). Kolmannessa durralla tehdyssä tutkimuksessa mallastus vähensi tanniinien määrää tilastollisesti merkitsevästi kaikilla tutkituilla lajikkeilla (Khoddami ym. 2017). Mallastuksen ja fermentaation yhdistelmän on niin ikään havaittu laskevan durran sisältämien fytaattien ja tanniinien pitoisuuksia tilastollisesti merkitsevästi (Onyango ym. 2013, Polycarpe Kayodé ym. 2013). Myös hirssillä havaittiin vastaavat vaikutukset (Onyango ym. 2013). Toisessa hirssillä tehdyssä tutkimuksessa fytaattien ja tanniinien vähenemisen lisäksi myös oksalaattien huomattiin vähenevän mallastuksen seurauksena (Hejazi ja Orsat 2016). Mallastuksella on tanniinien ja oksalaattien pitoisuuksia vähentävä vaikutus myös amarantilla (Hejazi ym. 2016).

Taulukko 1. Mallastuksen vaikutus fytaattipitoisuuksiin.

Viljalaji	Viite	Fytaattien, fytiinihapon tai fytaattifosforin väheneminen (%)
Ohra	(Teixeira ym. 2016)	18,9
	(Arif ym. 2011)	33,5
	(Haraldsson ym. 2005)	69
	(Haraldsson ym. 2004)	90
	(Rimsten ym. 2002)	88
	(Centeno ym. 2001)	58
Kaura	(Hübner ja Arendt 2013)	26,2
Ruis	(Centeno ym. 2001)	84
Durra	(Ojha ym. 2018)	40
	(Ogbonna ym. 2012)	66
Amarantti	(Hejazi ym. 2016)	30
Sormihirssi	(Hejazi ja Orsat 2016)	45
	(Krishnan ym. 2012)	84
Maissi	(Mihafu ym. 2017)	23,6

### 3.2 Kivennäisaineet ja niiden hyväksikäytettävyys

Taulukossa 2 esitetään tutkimuksia, joissa on määritetty eri viljalajien ja niiden maltaiden kivennäisainepitoisuuksia. Taulukosta voidaan havaita, että tulokset ovat osittain ristiriitaisia. Svetlanan ja Özcanin (2016) tutkimuksessa kaikkien tutkittujen kivennäisaineiden pitoisuudet muuttuivat tilastollisesti merkitsevästi ja ainoastaan kuparin määrä laski. Durralla tehdyssä



tutkimuksessa natriumin, kaliumin, fosforin, kalsiumin ja magnesiumin pitoisuudet nousivat tilastollisesti merkitsevästi (Ogbonna ym. 2012). Sen sijaan Platel ym. (2010) eivät havainneet kivennäisaineiden määrissä suuria eroja. Myös Teixeiran ym. (2016) tutkimuksessa raudan määrässä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää muutosta. Mallastus saattaa jopa vähentää mineraalien suhteellista pitoisuutta. Krishnanin ym. (2012) tutkimuksessa mallastus laski raudan, sinkin ja kalsiumin pitoisuuksia sormihirssissä, mutta paransi silti niiden hyväksikäytettävyyttä.

Kivennäisaineiden suhteellisen määrän lisääntyminen ja antiravintoaineiden väheneminen oletettavasti johtavat mineraalien parempaan saatavuuteen ravinnosta. Hyväksikäytettävyyden paranemisesta on myös tutkimusta. Ohralla tehdyissä tutkimuksissa on havaittu muun muassa raudan tehostunutta imeytymistä (Haraldsson ym. 2005) ja sinkin hyväksikäytettävyyden paranemista (Fredlund ym. 2003, Platel ym. 2010). Myös vehnällä tehdyssä tutkimuksessa sinkin, raudan, mangaanin ja vähäisessä määrin myös kalsiumin hyväksikäytettävyyys parani (Platel ym. 2010). Vastaavia muutoksia huomattiin myös sormihirssillä. Toisaalta samassa tutkimuksessa mallastus vähensi kuparin hyväksikäytettävyyttä ohralla ja sinkin hyväksikäytettävyyttä sormihirssillä. Myös mallastuksen ja fermentaation yhdistelmällä on havaittu raudan hyväksikäytettävyyttä parantava vaikutus durralla (Polycarpe Kayodé ym. 2013).

Taulukko 2. Viljojen ja vastaavien maitaiden mineraalipitoisuuksia.

Mineraali mg/100 g	Viljalaji Viite	Ohra				Vehnä		Hirssi	Maissi	Kaura
		(Svetlana ja Özcan 2016)	(Platel ym. 2010)	(Arif ym. 2011)	(Hübner ym. 2010)	(Platel ym. 2010)	(Laxmi ym. 2015)	(Adebiyi ym. 2017)	(Mihafu ym. 2017)	(Hübner ym. 2010)
Fe	Raaka- aine	5,77 ± 0,17	2,00 ± 0,08	2,1 ± 0,17	3,7	3.45 ± 0.0 2	4.9	8,938 ± 0,394	1,4	4,0
	Mallas	7,99 ± 0,25*	2,14 ± 0,16	1,11 ± 0,11	2,7	3.65 ± 0.1 1	4.65	13,127 ± 0,370*	2,1*	3,6
Ca	Raaka- aine	48,7 ± 2,9	38,91 ± 1,46		17,1	36.4 ± 1.45	48	29,558 ± 0,31		20,8
	Mallas	451,4 ± 17,2*	37.83 ± 2. 22		23,7	34.2 ± 2.3 2	26	50,638 ± 0,354*		32,4
Zn	Raaka- aine	2,17 ± 0,18	3,08 ± 0,11		2,0	1.61 ± 0.0 1		1,745 ± 0,128		2,7
	Mallas	2,96 ± 0,24*	3,1 ± 0,29		2,8	1.44 ± 0.0 5		2,608 ± 0,163*		4,0
Cu	Raaka- aine	0,67 ± 0,03	2.93 ± 0.5 0		0,2	0.53 ± 0.0 3		0,202 ± 0,009		0,2
	Mallas	0,07 ± 0,01*	3.03 ± 0.2 0		1,9	0.44 ± 0.0 3		0,306 ± 0,020*		1,5
P	Raaka- aine	295,5 ± 9,5					355	0,942 ± 0,26		
	Mallas	563,8 ± 8,2*					212	1,440 ± 0,270*		
Mn	Raaka- aine	1,88 ± 0,06	0.93 ± 0.02			2.16 ± 0.03		0,319 ± 0,021		
	Mallas	3,15 ± 0,41*	0.91 ± 0.0 3			2.17 ± 0.0 6		0,496 ± 0,069*		
K	Raaka- aine	544,2 ± 4,8						50,045 ± 0,345		
	Mallas	637,0 ± 22,6*						47,288 ± 0,249		
Mg	Raaka- aine	172,4 ± 2,1			106			25,057 ± 0,111		114
	Mallas	238,3 ± 5,3*			113			43,557 ± 0,295*		130
Cr	Raaka- aine	0,044 ± 0,004						0,081 ± 0,008		
	Mallas	0,064 ± 0,05*						0,061 ± 0,018*		

\* Muutos  $p < 0,05$ .

### 3.3 Vitamiinit ja muut yhdisteet

Mallastus vaikuttaa vitamiinien määriin sekä viljan antioksidatiivisiin ominaisuuksiin. Tutkimustietoa mallastuksen vaikutuksesta vitamiinipitoisuuksien muutoksille löytyy ohrasta (Dabina-Bicka ym. 2010, Dabina-Bicka ym. 2011, Do ym. 2015), vehnästä (Hefni ja Witthöft 2012b, Žilić ym. 2014, Laxmi ym. 2015) ja rukiista (Kariluoto ym. 2006). Vitamiinipitoisuuksien eroavaisuuksia on vertailtu myös kappaleessa 4 Taulukossa 6. Ohrassa ja ohramaltaassa esiintyy myös runsaasti fenolisia yhdisteitä (Leitao ym. 2012). Fenolisten yhdisteiden ja yleisesti antioksidanttien määrän muutoksista maltaassa löytyy paljon tutkimusta. Maltaan antioksidanttiaktiivisuuteen tai -kapasiteettiin vaikuttavat mm. fenoliset yhdisteet, antioksidanttiset vitamiinit, karotenoidit ja lämpökäsittelyn seurauksena syntyvät Maillard-tuotteet (Carvalho ym. 2016).

#### 3.3.1 Vitamiinit

E-vitamiini pitää sisällään useita erilaisia rasvaliukoisia yhdisteitä, joilla on RRR- $\alpha$ -tokoferolin biologinen aktiivisuus (Freese ja Voutilainen 2015). RRR- $\alpha$ -tokoferoli on alfatokoferolin stereoisomeereista ruoassa luontaisesti esiintyvä muoto (Health Canada 2009). E-vitamiinin pitoisuus ilmoitetaan yleensä alfatokoferoliekvivalanteina (Freese ja Voutilainen 2015). Yksi E-vitamiinin tehtävä elimistössä on toimia osana antioksidanttipuolustusta. Antioksidanttipuolustus on elimistön oma puolustusjärjestelmä, joka pyrkii estämään reaktiivisten happilajien, kuten happiradikaalien, liiallista muodostumista. Näiden muodostuminen on osa normaalia aineenvaihduntaa ja niitä muodostuu jatkuvasti, joten niiden poistaminen kehosta kokonaan on mahdotonta. Oksidatiiviseksi stressiksi kutsutaan tilaa, jossa oksidatiivisia vaurioita syntyy enemmän kuin puolustusjärjestelmä pystyy torjumaan.

C-vitamiini käsittää askorbiinihapon ja dehydroaskorbiinihapon (Freese ja Voutilainen 2015). C-vitamiini toimii niin ikään antioksidanttina elimistössä. Folaatit ovat ravinnosta saatavia yhdisteitä, joilla on foolihapon biologinen aktiivisuus. Foolihappoa ei esiinny ravinnossa sellaisenaan. Folaatit osallistuvat nukleiinihappojen emästen synteesiin ja välillisesti esimerkiksi DNA:n metylointireaktioihin.

Ohralla tehdyssä tutkimuksessa mallastus nosti E-vitamiinin määrää 38 %, eikä kuivaus merkittävästi vaikuttanut siihen (Dabina-Bicka ym. 2011). Kaupallisissa maltaissa E-vitamiinipitoisuudet olivat kuitenkin pienempiä ja mustaksi paahdetussa maltaassa E-vitamiinipitoisuudessa esiintyi selkeää laskua. Toisessa tutkimuksessa E-vitamiinipitoisuuden huomattiin nousevan idätyksen aikana, mutta laskevan kuivauksen seurauksena (Dabina-Bicka ym. 2010). Pitoisuus säilyi kuitenkin suurempana

kuin prosessoimattomassa ohrassa. Samassa tutkimuksessa huomattiin C-vitamiinipitoisuuden saavuttavan huippunsa neljän päivän idätyksen kohdalla kääntyen tämän jälkeen laskuun. Lisäksi kuivaus vähensi C-vitamiinin määrää, mutta lopullinen määrä oli suurempi kuin prosessoimattomassa ohrassa. Sen sijaan Don ym. (2015, 2016) tutkimuksissa mallastuksen huomattiin laskevan E-vitamiinipitoisuuksia suurimmalla osalla tutkituista ohralajikkeista.

Vehnällä tehdyssä tutkimuksessa E-vitamiinipitoisuuden on havaittu nousevan jopa yli kolminkertaiseksi idättämättömään vehnään verrattuna (Žilić ym. 2014). Samassa tutkimuksessa havaittiin myös B-vitamiineista niasiinin ja riboflaviinin pitoisuuksien nousua, kun taas tiamiini ja pyridoksiini laskivat. Laxmin ym. (2015) tutkimuksessa mallastuksen nähtiin nostavan vehnän C-vitamiinipitoisuutta 0:sta 6,2:een mg/100 g. Hefni ja Witthöft (2012b) puolestaan huomasivat, että idätys nosti vehnän folaattipitoisuutta, eikä kuivaus merkittävästi vähentänyt sitä. Lopullinen pitoisuus oli 56–72 µg/100 g, kun taas idättämättömän vehnän pitoisuus oli vain 14 µg/100 g. Saman tutkijaryhmän toisessa tutkimuksessa huomattiin vastaava tulos idätetyllä vehnällä ja rukiilla. (Hefni ja Witthöft 2012a). Folaatin määrä nousi parhaillaan 6-kertaiseksi, eikä uunikuivaus 50 °C:ssa vähentänyt sitä. Koehler ym. (2007) huomasivat folaattipitoisuuden nousevan huomattavasti idätyksen seurauksena vehnällä. Nousu oli parhaillaan 3,6-kertainen ja 100 gramman annos kattaisi 50 % folaatin saantisuosituksesta.

Rukiilla tehdyssä tutkimuksessa huomattiin, että folaattipitoisuudet nousivat mallastuksen avulla parhaimmillaan 2,5-kertaisiksi (Kariluoto ym. 2006). Optimaalinen tulos saatiin 7 päivän idätyksellä 14–16 °C:n lämpötilassa ja alle 75 °C:n kuivauksella. Kuivauslämpötilan nosto vähensi folaatin määrää maltaassa. Oleellinen havainto oli myös se, että suuri osa idätetyn jyvän folaatista sijaitti juuri-iduissa, joissa folaattia oli 6–10-kertaisesti muuhun jyvään nähden ja jopa 10–19-kertaisesti idättämättömään jyvään nähden.

### 3.3.2 Antioksidantit

Fytokemikaalit ovat kasvien sekundaarimetaboliitteja, joita kasvit muodostavat esimerkiksi torjumaan tauteja ja tuholaisia (Freese ja Voutilainen 2015). Niillä voi kuitenkin olla hyödyllisiä vaikutuksia ihmisen elimistössä. Fenoliset yhdisteet kuuluvat fytokemikaaleihin ja osalla niistä on havaittu olevan antioksidanttisia vaikutuksia *in vitro*. Kemiallisesti ne ovat laaja joukko erilaisia yhdisteitä, jotka sisältävät hydroksyloituja aromaattisia renkaita (Swanson 2003). Tanniinien lisäksi myös muut fenoliset yhdisteet voivat sitoutua ja sakkauttaa proteiineja (Bravo 1998). Yhden tai kahden monomeerin yhdisteiltä tämä ominaisuus kuitenkin puuttuu.

Maltaan antioksidanttisiin ominaisuuksiin voivat vaikuttaa myös Maillard-tuotteet. Maillard-reaktiossa pelkistävät sokerit reagoivat aminohappojen kanssa korkeissa lämpötiloissa ilman entsyymien vaikutusta (Carvalho ym. 2014). Maillard-tuotteet saavat aikaan tuotteen tummumisen. Ne voivat myös polymerisoitua reaktion loppuvaiheessa, jolloin syntyy molekyylipainoltaan suuria melanoidiineja. Melanoidiinella on korkea pelkistyspotentiaali ja voimakkaan ruskea väri.

Kuivatuissa maltaissa suurin antioksidanttiaktiivisuuden vaikuttava tekijä on fenoliset yhdisteet, kun taas paahdetuissa maltaissa Maillard-tuotteilla on suurin rooli (Samaras ym. 2005). Maltaalla tehdyissä tutkimuksissa antioksidatiivisia vaikutuksia on arvioitu mittaamalla antioksidanttiaktiivisuutta ja antioksidanttikapasiteettia. Aktiivisuus tarkoittaa mitatun antioksidantin ja oksidantin välisen reaktion nopeusvakiota, kun taas kapasiteetti mittaa määrää, jolla näyte reagoi vapaiden radikaalien kanssa (MacDonald-Wicks ym. 2006). Antioksidanttikapasiteetti siis sisältää näytteen kaikkien antioksidanttien vaikutuksen. Kirjallisuudessa termejä käytetään jonkin verran rinnakkaisina.

Tässä tutkielmassa fenolisten yhdisteiden tarkastelu on rajoitettu idätyksen jälkeen lämpökuivattuun ohraan. Taulukossa 3 on koottu tutkimustuloksia viimeisen viiden vuoden ajalta. Siitä voidaan huomata, että mallastus ei ole missään tutkimuksessa vaikuttanut negatiivisesti fenolisten yhdisteiden määriin tai antioksidanttiaktiivisuuteen/kapasiteettiin. Vastaavia tuloksia on havaittu muillakin viljoilla, esimerkiksi vehnällä (Žilić ym. 2014) ja tattarilla (Terpinc ym. 2016). Šimićin ym. (2017) useita ohralajikkeita vertaileessa tutkimuksessa fenolisten yhdisteiden määrä nousi mallastuksen seurauksena keskimäärin 1,59:stä 2,03:een mg GAE/g kuivapainosta (GAE=*gallic acid equivalent*). Özcanin (2018) tutkimuksessa ohramaltaassa fenolisten yhdisteiden määrä oli 1,08 mg GAE/g tuorepainosta. Kappaleessa 4 on tutustuttu fenolisten yhdisteiden mahdollisiin terveysvaikutuksiin.

Taulukko 3. Mallastuksen vaikutus fenolisten yhdisteiden määrään sekä antioksidanttiaktiivisuuteen/kapasiteettiin.

Viite	Mallastuksen vaikutus*			Menetelmät ja muut tulokset
	TPC	AOA	TAC	
(Özcan ym. 2018)	+	+		AOA mitattu DPPH-menetelmällä.
(Šimić ym. 2017)	+	+		AOA mitattu DPPH-menetelmällä.
(Sadeghi ym. 2016)		+		AOA mitattu FRAP-menetelmällä.
(Narwal ym. 2016)	+	0		AOA mitattu DPPH- ja ABTS-menetelmillä. Sitoutuneet fenoliset hapot keskimäärin vähenivät mallastuksen seurauksena.
(Fogarasi ym. 2015)	+		+/0	TAC mitattu DPPH-, ABTS- ja FRAP-menetelmillä. FRAP-menetelmällä ohraltaalla ja ohralla ei ollut eroa.
(H. Kim ym. 2013)	+		+	TAC mitattu DPPH- ja ABTS-menetelmillä. Mallastuksella ei vaikutusta flavonoidien määrään.
(Leitao ym. 2012)	+	0		AOA mitattu ABTS-menetelmällä.
(Do ym. 2016)				Maltaalla suurin TAC mitatuista näytteistä. Mitattu DPPH-menetelmällä.
(Tomková-Drábková ym. 2016)				Maltaassa suurimpina pitoisuuksina ferulahappo ja katekiini. Ferulahapon huippupitoisuus idättämisen lopussa ja kuivauksen alussa. Katekiinin huippupitoisuus liottamisen alussa. P-kumariinihapon pitoisuudet suurimmat juuri-iduissa. Muita tutkittuja fenolisia happoja esiintyi suurempina pitoisuuksina juuri-iduissa kuin maltaassa.
(Carvalho ym. 2015)				(+)-katekiinin ja kahvihapon määrät kasvoivat mallastuksen seurauksena. Ferulahapon määrä keskimäärin pieneni.

\*Vaikutus verrattuna ohraan: positiivinen +, negatiivinen –, ei vaikutusta 0.

TPC=fenolisten yhdisteiden kokonaismäärä (*Total phenolic content*).

AOA=Antioksidanttiaktiivisuus.

TAC=Antioksidanttikapasiteetti (*Total antioxidant capacity*).

### 3.4 Kuitu ja hiilihydraatit

Ravinnon hiilihydraatit koostuvat tärkkelyksestä, mono-, di- ja oligosakkarideista sekä ravintokuidusta (Mutanen ja Voutilainen 2015). Ravintokuiduksi kutsutaan hiilihydraatteja ja ligniinejä, jotka eivät sula ruoansulatuksessa. Ravintokuitu voidaan jakaa fysiologisten ominaisuuksien perusteella viskoosiin ja ei-viskoosiin sekä liukoiseen ja liukenemattomaan kuituun. Kokonaiskuituun lasketaan lisäksi funktionaalinen kuitu, jolla tarkoitetaan elimistölle hyödyllisiä, eristettyjä tai synteettisesti valmistettuja sulamattomia hiilihydraatteja. Esimerkiksi resistenttiä tärkkelystä voidaan pitää funktionaalisenä kuituna (Sajilata ym. 2006).

Erilaisten ohratuotteiden ravintoarvoja vertaileessa tutkimuksessa maltaan kuidun määrä oli 42,1 % kuivapainosta (Beloshapka ym. 2016). Vastaavat luvut liukenemattomalle ja liukoiselle kuidulle olivat 22,9 % ja 19,2 %. Muista tuotteista kuidun määrä oli parhaimmillaan 23,1 % ja kuitu oli suurelta osin liukenematonta. Tärkkelystä maltaassa oli 16,2 %, kun muissa tuotteissa tärkkelystä oli yli 65 %. Maltaassa imeytyvää ja resistenttiä tärkkelystä oli 11,4 ja 4,8 %, kun muissa tuotteissa imeytyvää tärkkelystä oli yli 60 % ja resistenttiä tärkkelystä 3,8–9,4 %. Maltaassa on siis suhteessa enemmän resistenttiä tärkkelystä. Vapaan glukoosin määrässä ei ollut huomattavaa eroa muihin tuotteisiin.

Ohralla tehdyissä tutkimuksissa mallastuksen on huomattu vähentävän tärkkelyspitoisuutta (Arif ym. 2011, Farzaneh ym. 2017) ja lisäävän sokerien määrää (Arif ym. 2011). Samat tulokset on todettu myös riisillä (Kalita ym. 2017). Toisaalta tärkkelyksen suhteellinen pitoisuus voi pysyä lähes ennallaan juuri-itujuen poiston seurauksena (Betts ym. 2017). Maltaan sokerit koostuvat pääasiassa maltoosista, glukoosista ja fruktoosista (Viking Malt Oy, Liite 1).

Mallastuksen on havaittu lisäävän kuidun määrää ohrassa (Hübner ym. 2010, Arif ym. 2011) ja hirssissä (Obadina ym. 2017). Teixeira ym. (2016) puolestaan huomasivat kuidun kokonaismäärän vähenevän ohrassa mallastuksen seurauksena, ja liukenematon kuitu väheni samassa suhteessa. Myös liukoinen kuitu väheni tilastollisesti merkitsevästi, mutta arabinoksylaanin suhteellinen määrä lisääntyi. Laxmi ym. (2015) eivät puolestaan havainneet kuidun määrässä suuria muutoksia vehnässä ja hirssissä. Hübnerin ym. (2010) tutkimuksessa liukenematon kuitu lisääntyi sekä ohrassa että kaurassa. Sen sijaan liukoinen kuitu väheni kaurassa, mutta lisääntyi ohrassa. Tutkimuksissa on käytetty osittain erilaisia määrittämenetelmiä, joten tulosten vertailu on haasteellista ja tulee tehdä varoen.

Liukoiset kuidut muodostavat veden kanssa geelin (Mutanen ja Voutilainen 2015). Kaurassa ja ohrassa esiintyvä  $\beta$ -glukaani on pääasiassa liukoisessa muodossa (Hübner ym. 2010).  $\beta$ -glukaani on

yhdessä arabinoksyylaanin kanssa jyvän soluseinien runsaslukuisin yhdiste (Betts ym. 2017). Viskoosin rakenteen muodostuminen on oluenvalmistuksen kannalta ongelmallista (Marconi ym. 2014), joten  $\beta$ -glukaanin väheneminen on panimoprosessien kannalta tarkoituksenmukaista. Tämä väheneminen onkin havaittu monissa tutkimuksissa (Hübner ym. 2010, Runavot ym. 2011, Marconi ym. 2014, Teixeira ym. 2016, Betts ym. 2017, Farzaneh ym. 2017). Marconi ym. (2014) havaitsivat mallastuksen myös lisäävän  $\beta$ -glukaanin liukoisuutta. Mallastusprosessin muutoksilla voidaan kuitenkin pyrkiä minimoimaan  $\beta$ -glukaanin vähenemistä. Esimerkiksi liotuksen aikana käytetty maitohappo ja veden korkeampi lämpötila voivat heikentää  $\beta$ -glukaanin vähenemistä (Haraldsson ym. 2004, Teixeira ym. 2016).

Pyrodekstriinit ovat tärkkelyksen pilkkoutumistuotteita, joita syntyy kuivissa ja happamissa olosuhteissa korkeissa lämpötiloissa (Bai ym. 2014). Pyrodekstriinit käyttäytyvät resistentin tärkkelyksen tavoin (Cao ym. 2018), ja niitä voidaan pitää liukoisena kuituna (Bai ym. 2014, Cao ym. 2018). Tummissa maltaissa paahtolämpötilat voivat nousta yli 200 °C:een (Enari ja Mäkinen 2014). Lisäksi maltaiden tavoiteltu pH on happaman puolella paremman uutesaannin vuoksi, joten maltaan paahtossa on otolliset olosuhteet pyrodekstriinien muodostumiselle. Kuitupitoisuuden selkeän nousun voi havaita Taulukossa 4 esimerkiksi Chocolate-maltaan kohdalla.

### 3.5 Proteiini ja aminohapot

Proteiinit ovat aminohapoista koostuvia makromolekyylejä (Duodecim Terveyskirjasto 2018a, 2018c). Mallastuksen on huomattu muokkaavan proteiinin kokonaismäärää ja käytettävyyttä sekä vapaiden aminohappojen suhteellisia osuuksia. Itäminen aktivoi jyvän varastoproteiineja pilkkovia entsyymejä (Steiner ym. 2011). Keskimääräisesti runsaslukuisimpia varastoproteiineja ovat hordeiinit (Enari ja Mäkinen 2014), joita entsyymit pilkkovat liukoiseksi peptideiksi ja vapaiksi aminohapoiksi (Baxter 1981). Tärkkelyksen väheneminen puolestaan nostaa proteiinin suhteellista osuutta valmiissa maltaassa (Enari ja Mäkinen 2014).

Ohralla tehdyissä tutkimuksissa proteiinipitoisuuksien muutoksista ei ole yhtenäisiä tuloksia. Arifin ym. (2011) tutkimuksessa proteiinin kokonaismäärä oli hieman pienempi kuin idättämättömällä ohralla. Toisessa tutkimuksessa proteiinipitoisuuden havaittiin nousevan yhdellä ohralajikkeella, kun taas kahden lajikkeen pitoisuuksissa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää muutosta (Teixeira ym. 2016). Tutkimuksessa, jossa juuri-ituja ei poistettu, idätys lisäsi isoleusiinin, leusiinin, lysiinin ja fenyylialaniinin määriä, mutta vähensi valiinin määrää (Youssef ym. 2013). Vapaiden aminohappojen sekä proteiinin kokonaismäärä kasvoivat hieman.



Juuri-idut sisältävät runsaasti proteiinia (Enari ja Mäkinen 2014), joten niiden poisto saattaa aiheuttaa muutoksia proteiinin suhteelliseen määrään. Tutkimuksessa, jossa vertailtiin ohramaltaan ravintoarvoja muihin käsiteltyihin ohratuotteisiin, maltaan proteiinipitoisuus oli 13,5 % kuivapainosta, kun muilla tuotteilla se oli 10,9–14,5 % (Beloshapka ym. 2016). Sen sijaan välttämättömien aminohappojen määrä kuivapainosta oli pienempi kuin muilla tuotteilla. Tästä tutkimuksesta on kuitenkin syytä huomata, että maltaan kuitupitoisuus on lähes kaksinkertainen seuraavaksi kuitupitoisimpaan tuotteeseen verrattuna.

Hirssillä tehdyissä tutkimuksissa proteiinin kokonaismäärä nousi tilastollisesti merkitsevästi (Laxmi ym. 2015, Adebisi ym. 2017, Obadina ym. 2017). Laxmin ym. (2015) tutkimuksessa proteiinipitoisuus nousi jopa 58.64 %, tosin tutkimuksessa käytetty jauho sisälsi juuri-idut. Yksittäisistä välttämättömistä aminohapoista leusiinin määrä oli suurin, minkä lisäksi lysiinin ja tryptofaanin määrät nousivat tilastollisesti merkitsevästi (Obadina ym. 2017). Mallastuksen on myös todettu parantavan hirssin proteiinin *in vitro* käytettävyyttä parhaimmillaan yli 90 % (Hejazi ja Orsat 2016). Tällä havaittiin olevan lineaarinen yhteys antiravintoaineiden vähenemiseen. Proteiinin käytettävyyden paraneminen havaittiin myös toisessa tutkimuksessa, jossa tutkittiin durraa hirssin lisäksi (Onyango ym. 2013). Mallastus vähentää proteiinin kokonaismäärää hieman durralla (Ogbonna ym. 2012). Yli 78 tunnin idätyksen jälkeen proteiinin määrä oli kuitenkin sama kuin idättämättömässä tuotteessa. Amarantilla on tehty havaintoja proteiinin määrän lisääntymisestä ja *in vitro* käytettävyyden paranemisesta (Hejazi ym. 2016). Niin ikään tässä tutkimuksessa käytettävyyden paraneminen oli lineaarisessa yhteydessä antiravintoaineiden vähenemiseen.

Kauralla tehdyssä tutkimuksessa mallastus hieman vähensi proteiinin määrää, mutta nosti proteiinin *in vitro* käytettävyyttä tilastollisesti merkitsevästi (Tiwari ja Awasthi 2014). Vehnällä tehdyssä tutkimuksissa idätys lisäsi proteiinin kokonaismäärää (Laxmi ym. 2015). Toisessa tutkimuksessa kokonaismäärä puolestaan ei lisääntynyt, mutta isoleusiinin, leusiinin, metioniinin, fenyylialaniinin, treoniinin ja valiinin määrät nousivat tilastollisesti merkitsevästi (Hung ym. 2012). Molemmissa tutkimuksissa näytteet sisälsivät kuitenkin juuri-idut. Munoz-Insan ym. (2016a, 2016b) tutkimuksissa mallastuksen on todettu lisäävän vapaiden aminohappojen määrää speltissä ja ruisvehnässä.

### 3.6 Lipidit, rasvahapot

Lipidit eli rasva-aineet ovat veteen liukenemattomia yhdisteitä (Duodecim Terveyskirjasto 2018b). Lyhyet rasvahapot ovat vesiliukoisia (Hughes ja Wimmer 1935). Ravinnon lipideistä yli 95 % on triglyseridejä (Mutanen ja Voutilainen 2015). Mallastus vaikuttaa myös lipidien pitoisuuksiin

viljoissa. Ohralla mallastus näyttäisi hieman laskevan rasvan suhteellista määrää (Arif ym. 2011, Bravi ym. 2012). Sama vaikutus on havaittu myös hirssillä tehdyissä tutkimuksissa (Obadina ym. 2017, Adebiyi ym. 2017). Durralla rasvan pitoisuus puolestaan nousi hieman mallastuksen seurauksena (Ogbonna ym. 2012). Suurimpina pitoisuuksina ohrassa ja maltaassa esiintyy linolihappoa, joka jonkin verran lisääntyy mallastuksen seurauksena (Bravi ym. 2012, Özcan ym. 2018). Mallastus näyttäisi myös laskevan öljyhapon (Bravi ym. 2012, Özcan ym. 2018) ja palmitiinihapon pitoisuuksia (Özcan ym. 2018).

### 3.7 Haitalliset aineet

Mallas saattaa sisältää myös haitallisiksi havaittuja aineita. Nämä voivat olla peräisin raaka-aineesta, kuten raskasmetallit (Sadeghi ym. 2016) ja sienimyrkyt (Dohnal ym. 2010, Pflaum ym. 2016), tai prosessin aiheuttamia, kuten imidatsolit (Mottier ym. 2017) ja akryyliamidi (Mikulíková ja Sobotová 2007, Mizukami ym. 2014, Pflaum ym. 2016). Jotkin Maillard-tuotteet voivat toimia myös pro-oksiantteina (Carvalho, Øgandal ym. 2016).

Ohralla tehdyssä tutkimuksessa maltaan lyijy- ja kadmiumpitoisuudet olivat keskimäärin pienempiä kuin prosessoimattomalla ohralla (Sadeghi ym. 2016). Maltaassa lyijypitoisuus oli keskimäärin  $0.179 \pm 0.082$  mg/kg ja kadmiumia  $0.153 \pm 0.098$  mg/kg. Ohralla tehdyssä tutkimuksessa maltaan deoksinivalenoli-sienimyrkyt pitoisuudet olivat korkeimmillaan  $499 \mu\text{g/kg}$ , kun taas idättämättömällä ohralla korkein arvo oli  $641 \mu\text{g/kg}$  (Dohnal ym. 2010).

Myös osa Maillard-reaktiossa syntyvistä yhdisteistä voivat olla haitallisia. Akryyliamidin on havaittu aiheuttavan syöpää jyrsijöillä (EFSA 2015). Sitä syntyy asparagiinin ja pelkistävien sokerien reagoidessa kuivissa olosuhteissa yli  $120 \text{ }^\circ\text{C}$ :n lämpötiloissa. Ohralla tehdyssä tutkimuksessa mallastuksen havaittiin lisäävän pelkistävien sokerien määrää idättämättömän ohran 1,09 %:sta maltaan 5,23 %:iin (Arif ym. 2011). Maltaan kuivaaminen ja paahdon korkea lämpötila luovat otolliset olosuhteet akryyliamidin muodostumiselle. Asparagiinin määrä vaikuttaa myös huomattavasti akryyliamidien muodostumiseen, ja sen määrä vaihtelee ohralajikkeiden välillä (Mizukami ym. 2014). Mikulíková ja Sobotová (2007) tutkimuksessa korkeimmat akryyliamidipitoisuudet havaittiin  $160\text{--}170 \text{ }^\circ\text{C}$ :ssa kuivatuissa maltaissa, joissa ne nousivat yli  $1,2 \text{ mg/kg}$ .

Maillard-reaktiossa muodostuvat melanoidiinit ovat tärkeä maltaan väriin vaikuttava tekijä (Carvalho, Øgandal ym. 2016). Kuten jo aiemmin todettiin, niillä on myös antioksidatiivisia ominaisuuksia. Erityisesti tummissa maltaissa esiintyvillä suuren molekyylipainon (yli  $300 \text{ kDa}$ ) melanoidiineilla on kuitenkin havaittu olevan myös pro-oksidiivinen vaikutus Fentonin reaktion

kautta. Maillard-reaktiossa syntyy myös imidatsoleja ja niiden määrä on yhteydessä maltaan tummuuteen (Mottier ym. 2017). 4-metyyli-imidatsolia syntyy ammoniakkin reagoissa pelkistävien sokerien kanssa ja se on todettu syöpävaaralliseksi rotilla (Chan ym. 2008). Korkeimmillaan 4-metyyli-imidatsolin määrä maltaassa oli 323 µg /kg (Mottier ym. 2017). Paahdetussa ohrassa määrä oli 466 µg a/kg. Maltaassa esiintyi myös 2-metyyli-imidatsolia 135 µg ja 2-asetyyli-4-tetrahydroksibutyli-imidatsolia (THI) 55 µg.

#### 4 RAVINTOARVOT JA TERVEYSVAIKUTUKSET

Edellisestä kappaleesta selviää, millaisia muutoksia mallastus aiheuttaa yksittäisille ravintoaineille ja muille ravinnon osatekijöille. Monet tekijät, kuten viljalajike ja prosessin eri vaiheiden muutokset, vaikuttavat maltaan ravintoainepitoisuuksiin, joten erilaisten maltaiden välillä voi olla suuriakin eroja. Taulukkoon 4 on koottu erilaisten ohra- ja ruismaltaiden ravintoarvoja sekä näiden keskiarvo. Vaikka erilaisten maltaiden vertaileminen voi olla hankalaa, antaa taulukko kokonaiskuvan siitä, millainen ruoka-aine mallas on.

Taulukko 4. Maltaiden ravintoainepitoisuuksia.

/100g	PILS <sup>1</sup>	ENT <sup>1</sup>	CB10 <sup>1</sup>	MUN <sup>1</sup>	CR <sup>1</sup>	CM <sup>1</sup>	OM <sup>2</sup>	RM <sup>3</sup>	KMM <sup>3</sup>	Ka. ± Kh.*
Energiaa, kcal	359	352	362	358	339,5	356	361	407	306	355,6 ± 26,1
Proteiinia, g	9,8	11,4	9,4	9,5	10,2	9,7	10,28	11,7	8,2	10,0 ± 1,1
Rasvaa, g	2,6	2,8	2,9	1,6	1,95	1,5	1,84	2,2	1,6	2,1 ± 0,5
Hiilihydraatteja, g	66,7	63	69,1	69	67,15	65,7	73,3	77	56,8	67,5 ± 5,8
, joista sokereita, g	14,5	17	26,1	11	10,5	0,6	0,8	9,8	9,8	11,1 ± 7,8
Kuitua, g	13,6	14,3	11,3	15,1	13,25	20,2	7,1	14,3	14,3	12,6 ± 2,6
Natriumia, mg	2,1	6,4	8,65	6,9	11,5	5,9	11	2	6,5	6,8 ± 3,3
Kaliumia, mg	330	330	355	335	400	340	224	440	410	351,6 ± 62,5
Kalsiumia, mg	28,5	38	29	34	41	28	37	3,1	38	30,7 ± 11,4
Sinkkiä, mg	2,4	2,8	2,3	2,5	3	2,2	2,06		3,8	2,6 ± 0,6
Magnesiumia, mg	120	120	115	125	115	120	97		14	103,3 ± 37,0
Rautaa, mg							4,71		6,9	5,8 ± 1,5
Fosforia, mg							303		390	346,5 ± 61,5

\* Keskiarvo ± keskihajonta.

Lyhenteet: PILS, Pilsner-mallasjauho; ENT, entsyymimallasjauho; CB10, Cara Bake 10 -mallas; MUN, Munich-mallas; CR, Cara Rye -mallas; CM, Chocolate-mallas; OM, ohramallasjauho; RM, ruismallas; KMM, kalja- ja mämmimallas.

Lähteet: 1) Viking Malt Oy, Liite 1. 2) USDA 2018b. 3) Fineli® 2018.

Mallastuksen aiheuttamien muutosten myötä on syytä verrata maltaan ravintoarvoja myös idättämättömään viljaan. Taulukossa 5 on vertailtu maltaiden keskiarvoja ohra- ja ruisjauhoihin ja taulukossa 6 on vertailtu ohramaltaan ja täysjyväohran vitamiinipitoisuuksia. Taulukon 5 perusteella voidaan havaita, että maltaassa on huomattavasti enemmän sokereita kuin täysjyväjauhoissa, mikä selittyy varastotäikkelyksen entsyymaattisella pilkkoutumisella mallastuksen aikana (Enari ja Mäkinen 2014). Taulukosta 4 voidaan kuitenkin huomata, että sokerien määrä vaihtelee maltaiden välillä runsaasti. Myös raudan määrä näyttäisi olevan korkeampi maltaassa, mikä on osittain linjassa kappaleessa 3.1.4. esitettyjen havaintojen kanssa. Taulukossa 5 ohrajauhojen vähäinen kuitupitoisuus selittyy sillä, että osa jyvän kuoresta on poistettu.

Taulukko 5. Maltaiden ja vastaavien täysjyväjauhojen energiaravintoaine-, kuitu- ja kivennäisainepitoisuuden vertailu.

/100g	Ohramaltaat*	Täysjyväohrajauho <sup>1</sup>	Ruismaltaat*	Täysjyväruisjauho <sup>1</sup>	Suositus/vrk <sup>2</sup>
Energiaa, kcal	359 ± 3,6	355	350 ± 51,4	324	
Proteiinia, g	10,0 ± 0,7	9,3	10,0 ± 1,8	9,6	10–20 E% **
Rasvaa, g	2,2 ± 0,6	2,5	1,9 ± 0,3	1,9	1,1–1,3 g/kg 25–40 E%
Hiilihydraatteja, g	67,8 ± 3,5	69,3	67,0 ± 10,1	59,4	45–60 E%
, joista sokereita, g	11,1 ± 9,9	1,8	10,0 ± 0,4	1,9	< 10 E% ***
Kuitua, g	11,6 ± 3,2	7,6	14,0 ± 0,6	13,9	Vähintään 25–35
Natriumia, mg	6,8 ± 2,9	1	6,7 ± 4,8	1	< 2000
Kaliumia, mg	319 ± 47,5	443	416 ± 20,8	445	M: 3500 N: 3100
Kalsiumia, mg	32,4 ± 11,4	33	27,4 ± 21,8	33	800
Sinkkiä, mg	2,4 ± 0,3	3,1	3,4 ± 0,6	2,9	M: 9 N: 7
Magnesiumia, mg	116,2 ± 9,9	115	64,5 ± 71,4	97	M: 350 N: 280
Rautaa, mg	4,7	3,8	6,9	3,3	M: 9 N: 15
Fosforia, mg	303	376	390	312	600

\* Keskiarvo ± keskihajonta taulukosta 4; \*\* Energiaprosenttia. \*\*\* Lisättyä sokeria.

Lähteet: 1) Fineli® 2018. 2) Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2014.

Taulukossa 6 suurimmat erot ovat C-vitamiinin ja folaatin lisääntyminen sekä joidenkin B-ryhmän vitamiinien muutokset. C-vitamiinin lisääntyminen johtuu idätyksen aikana syntetisoituvasta C-vitamiinista, sillä viljassa ei tavallisesti esiinny lainkaan C-vitamiinia (Dabina-Bicka ym. 2010).

Kappaleessa 3.2. esitetyissä tutkimustuloksissa havaittiin folaattipitoisuuksien nousua mallastuksen seurauksena.

Taulukko 6. Maltaan ja vastaavan täysjyväjauhon vitamiinipitoisuuksien vertailu.

	Ohramallas- jauho <sup>1</sup>	Täysjyvähöhrä (hulled)* <sup>1</sup>	Suositus <sup>2</sup>	
			Naiset	Miehet
C-vitamiini, mg	0.6	0,0	75	75
Tiamiini, mg	0.309	0,646	1,1	1,4
Riboflaviini, mg	0.308	0,285	1,3	1,6
Niasiini, mg	5.636	4,604	15	19
B <sub>6</sub> -vitamiini, mg	0.655	0,318	1,3	1,6
Folaatti, µg	38	19	400	300
A-vitamiini, RE, µg	1	1	700	900
E-vitamiini, mg	0.57	0,57	8	10
K-vitamiini, µg	2.2	2,2	90 <sup>3</sup>	120 <sup>3</sup>

\*Kuoren uloin osa poistettu.

Lähteet: 1) USDA 2018a ja 2018b. 2) Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2014. 3) Nordic nutrition recommendations 2012.

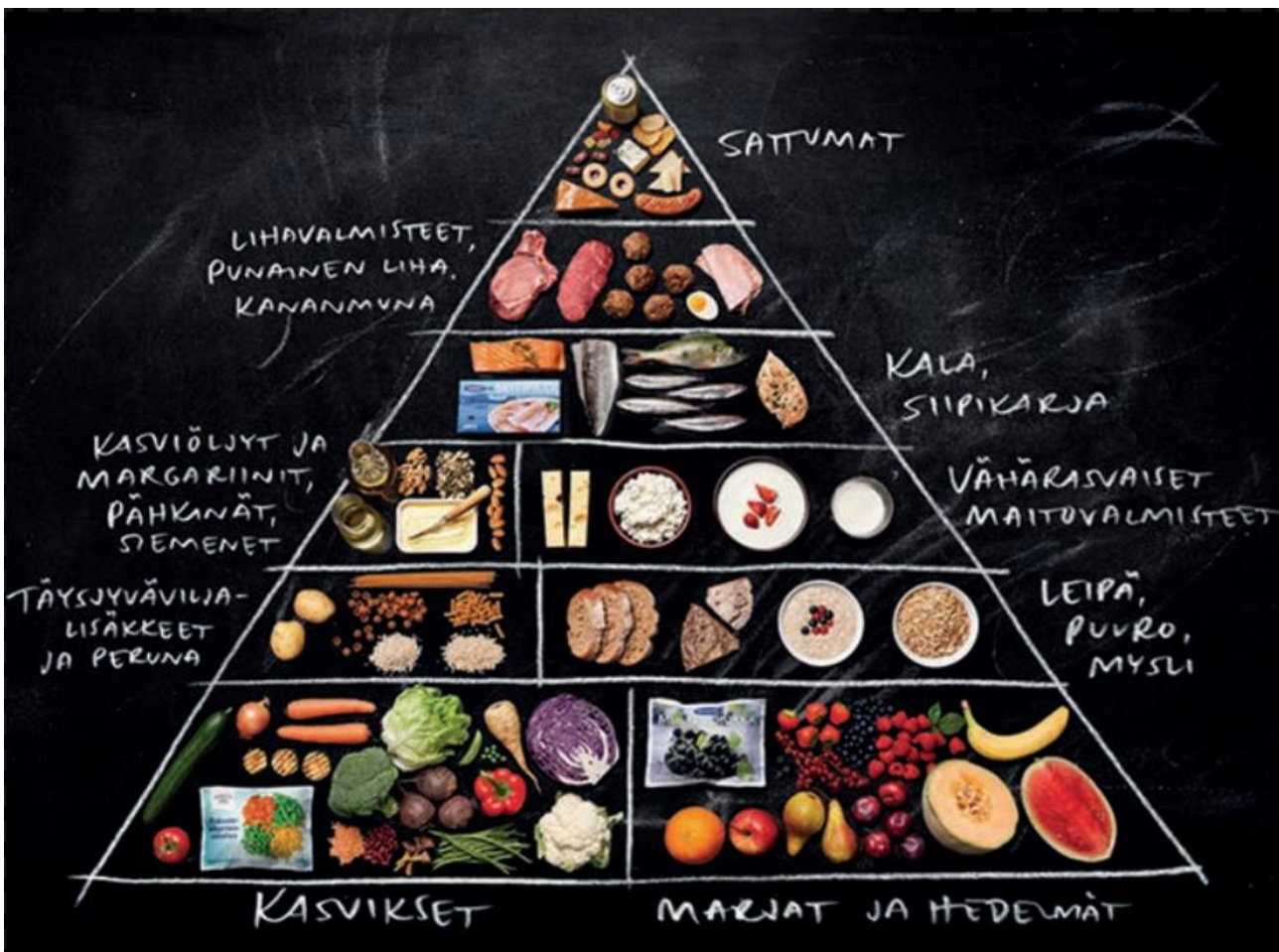
#### 4.1 Ravitsemussuositukset

Suomalaisten ravitsemussuositusten tavoitteena on parantaa väestön terveyttä ravitsemuksen keinoin (Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2014). Suositukset on laadittu tutkimustietoon pohjautuen terveille, kohtuullisesti liikkuville ihmisille ja niitä voi soveltaa koko väestöön. Ne ottavat myös huomioon yksilöllisen vaihtelun ja erityisruokavaliot. Suositusten perustana on kokonaisuuden hallinta. Niissä pyritään myös huomioimaan ympäristövaikutukset terveellisyyden rinnalla. Suositukset voidaan jakaa ruoka-ainesuosituksiin ja ravintoainesuosituksiin.

Ruoka-ainesuosituksissa otetaan kantaa siihen, millaisia ruoka-aineita kannattaa suosia ja millaisia vähentää. Painotuksia havainnollistetaan ruokakolmiolla ja lautasmallilla (Kuva 1). Suosituksissa kehoitetaan vähentämään energiatiheitä ja suosimaan ravintoainetiheitä ruokia. Käytännössä tämä tarkoittaa kasviksien, marjojen ja hedelmien suosimista, sillä ne sisältävät vain vähän energiaa

suhteessa niiden sisältämiin vitamiineihin ja kivennäisaineisiin. Tämä ryhmä muodostaakin pohjan tasapainoiselle ruokavaliolle.

Nykyisin käytössä olevan ruokakolmion toiseksi alin kerros koostuu hiilihydraatin lähteistä viljatuotteet mukaan lukien. Viljan päivittäinen käyttösuositus on miehille yhdeksän ja naisille kuusi annosta. Näistä puolet tulisi olla täysjyvää. Hiilihydraattien kohdalla korostetaan myös lisätyn sokerin vähentämistä. Healthgrain-konsortion täysjyvän määritelmän mukaan jyvän tulee sisältää kaikki osat alkuperäisissä suhteissa (van der Kamp, Jan Willem ym. 2014). Prosessointitappioiden tulee olla alle 2 % koko jyvän tai alle 10 % kuorikerrosten painosta. Mallastuksessa tapahtuu noin 10 % tappio jyvän painosta (Enari ja Mäkinen 2014), joten määritelmän mukaan mallasta ei voida pitää täysjyvänä, vaikka jyvistä ei poisteta mitään. Sen sijaan AACC:n määritelmän mukaan mallastettu ja idätetty vilja lasketaan täysjyväksi, kunhan kaikki jyvän alkuperäiset osat ovat tallella, juuri-idun pituus ei ylitä jyvän pituutta ja ravintoarvot eivät ole heikentyneet (AACC International 2018).



Kuva 1. Ruokakolmio. Lähde: Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2014.

Suosituksissa painotetaan myös suolan vähentämistä, säännöllistä ateriarytmiä ja ympäristöystävällisyyttä. Taulukossa 7 on peilattu mallasta elintarvikkeena ravitsemussuosituksen pääkohtiin. Ravintoainesuosituksia on esitetty taulukoissa 5 ja 6. Vitamiinien ja kivennäisaineiden osalta suositus tähtää riittävään saantiin viikkojen tai kuukausien aikavälillä.

Taulukko 7. Mallas ravitsemussuosituksen näkökulmasta.

Suositus/tavoite/huomiokohde	+/-
Energiatiheyden vähentäminen. Kuidun määrä vähintään 25–35 vuorokaudessa.	+ <b>Vähärasvainen.</b> Rasvaa enintään 3 g/100 g. + <b>Runsaskuituinen.</b> Ravintokuituja vähintään 6 g/100 g. – Sisältää enemmän sokeria kuin idättämätön täysjyvävilja (Taulukko 6).
Viljatuotteiden käyttö 6–9 annosta vuorokaudessa. Täysjyväviljan suosiminen.	+ Sisältää kaikki jyvän osat. – Ei täytä täysjyväviljan määritelmää (Healthgrain).
Lisätyn sokerin vähentäminen. Lisättyä sokeria < 10 E% vuorokaudessa.	+ <b>Ei lisättyjä sokereita.</b> Ei lisättyjä mono- tai disakkarideja tai muita elintarvikkeita, joita käytetään niiden makeuttavan vaikutuksen vuoksi. Vaatii merkinnän ”SISÄLTÄÄ LUONTAISESTI SOKEREITA”.
Suolan vähentäminen.	+ <b>Erittäin vähän natriumia.</b> Natriumia enintään 0,04 g/100 g.
Ateriarytmin säännöllisyys.	+ Voidaan syödä sellaisenaan, soveltuu välipalatuotteeksi.
Ympäristöystävällisyys.	+ Raaka-aineena kotimainen vilja. + Kasvipерäinen. – Mallastukseen kuluu vettä ja energiaa.
Erityisruokavaliot.	+ <b>Proteiinin lähde*.</b> Vähintään 12 % elintarvikkeen energiasisällöstä muodostuu proteiinista. + Vegaaninen.

\* Vain osa maltaista (Taulukko 5).

EU:ssa hyväksytyt ravitsemusväitteet lihavoitu (EUROOPAN PARLAMENTIN JA NEUVOSTON ASETUS (EY) N:o 1924/2006).

Finravinto 2012-tutkimuksen mukaan etenkin naiset saavat ravinnostaan liian vähän rautaa (Helldán ym. 2013). Folaatin saanti on molemmilla sukupuolilla liian alhaista. Myös kuitua saadaan liian vähän suositukseen nähden. Mallas on erinomainen elintarvike vastaamaan näihin puutteisiin. Rautaa 50 gramman annoksesta saadaan 20–30 % suosituksesta (miehet 9 ja naiset 15 mg) ja vähentyneiden fytaattipitoisuuksien (Taulukko 1) takia myös raudan hyväksikäytettävyys on parempi (Haraldsson ym. 2005). Vastaavasta annoksesta saadaan myös 5–7 % päivittäisestä folaatintarpeesta (miehet 300 ja naiset 400 µg). Kuitua maltaassa on runsaasta ja 50 gramman annoksesta täyttyy jo neljännes vähimmäissuosituksista (25–35 g). Mallas sisältää myös keskimäärin 10 g/100 g proteiinia, joten 50 gramman annoksessa proteiinia on 5 grammaa. 70 kilogrammaa painavalla ihmisellä tämä määrä kattaa 5,5–6,5 % suosituksesta (1,1–1,3 g/painokg) Proteiini voi olla myös paremmin hyväksikäytettävää mm. pienempien fytaattipitoisuuksien takia (Onyango ym. 2013, Tiwari ja Awasthi 2014, Hejazi ym. 2016, Hejazi ja Orsat 2016). Ravitsemussuosituksissa painotetaan myös rasvan laadun parantamista. Mallas sisältää vain vähän rasvaa, mutta suurin osa vapaista rasvahapoista on monitydyttymätöntä linolihappoa 18:2 (n-6) (Özcan ym. 2018). Suositusten mukaan keskimääräinen energiantarve 18–30-vuotiailla miehillä 2800–3150 kcal ja naisilla 2250–2500 kcal. Vähärasvaisena tuotteena mallas auttaa pienentämään ruokavalion energiapitoisuutta. 50 grammaa mallasta sisältää 5–8 % päivittäisestä energiansaannista.

Mallas soveltuu vegaaniseen ruokavalioon. Ravitsemussuosituksissa vegaaniruokavalion koostamisessa kiinnitetään huomiota B12-vitamiinin, D-vitamiinin, riboflaviinin, kalsiumin, raudan, sinkin, jodin, seleenin ja proteiinin riittävään saantiin. Mallas on käyttökelpoinen tuote vegaanille etenkin riboflaviinin, kalsiumin, raudan, sinkin ja proteiinin lähteenä (Taulukot 5 ja 6). Kivennäisaineiden hyväksikäytettävyys on parantunut fytaattipitoiseen täysjyväviljaan verrattuna (Fredlund ym. 2003, Haraldsson ym. 2005, Platel ym. 2010). Myös proteiinin hyväksikäytettävyys on parempi täysjyväviljaan verrattuna (Onyango ym. 2013, Tiwari ja Awasthi 2014, Hejazi ym. 2016, Hejazi ja Orsat 2016).

## 4.2 Mallasuute

Valkoinen sokeri on 99,9 % sokeria ja siinä on vain pieniä määriä kivennäisaineita eikä lainkaan vitamiineja (Fineli® 2018). Mallasuutteessa sen sijaan on kohtalaisia pitoisuuksia kivennäisaineita, kuten magnesiumia ja kaliumia, sekä B-ryhmän vitamiineja (Taulukko 8). Lisäksi se sisältää hieman kuitua. Korvaamalla sokerin mallasuutteella voidaan vuositasolla saavuttaa huomattavia ravitsemuksellisia etuja. Taulukossa 8 on esitetty, miten sokerin korvaaminen mallasuutteella vaikuttaa ravintoaineiden saantiin päivässä ja vuositasolla. Suositusten kannalta tärkeitä muutoksia ovat energian ja sokerin väheneminen. Suomalaiset saavat B-ryhmä vitamiineja pääasiassa riittävästi,



mutta folaatin saanti on liian vähäistä (Helldán ym. 2013). Tässä mielessä pienikin lisäys on merkityksellinen.

Taulukko 8. Mallasuutteen ravintoarvot ja sokerin korvaamisen vaikutukset.

/100 g	Ohramallasuute <sup>3</sup>	Suositus <sup>1</sup>		Korvaamalla 20 g valkoista sokeria mallasuutteella (1:1)	
		Miehet	Naiset	Päivässä	Vuodessa
Energiaa kcal	312			-18,8	-6862
Proteiini g	4,6	10–20 E%		+0,92	+335,8
Rasva g	0	25–40 E%		0	0
Hiilihydraatit g	73,1	45–60 E%		-5,38	-1963,7
Sokerit g	45	<10 E%		-11	-4015
Ravintokuitu	0,5	25–35 g		+0,1	+36,5
Natrium mg	8,9	<2000		+1,78	+649,7
Kalium mg	323	3500	3100	+64,2	+23433
Kalsium mg	9,3	800	800	+1,86	+678,9
Sinkki mg	0,5	9	7	+0,1	+36,5
Magnesium	62	350	280	+12,4	+4526
Tiamiini mg	0,2	1,4	1,1	+0,04	+14,6
Riboflaviini mg	0,2	1,6	1,1	+0,04	+14,6
Niasiini mg	6	19	15	+1,2	+438
Pantoteenihappo mg	0,7	5 <sup>2</sup>	5 <sup>2</sup>	+0,14	+51,1
Pyridoksiini µg	0,5	1600	1300	+0,1	+36,5
Biotiini µg	11	30 <sup>2</sup>	30 <sup>2</sup>	+2,2	+803
Folaatti µg	50	300	400	+10	+3650

E%; energiaprocenttia.

Lähteet: 1) Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2014. 2) Nordic nutrition recommendations 2012. 3) Viking Malt Oy. Liite 2.

Parempien ravintoarvojen lisäksi mallasuutteen mahdolliset antioksidanttiset vaikutukset voivat lisätä terveyshyötyjä entisestään. Qingming ym. (2010) tutkivat mallasuutteen antioksidanttisia vaikutuksia *in vitro* ja hiirillä *in vivo*. Mallasuutteen fenolisilla yhdisteillä havaittiin olevan suuri pelkistyskyky. Ne estivät mm. hydroksyyli- ja superoksidiradikaalien aiheuttamia makromolekyylien vaurioita.

Lisäksi mallasuute esti antioksidanttientsyymien aktiivisuuden laskua ikääntyvässä aivoissa ja maksassa sekä vähensi malondialdehydin ja karbonyylin pitoisuuksia maksassa ja aivoissa. Myös paahdetusta ohrasta valmistetulla uutella havaittiin samankaltaisia tuloksia *in vitro* ja *in vivo* (Omwamba ym. 2013). Erilaisia valkoista sokeria korvaavia tuotteita vertaillaessa tutkimuksessa ohramallassiirapin antioksidanttien määrä oli korkein molassien ja taatelisokerin jälkeen (Phillips ym. 2009). Sokerin korvaaminen mallassiirapilla nostaisi antioksidanttien määrää ruokavaliossa 2,2 mmol päivässä. Mallasuutteessa on myös aktiivisia entsyymejä ja sillä voidaankin tehostaa fytiinihapon vähenemistä esimerkiksi fermentoinnin yhteydessä (Jung ym. 2011).

### 4.3 Terveysvaikutukset

Maltaan terveystieteistä ihmisillä on vain vähän tutkimustietoa. Jyrsijöillä tehdyistä kokeista on saatu kuitenkin lupaavia tuloksia suolistoterveystieteen edistämiseksi sekä lihavuuteen liittyvien sairauksien ehkäisyssä. Maltaan terveellisyttä ja terveystieteitä voi myös arvioida yksittäisten osatekijöiden perusteella.

Nelson ym. (2016) tutkivat satunnaistetussa, kaksoissokkoutetussa, vaihtovuoroasetelmallisessa kokeessa täysjyvävehnän ja vehnämaltan vaikutuksia metabolisiin ja tulehduksesta kertoviin biomarkkereihin. Kokeeseen osallistui 10 ylipainoista aikuista ja koe jakautui kahteen 4 viikon interventioon, joiden välissä oli kahden viikon tauko. Interventioviikkojen aikana osanottajat käyttivät päivittäin kullekin erikseen laskettua annosta määrättyä viljatuotetta aamiaiskeksien muodossa muun ruokavalion pysyessä samana. Mediaaniannos oli 3 keksiä ja 250 ml vähärasvaista maitoa. Ennen ja jälkeen interventioiden osallistujilta otettiin verinäytteenä ja muut mittaukset. Mitattavia muuttujia olivat painoindeksi, vyötärön ja lantion suhde, systolinen verenpaine, diastolinen verenpaine, kokonaiskolesterolin määrä, HDL-kolesterolin määrä, LDL-kolesterolin määrä, triglyseridien määrä, kahden tunnin glukoosikoe, paastoglukoosi, paastoinsuliini, insuliiniresistenssi, antioksidanttikapasiteetti, herkkä-CRP ja lipidien peroksidaatio. Ajan, viljatyypin ja näiden interaktion vaikutuksia analysoitiin riippumattomien muuttujien t-testillä. Molemmassa interventioissa diastolinen verenpaine laski ja LDL-kolesterolin määrä nousi ajan kuluessa tilastollisesti merkitsevästi. Insuliiniresistenssin osalta viljat erosivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi siten, että maltaan käyttö lisäsi insuliiniresistenssiä hieman, kun se täysjyvätuotteen kohdalla laski. Fenolisten yhdisteiden kokonaismäärä oli tilastollisesti merkitsevästi suurempi maltaasta valmistetuissa tuotteissa. Tutkimuksessa pohdittiin, olisiko valittuihin biomarkkereihin voitu vaikuttaa merkittävämmän, jos tutkittavien maltaan annos olisi ollut suurempi.

Vahteristo ym. (2002) taas vertailivat foolihapolla vahvistetun vehnäleivän ja luontaisesti paljon folaattia sisältävien ruoan vaikutusta kehon folaattipitoisuuteen. Yhtenä luontaisesti paljon folaattia sisältävistä tuotteista oli ruismaltaasta valmistettu mysli. 3–4 viikon testijakson perusteella havaittiin, että molemmat testiruokavaliot nostivat folaattipitoisuutta. Tuloksen perusteella voitiin todeta, että kehon folaattipitoisuutta voi parantaa runsaasti folaattia sisältävillä ruoka-aineilla.

Zhong ym. (2015) tutkivat maltaan ja täysjyväohran vaikutuksia rasvaisella ruokavaliolla ruokittujen rottien umpisuolen mikrobistoon. Neljän viikon tutkimusjakson jälkeen mallasta syöneillä rotilla *Turicibacter*- ja *Roseburia*-sukujen bakteerit olivat suurempilukuisia kuin ohraa syöneillä. Näiden bakteerisukujen määrä korreloi voihapsen määrän kanssa. Voihappo puolestaan edistää suoliston limakalvojen hyvinvointia (Kirjavainen ym. 2015). Bränning ja Nyman (2011) havaitsivat ohramaltaan lisäävän voihapsen pitoisuutta koolonissa ja seerumissa sekä propionihapon määrää seerumissa verrattuna täysjyväohraan ja spelttimäskiin. Rasvahappojen pitoisuudet lisääntyivät, kun maltaaseen oli lisätty *Lactobacillus rhamnosus* 271 -bakteerikantaa. Zhong ja Nyman (2014) eivät kuitenkaan pystyneet toistamaan näitä tuloksia.

Cao ym. (2018) huomasivat pyrodekstriinien vähentävän ruokavaliolla lihotettujen hiirien veren glukoosipitoisuutta, triglycereitä ja seerumin glykoitunutta hemoglobiinia sekä pienentävän adiposyyttien kokoa ja laskevan kehonpainoa. Pyrodekstriinit vähensivät glukoosia suolistosta kuljettavien transportteriproteiinien ilmentymistä, mikä puolestaan vaikutti hitaampaan glukoosin imeytymiseen. Toisessa tutkimuksessa diabetesta sairastaville hiirille syötettiin mallasuutetta tai kuningatarkutriuutetta (Hong ja Jai Maeng 2004). Mallasuute vähensi tilastollisesti merkitsevästi glykoituneen hemoglobiinin määrää verrattuna kuningatarkutriuutteeseen ja kontrolliin. Molemmilla uutteilla paastoveren glukoosipitoisuus ja munuaisten glukoosi-6-fosfataasi-aktiivisuus olivat matalampia kuin kontrollilla.

Idätetystä ohrasta kehitetty prebiootti GBF (*Germinated barley foodstuff*) koostuu liukenemattomasta proteiinista ja ravintokuidusta (Faghfoori ym. 2014). GBF:ää on tutkittu haavaisen paksusuolitulehduksen hoidossa. Se laski seerumin CRP:tä ja sen havaittiin myös vähentävän vatsakipuja ja krampeja tilastollisesti merkitsevästi.

Yksittäisistä osatekijöistä etenkin kuidulla ja fenolisilla yhdisteillä voi olla terveyttä edistäviä vaikutuksia. Fenolisten yhdisteiden terveysvaikutuksista on paljon tutkimusta erilaisilla ruoka-aineilla. Costan ym. (2017) review-artikkelissa on tarkasteltu 384:ää tutkimusta fenolisista yhdisteistä ja niiden vaikutuksista kroonisiin sairauksiin. Aineiston perusteella on viitteitä, että fenolisilla yhdisteillä voi olla ennaltaehkäiseviä vaikutuksia syöpään, sydän- ja verisuonisairauksiin,

sokeriaineenvaihdunnan häiriöihin ja hermostoa rappeuttaviin sairauksiin. Fenolisten yhdisteiden antioksidanttiset ominaisuudet voivat olla yksi selittävä mekanismi niiden terveyshyödyille. Antioksidanttien terveyshyödyt eivät kuitenkaan ole yksiselitteisiä (Yang ym. 2018). Osa antioksidanteista voi suurina määrinä toimia pro-oksiantteina tai niitä ei voida hyödyntää ihmisen antioksidanttipuolustuksessa. Lisää tutkimusta tarvitaan antioksidanttien terveyshyötyjen osoittamiseksi. Laadukasta tutkimusta tarvitaan lisää myös fenolisista yhdisteistä, sillä nykyisessä tutkimustiedossa ei huomioida riittävästi imeytymistä tai metaboliaa (Costa ym. 2017). Lisäksi yksittäisten yhdisteiden vaikutusten arviointi on hankalaa, sillä ruoat sisältävät luonnostaan useita erilaisia yhdisteitä. Tällä hetkellä terveyshyötyjen voidaankin varmemmin sanoa johtuvan erilaisten fytokeemikaalien yhteisvaikutuksista kuin yksittäisistä yhdisteistä.

Maltaassa esiintyvien melanoidiinien oletetaan siis voivan toimia antioksidanteina elimistössä (Carvalho ym. 2014), mutta tässä yhteydessä erityinen mielenkiinto on mm. kohdistunut niiden mahdollisiin syöpää ehkäiseviin vaikutuksiin (Morales ym. 2012). Niillä on myös mikrobien kasvua estävä vaikutus elintarvikkeissa. Lisäksi ne käyttäytyvät kuidun tavoin ja voivatkin toimia prebioottina.

Myös kuidulla on yleisesti havaittu monia terveyttä edistäviä ominaisuuksia. Fullerin ym. (2016) review-artikkelissa on koottu kuidulla havaittuja terveysvaikutuksia. Kuitu edistää normaalia glukoosiaineenvaihduntaa, laskee kolesterolia, toimii prebioottina edistäen hyödyllisten mikrobien esiintymistä suolistossa, edistää painonhallintaa, ehkäisee suolistosyöpää ja toimii antioksidanttina. Useista prospektiivisistä kohorttitutkimuksista tehdyssä meta-analyysissä kuitu näytti laskevan kuolleisuutta syöpään sekä sydän- ja verisuonisairauksiin (Y. Kim ja Je 2015). Maltaissa esiintyvät pyrodekstriinit käyttäytyvät resistentin tärkkelyksen tavoin (Cao ym. 2018). Resistentillä tärkkelyksellä on havaittu samanlaisia hyödyllisiä vaikutuksia kuin kuidulla, muun muassa verensokerin ja kolesterolitasojen säätelyn kannalta (Ashwar ym. 2016).

#### 4.3.1 Arvio terveyshaitoista

Iranilaisessa maltaassa esiintyi lyijyä  $0,179 \pm 0,082$  mg/kg ja kadmiumia  $0.153 \pm 0.098$  mg/kg (Sadeghi ym. 2016). Komission asetuksen (EY) N:o 1881/2006:n mukaan maksimipitoisuudet saavat olla korkeintaan 0,2 mg/kg lyijylle ja 0,2 mg/kg kadmiumille. JECFA:n määrittämät kuukausittaisen saannin enimmäisrajat ovat lyijylle 25 µg ja kadmiumille 2,5 µg painokiloa kohden (Suomi ym. 2015). Lyijyn on kuitenkin todettu olevan oletettua myrkyllisempää ja täysin turvallista saantia ei voi määrittää. Eviran riskinarvioinnin mukaan lyijy- ja kadmiumpitoisuudet ovat elintarvikkeissa pieniä ja Suomessa mitatut raskasmetallipitoisuudet ovat pääasiassa matalampia kuin

EFSA:n ilmoittamat keskiarvot. Raskasmetallien saanti on kuitenkin ongelma lapsilla, sillä suurella osalla asetetut raja-arvot ylittyvät lyijyn, kadmiumin ja arseeniin osalta.

Sienimyrkky deoksinivalenolille Komission asetuksessa (EY) N:o 1881/2006 määritellään rajaksi 750 µg/kg. Tšekissä tehdyssä tutkimuksessa deoksinivalenolia oli maltaassa 499 µg/kg (Dohnal ym. 2010), eli määrä oli sallituissa rajoissa. Suomessa mallasohralla on tiukat vaatimukset myös niissä esiintyvien homeiden määrää koskien (Enari ja Mäkinen 2014), joten homeiden ja homemyrkkujen esiintymistä ehkäistään aktiivisesti.

Haitallisista aineista akryyliamidi on herättänyt huomiota viime aikoina ja Euroopan komissio onkin antanut asetuksen sen vähentämiseksi tietyissä elintarvikkeissa (KOMISSIO ASETUS (EU) 2017/2158). Epidemiologisissa tutkimuksissa ei ole löydetty näyttöä akryyliamidin syöpävaarallisuudesta ihmisillä, eikä näin ollen ihmisaineiston pohjalta olla voitu antaa tarkkoja saantirajoja (EFSA 2015). Sen sijaan rotilla ja hiirillä tehdyissä tutkimuksissa akryyliamidi on aiheuttanut hermovaurioita ja lisännyt kasvaimien esiintymistä. Näiden tutkimusten perusteella akryyliamidin BMDL<sub>10</sub>-arvoksi on esitetty 0,17 mg painokiloa kohden vuorokaudessa. BMDL<sub>10</sub> tarkoittaa matalinta arvoa, joka 95 %:n luottamustasolla ei lisää syövän ilmaantuvuutta yli 10 %:lla (Kodell 2009). Korkeimmillaan akryyliamidin pitoisuudet ovat 160–170 °C:ssa kuivatuissa maltaissa, joissa sitä esiintyy noin 1,2 mg/kg (Mikulíková ja Sobotová 2007). 0,17 mg painokiloa kohden tarkoittaa käytännössä 11,9 mg:n annosta 70 kg:a painavalle henkilölle, joten rajan ylittymiseen mallasta pitäisi syödä päivässä 10 kg:a. EFSA:n kannanotossa todetaan, etteivät akryyliamidin määrät ruokavaliossa ole haitallisia ja tämän johtopäätöksen voi tehdä myös maltaan osalta.

Komission asetuksen (EU) N:o 231/2012 karamelliväreissä esiintyvien imidatsolien saantirajoiksi määritellään 200 mg/kg 4-metyyli-imidatsolille ja 10 mg/kg THI:lle. Vastaavat maltaassa esiintyvät määrät ovat 322 µg/kg ja 55 µg/kg (Mottier ym. 2017). Raja on 4-metyyli-imidatsolille siis 600-kertainen maltaassa esiintyvään määrään nähden ja THI:lla 180-kertainen. Maillard-reaktioissa syntyneillä suurimolekyylipainoisilla melanoidiineilla on havaittu pro-oksidiivisia ominaisuuksia oluenvalmistuksessa (Carvalho, Øgandal ym. 2016). Kokonaisvaikutukseltaan melanoidiinit ovat oluessa kuitenkin antioksidatiivisia. Elintarvikkeissa anti- tai pro-oksidiivisista vaikutuksista ei kuitenkaan voida vetää suoria johtopäätöksiä siitä, miten aine käyttäytyy ihmiskehossa (Yang ym. 2018).

## 4.4 Sovellukset

Maltaita voidaan hyödyntää etenkin viljatuotteiden ravintoarvojen parantamisessa (Do ym. 2016, Adebisi ym. 2017, Ikuomola ym. 2017) sekä jossain määrin myös gluteenittomassa leivonnassa (Phattanakulkaewmorie 2011, Mäkinen ym. 2013). Lukuisten hyödyllisten ominaisuuksiensa takia maltaalla on myös potentiaalia funktionaaliseksi elintarvikkeeksi (Nelson ym. 2013).

Mogran ja Midhan (2013) tutkimuksessa verrattiin muun muassa täysjyväohrasta ja ohramaltaasta valmistettuja pastoja. Vaikka tuotteiden välillä ei ollut merkittäviä eroja, molemmilla hyväksyttävyyden ja ravintoarvot olivat hyvällä tasolla. Ikuomola ym. (2017) tutkivat vehnäkeksien ravintoarvojen parantamista ohramaltaan leseillä. Tuloksista selvisi, että mallasleseiden käyttö lisäsi proteiinin, rasvan, kuidun ja kivennäisaineiden kokonaismäärää. Hiilihydraattien määrä sekä kosteus- ja energiapitoisuudet laskivat. Keksin kokonaishyväksyttävyyden väheni mallasleseiden määrän lisääntyessä. 50 % mallasleseitä sisältävissä kekseissä keskiarvo oli kuitenkin 5,4 eli miellyttävän puolella 9-portaisella hedonisella asteikolla. 5 % mallasleseitä sisältävissä kekseissä hyväksyttävyyden ja leivontaominaisuudet eivät heikentyneet pelkistä vehnäjauhoista valmistettuihin kekseihin verrattuna. Tutkimuksessa todettiin, että jo pienikin ravintoarvojen parannus voi olla merkityksellinen ruokavalion kokonaisuuden kannalta.

Adebisin ym. (2017) tutkimuksessa verrattiin hirssimaltaasta valmistettuja keksejä fermentoidusta hirssistä ja käsittelemättömästä hirssistä valmistettuihin kekseihin. Maltaan käyttö paransi keksin proteiinipitoisuutta sekä useiden kivennäisaineiden pitoisuuksia etenkin käsittelemätöntä hirssiä sisältäviin kekseihin verrattuna. Myös fenolisten yhdisteiden ja flavonoidien määrät olivat korkeimpia mallaskekseissä. Mallaskekseillä oli korkein kokonaishyväksyttävyyden ja ne olivat kaikkien arvioitujen ominaisuuksien valossa parempia kuin käsittelemättömästä hirssistä valmistetut keksit. Toisessa hirssillä tehdyssä tutkimuksessa valmistettiin hirssikakkuja (Sanju ja Sindhu 2016). Siinä verrattiin 50 % hirssimallasjauhoja sisältäviä tuotteita 50 % käsittelemätöntä hirssijauhoa sisältäviin tuotteisiin. Tässä tutkimuksessa ei tuotteiden välillä havaittu suuria eroja.

Do ym. (2016) selvittivät erilaisten ohrajauhojen vaikutuksia vehnästä valmistetun pitaleivän E-vitamiinipitoisuuteen ja antioksidanttikapasiteettiin. Tutkimuksesta selvisi, että 50 % mallasjauhoja sisältävässä pitaleivässä oli korkein E-vitamiinipitoisuus ja antioksidanttikapasiteetti kaikista vertailuista tuotteista. Lisäys ei myöskään heikentänyt tuotteen hyväksyttävyyttä tilastollisesti merkitsevästi. Hefni ja Witthöft (2012b) puolestaan tutkivat pitaleivän folaattipitoisuuden parantamista. Idätetystä vehnästä tehtyjen jauhojen lisäys paransi pitaleipien folaattipitoisuutta parhaimmillaan nelinkertaiseksi. 50 % idätettyä vehnää sisältävä pitaleipä sisälsi folaattia 50 µg/100g

kuivapainosta, kun tavallisista jauhosta valmistettu leipä sisälsi 30 µg/100g. Leipien paistaminen ei vaikuttanut folaattipitoisuuteen.

Vauvojen kaurapohjaisia vieroitusvalmisteita vertailevassa tutkimuksessa maltaasta valmistetun vellin hyväksyttävyyttä oli heikompi kuin paahdetusta kaurasta valmistetun vellin (Tiwari ja Awasthi 2014). Ravintoaineista lähinnä rasvan määrä erosi tuotteissa ollen mallastuotteessa korkeampi. Proteiinin hyväksikäytettävyyttä oli kuitenkin mallasvellissä 20 prosenttiyksikköä parempi kuin paahdetusta kaurasta valmistetussa vellissä.

## 5 POHDINTA

Tässä kandidaatintutkielmassa selvitettiin mallastuksen vaikutusta viljojen ravintoainepitoisuuksiin ja maltaan mahdollisia terveysvaikutuksia. Tutkimusten vertailu keskenään oli kuitenkin haastavaa mm. hieman epäjohdonmukaisen termistön takia. Termejä mallastus ja idätys käytetään jossain määrin rinnakkaisina. Mallas voi siis tarkoittaa tuotetta, jossa juuri-ituja ei ole poistettu ja vastaavasti osassa tutkimuksissa maltaasta, josta juuri-idut on poistettu, käytetään nimitystä idätetty vilja.

Ravintoarvojen vertailua vaikeuttaa menetelmien aiheuttamat erot, josta selkein esimerkki on kuidun määrittäminen. Vanhemmat ja laajasti käytetyt menetelmät aliarvioivat kuidun kokonaismäärää (Dhingra ym. 2012). Monet AOAC:n hyväksymät standardimenetelmät eivät myöskään pysty havaitsemaan tai erottelemaan tiettyjä kuidun osatekijöitä, kuten oligosakkarideja ja polydeksstrooseja (Fuller ym. 2016). Sen sijaan uudemmilla menetelmillä kaikki osatekijät havaitaan paremmin (Fuller ym. 2016) ja myös kokonaismäärä näyttyy suurempana (Tobaruela ym. 2016). Kuidun määrittämenetelmien valintaa hankaloittaa myös se, että kuidun määrittämisestä ei ole täydellistä yksimielisyyttä (Dhingra ym. 2012, Fuller ym. 2016). Luotettavien ja vertailukelpoisten tulosten saamiseksi pitäisi maltaan ja ohran sekä eri maltaiden välisiä eroja tutkia yhtenäisin ja standardisoiduin menetelmin.

Mallastuksen aiheuttamat muutokset ovat hyvin monipuolisia ja suurta vaihtelua aiheuttavat myös erot lajikkeiden välillä sekä prosessiparametrien muutokset. Mallastus vaikuttaa myös eri viljalajeihin hieman eri tavalla. Erityisesti mallas on herättänyt mielenkiintoa luontaisesti paljon antiravintoaineita sisältävien viljojen, kuten durrin ja hirssin ravintoarvojen kohentamisessa. Mallastuksella voikin olla tulevaisuudessa merkittävä rooli väestön ravitsemustilan paranemisessa esimerkiksi Afrikassa ja Aasiassa.

Kokonaisuutena arvioiden mallastuksen aiheuttamat muutokset ravitsemuksellisen laadun kannalta ovat positiivisia. Mallas on myös ravitsemussuositusten kannalta erittäin käyttökelpoinen tuote osana monipuolista ruokavaliota ja se soveltuu hyvin myös vegaaniruokavalioon parantaen mm. proteiinin

(Onyango ym. 2013, Tiwari ja Awasthi 2014, Hejazi ym. 2016, Hejazi ja Orsat 2016) ja kivennäisaineiden hyväksikäytettävyyttä (Fredlund ym. 2003, Haraldsson ym. 2005, Platel ym. 2010). Maltaiden aktiiviset entsyymit voivat tehostaa ravintoaineiden pilkkoutumista ruoansulatuskanavassa. Entsyymit voivat myös pilkkoa antiravintoaineita, jolloin myös muista ruoka-aineista saatujen ravintoaineiden hyväksikäytettävyyks voi tehostua. Mallastuksessa tapahtuu myös viljan möyhentymistä, eli jyvän rakenteen hajoamista (Enari ja Mäkinen 2014). Möyhentymisen seurauksena esimerkiksi ohramallasta pystyy syömään sellaisenaan esimerkiksi myslin tapaan, mikä on selkeä etu idättämättömään ohraan verrattuna. Päivittäisessä ruokavaliossa idättämätön täysjyvävilja ja mallas eivät ole toisiaan poissulkevia ja niitä voi käyttää rinnakkain.

Mallastus lisää sokerin pitoisuutta viljassa ja tämä saattaa huolestuttaa joitakin kuluttajia. Maltaan sokeri on kuitenkin luontaisesti itämisprosessissa vapautunutta ja sen yhteydessä saadaan myös paljon kuitua, joten maltaan sokereita ei pidä verrata lisättyyn sokeriin, jota suositellaan rajoitettavan alle 10 energiaprosenttiin (Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2014). Vastaavasti myös hedelmät sisältävät luontaisesti sokeria, mutta niitä suositellaan lisäämään. Mallasuutteella voi puolestaan olla hyötyä sokerin vähentämisessä, esimerkiksi makeuttamalla välipaloja sokerin sijasta mallasuutteella.

Täysjyvän määritelmästä ei ole täyttä yksimielisyyttä. Eurooppalaisen, Healthgrain-konsortion määritelmän mukaan mallas ei täytä täysjyvän vaatimuksia mallastustappioiden vuoksi. Määritelmän tarkoitus on määrittää pohja pakkausmerkinnöille ja ravitsemusohjeistukselle, eikä se ota kantaa terveellisyyteen (van der Kamp, Jan Willem ym. 2014). Toisaalta, määritelmällä voidaan korostaa jyvän kuoriosien tärkeyttä esimerkiksi kuitupitoisuuden kannalta. AACC:n määritelmän mukaan mallas puolestaan on täysjyvää (AACC International 2018). Ravitsemuksellista laatua punnitessa voi maltaan monella tapaa vähintäänkin rinnastaa täysjyväviljaan. Mallastus parantaa viljan ravitsemuksellista laatua monin tavoin, kun taas esimerkiksi kuoren poistaminen kokonaan heikentää sitä merkittävästi. Ohramaltaassa on koko kuorikerros tallella, kun taas täysjyväohrajauhosta voidaan hioa osa kuorta pois ja tuotetta pidetään edelleen täysjyvätuotteena. Esimerkiksi kokonais kuidun osalta muutokset eivät ole suuria, vaikka jyvän paino väheneekin mallastuksessa.

Tärkeimmät erot maltaan ja idättämättömän viljan välillä ovat antiravintoaineiden väheneminen, joidenkin kivennäisaineiden suhteellinen lisääntyminen ja fenolisten yhdisteiden sekä antioksidanttien lisääntyminen. Antiravintoaineiden väheneminen ja kivennäisaineiden suhteellisen pitoisuuden nouseminen voivat edesauttaa kivennäisaineiden saannin paranemiseen ruokavaliosta. Länsimaissa tämä saattaa olla merkityksellistä naisille, jotka kärsivät lievistä raudanpuutoksesta. Kehittyvissä maissa nämä muutokset voivat suurestikin parantaa tiettyjen kivennäisaineiden saantia viljasta. Maltaan käyttö voi myös lisätä proteiinin hyväksikäytettävyyttä maissa, jossa ravinnosta ei



saada riittävästi proteiinia. Mallastuksen vaikutus makroravintoaineisiin vaihtelee, eivätkä muutokset ole suuria. Hiilihydraattien osalta sokerien määrä nousee hieman tärkkelyksen laskiessa. Ohran terveellisyyden kannalta selkein negatiivinen muutos mallastuksella on  $\beta$ -glukaanin määrään.

Fenolisten yhdisteiden merkitys ruokavaliassa on toistaiseksi epäselvä, mutta niiden antioksidatiiviset ominaisuudet voivat olla yksi mekanismi, joilla ne edistävät terveyttä (Costa ym. 2017). Ohra ja ohramallas sisältävät runsaasti fenolisia yhdisteitä. Esimerkiksi mustikka sisältää fenolisia yhdisteitä 706 mg GAE/100 g (GAE=*gallic acid equivalent*) tuorepainosta (Stanoeva ym. 2017), ohrassa ja ohramallasta vastaavat luvut ovat 101,88 ja 107,78 (Özcan ym. 2018). Noin 30 % päivittäisestä energiantarpeesta täytetään viljatuotteilla (Helldán ym. 2013), joten ne voivat nousta merkittäväksi fenolisten yhdisteiden lähteeksi kasvien, hedelmien ja marjojen rinnalle.

Myös juuri-itujen merkitys idätetyn viljan ravitsemukselliseen laatuun tulee ottaa huomioon. Maltaasta juuri-idut poistetaan, sillä ne sisältävät oluenvalmistuksen kannalta huonoja ominaisuuksia. Ne kuitenkin sisältävät paljon proteiinia ja esimerkiksi jotkin fenoliset yhdisteet (Tomková-Drábková ym. 2016) ja folaatti esiintyvät suurimpina pitoisuuksina juuri-iduissa (Kariluoto ym. 2006). Juuri-idut ovat maultaan kitkeriä (Enari ja Mäkinen 2014), joten niiden käyttö ihmisravintona on haastavaa. Juuri-iduilla voi siitä huolimatta olla muita käyttömahdollisuuksia kuin rehu. Eräissä tutkimuksissa fermentoiduilla juuri-iduilla voitiin parantaa vehnäleivän ravintoarvoja (Waters ym. 2013). Juuri-idut ovat myös osoittautuneet toimivaksi maitohappobakteerien kasvatusalustaksi (Cejas ym. 2017). Juuri-itujen käyttö osana mallasta tai omana tuotteenaan voi tulevaisuudessa olla yksi keino, jolla mallastusprosessilla voidaan tuottaa viljalle lisäarvoa entisestään.

Monista hyödyllisistä ominaisuuksistaan huolimatta maltaan terveystyöydyistä ei ole tällä hetkellä näyttöä ihmisillä tehdyistä tutkimuksista. Myös jyrksijöillä tehtyjä tutkimuksia on vähän, eikä niiden tuloksia voi suoraan yleistää ihmisiin. Hyödyllisten terveystyöydytysten toteamiseksi ihmisillä tarvitaan ihmisillä tehtyjä lyhyitä ja pidempiaikaisia kontrolloituja interventiotutkimuksia. Lisäksi fenolisten yhdisteiden ja Maillard-tuotteiden terveystyöydyksistä tarvitaan lisää tutkimusta.

Maltaiden avulla voidaan lisätä ravintoarvoja kuluttajanhyväksyttävyyden laskematta radikaalisti. Tulevaisuudessa ravinnoksi käytettävän maltaan lajikkeen valinnalla ja prosessin optimoimisella voidaan mahdollisesti tehostaa mallastuksen aiheuttamia hyötyjä entisestään, esimerkiksi minimoimalla  $\beta$ -glukaanin hajoamisen. Maltaan ja juuri-itujen ominaisuuksien optimoimisesta ihmisravinnoksi tarvitaan myös lisää tutkimusta.

Kuten kaikissa ruoka-aineissa, myös maltaassa esiintyy haitallisia aineita, mutta niitä esiintyy vain turvallisten rajojen puitteissa. Raskasmetalleista etenkin lyijyn saanti on kuitenkin ongelma, joka

koskee kaikkia elintarvikkeita. Viljatuotteet ovat merkittävä raskasmetallien saantilähde, koska niitä kulutetaan paljon (Suomi ym. 2015). Mallastus vähentää viljan fytiinihappopitoisuutta, mikä puolestaan lisää kivennäisaineiden imeytymistä. Maltaan kohdalla pitäisikin tutkia, lisääkö fytiinihapon väheneminen mahdollisesti myös raskasmetallien (esim.  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ) imeytymistä elimistöön verrattuna idättämättömään viljaan.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Mallastus parantaa monelta osin viljan ravitsemuksellista arvoa. Mallas soveltuu hyvin ravitsemussuositusten mukaiseen, monipuoliseen ja terveelliseen ruokavalioon. Terveysvaikutusten osoittamiseksi tarvitaan ihmisillä tehtyjä lyhyitä ja pidempiaikaisia kontrolloituja tutkimuksia.

## LÄHTEET

AACC International. Whole grain.

<http://www.aaccnet.org/initiatives/definitions/Pages/WholeGrain.aspx> (luettu 24.5.2018).

Adebiyi JA, Obadina AO, Adebo OA, Kayitesi E. Comparison of nutritional quality and sensory acceptability of biscuits obtained from native, fermented, and malted pearl millet (*Pennisetum glaucum*) flour. *Food Chemistry* 2017;232:210-217.

Arif M, Bangash JA, Khan F, Abid H. Effect of soaking and malting on the selected nutrient profile of barley. *Pakistan Journal of Biochemistry and Molecular Biology* 2011;18-20.

Aro A. 100 kysymystä ravinnosta. Helsinki: Duodecim 2003.

Ashwar BA, Gani A, Shah A, Wani IA, Masoodi FA. Preparation, health benefits and applications of resistant starch—a review. *Starch - Stärke* 2016;68:287-301.

Bai Y, Cai L, Douth J, Gilbert EP, Shi Y. Structural changes from native waxy maize starch granules to cold-water-soluble pyrodextrin during thermal treatment. *Journal of agricultural and food chemistry* 2014;62:4186.

Baranwal D. Malting: An indigenous technology used for improving the nutritional quality of grains- A review. *Asian Journal of Dairy and Food Research* 2017;36:179-183.

Baxter ED. Hordein in barley and malt—A review. *Journal of the Institute of Brewing* 1981;89:173-176.

Beloshapka AN, Buff PR, Fahey GC, Swanson KS. Compositional Analysis of Whole Grains, Processed Grains, Grain Co-Products, and Other Carbohydrate Sources with Applicability to Pet Animal Nutrition. *Foods* 2016;5:.

Betts NS, Wilkinson LG, Khor SF, Shirley NJ, Lok F, Skadhauge B, Burton RA, Fincher GB, Collins HM. Morphology, Carbohydrate Distribution, Gene Expression, and Enzymatic Activities Related to Cell Wall Hydrolysis in Four Barley Varieties during Simulated Malting. *Front Plant Sci* 2017;8:.

Bohn L, Meyer AS, Rasmussen SK. Phytate: impact on environment and human nutrition. A challenge for molecular breeding. *J Zhejiang Univ Sci B* 2008;9:165-191.

Bränning CE, Nyman ME. Malt in combination with *Lactobacillus rhamnosus* increases concentrations of butyric acid in the distal colon and serum in rats compared with other barley products but decreases viable counts of cecal bifidobacteria. *The Journal of nutrition* 2011;141:101-107.

Bravi E, Marconi O, Perretti G, Fantozzi P. Influence of barley variety and malting process on lipid content of malt. *Food Chemistry* 2012;135:1112-1117.

Bravo L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition reviews* 1998;56:317-333.

- Cao Y, Chen X, Sun Y, Shi J, Xu X, Shi Y. Hypoglycemic effect of pyrodextrins with different molecular weights and digestibilities in diet-induced obese mice. *J Agric Food Chem* 2018;66:2988-2995.
- Carvalho DO, Correia E, Lopes L, Guido LF. Further insights into the role of melanoidins on the antioxidant potential of barley malt. *Food Chemistry* 2014;160:127-133.
- Carvalho DO, Curto AF, Guido LF. Determination of Phenolic Content in Different Barley Varieties and Corresponding Malts by Liquid Chromatography-diode Array Detection-Electrospray Ionization Tandem Mass Spectrometry. *Antioxidants (Basel)* 2015;4:563-576.
- Carvalho DO, Gonçalves LM, Guido LF. Overall Antioxidant Properties of Malt and How They Are Influenced by the Individual Constituents of Barley and the Malting Process. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 2016;15:927-943.
- Carvalho DO, Øgendal LH, Andersen ML, Guido LF. High molecular weight compounds generated by roasting barley malt are pro-oxidants in metal-catalyzed oxidations. *European Food Research and Technology* 2016;242:1545-1553.
- Cejas L, Romano N, Moretti A, Mobili P, Golowczyc M, Gómez-Zavaglia A. Malt sprout, an underused beer by-product with promising potential for the growth and dehydration of lactobacilli strains. *J Food Sci Technol* 2017;54:4464-4472.
- Centeno C, Viveros A, Brenes A, Canales R, Lozano A, de la Cuadra C. Effect of Several Germination Conditions on Total P, Phytate P, Phytase, and Acid Phosphatase Activities and Inositol Phosphate Esters in Rye and Barley. *J Agric Food Chem* 2001;49:3208-3215.
- Chan P, Hills G, Kissling G, Nyska A. Toxicity and carcinogenicity studies of 4-methylimidazole in F344/N rats and B6C3F1 mice. *Arch Toxicol* 2008;82:45-53.
- Costa C, Tsatsakis A, Mamoulakis C, Teodoro M, Briguglio G, Caruso E, Tsoukalas D, Margina D, Dardiotis E, Kouretas D, Fenga C. Current evidence on the effect of dietary polyphenols intake on chronic diseases. *Food Chem Toxicol* 2017;110:286-299.
- Dabina-Bicka I, Karklina D, Kruma Z. Polyphenols and vitamin E as potential antioxidants in barley and malt. *Proceedings of 6th Baltic Conference on Food Science and Technology: Innovations for Food Science and Production, FOODBALT 2011*. s. 121-126.
- Dabina-Bicka I, Karklina D, Rakcejeva T, Sniedzane R, Kviesis J. The dynamics of vitamins C and E in barley products during malting. *Annual 16th International Scientific Conference Proceedings, Research for rural development 2010*. s. 110-115.
- Dai F, Wang J, Zhang S, Zhang G, Xu Z. Genotypic and environmental variation in phytic acid content and its relation to protein content and malt quality in barley. *Food Chemistry* 2007;105:606-611.
- Dhingra D, Michael M, Rajput H, Patil R. Dietary fibre in foods: a review. *J Food Sci Technol* 2012;49:255-266.

Do TTD, Cozzolino D, Muhlhausler B, Box A, Able AJ. Effect of malting on antioxidant capacity and vitamin E content in different barley genotypes. *Journal of the Institute of Brewing* 2015;121:531-540.

Do TTD, Muhlhausler B, Box A, Able AJ. Enrichment of Antioxidant Capacity and Vitamin E in Pita Made from Barley. *Journal of Food Science* 2016;81:H785.

Dohnal V, Jezkova A, Pavlikova L, Musilek K, Jun D, Kuca K. Fluctuation in the ergosterol and deoxynivalenol content in barley and malt during malting process. *Analytical and bioanalytical chemistry* 2010;397:109-114.

Duodecim Terveyskirjasto. Aminohappo. 2018a.  
[http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p\\_teos=&p\\_artikkeli=Itt00163](http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_teos=&p_artikkeli=Itt00163)

Duodecim Terveyskirjasto. Lipidi. 2018b.  
[http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p\\_artikkeli=Itt01939](http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=Itt01939)

Duodecim Terveyskirjasto. Valkuaisaine. 2018c.  
[http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p\\_artikkeli=Itt03658](http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=Itt03658)

EFSA. Scientific Opinion on acrylamide in food. *EFSA Journal* 2015;13:4104.

Enari T, Mäkinen V. *Panimotekniikka*. Espoo: Panimolaboratorio-Bryggerilaboratorium 2014.

EUROOPAN PARLAMENTIN JA NEUVOSTON ASETUS (EY) N:o 1924/2006 elintarvikkeita koskevista ravitsemus- ja terveystieteistä.

Faghfoori Z, Shakerhosseini R, Navai L, Somi MH, Nikniaz Z, Abadi A. Effects of an Oral Supplementation of Germinated Barley Foodstuff on Serum CRP Level and Clinical Signs in Patients with Ulcerative Colitis. *Health promotion perspectives* 2014;4:116-121.

Farzaneh V, Ghodsvali A, Bakhshabadi H, Zare Z, Carvalho IS. The impact of germination time on the some selected parameters through malting process. *International Journal of Biological Macromolecules* 2017;94:663-668.

Fineli®. Elintarvikkeiden koostumustietokanta. Helsinki: Terveystieteiden ja hyvinvoinnin laitos, ravitsemusyksikkö. <https://fineli.fi/fineli/fi/index> (luettu 24.5.2018).

Fogarasi A, Kun S, Tankó G, Stefanovits-Bányai É, Hegyesné-Vecseri B. A comparative assessment of antioxidant properties, total phenolic content of einkorn, wheat, barley and their malts. *Food Chemistry* 2015;167:1-6.

Fredlund K, Bergman E-, Rossander-Hulthén L, Isaksson M, Almgren A, Sandberg A-. Hydrothermal treatment and malting of barley improved zinc absorption but not calcium absorption in humans. *European Journal of Clinical Nutrition* 2003;57:1507.

Freese R, Voutilainen E. Vitamiinit ja kivennäisaineet sekä muut ravinnon yhdisteet. Kirjassa: Aro A, Mutanen M, Uusitupa M, toim. Ravitsemustiede. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim 2015, s. 88-167.

- Fuller S, Beck E, Salman H, Tapsell L. New Horizons for the Study of Dietary Fiber and Health: A Review. *Plant Foods Hum Nutr* 2016;71:1-12.
- Gan R, Lui W, Wu K, Chan C, Dai S, Sui Z, Corke H. Bioactive compounds and bioactivities of germinated edible seeds and sprouts: An updated review. *Trends in Food Science & Technology* 2017;59:1-14.
- Gilani GS, Xiao CW, Cockell KA. Impact of Antinutritional Factors in Food Proteins on the Digestibility of Protein and the Bioavailability of Amino Acids and on Protein Quality. *The British Journal of Nutrition* 2012;108:S315.
- Gong L, Cao W, Chi H, Wang J, Zhang H, Liu J, Sun B. Whole cereal grains and potential health effects: Involvement of the gut microbiota. *Food Res Int* 2018;103:84-102.
- Haraldsson A, Rimsten L, Alminger ML, Andersson R, Andlid T, Åman P, Sandberg A. Phytate content is reduced and  $\beta$ -glucanase activity suppressed in malted barley steeped with lactic acid at high temperature. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 2004;84:653-662.
- Haraldsson A, Rimsten L, Alminger M, Andersson R, Åman P, Sandberg A. Digestion of barley malt porridges in a gastrointestinal model: Iron dialysability, iron uptake by Caco-2 cells and degradation of  $\beta$ -glucan. *Journal of Cereal Science* 2005;42:243-254.
- Health Canada. Monograph: Vitamin E (from RRR- $\alpha$ -tocopherol and esters). 2009. <http://webprod.hc-sc.gc.ca/nhp/nd-bdipsn/monoReq.do?id=184&lang=eng>
- Hefni M, Witthöft CM. Effect of germination and subsequent oven-drying on folate content in different wheat and rye cultivars. *Journal of Cereal Science* 2012a;56:374.
- Hefni M, Witthöft CM. Enhancement of the folate content in Egyptian pita bread. *Food & nutrition research* 2012b;56:5566-4.
- Hejazi S, Orsat V. Malting process optimization for protein digestibility enhancement in finger millet grain. *J Food Sci Technol* 2016;53:1929-1938.
- Hejazi S, Orsat V, Azabi B, Kubow S. Improvement of the in vitro protein digestibility of amaranth grain through optimization of the malting process. *Journal of Cereal Science* 2016;68:59-65.
- Helldán A, Raulio S, Kosola M, Tapanainen H, Ovaskainen M-L, Virtanen S. Finravinto 2012 - tutkimus. THL Raportti 16/2013. Tampere: Juvenes Print – Suomen Yliopistopaino 2013.
- Hill GD. Plant antinutritional factors | Characteristics. Kirjassa: *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition)*. 2003, s. 4578–4587.
- Hong H, Jai Maeng W. Effects of malted barley extract and banana extract on blood glucose levels in genetically diabetic mice. *Journal of medicinal food* 2004;7:487-490.
- Hübner F, Arendt EK. Germination of Cereal Grains as a Way to Improve the Nutritional Value: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 2013;53:853-861.

Hübner F, O'Neil T, Cashman K, Arendt E. The influence of germination conditions on beta-glucan, dietary fibre and phytate during the germination of oats and barley. *Eur Food Res Technol* 2010;231:27-35.

Hughes RH, Wimmer EJ. The absorption of soluble, volatile fatty acids. *The Journal of Biological Chemistry* 1935;108:141-144.

Hung PV, Maeda T, Yamamoto S, Morita N. Effects of germination on nutritional composition of waxy wheat. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 2012;92:667-672.

Ikuomola DS, Otutu OL, Oluniran DD. Quality assessment of cookies produced from wheat flour and malted barley (*Hordeum vulgare*) bran blends. *Cogent Food & Agriculture* 2017;3:.

Jung K, Kim Y, Lee G. Effect of different levels of malt extract on antinutrients, in vitro digestibilities and viscosity during fermentation of Jeungpyun. *Food Sci Biotechnol* 2011;20:679-685.

Kalita D, Sarma B, Srivastava B. Influence of germination conditions on malting potential of low and normal amylose paddy and changes in enzymatic activity and physico chemical properties. *Food Chemistry* 2017;220:67-75.

Kariluoto S, Liukkonen K, Myllymäki O, Vahteristo L, Kaukovirta-Norja A, Piironen V. Effect of germination and thermal treatments on folates in rye. *Journal of agricultural and food chemistry* 2006;54:9522-9528.

Kaukovirta-Norja A, Wilhelmson A, Poutanen K. Germination: a means to improve the functionality of oat., *MTT Agrifood Research Finland* 2004 .

Khoddami A, Mohammadrezaei M, Roberts TH. Effects of Sorghum Malting on Colour, Major Classes of Phenolics and Individual Anthocyanins. *Molecules* 2017;22:.

Kim H, Lee S, Hwang I, Woo K, Kim K, Lee M, Kim D, Kim T, Lee J, Jeong H. Antioxidant and antiproliferation activities of winter cereal crops before and after germination. *Food Sci Biotechnol* 2013;22:181-186.

Kim Y, Je Y. Dietary fibre intake and mortality from cardiovascular disease and all cancers: A meta-analysis of prospective cohort studies. *Archives of Cardiovascular Diseases* 2015;109:39-54.

Kirjavainen P, von Wright A, Mykkänen H. Ravinto ja suolistomikrobisto. Kirjassa: Aro A, Mutanen M, Uusitupa M, toim. Ravitsemustiede. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim 2015, s. 183-195.

Kodell R. Replace the NOAEL and LOAEL with the BMDL01 and BMDL10. *Environ Ecol Stat* 2009;16:3-12.

Koehler P, Hartmann G, Wieser H, Rychlik M. Changes of folates, dietary fiber, and proteins in wheat as affected by germination. *Journal of agricultural and food chemistry* 2007;55:4678-4683.

KOMISSION ASETUS (EU) 2017/2158 toimenpiteistä elintarvikkeiden akryyliamidipitoisuuden vähentämiseksi ja vertailuarvojen vahvistamiseksi.

KOMISSION ASETUS (EY) N:o 1881/2006 tiettyjen elintarvikkeissa olevien vierasaineiden enimmäismäärien vahvistamisesta.

KOMISSION ASETUS (EU) N:o 231/2012 Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EY) N:o 1333/2008 liitteissä II ja III lueteltujen elintarvikelisiä aineiden eritelmien vahvistamisesta.

Konietzny U, Greiner R. Phytic acid | Properties and Determination. Kirjassa: Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition). 2003, s. 4546-4555.

Krishnan R, Dharmaraj U, Malleshi NG. Influence of decortication, popping and malting on bioaccessibility of calcium, iron and zinc in finger millet. LWT - Food Science and Technology 2012;48:169-174.

Kumar V, Sinha AK, Makkar HPS, Becker K. Dietary roles of phytate and phytase in human nutrition: A review. Food Chemistry 2010;120:945-959.

Laxmi G, Chaturvedi N, Richa S. The Impact of Malting on Nutritional Composition of Foxtail Millet, Wheat and Chickpea. Nutrition and Food Sciences 2015;1-3.

Leipätiedotus. Vilja ja viljalajit. <http://www.leipätiedotus.fi/tietoa-leivasta/vilja.html> (luettu 17.5.2018).

Leitao C, Marchioni E, Bergaentzle M, Zhao M, Didierjean L, Miesch L, Holder E, Miesch M, Ennahar S. Fate of polyphenols and antioxidant activity of barley throughout malting and brewing. Journal of Cereal Science 2012;55:318-322.

Liener IE. Plant antinutritional factors | Detoxification. Kirjassa: Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition). 2003, s. 4587-4593.

MacDonald-Wicks LK, Wood LG, Garg ML. Methodology for the determination of biological antioxidant capacity in vitro: a review. Journal of the Science of Food and Agriculture 2006;86:2046-2056.

Martat. Mallasleipä. <https://www.martat.fi/reseptit/mallasleipa/> (luettu 17.05.2018a).

Martat. Mämmi. <https://www.martat.fi/reseptit/mammi/> (luettu 17.05.2018b).

Marconi O, Tomasi I, Dionisio L, Perretti G, Fantozzi P. Effects of malting on molecular weight distribution and content of water-extractable  $\beta$ -glucans in barley. Food Research International 2014;64:677-682.

McRae MP. Health Benefits of Dietary Whole Grains: An Umbrella Review of Meta-analyses. Journal of Chiropractic Medicine 2017;16:10-18.

Mihafu F, Laswai HS, Gichuhi P, Mwanyika S, Bovell-Benjamin AC. Influence of Soaking and Germination on the Iron, Phytate and Phenolic Contents of Maize Used for Complementary Feeding in Rural Tanzania. International Journal of Nutrition and Food Sciences 2017;6:111-117.

Mikulíková R, Sobotová K. Determination of acrylamide in malt with GC/MS. Acta Chimica Slovenica 2007;54:98-101.



- Mizukami Y, Yoshida M, Isagawa S, Yamazaki K, Ono H. Acrylamide in roasted barley grains: presence, correlation with colour and decrease during storage. *Food additives & contaminants. Part A, Chemistry, analysis, control, exposure & risk assessment* 2014;31:995-1000.
- Mogra R, Midha S. Value addition of traditional wheat flour vermicelli. *J Food Sci Technol* 2013;50:815-820.
- Morales F, Somoza V, Fogliano V. Physiological relevance of dietary melanoidins. *Amino Acids* 2012;42:1097-1109.
- Mottier P, Mujahid C, Tarres A, Bessaire T, Stadler RH. Process-induced formation of imidazoles in selected foods. *Food Chem* 2017;228:381-387.
- Munoz-Insa A, Gastl M, Becker T. Influence of Malting on the Protein Composition of Spelt (*Triticum spelta* L.) 'Frankenkorn'. *Cereal Chemistry* 2016a;93:1-9. (vain abstrakti)
- Munoz-Insa A, Gastl M, Becker T. Influence of Malting on the Protein Composition of Triticale (× *Triticosecale* Wittmack) 'Trigold'. *Cereal Chemistry* 2016b;93:10-19. (vain abstrakti)
- Mutanen M, Voutilainen E. Energiaravintoaineet, ravintokuitu ja alkoholi. Kirjassa: Aro A, Mutanen M, Uusitupa M, toim. Ravitsemustiede. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim 2015, s. 42-75.
- Mäkinen O, Zannini E, Arendt E. Germination of Oat and Quinoa and Evaluation of the Malts as Gluten Free Baking Ingredients. *Plant Foods Hum Nutr* 2013;68:90-95.
- Narwal S, Kumar D, Verma RPS. Effect of Genotype, Environment and Malting on the Antioxidant Activity and Phenolic Content of Indian Barley. *Journal of Food Biochemistry* 2016;40:91-99.
- Nelson K, Stojanovska L, Vasiljevic T, Mathai M. Germinated grains: a superior whole grain functional food? *Canadian Journal of Physiology & Pharmacology* 2013;91:429-441.
- Nordic Nutrition Recommendations 2012. Integrating nutrition and physical activity. Kööpenhamina: Nordisk Ministeråd 2014.
- Obadina AO, Arogbokun CA, Soares AO, Carvalho, Carlos Wanderlei Piler de, Barboza HT, Adekoya IO. Changes in nutritional and physico-chemical properties of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) Ex-Borno variety flour as a result of malting. *J Food Sci Technol* 2017;54:4442-4451.
- Ogbonna AC, Abuajah CI, Ide EO, Udofia US. Effect of malting conditions on the nutritional and anti-nutritional factors of sorghum grist. *Annals of the University Dunarea de Jos of Galati.Fascicle VI: Food Technology* 2012;36:64-72.
- Ojha P, Adhikari R, Karki R, Mishra A, Subedi U, Karki TB. Malting and fermentation effects on antinutritional components and functional characteristics of sorghum flour. *Food Sci Nutr* 2018;6:47-53.
- Omwamba M, Li F, Sun G, Hu Q. Antioxidant Effect of Roasted Barley (*Hordeum vulgare* L.) Grain Extract towards Oxidative Stress in Vitro and in Vivo. *Food and Nutritional Sciences* 2013;4:139-146.

- Onyango CA, Ochanda SO, Mwasaru MA, Ochieng JK, Mathooko FM, Kinyuru JN. Effects of Malting and Fermentation on Anti-Nutrient Reduction and Protein Digestibility of Red Sorghum, White Sorghum and Pearl Millet. *Journal of Food Research* 2013;2:41.
- Patra AK, Saxena J. Exploitation of dietary tannins to improve rumen metabolism and ruminant nutrition. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 2011;91:24-37.
- Pflaum T, Hausler T, Baumung C, Ackermann S, Kuballa T, Rehm J, Lachenmeier D. Carcinogenic compounds in alcoholic beverages: an update. *Arch Toxicol* 2016;90:2349-2367.
- Phattanakulkaewmorie N. Chemical compositions and physico-chemical properties of malted sorghum flour and characteristics of gluten free bread. *World Academy of Science, Engineering and Technology* 2011;81:454-460.
- Phillips KM, Carlsen MH, Blomhoff R. Total antioxidant content of alternatives to refined sugar. *J Am Diet Assoc* 2009;109:64-71.
- Platel K, Eipeson SW, Srinivasan K. Bioaccessible mineral content of malted finger millet (*Eleusine coracana*), wheat (*Triticum aestivum*), and barley (*Hordeum vulgare*). *Journal of agricultural and food chemistry* 2010;58:8100.
- Polycarpe Kayodé AP, Merts C, Guyot J, Brat P, Mouquet-Rivier C. Fate of phytochemicals during malting and fermentation of type III tannin sorghum and impact on product biofunctionality. *J Agric Food Chem* 2013;61:1935.
- Qingming Y, Xianhui P, Weibao K, Hong Y, Yidan S, Li Z, Yanan Z, Yuling Y, Lan D, Guoan L. Antioxidant activities of malt extract from barley (*Hordeum vulgare* L.) toward various oxidative stress in vitro and in vivo. *Food Chemistry* 2010;118:84-89.
- Rimsten L, Haraldsson A, Andersson R, Alminger M, Sandberg A, Åman P. Effects of malting on  $\beta$ -glucanase and phytase activity in barley grain. *J Sci Food Agric* 2002;82:904-912.
- Runavot J, Bakan B, Geneix N, Saulnier L, Moco K, Guillon F, Corbineau F, Boivin P, Marion D. Impact of low hydration of barley grain on  $\beta$ -glucan degradation and lipid transfer protein (LTP1) modifications during the malting process. *J Agric Food Chem* 2011;59:8256-8264.
- Sadeghi N, Oveisi MR, Jannat B, Hjimahmoodi M, Malayeri N, Behzad M. Assessment of Some Heavy Metals Concentration and Antioxidant Activity in Barley Grain Cultivars and Their Malts from Iran. *Journal of Agricultural Chemistry and Environment* 2016;05:121.
- Sajilata MG, Singhal RS, Kulkarni PR. Resistant Starch—A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 2006;5:1-17.
- Samaras TS, Camburn PA, Chandra SX, Gordon MH, Ames JM. Antioxidant properties of kilned and roasted malts. *Journal of agricultural and food chemistry* 2005;53:8068-8074.
- Sanju C, Sindhu SC. Sensory and nutritional evaluation of developed malted pearl millet cake. *Annals of Agri Bio Research* 2016;21:198-201.

- Šimić G, Horvat D, Dvojković K, Abičić I, Viljevac Vuletić M, Tucak M, Lalić A. Evaluation of total phenolic content and antioxidant activity of malting and hulless barley grain and malt extracts. *Czech Journal of Food Sciences* 2017;31:73-78.
- Singhal P, Kaushik G. Therapeutic Effect of Cereal Grains: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 2016;56:748-759.
- Smeriglio A, Barreca D, Bellocco E, Trombetta D. Proanthocyanidins and hydrolysable tannins: occurrence, dietary intake and pharmacological effects. *British Journal of Pharmacology* 2017;174:1244-1262.
- Stanoeva JP, Stefova M, Andonovska KB, Vankova A, Stafilov T. Phenolics and mineral content in bilberry and bog bilberry from Macedonia. *International Journal of Food Properties* 2017;20:S863.
- Steiner E, Gastl M, Becker T. Protein changes during malting and brewing with focus on haze and foam formation: a review. *Eur Food Res Technol* 2011;232:191-204.
- Suomi J, Tuominen P, Ranta J, Savela K. Riskinarviointi suomalaisten lasten altistumisesta elintarvikkeiden ja talousveden raskasmetalleille. *Eviran tutkimuksia* 2/2015.
- Svetlana N, Özcan MM. Mineral contents of malted barley grains used as the raw material of beer consumed as traditional spirits. *Indian Journal of Traditional Knowledge* 2016;15:500-502.
- Swanson BG. Tannins and polyphenols. Kirjassa: *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* (Second Edition). 2003, s. 5729–5733.
- Taghizadeh A, Besharati M. Tannin and its effect in animal nutrition. Kirjassa: Petridis GK, toim. *Tannins : types, foods containing, and nutrition*. Hauppauge, N.Y.: Nova Science Publishers 2011, s. 113-137.
- Teixeira C, Nyman M, Andersson R, Alminger M. Effects of variety and steeping conditions on some barley components associated with colonic health. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 2016;96:4821-4827.
- Terpinc P, Cigić B, Polak T, Hribar J, Požrl T. LC–MS analysis of phenolic compounds and antioxidant activity of buckwheat at different stages of malting. *Food Chemistry* 2016;210:9-17.
- Tiwari N, Awasthi P. Effect of different processing techniques on nutritional characteristics of oat (*Avena sativa*) grains and formulated weaning mixes. *J Food Sci Technol* 2014;51:2256-2259.
- Tobaruela EdC, Santos AdO, Almeida-Muradian LBd, Araujo EdS, Lajolo FM, Menezes EW. Application of dietary fiber method AOAC 2011.25 in fruit and comparison with AOAC 991.43 method. *Food Chemistry* 2016;.
- Tomková-Drábková L, Psota V, Sachambula L, Leišová-Svobodová L, Mikyška A, Kučera L. Changes in polyphenol compounds and barley laccase expression during the malting process. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 2016;96:497-504.

USDA. Agricultural Research Service. National Nutrient Database for Standard Reference Legacy Release. Basic Report: 20004, Barley, hulled. <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/20004> (luettu 24.5.2018a)

USDA. Agricultural Research Service. National Nutrient Database for Standard Reference Legacy Release. Basic Report: 20131, Barley malt flour. <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/20131> (luettu 24.5.2018b)

Valtion ravitsemusneuvottelukunta. Terveystä ruoasta. Suomalaiset ravitsemussuositukset 2014. Tampere: Juvenes Print – Suomen Yliopistopaino 2014.

van der Kamp, J W, Poutanen K, Seal CJ, Richardson DP. The HEALTHGRAIN definition of 'whole grain'. *Food & nutrition research* 2014;58:22100-8.

Waters DM, Kingston W, Jacob F, Titze J, Arendt EK, Zannini E. Wheat bread biofortification with rootlets, a malting by-product. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 2013;93:2372-2383.

Yang CS, Ho C, Zhang J, Wan X, Zhang K, Lim J. Antioxidants: Differing Meanings in Food Science and Health Science. *Journal of agricultural and food chemistry* 2018;.

Youssef MKE, El-Fishawy FAE, Ramadan EAE, El-Rahman AM. Nutritional Assessment of Barley, Talbina and Their Germinated Products. *Frontiers in Science* 2013;3:56-65.

Zhong Y, Nyman M. Prebiotic and synbiotic effects on rats fed malted barley with selected bacteria strains. *Food Nutr Res* 2014;58:.

Zhong Y, Nyman M, Fåk F. Modulation of gut microbiota in rats fed high-fat diets by processing whole-grain barley to barley malt. *Molecular Nutrition & Food Research* 2015;59:2066-2076.

Zhou M. Barley Production and Consumption. Kirjassa: Zhang G, Chengdao L, toim. *Genetics and Improvement of Barley Malt Quality*. 2010, s. 1-17.

Zhu Y, Sang S. Phytochemicals in whole grain wheat and their health-promoting effects. *Molecular Nutrition & Food Research* 2017;61:.

Žilić S, Basić Z, Hadži-Tašković Šukalović V, Maksimović V, Janković M, Filipović M. Can the sprouting process applied to wheat improve the contents of vitamins and phenolic compounds and antioxidant capacity of the flour? *International Journal of Food Science & Technology* 2014;49:1040-1047.

Özcan M, Aljuhaimi F, Uslu N. Effect of malt process steps on bioactive properties and fatty acid composition of barley, green malt and malt grains. *J Food Sci Technol* 2018;55:226-232.

Liite 1. Maltaiden ravintoarvoja.

Taulukko. Maltaiden ravintoarvoja.

NUTRITIONAL AND MICROBIOLOGICAL CONTENT OF MALT FLOURS																					
Nutritional																					
	Year	Batch	% Moisture	g/100 g Protein	g/100 g Ash	g/100g Fat	g/100 g Dietary fibre	g/100 g Carbohydrates	kcal/100 g Energy	kJ/100 g Energy	g/100 g Sugar	g/100 g Maltose	g/100 g Glucose	g/100 g Fructose	g/100 g Maltotriose	g/100g Sucrose	mg/100 g Sodium	mg/100 g Potassium	mg/100 g Calcium	mg/100 g Zinc	mg/100 g Magnesium
Pilsner malt flour	2011	1021349	5,0	9,5	1,91	2,6	14,3	66,7	357	1506	14,3	5,5	5,6	2,3	0,7	0,2	<5	330	28	2,5	120
Pilsner malt flour	2014		4,9	10,1	1,9	2,5	12,9		360	1518	14,6	5,0	6,7	2,9	<0,3	<0,3	2,1	330	29	2,3	120
<b>KESKIARVO</b>			5,0	9,8	1,9	2,6	13,6	66,7	359	1512	14,5	5,3	6,2	2,6	<0,5	<0,3	2,1	330	28,5	2,4	120
Enzyme malt flour	2011	1021309	6,4	11,1	1,84	2,8	14,6	63,3	352	1485	19,1	7,0	8,6	2,5	1,0	<0,1	6,1	320	37	2,8	120
Enzyme malt flour	2014		7,0	11,7	1,9	2,8	13,9	62,7	351	1480	14,8	3,2	9,0	2,6	<0,3	<0,3	6,7	340	39	2,8	120
<b>KESKIARVO</b>			6,7	11,4	1,9	2,8	14,3	63,0	352	1483	17,0	5,1	8,8	2,6	<1,0	<0,3	6,4	330	38	2,8	120
Cara Bake 10	2011	SV01218	5,2	9,2	1,93	2,7	10,6	70,4	364	1537	23,8	13,6	5,2	0,7	2,8	1,5	9,2	370	29	2,5	120
Cara Bake 10	2014		6,0	9,5	1,8	3,0	12,0	67,7	360	1519	28,3	17,0	6,4	0,9	3,3	0,7	8,1	340	29	2,1	110
<b>KESKIARVO</b>			5,6	9,4	1,9	2,9	11,3	69,1	362	1528	26,1	15,3	5,8	0,8	3,1	1,1	8,65	355	29	2,3	115
Munich malt	2011	M13162A	3,2	9,6	2,10	3,0	16,3	65,7	361	1522	8,9	2,3	2,4	0,6	<0,5	3,1	6,7	340	35	2,5	130
Munich malt	2014		2,6	9,3	1,90	0,1	13,8	72,3	355	1501	13,0	4,7	5,9	2,4	<0,3	<0,3	7,0	330	33	2,4	120
<b>KESKIARVO</b>			2,9	9,5	2	1,6	15,1	69,0	358	1512	11,0	3,5	4,2	1,5	<0,5	<1,7	6,9	335	34	2,5	125
Cara Rye	2011	1019353	6,7	9,2	1,40	1,8	14,0	66,9	321	1360	12,5	8,0	1,8	0,5	1,2	1,0	8,0	380	47	2,9	110
Cara Rye	2014		5,1	11,2	1,70	2,1	12,5	67,4	358	1514	8,4	5,6	1,4	<1	1,4	<1	15,0	420	34	3,0	120
<b>KESKIARVO</b>			5,9	10,2	1,55	1,95	13,25	67,15	339,5	1437	10,5	6,8	1,6	0,5	1,3	1	11,5	400	41	3,0	115
Chocolate Malt	2014		1,1	9,7	1,8	1,5	20,2	65,7	356	1499	0,6	0,3	0,3	<0,3	<0,6	<0,3	5,9	340	28	2,2	120
Wheat Malt Flakes	2015	S09119	7,4	11,9	1,7	2,7	11,0	65,3	355	1500	5,5	2,2	0,8	0,8	1,2	<0,5	12,0	370	33	3,0	170

Lähde: Viking Malt Oy.

## Liite 2. Mallasuutteen ravintoarvoja.

Taulukko 1. MALTAX 10:n ravintoarvot

	MALTAX 10
Kuiva-aine %	79,7
Proteiini %	4,6
Tuhka g/100g	1,2
Rasva g/100g	0
Kokonaisravintokuitu g/100g	0,5
Hiilihydraatit g/100g	73,1
Energiasisältö kcal/100g	312
Energiasisältö kJ/100g	1327
Sokerit g/100g	45,0
Maltoosi g/100g	34,5
Glukoosi g/100g	8,6
Fruktoosi g/100g	1,9
Maltotrioose g/100g	10,2
Natrium mg/100g	8,9
Kalium mg/100g	323
Kalsium mg/100g	9,3
Sinkki mg/100g	0,5
Magnesium mg/100g	62

Lähde: Viking Malt Oy.

Taulukko 2. Ohramallasuutteen B-vitamiinipitoisuuksia

Vitamiini	Ohramallasuute /100g
Tiamiini (B1), mg	0,2
Riboflaviini (B2), mg	0,2
Niasiini (B3), mg	6
Pantoteenihappo (B5), mg	0,7
Pyridoksiini (B6), µg	0,5
Biotiini (B7), µg	11
Folaatti (B9), µg	50
Kobalamiini (B12), µg	vaihtelee

Lähde: Viking Malt Oy.