

# HÄVIKKIMAKEISTEN KÄYTTÖ OLUEN VALMISTUKSESSA



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Hämeenlinna, Bio- ja elintarviketekniikka

Kevät, 2019

Hetaleena Hietanen & Nina Toivonen

Bio- ja elintarviketekniikan koulutusohjelma  
Hämeenlinna

---

**Tekijät** Hetaleena Hietanen & Nina Toivonen **Vuosi** 2019

**Työn nimi** Hävikkimakeisten käyttö oluen valmistuksessa

**Työn ohjaaja** Susanna Peltonen

---

## TIIVISTELMÄ

Työn tavoitteena oli valmistaa olutta, jossa osa maltaista korvattiin hävikkimakeisilla. Aihe valikoitui sen ajankohtaisuuden ja kiinnostavuuden takia. Ajankohtaisen aiheesta tekee se, että hävikkiä pyritään uusiokäyttämään kaatopaikalle viemisen sijaan. Sivuvirrat ovat tärkeässä osassa kiertotalousajattelussa ja turhaa energiankulutusta pyritään vähentämään kaikkiin keinoin.

Innovatiivisen projektin tarkoituksena oli selvittää, onko olutta mahdollista valmistaa korvaamalla osa sen maltaista muilla sokerilähteillä. Oluiden valmistusta varten työssä tutustuttiin oluen valmistusprosessiin, sen raaka-aineisiin sekä erilaisiin sokerilähteisiin. Työssä tehtiin myös tutkimusta siitä, minkälaisia sivuvirtamahdollisuuksia hävikkimakeisilla tällä hetkellä on.

Tietopohjan lisäksi valmistettiin kolme tuotetta Hämeen ammattikorkeakoulun (HAMK) opetuspanimossa. Tuotteet olivat perusolut, karkkiolut ja suklaaolut. Näistä oluista tehtiin erilaisia analyysejä, joiden pohjalta pystyttiin selvittämään tutkimuskysymyksiin vastauksia.

Työssä päästiin tavoitteisiin. Oluen valmistuksessa käytettävä mallas voidaan osin korvata myös muilla sokerilähteillä. Sivuvirtojen kannalta tämänkaltaisen tuote mahdollistaisi hävikin vähentämisen ilman ylimääräistä prosessointia. Projektissa saatiin valmistettua kolme onnistunutta olutta. Kaikissa oluissa alkoholiprosentti nousi käymisen aikana ja niiden ominaisuudet vastasivat teoriassa oluiden ominaisuuksia.

**Avainsanat** Olut, valmistusprosessi, hävikkimakeiset, sivuvirrat

**Sivut** 50 sivua

Degree Programme in Biotechnology and Food Engineering  
Hämeenlinna University Centre

---

<b>Authors</b>	Hetaleena Hietanen, Nina Toivonen	<b>Year</b> 2019
<b>Subject</b>	Using Waste Confectionery in a Brewing Process	
<b>Supervisor</b>	Susanna Peltonen	

---

#### ABSTRACT

The goal of this thesis was to make beer replacing a part of the malts with waste confectionery. The subject was chosen because of its topicality and interestingness. Side streams play an important role in today's circular economy thinking. Therefore, every effort must be made to reduce unnecessary energy consumption.

The purpose of this innovative project was to find out whether beer could be made by replacing some of its malt with other sources of sugar. The work focused on the brewing process, its raw materials and the different sources of sugar, i.e. the possibility to utilize current side streams of waste confectionery in the brewing process.

Three products were manufactured at HAMK's teaching brewery. The products were basic beer, candy beer and chocolate beer. Based on the various analyzes made from the beers, it was possible to respond to the research questions.

The desired goal of the thesis was achieved. The production of beers with the used method was possible. However, further research is still required. Nevertheless, side streams using waste confectionery would make it possible to reduce the loss without further processing. The project succeeded in producing three different beer types. In all these beers, the percentage of alcohol rose during the fermentation and their properties were theoretically equivalent to beers in general.

**Keywords** Beer, brewing, side streams, waste confectionery

**Pages** 50 pages

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	OLUT .....	2
3	OLUEN RAAKA-AINEET.....	2
3.1	Maltaat .....	2
3.2	Ohra.....	4
3.3	Vesi .....	5
3.4	Hiiiva.....	6
3.5	Humala .....	7
3.6	Muut raaka-aineet.....	8
4	OLUEN LAATU .....	8
4.1	Mikrobiologiset .....	8
4.2	Fysikaalis-kemialliset.....	9
4.2.1	Uutepitoisuus ja ominaispaino.....	9
4.2.2	pH.....	10
4.2.3	Vaahto .....	11
4.2.4	Katkeroaineet .....	11
4.2.5	Väri.....	12
4.3	Aistinvaraiset.....	12
5	MAKEISET.....	14
6	MAKEISTEN SIVUVIRRAT.....	15
6.1	Biojäte .....	15
6.2	Pakkausjäte .....	15
6.3	Uusiomassa .....	16
6.4	Kestävä kehitys.....	16
7	SOKERIT.....	16
7.1	Sakkaroosi .....	17
7.2	Tärkkelys.....	17
7.3	Tärkkelyksen hydrolyysi .....	17
8	PROSESSIVAIHTOEHDOT.....	18
8.1	Pintahiivaolut .....	19
8.2	Pohjahiivaolut.....	19
9	PROSESSIVAIHEET .....	20
9.1	Mallastus .....	21
9.2	Rouhinta .....	21
9.3	Mäskäys.....	21
9.4	Keitto .....	23
9.5	Vierteen jäädytys .....	24

9.6 Pääkäyminen .....	24
9.7 Varastokäyminen .....	25
10 KOESUUNNITELMA .....	25
10.1 Reseptin laadinta.....	25
10.2 Resepti.....	27
11 KOEKEITOT .....	28
11.1 Perusolut .....	28
11.2 Karkkiolut .....	31
11.3 Suklaaolut.....	32
11.4 Pullotus.....	34
12 ANALYSOINTI .....	35
12.1 Fysikaalis-kemialliset .....	35
12.1.1 Katkeroaineet (EBU) .....	36
12.1.2 Vaahdon pysyvyys .....	36
12.1.3 Väri (EBC) .....	38
12.1.4 Kiintoaineksen määrittäminen .....	39
12.1.5 Orgaaniset hapot .....	39
12.1.6 Alkoholiprosentti ja pH.....	40
12.2 Mikrobiologiset .....	44
13 TYÖN TULOKSET JA POHDINTA.....	45
LÄHTEET .....	48

## 1 JOHDANTO

Työn tarkoituksena oli selvittää, onnistuuko hävikkimakeisten käyttö sellaisenaan oluen valmistuksessa. Lisäksi tutkittiin hiivan käyttäytymistä käymisprosessissa, jossa sokerilähteenä on maltaan tärkkelyksen lisäksi muita sokereita. Taustaselvityksessä tutkittiin oluen raaka-aineita, oluen laadullisia ominaisuuksia, oluiden eri valmistusprosesseja sekä makeisten ominaisuuksia. Yhdeksi kokonaisuudeksi muodostui makeisteollisuuden sivuvirrat. Kokeellinen osuus toteutettiin HAMK:n opetuspanimossa Visamäessä. Kokeittoa tehtiin kolme: perusolut, suklaaolut ja karkkiolut. Resepti luotiin itse valmiiden reseptien pohjalta ja reseptisovellusta apuna käyttäen. Lisäksi oluista tehtiin aistinvaraisia, fysikaalis-kemiallisia ja mikrobiologisia analysointeja.

Työ pohjautui innovatiiviseen ideaan hävikkimakeisten käytöstä oluen valmistuksessa. Markkinoilla on paljon alkoholituotteita, joita on maustettu erilaisilla makuaineilla ja raaka-aineilla. Idea innovaatioon lähti siitä, että jos tuotetta ei vain maustettaisi vaan makuaine olisi myös yksi pääraaka-aineista ja näin ollen korvaisi osan maltaista. Oluen valmistuksessa maltaiden tärkkelys pilkkoutuu käymiskelpoisiksi sokereiksi, joita hiiva hyödyntää ravinnokseen. Teoriassa tämä sama reaktio on mahdollinen myös makeisten sokereille, joten ideaa lähdettiin innovoimaan eteenpäin. Työssä tehdyn taustaselvityksen mukaan tällä hetkellä markkinoilla ei ole tuotteita, joissa osa maltaista olisi korvattu muilla sokerilähteillä. Innovaatio on siis ensimmäinen laatuaan.

”Sivuvirtojen hyötykäyttö on kiertotaloutta” (ETL, 2016). Kiertotaloudella tarkoitetaan mallia, jossa arvot ja materiaalit kiertävät. Hävikkimakeisten käyttö oluen valmistuksessa lisäisi makeistehtaiden sivuvirtamahdollisuuksia. Se mahdollistaisi hävikin käytön sellaisenaan, ilman erillistä käsittelyä. Tällä hetkellä suurin osa hävikkimakeisista päätyy käsittelylaitosten kautta eläinten rehuksi. Tämä on yleisin ja usein myös kustannustehokkain tapa hyödyntää sivuvirtoja. (ETL, 2016.)

Työssä hyödynnettiin makeisteollisuuden sivuvirtoja, korvaamalla osa maltaista täytekonevehdeillä ja kovilla karkeilla. Työ toteutettiin valmistamalla kolme olutta, joissa oli sama reseptipohja. Kahdessa oluessa osa maltaista korvattiin toisella sokerilähteellä ja lisäksi valmistettiin vertailuun käytetty perusolut. Näitä kahta makeisilla valmistettua olutta verrattiin saaduissa fysikaalis-kemiallisissa sekä mikrobiologisissa tuloksissa perusolueen.

## 2 OLUET

Olut on mieto, käymisteitse valmistettu viljapohjainen alkoholijuoma. Sen nimi on peräisin latinankielen sanasta *bibere*, joka tarkoittaa juomista. Oluet on maailman yleisin alkoholijuoma, joka on ollut tärkeä osa juomakulttuuria jo tuhansien vuosien ajan. Oluelle ei ole täsmällistä määritelmää, vaan se on yleisesti määritelty alkoholijuomaksi, joka valmistetaan käymisteitse. Oluen neljä pääraaka-ainetta ovat vesi, mallas, hiiva ja humala. (Boulton, 2013, s. 53; Hyvönen, Määttä, Saarela & Von Wright, 2010, s. 204; Panimoliitto, 2015, s. 5.)

Oluet jaotellaan kahteen päätyyppiin käytettävän hiivan mukaan: pintahiivaoluisiin ja pohjahiivaoluisiin. Näillä kahdella päätyypillä on kymmeniä alatyyppejä. Pintahiivaoluita ovat esimerkiksi alet, stoutit, lambicit, vehnäoluet, Sahti, portterit sekä luostarioluet. Pohjahiivaoluita ovat esimerkiksi pilsnerit, bockit, tummat lagerit, vaaleat lagerit sekä alkoholittomat oluet. (Kuokkanen & Rohkea, 2001, s. 28–36; Panimoliitto, n.d.)

Oluen valmistuksen jäljet johtavat kauas yli 5 000 vuoden taakse Lähi-itään ja Egyptiin. Näihin aikoihin nykyisen Irakin alueella eläneet sumerilaiset kirjoittivat ensimmäiset tarkat oluenpanokuvaukset. Oluetta valmistettiin liottamalla emmervehnystä ja ohraa valmistettua leipää useita päiviä. Leipä liottui mäsäksi, jonka annettiin käydä. Valmis olut maustettiin hunajalla, kanelilla tai taateleilla. Voidaan siis todeta, että olutta on maustettu eri makuaineilla jo aikojen alusta. (Kenning & Jackson, 2007, s. 7–8; Kuokkanen & Rohkea, 2001, s. 8–9.)

## 3 OLUEN RAAKA-AINEET

Oluen perusraaka-aineita ovat vesi, mallas, humala ja hiiva. Lisäksi olueen voidaan lisätä muita raaka-aineita tuomaan makua. Oluet sisältää vettä 90–98 % ja tästä syystä sillä on suurin vaikutus valmiiseen tuotteeseen sekä valmistusprosessiin. Mallas on idätettyä ja kuivatettua viljaa, yleisimmin ohraa. Humalan sisältämät alfa- ja beta-hapot tuovat olueen sen katkeran maun. Hiiva on oluen herkin raaka-aine ja sen tehtävänä on tuottaa olueen alkoholi. (Boulton, 2013, s. 316, 389, 630; Lehtinen, 2014, s. 26–34.)

### 3.1 Maltaat

Maltaat ovat idätettyä ja kuivatettua viljaa. Ne voidaan jakaa kahteen eri ryhmään: perus- ja erikoismaltaisiin. Ryhmäjaon lisäksi maltaat jaotellaan paahtoasteen mukaan. Maltaiden paahtoastetta kuvataan EBC-arvolla, joka kuvaa numeroilla maltaiden väriä. Perusmaltailla tarkoitetaan niitä maltaita, joita reseptin mukaan käytetään eniten. Usein perusmaltaana käytetään Pale ale -mallasta. Pale ale -mallas on paahtoasteeltaan 4–6

EBC-yksikköä eli mallas on yksi vaaleimmista. Kuvassa 1 on Pale ale -maltaita. Erikoismaltailla tarkoitetaan perusmaltaaseen yhdistettäviä maltaita. Erikoismaltaana voidaan käyttää esimerkiksi Caramel-mallasta. Näitä maltaita on eri paahtoasteisia, esimerkiksi Caramel 50 Malt, jonka EBC-arvo on noin 50 sekä Caramel 100 Malt, jonka EBC-arvo on noin 100. Olutta voidaan valmistaa eri viljalajeista, esimerkiksi vehnästä, rukiista, speltistä sekä hirssistä (luontaisesti gluteeniton). (Henok & Grandin, 2013, s. 42–43; Lehtinen, 2016; Viking Malt, n.d.)



Kuva 1. Pale ale -mallas.

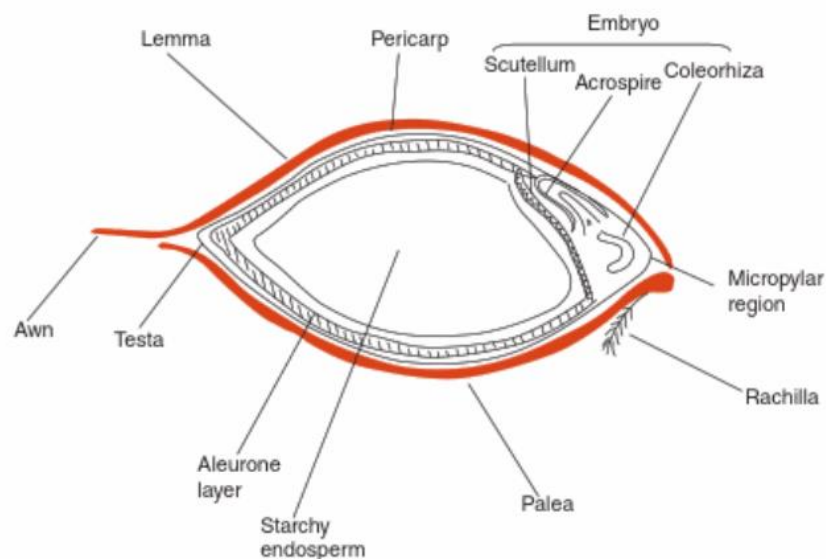
Yleisimmät oluenvalmistuksessa käytettävät maltaat ovat ohramaltaita. Maksimi kosteuspitoisuus mallasohrassa saa olla 13,5 % ja itämisasteen tulee olla yli 95 %. Muita laatukriteereitä mallasohralle ovat lajikepuhtaus (vähintään 95 %), haljenneet jyvät (maksimi 5 %) sekä homeiset ja punaiset jyvät, joita saa olla maksimissaan 5 kpl/200 g. Ohraa on suosittu kautta aikojen, sillä se on helpointa mallastaa ja käymissokerien määrä on siinä suuri. (Enari & Mäkinen, 2014, s. 45; Kenning & Jackson, 2007, s. 9; VYR, n.d.)



### 3.2 Ohra

Ohraa viljellään Suomessa maanlaajuisesti. Jopa 30 % koko Suomen viljelypinta-alasta käytetään ohran viljelyyn. Vuonna 2017 ohraa tuotettiin 1 460 000 tn, josta 63,4 % meni rehuksi, 22,2 % teolliseen käyttöön ja ruuaksi alle 1 %. Loput tuotetusta ohrasta käytettiin siemeninä, energian tuotantoon tai vietiin ulkomaille. (Leipätiedotus, n.d.a; VYR, 2018.)

Ohran jyvän muoto on sukkulamainen, suippopäinen ja sen vatsapuolella on ohut vako. Ohranjyvä koostuu kuorikerroksesta, endospermistä ja alkioista. Kuvassa 2 on kuvattuna ohranjyvän rakenne. Ohranjyvän kuori koostuu kahdesta lehtimäisestä rakenteesta, kuvassa 2 lemma ja palea. Lisäksi kuorikerrokseen kuuluu hedelmäkuori (pericarp), siemenkuori (testa) sekä aleuronikerros. Pääosan ohran jyvästä muodostaa endospermi eli jauho-ydin. Endospermi koostuu pääosin tärkkelyksestä (n. 70 %) ja proteiinista (8,3 %), josta suurin osa on varastoproteiinina tärkkelysyyvästen välissä. Alkio kattaa 2–3 % jyvän painosta. Se muodostuu alkeissilmusta, alkeisjuuresta, alkiokilvestä, silmuhunnusta ja juurihunnusta. Alkio sisältää paljon rasvaa ja vitamiineja. Rasvaisuutensa takia se poistetaan jauhatusprosessin yhteydessä. Kuvassa 3 (s. 5) on ohranjyvä kokonaisuutena ja poikkileikkauksena. (Boulton, 2013, s. 46; Hurri-Martikainen, Ignatius, Jussila & Salovaara, 2017, s. 50, 63; Leipätiedotus, n.d.b.)



Kuva 2. Ohranjyvän rakenne. (Boulton, 2013, s. 47.)



Kuva 3. Ohran jyvä vatsapuolelta (A ylempi kuva), selkäpuolelta (A alempi kuva) ja poikkileikkattuna (B). Poikkileikkauksessa näkyy kuori (H), alkio (E) ja endospermi (SE). (Holopainen-Mantila, 2015, s. 11.)

Ohra on yleisin oluen valmistuksessa käytettävä vilja sen itämisominaisuuksien ja valkuaisainepitoisuuden takia. Mallastuksessa käytettävän viljan itämisominaisuuden tulee olla korkea, yli 66 % ja valkuaisainepitoisuuden noin 10 %. Ohralla itävyys on yli 95 % ja valkuaisainepitoisuus 9,5–10,5 %. (Leipätiedotus, n.d.a; VYR, n.d.)

### 3.3 Vesi

Yhden olutlitran valmistamiseen kuluu 2,5–10 litraa vettä. Suurin osa vedestä menee pullojen ja astioiden pesuun sekä maltojen idätykseen ja lämmönsiirtoon. Veden laatu vaikuttaa olennaisesti oluen laatuun. Oluen valmistukseen käytetyn veden laatuvaatimukset vastaavat talousveden laatuvaatimuksia. (Enari & Mäkinen, 2014, s. 61; Henok & Grandin, 2013, s. 52–53; Kuokkanen & Rohkea, 2001, s. 15.)

Oluessa on vettä yli 90 %. Yksi vedestä mitattu ja määritelty ominaisuus on kovuus. Veden kovuuteen vaikuttavat eräät kalsium- ja magnesiumsuolat. Erilaisia oluita valmistettaessa tulee huomioida veden kovuus, sillä se vaikuttaa huomattavasti oluen makuun. Veden kovuutta voidaan muuttaa kemiallisesti tarpeeseen sopivaksi. Halvin ja yksinkertaisin tapa vaikuttaa veden kovuuteen on lisätä kalkkia. Kova vesi korostaa varsinkin katkeroa sekä

kuivia makuja. Suurin osa vaaleista oluttyypeistä tehdään pehmeään veteen ja useimmat vahvasti maustetut ja humaloidut tummat oluet valmistetaan kovasta vedestä. (Enari & Mäkinen, 2014, s. 61–62; Henok & Grandin, 2013, s. 52–53; Kuokkanen & Rohkea, 2001, s. 15; Lehtinen, 2016, s. 8.)

Hämeenlinnan vesi tutkii talousvettä annettujen asetusten ja raja-arvojen mukaisesti. Nämä asetukset ja raja-arvot perustuvat EU:n direktiiviin 98/83/EY sekä Maailman Terveysjärjestön WHO:n suosituksiin. Talousveden laatua valvoo HS-veden lisäksi valvontaviranomainen. Hämeenlinnassa veden laatu on jaettu kahteen alueeseen, Ahvenistoon ja Kylmälahteen. HAMK sijaitsee Kylmälahden alueella. HS-veden vuosikertomuksessa vuodelta 2017 Kylmälahden veden laatu on ollut hyvä. Veden pH-arvo on ollut keskiarvoltaan 7,9 ja kovuus 3,9–5,6 °dH. Kylmälahden alueen vesi on pehmeää. Pehmeän veden raja-arvot ovat 4–8 °dH. (Enari & Mäkinen, 2014, s. 63; HS-vesi, 2017, s. 10.)

### 3.4 Hiiva

Hiiva on yleinen mikro-organismi. Se on yksisolainen sieni, joka käyttää vierteen sokerit hiilidioksidiksi ja alkoholiksi. Hiivalla on kyky elää aerobisissa, mutta myös anaerobisissa olosuhteissa. Suurin osa hiivoista on fermentatiivisia organismeja eli ne pystyvät käyttämään sokereita myös hapatomissa olosuhteissa. Hiiva on oluen herkin raaka-aine ja sillä on valtava merkitys oluen valmistuksessa, sen kunto ja määrä vaikuttavat merkittävästi siihen, kuinka käyminen onnistuu. Vanhentunut hiiva ei toimi kunnolla, jolloin olut epäonnistuu. (Enari & Mäkinen, 2014, s. 113; Henok & Grandin, 2013, s. 45–46; Kuokkanen & Rohkea, 2001, s. 16; Sysilä, 1994, s. 74.)

Hiiva käyttää ravinnokseen erilaisia käymiskelpoisia sokereita. Käymiskelpoisia sokereita ovat glukoosi, fruktoosi, sakkaroosi, maltoosi, maltodriooosi sekä raffinoosi. Käymiskelvottomia sokereita puolestaan ovat esimerkiksi laktoosi, dekstriini sekä selluloosa. Tärkkelystä hiiva ei kykene käyttämään sellaisenaan ravinnoksi vaan se täytyy ensin pilkkoa entsyymaattisesti pienempiin osiin. (Enari & Mäkinen, 2014, s. 115.)

Oluthiivat jaetaan pinta- ja pohjahiivoihin. Pintahiivat luokitellaan tieteellisesti *Saccharomyces cerevisiae* -suvun hiivoiksi. Pohjahiivakantoja on useita. Niitä voivat olla esimerkiksi *Saccharomyces pastorianus*, *Saccharomyces uvarum* tai *Saccharomyces carlsbergensis*. Yhteensä pinta- ja pohjahiivakantoja on satoja. Oluthiivan valinta määräytyy valitun valmistusprosessin mukaan. Ale-oluita valmistaessa käytetään pintahiivoja ja lageroluita valmistettaessa pohjahiivoja. Sopiva hiivakanta valikoituu lopulta oluttyyppiin sopivaksi. Esimerkiksi ale-oluelle hiivakannaksi voidaan valita Fermentiksen kuivattu oluthiiva Safale US-05, joka sopii tyyppillisesti oluisiin joihin ei kaivata hiivan makua. (Boulton, 2013, s. 21, 369, 668.)

### 3.5 Humala

Humala on monivuotinen köynnöskasvi. Oluen valmistukseen kasvista käytetään hedelmöittymättömät käpymäiset emikukinnot. Kaikki humalan katkero- ja aromiaineet sijaitsevat pienissä lupuliiniyhdyksissä, jotka ovat kävyn terälehtien tyvissä. Humala antaa oluelle sen tyyppillisen katkeran maun. Katkera maku syntyy, kun humalakasvin sisältämät alfa-hapot isomeroituvat iso-alfa-hapoiksi. Iso-alfa-hapot ovat yhdeksän kertaa katkerampia kuin alfa-hapot. Lisäksi humala parantaa oluen säilyvyyttä. Sen sisältämät katkeroaineet ovat bakteriostaattisia yhdisteitä eli ne estävät useimpien bakteerien kasvua. (Boulton, 2013, s. 310; Enari & Mäkinen, 2014, s. 68, 70, 92; Sysilä, 1994, s. 47.)

Humalat jaetaan kahteen ryhmään: katkerohumaloihin ja aromihumaloihin. Humalalajikkeita on monia, esimerkiksi Target ja Challenger. Target on katkerohumala korkealla alfahappopitoisuudella. Challenger puolestaan on katkerohumala, joka sopii myös aromihumalaksi tuoden olueen hedelmäisen maun. Oluen valmistuksessa humaloita voidaan käyttää yhtä tai useampaa lajia halutun maun saavuttamiseksi. Niitä lisäilläään keiton eri vaiheissa tuomaan oluelle erilaisia makuyhdisteitä. Katkerohumalat lisätään heti keiton alussa ja aromihumalat keiton loppupuolella. Humalaa myydään eri muodoissa, sitä voi käyttää kokonaisina kukintoina, pelletteinä, tiivisteenä, siirappina tai öljyinä. Kuvassa 4 on kaksi humalan eri muotoa. (Henok & Grandin, 2013, s. 49–51; Lappo.fi, n.d.; Lehtinen, 2014, s. 33.)



Kuva 4. Humalapelletit ja -kävyt. (Carr, 2014.)

Humalaa arvioidaan ulkoisten ominaisuuksien perusteella. Värin tulee olla vihreä tai kellertävä. Ruskea tai punertava väri kertoo humalan olevan pilaantunutta. Hajun/tuoksun halutaan olevan raikas ja kirpeä sekä lajikkeelle ominainen. Rikkimäinen tai tunkkainen haju viittaa humalan huonoon laatuun ja jopa pilaantumiseen. Laadun takaamiseksi humala suositellaan säilytettäväksi viileässä, hapelta ja valolta suojattuna. (Enari & Mäkinen, 2014, s. 69; Sysilä, 1994, s. 51.)

### 3.6 Muut raaka-aineet

Olutreseptejä on olemassa lukemattomia määriä. Oluen maustamiseen voidaan käyttää lähes mitä vain, esimerkiksi hedelmiä, marjoja, suklaata, hunajaa tai mausteita. Näitä makuaineita voi lisätä oluen joukkoon joko sellaisenaan, kuivattuna, pyreenä tai siirappina. Esimerkiksi Sinebrychoff loi 1990-luvulla pääsiäisoluten, joka sisälsi oikeaa kahvia, kaakaopapuja ja suklaata. Joskus oluissa käytetään mallasuutteita maltaiden halpoina korvikkeina. Korvikkeita käytetään varsinkin teollisesti tuotetuissa massa-oluissa. (Kenning & Jackson, 2007, s. 10; Lehtinen, 2014, s. 37; Lehtinen, 2016, s. 8–9.)

## 4 OLUEN LAATU

Oluen laatu voidaan jakaa mikrobiologisiin, fysikaalis-kemiallisiin sekä aistinvaraisiin tekijöihin. Mikrobiologisiin kuuluvat hiivat, homeet ja muut haittamikrobit, jotka aiheuttavat oluen pilaantumista ja saattavat olla terveydelle haitallisia. Fysikaalis-kemiallisia tekijöitä ovat ominaispaino, pH, vahto, katkeroaineet ja väri. Aistinvaraisiin tekijöihin kuuluvat kaikki aistittavat ominaisuudet, kuten flavori. Ominaisuuksien saaminen halutunlaisiksi vaatii jatkuvaa laadunvalvontaa. Pienikin virhe valmistuksen aikana johtaa ei haluttuun lopputulokseen. (Enari & Mäkinen, 2014, s. 225.)

### 4.1 Mikrobiologiset

Olutta valmistaessa ei yleensä haluta vierteen sekaan mitään muuta mikrobina kuin valittu hiivakanta. Muita oluen sekaan päässeitä mikrobeita kutsutaan kontaminanteiksi. Mikrobiologiset kontaminaatiot aiheuttavat olueen lähinnä epätoivottuja maku- ja hajuhaittoja. Mikrobit pääsevät oluen sekaan yleensä raaka-aineiden tai likaisten laitteiden kautta. (Bamforth, Russel & Stewart, 2008, s. 165; Sysilä, 1994, s. 95.)

Villihyvät ovat haitallisimpia kontaminantteja, koska ne ovat panimohiivan kanssa samankaltaisia ja niiden kasvuolosuhteet ovat identtiset. Villihii-voiksi luokitellaan kaikki hiivat, joita ei ole tarkoituksellisesti lisätty tuotteeseen. Villihiivoja esiintyy kaikkialla luonnossa, huoneilmassa sekä maltaissa. Tästä syystä maltaat rouhitaan erillisessä tilassa, jotta mallaspöly ei pääse kontaminoimaan käytettäviä raaka-aineita ja välineitä. Villihiivojen pääsy tuotteeseen voidaan estää, mutta se on hankalaa. Villihiivakontaminaatioiden haittana on virhemaut valmiissa tuotteessa. (Boulton, 2013, s. 645; Sysilä, 1994, s. 96–97.)

Panimoympäristössä uhkana ovat villihiivojen lisäksi vierrettä ja olutta pilaavat bakteerit. Pilaajabakteereita on anaerobisia ja aerobisia. Anaerobiset bakteerit pystyvät kilpailemaan hiivan kanssa fermentoimalla samoja

sokereita kuin hiiva, näin ollen ne ovat erityisen vaarallisia kontaminantteja. Aerobisten bakteerien elinaika jää oluen valmistuksessa lyhyeksi, koska olosuhteet muuttuvat lopulta anaerobisiksi. Tästä syystä aerobisista bakteereista ei ole sen suurempaa haittaa. Käymisen alettua vierteen pH alenee, se kyllästyy hiilidioksidilla, siihen muodostuu alkoholia, ravinteet vähenevät ja olosuhteet muuttuvat hapettomiksi, jolloin pilaajabakteerien elin- ja toimintaolosuhteet heikkenevät. Lisäksi humalasta peräisin olevat yhdisteet estävät mikrobien kasvua. Jos bakteerikontaminantit onnistuvat kuitenkin pysymään elossa, ne pilaavat vierteen ja valmiin tuotteen maun ja hajun, jolloin oluista tulee käyttökelvottomia. Lisäksi useat bakteerikontaminantit aiheuttavat olueen ulkonäöllisiä muutoksia, yleensä sameutta. (Bamforth ym., 2008, s. 112; Enari & Mäkinen, 2014, s. 210; Sysilä, 1994, s. 98–99, 101.)

## 4.2 Fysikaalis-kemialliset

Fysikaalis-kemialliset ominaisuudet ovat niitä, joita voidaan mitata. Näitä ominaisuuksia voidaan mitata sekä prosessin aikana, että valmiista tuotteesta. Fysikaalis-kemiallisilla ominaisuuksilla on suuri merkitys oluen laatuun.

### 4.2.1 Uutepitoisuus ja ominaispaino

Uutteeksi kutsutaan vierteen ja siihen liuenneiden aineiden yhdistelmää. Suurin osa vierteeseen liuenneista aineista on sokereita. Käymisen aikana hiiva käyttää ravinnokseen käymiskelpoiset sokerit, jotka muuttuvat etanoliksi ja hiilidioksidiksi. Hiivan käyttäessä sokereita, vierteen tiheys eli ominaispaino laskee. Vierteen uutepitoisuus on korkeimmillaan ennen hiivan lisäämistä. Tämä tarkoittaa sitä, että myös ominaispaino on tässä kohdin kaikkein suurin. Mitä korkeampi alkuominaispaino on, sitä korkeammaksi lopputuotteen alkoholiprosentti yleensä nousee. Ominaispainoa mitataan esimerkiksi ominaispainomittarilla eli hydrometrillä. Kuvassa 5 on hydrometri poikittain kuvattuna. Muita menetelmiä ovat esimerkiksi kapillaariviskosimetri ja refraktometri. (Enari & Mäkinen, 2014, s. 150; Sysilä, 1994, s. 70–71.)



Kuva 5. Ominaispainomittari. (Lappo.fi, n.d.)

Ominaispainon avulla saadaan laskettua lopputuotteen alkoholipitoisuus alla olevalla kaavalla (1):

$$\frac{(OG-FG)}{7,5} \quad (1)$$

jossa,

OG = Alkuominaispaino

FG = Loppuominaispaino

#### 4.2.2 pH

pH-arvolla on suuri merkitys oluen valmistusprosessiin sekä valmiin tuotteen makuun ja tasapainoisuuteen. Mäskäyksen aikana veden ionit reagoivat maltaaseen luoden happaman ympäristön. pH-arvoon voidaan valmistuksen aikana vaikuttaa siihen tarkoitetuilla suoloilla tai erilaisilla mallasla-jikkeilla. Käytettävästä vedestä saadaan kovempaa lisäämällä siihen kalsiumsulfaattia, jolloin olueen tulee kuivempi maku. Jos taas vedestä halutaan pehmeämpää, lisätään kalsiumkloridia, jolloin mausta tulee pyöreämpi. (Henok & Grandin, 2013, s. 53.)

pH vaikuttaa lopputuotteen laatuun jo mäskäysvaiheessa. Optimaalinen pH raja mäskäyksessä on 5,2–5,6. Amylaasientsyymit toimivat näissä rajoissa parhaiten pilkkoen tärkkelystä aktiivisesti. Keittovaiheessa pH:n ollessa yli tai alle 5–5,4 saadaan humaloista paras hyöty. Näiden pH arvojen ulkopuolella katkeroaineet liukenevat vierteeseen parhaiten. Mitä matalammaksi pH menee, sen hienempi katkeruus olueen tulee. Hiivauksessa vierteen pH:n olisi hyvä olla 5,2–5,7. Hiiva toimii optimaalisesti näiden arvojen välillä. Pääkäymisen aikana pH laskee eli olut happanee hiilidioksidin kyllästymisen ja hiivan metabolian ansiosta. Lopullisen tuotteen pH on yleensä 4,1 ja 4,6 välillä. (Enari & Mäkinen, 2014, s. 149, 151; Fix, 1989, s. 95, 111.)

#### 4.2.3 Vaaho

Oluen vaaho perustuu erilaisten komponenttien vuorovaikutukseen. Näitä eri komponentteja ovat vaahdon stabiilisuus, määrä, rakenne ”pitsimäisyys”, valkoisuus ja kermaisuus. Stabiilisuutta pidetään vaahdon tärkeimpänä ominaisuutena. Vaaho syntyy maltaan proteiinien ja humalan happojen reagoidessa ja samat yhdisteet myös ylläpitävät sitä. Humalan hapoilla on suuri merkitys vaahdon stabiilisuuteen. Yhdisteet muodostavat ohuen kalvon, johon kaasukuplat tarttuvat kiinni. Pintajännitys vaikuttaa vaahdon pysyvyyteen, jos se on pieni pysyvät kuplat pidempään ja paremmin koossa. Oluttyypistä riippuen, vaaho on aina erilainen, esimerkiksi suodatetuissa oluissa on yleensä isokuplaisempi vaaho kuin suodattamattomissa. (Bamforth ym., 2008, s. 4, 22; Enari & Mäkinen, 2014, s. 230; Lehtinen, 2016, s. 16; Wilhelmson, 2012.)

Olenneisimmat oluen vaahtoon vaikuttavat tunnistetut proteiinit ovat LTP1, erilaiset hordeiinit sekä proteiini Z. LTP1 on lipidiproteiini, jota esiintyy ohran aleuronikerroksessa. Ne muodostavat noin 1 % kaikista maltaan proteiineista. LTP1-proteiinilla on hyvä vaahdon muodostuskyky, mutta yksinään se ei tuo vaahtoon stabiilisuutta. Hordeiinit ovat ohran suurimmat varastoproteiinit, jotka eivät ole vesiliukoisia. Toimiakseen ne edellyttävät proteiinien hydrolyysin. Hordeiinit parantavat vaahdon laatua sekä tuovat siihen stabiilisuutta. Proteiini Z oli ensimmäinen proteiini, jonka havaittiin vaikuttavan oluen vaahdon muodostumiseen. Maltaiden proteiineista jopa 2 % on proteiini Z:aa ja sillä on todettu olevan kaikista maltaan proteiineista parhain kyky elastisuuteen ja viskositeettiin. Vaahdon stabiilisuudelle proteiini Z:n ja muiden proteiinien yhteisvaikutus on erittäin tärkeää. (Bamforth ym., 2008, s. 12–13, 15–19.)

#### 4.2.4 Katkeroaineet

Oluesta mitataan katkeroaineet, jotka kertovat sen sisältämän katkeroainepitoisuuden. Katkeroaineet mitataan spektrofotometrisesti aallonpituudella 275 nm. Katkeroainepitoisuus ilmoitetaan EBU-yksikköinä (European Bittering Units) numeerisesti. Katkeroaineet muodostuvat olueen keiton aikana, alfahappojen isomeroituessa iso-alfa-hapoiksi. Mitä suurempi EBU-yksikkö, sitä katkerampaa olut on. Humalien ensisijainen käyttötarcoitus on tuoda olueen katkeruutta ja aromiaineita. Katkeroaineet vaikuttavat kuitenkin aromin lisäksi myös oluen säilyvyyteen. Humalan sisältämät alfahapot ovat bakteriostaattisia yhdisteitä, jotka estävät bakteerien lisääntymistä oluessa. (Boulton, 2013, s. 74–75, 310, 319; Enari & Mäkinen, 2014, s. 92; Sysilä, 1994, s. 48–49.)



#### 4.2.5 Väri

Oluen väri on kriittinen parametri sen arvioinnissa. Väri kertoo yhdellä vilkaisulla mikä olut on kyseessä ja antaa kuluttajalle kuvan siitä, millaista sen pitää olla. Väriinsä olut saa maltaista. Värit vaihtelevat vaalean keltaisesta lähes mustaan. Kuvasta 6 näkee oluiden väriskaalan ja värien EBC-arvot. Oluen väriin vaikuttaa raaka-aineiden lisäksi myös valmistusprosessi. Vaaleat oluet tummuvat 2–3 kertaiseksi keittovaiheessa, mutta tummat oluet säilyttävät väriinsä suhteellisen samanlaisina, johtuen siitä, että sama reaktio on tapahtunut jo maltaiden kuivatuksessa. Värit syntyvät pääosin aminohappojen ja pelkistävien sokereiden välisissä reaktioissa. Sekoittamalla eri olutmaltaita, saadaan olueen haluttu väri. Väriä mitataan spektrofotometrisesti standardisoidulla aallonpituudella 430 nm. Värien tulokset ilmoitetaan EBC-arvolla (European Brewery Convention scale) numeerisesti. (Bamforth ym., 2008, s. 219; Boulton, 2013, s. 55–56; Enari & Mäkinen, 2014, s. 230; Hughes & Baxter, 2001, s. 31–32.)

	colours	EBC
pale		4
light blond		6
blond		8
yellow		12
gold		16
		20
amber		26
		33
copper		39
dark copper		47
		57
brown		69
dark brown		79
		139

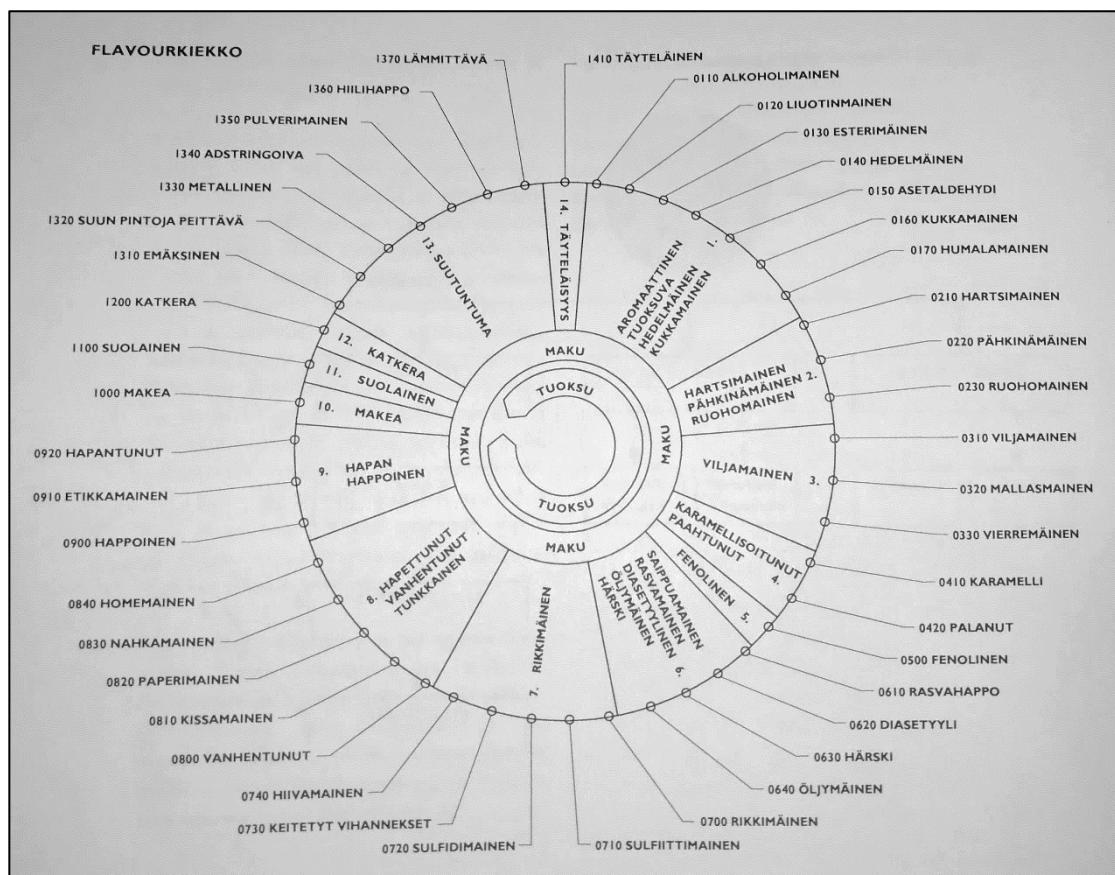
Kuva 6. Oluiden värit ja niiden EBC-arvot. (Vinkvist, 2015.)

#### 4.3 Aistinvaraiset

Tärkeimmät aistinvaraiset ominaisuudet ovat ne, mitkä kuluttaja voi havaita. Niihin kuuluvat flavori, kirkkaus, vaahto ja väri. Kirkkautta, vaahtoa ja väriä pystytään eri keinoin mittaamaan, mutta flavorin saa esiin vain maistamalla ja haistamalla tuotetta. Flavorilla tarkoitetaan makujen ja tuoksujen yhteisvaikutelmaa. Jotta oluen mausta saa kaiken irti, täytyy sen aromia myös haistaa samaan aikaan. Mitä enemmän oluessa on humalaa, sitä katkerammalta se maistuu. Jos katkeroa on vähän, olut on makeaa ja

sitä on vaikeampi juoda. Kitkerät maut tasapainottavat olutta. Oluen tyyppilliset maut ovat maltaisuus, hedelmäisyys ja katkeruus. (Enari & Mäkinen, 2014, s. 225; Henok & Grandin, 2013, s. 56; Lehtinen, 2016, s. 16–17; Sysilä, 1994, s. 190.)

Oluen flavorista saa täydellisen kuvan vain aistinvaraisella arvioinnilla. Oluista on tunnistettu yli 200 kemiallista yhdistettä, jotka vaikuttavat flavoriin. Arviointiin on kehitetty oma, kansainvälinen arviointisanasto, jota kutsutaan flavoripyöräksi. Flavoripyörä kuvailee erilaisia oluen makuja, hajuja ja ulkonäköjä (kuva 7). (Enari & Mäkinen, 2014, s. 225–226.)



Kuva 7. Kansainvälinen arviointisanasto (flavourkiekko). (Sysilä, 1994, s. 196.)

## 5 MAKEISET

Makeisten pääraaka-aine on vesi, johon lisätään makeisesta riippuen sokeria, siirappeja, makuaineita, väriaineita sekä muita raaka-aineita (Mohos, 2016, s. 25–26). Kovat makeiset valmistetaan sulattamalla sokeri ja siirappi veden sekaan. Massaa keitetään, jotta saadaan massalle haluttu viskositeetti. Keiton jälkeen massaan lisätään makuaineet ja väriaineet sekä mahdolliset muut raaka-aineet. Makeisesta riippuen massaa venytetään ja muotoillaan tai se valetaan levyksi. Venytyksen tarkoituksena on tuoda massaan ilmaa ja jäähdyttää sitä. Näin saadaan aikaiseksi halutunlainen rakenne. Venytyksellä valmistetaan pitkulaisia ja leikattuja makeisia. Valamalla saadaan makeisista muotoiltua erilaisia muotoja, esimerkiksi pyöreitä tai hahmoja. Valetuissa kovissa makeisissa on usein jauhomainen täyte, joka on helppo ripotella massan päälle sen ollessa vielä sulana levynä. Jauheen ripottelun jälkeen levy rullataan kiinni ja makeiset muotoillaan.

Kovissa makeisissa sokeri on sakkaroosia. Lisäksi sekaan voidaan lisätä esimerkiksi glukosisiirappia tai inverttisokeria. Siirappien tai muiden sokerien tarkoituksena on estää sakkaroosin uudelleenkiteytyminen. Kovien makeisten sokerin ei haluta uudelleenkiteytyvän, jotta rakenne ei mene pilalle. (Mohos, 2016, s. 40.)

Suklaan perusraaka-aineet ovat kaakaomassa, kaakaovoi, sokeri sekä maito/maitojauhe, jos valmistetaan maitosuklaata. Yleisimmät suklaaladut ovat tummasuklaa, maitosuklaa ja valkoinen suklaa. Niihin on määriteltä minimi kaakaopitoisuudet Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivissä 2000/36/EY liitteessä 1. Tumman suklaan tulee sisältää vähintään 35 % kaakao kuiva-ainetta, josta vähintään 18 % on kaakaovoita ja 14 % rasvatonta kaakaokuiva-ainetta. Maitosuklaan tulee sisältää vähintään 25 % kaakaokuiva-ainetta, vähintään 14 % maidon kuiva-ainetta, 2,5 % rasvatonta kaakaokuiva-ainetta ja 3,5 % maitorasvaa. Valkoisessa suklaassa ei ole kaakao kuiva-ainetta ollenkaan. Valkoiseen suklaaseen maun tuovat kaakaovoi, jota täytyy tuotteessa olla vähintään 20 %, maidon kuiva-aine, jota täytyy olla vähintään 14 % ja mausteet. (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2000/36/EY, elintarvikkeena käytettävistä kaakao- ja suklaatuotteista, 2000, liite 1; Mohos, 2016, s. 24.)

Suklaa valmistetaan sekoittamalla raaka-aineet massaksi. Sekoituksen jälkeen massa jauhetaan hienoksi valssaamalla suurten telojen välissä. Valsattu massa on kuivaa ja murenevaa, joten siihen täytyy lisätä rasvaa suuntuntuman parantamiseksi. Tätä vaihetta kutsutaan konssaamiseksi. Konssaamisen tarkoituksena on muuttaa massa juoksevaksi suklaaksi. Jotta suklaasta saadaan tuote, täytyy se temperoida. Tämä tapahtuu konssaamisen jälkeen. Temperoinnilla suklaaseen saadaan halutunlainen rakenne ja

kiilto ja se voidaan muotoilla tuotteiksi. Temperoinnilla tarkoitetaan suklaan lämpökäsittelyä, jotta sen rasvat saadaan kristallisoitua oikeaan muotoon. (Beckett, 2000, s. 51–65, 104–108.)

Suklaan sokerina käytetään suurimmaksi osaksi sakkaroosia. Normaalisti suklaassa on noin 50 % sokeria. Sokeri voi esiintyä suklaassa kiteisessä muodossa tai amorfisessa muodossa. Sokerin amorfinen muoto tarkoittaa sitä, että sakkaroosiliuos on kuivattu liian nopeasti, eivätkä yksittäiset sokerimolekyylit ehdi muodostaa kiteistä rakennetta ennen veden poistumista. (Beckett, 2000, s. 17, 19.)

## 6 MAKEISTEN SIVUVIRRAT

Suomessa makeishävikki pyritään mahdollisuuksien mukaan hyödyntämään uudelleen tai sivuvirtoina. Biojätteeksi menevät sellaiset makeiset, joiden kääre tai pakkaus on auennut tai rikkoutunut tai, jos ne ovat pudonneet lattialle. Suurin osa tehtaiden makeishävikistä menee eläinten rehuksi ulkomaalaisten käsittelylaitosten kautta. (Tiedonanto NN, 2018.)

Uusiomassaksi ohjataan tuotteet, joiden ulkonäkö ei ole halutunlainen tai jotka ovat virheellisiä, mutta laadultaan hyviä. Uusiomassaksi voidaan käyttää vain tuotteet, jotka koostuvat yhdestä massasta. Joissakin tapauksissa niin kutsutut kakkoslaatuiset makeiset voidaan myydä tehtaiden omissa myymälöissä erikoiserinä. (Tiedonanto NN, 2018.)

### 6.1 Biojäte

Makeisten sivuvirtamahdollisuuksia on monia. Makeisteollisuudessa syntyy erilaisia jätteitä, joista suurimmat ovat biojäte ja pakkausjäte. Biojätettä pystytään hyödyntämään biopolttoaineena tai rehuteollisuudessa. Biopolttoaine on uusiutuva energiamuoto, jolla korvataan fossiilisia polttoaineita. Rehuteollisuudessa biojäte hyödynnetään eläinten ravintona. Molemmat näistä sivuvirroista vaativat biojätteen uudelleenprosessointia.

### 6.2 Pakkausjäte

Pakkausjäte lajitellaan materiaalin mukaan, jolloin osa pystytään hyödyntämään joko polttamalla energiaksi tai uusiokäyttämällä. Muovi pyritään hyötykäyttämään mahdollisimman tehokkaasti, jotta jätettä syntyisi vähemmän. Muovista tehdään uusiopakkauksia niin kauan, että se muuttuu käyttökelvottomaksi. Lisäksi muovia pystytään hyödyntämään energian tuotannossa. Pahvi saadaan hyötykäytettyä kokonaisuudessaan aina uudestaan ja uudestaan, joko energiantuotannossa tai uusiokäytössä. Kierrätetty metalli uusiokäytetään metalliteollisuudessa uusien metallituotteiden raaka-aineena.

### 6.3 Uusiomassa

Makeisteollisuus hyödyntää suurimman osan epäonnistuneista makeisista joko uusiomassana tai myymällä kakkoslaatuksena. Uusiomassana pystytään käyttämään ne tuotteet, joissa on käytetty vain yhtä massaa tai joissa eri komponenttien sekoittuminen alkuperäiseen massaan ei haittaa. Ne tuotteet, jotka ovat valmistuksessa epäonnistuneet, mutta joita ei voida enää uusiomassana hyödyntää, myydään usein kakkoslaatuksina tehtaan omassa myymälässä. Jos taas tuote on täysin epäonnistunut eikä kelpaa edes kakkoslaatuiseksi, menee se biojätteeseen.

### 6.4 Kestävä kehitys

Hävikkimakeisten teollisuuden haarat ja sivuvirtamahdollisuudet ovat rajattomat. Erilaisia sivuvirtamahdollisuuksia ja teollisuuden haaroja pyritään jatkuvasti kehittämään. Ilmaston kannalta parasta olisi, ettei hävikkimakeisia tarvitsisi jatkokäsittelyssä prosessoida millään tavalla. Lisäksi käytettäessä hävikkiä osana tuotetta, myös alkuperäisten raaka-aineiden prosessointi vähenee, koska niitä ei tarvitse tuottaa niin paljon. Tässä työssä hävikkimakeisilla korvataan osa maltaista, jolloin hävikkimakeiset tulevat hyötykäyttöön ilman jatkokäsittelyä ja maltaiden käyttö vähenee. Suuremmissa mittakaavassa ajatuksena olisi se, että uuden tuottamista voidaan vähentää ja käyttöön otetaan jo valmiiksi tuotettua. Täten saadaan hävikkiä vähennettyä ja samalla maltaan tuotantoa pienennettyä, jolloin energiankulutus vähenee.

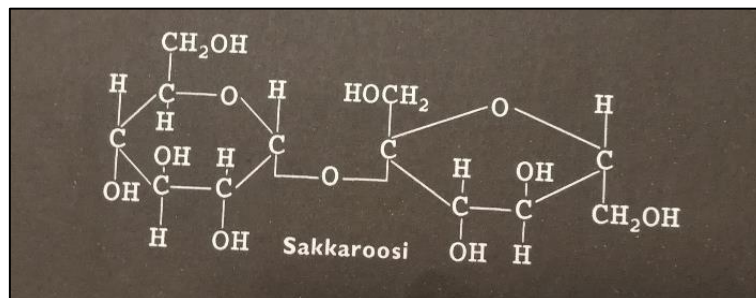
Paras vaihtoehto tämän tyyppisen oluen valmistukseen ovat ne makeiset, jotka menisivät muuten biojätteeksi, pois lukien lattialle pudonneet, tai kakkoslaatuksena myyntiin tehtaan myymälään. Makeistehtaiden biojättekustannukset vähenisivät ja sen sijaan, että kakkoslaatuksia tuotteita myytäisiin pieniä määriä tehtaan myymälässä, saataisiin niitä myytyä kerralla suurina määriä oluen tuottajille. Panimot taas hyötyisivät siitä, että he osaisivat halvemmalla hävikkimakeisia raaka-aineiksi ja maltaiden ostomäärät vähenisivät.

## 7 SOKERIT

Sokerit ovat polyhydroksikarbonyylejä, joiden molekyylit koostuvat yhdestä tai useammasta molekyylirakenteesta. Niitä ovat esimerkiksi monosakkaridit, disakkaridit sekä polysakkaridit. Monosakkarideista yleisimpiä sokerimolekyylejä ovat glukoosi ja fruktoosi ja disakkarideista yleisin on kahden edellisen yhdistelmä eli sakkaroosi. Tyypillisin polysakkaridi on tärkkelys, jonka molekyylirakenne sisältää yli 20 hiiliatomia. (Hurri-Martikainen ym., 2017, s. 24; Wrolstad, 2011, s. 2.)

## 7.1 Sakkaroosi

Sakkaroosi ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) on disakkaridi, joka muodostuu yhdestä glukoosimolekyylistä ja yhdestä fruktoosimolekyylistä. Glukoosi ja fruktoosi ovat monosakkarideja, jotka muodostuvat yhdestä hiilirenkaasta. Ne ovat toistensa anomeereja eli niillä on sama molekyylikaava,  $C_6H_{12}O_6$ , mutta rakenteellisesti niiden atomit ovat eri järjestyksessä. Sakkaroosi on ei-pelkistävä sokeri, jonka molemmat anomeeriset hiilet osallistuvat glykosidiseen sidokseen. Kuvassa 8 on sakkaroosimolekyyli. (Sysilä, 1994, s. 77; Wrolstad, 2011, s. 9, 26.)



Kuva 8. Glukoosi (vasemmalla) ja fruktoosi (oikealla) muodostavat sakkaroosin. (Sysilä, 1994, s. 76.)

Sakkaroosi on suuri molekyyli eikä siksi läpäise hiivan solukalvoa. Suuren kokonsa vuoksi sakkaroosi pitää ensin pilkkoa osiin, jotta hiiva voi käyttää sitä ravinnokseen. Hiivasolun pinnalta erittyy invertaasi-entsyymiä, joka pilkkoo sakkaroosimolekyylin käymiskelpoisiksi monosakkarideiksi, fruktoosiksi ja glukoosiksi, solun ulkopuolella. (Bamworth, 2008, s. 66; Sysilä, 1994, s. 80–81.)

## 7.2 Tärkkelys

Tärkkelys koostuu amyloosista (n. 20 %) ja amylopektiinistä (n. 80 %). Amyloosi on suoraketjuinen glukoosipolymeeri, joka muodostuu tuhansista glukoosimolekyyleistä. Amyloosiketjun glukoosimolekyylit ovat liittyneet toisiinsa 1,4-sidoksilla. Amyloosiketjujen liittyessä toisiinsa 1,6-sidoksista, syntyy amylopektiini. Tärkkelys sijaitsee ohranjyvän endospermissä. (Enari & Mäkinen, 2014, s. 85; Lewis & Young, 1995, s. 107; Sysilä, 1994, s. 33.)

## 7.3 Tärkkelyksen hydrolyysi

Alfa- ja beta-amylaasientsyymit vastaavat tärkkelyksen hydrolyysistä eli hajottamisesta. Ne hajottavat yhdessä amylopektiiniä pienemmiksi molekyyleiksi purkamalla 1,4-sidoksia. Alfa-amylaasi hajottaa satunnaisesti kaikkia 1,4-sidoksia, kun taas beta-amylaasi hajottaa vain ketjun ei-pelkistävissä päässä olevia sidoksia. Alfa-amylaasin satunnaisen katkomisen vaikutuksesta syntyy erilaisia sokereita, joita ovat mono-, di-, tri- ja polysakkaridit. Beta-amylaasi tuottaa pelkkää maltoosia pilkkomalla ketjua yksi

maltoosisidos kerrallaan, kunnes se kohtaa 1,6-sidoksen. Maltoosi koostuu kahdesta 1,4-sidoksella toisiinsa liittyneestä glukoosimolekyylistä. (Lewis & Young, 1995, s. 108; Sysilä, 1994, s. 35–36.)

Beta-amylaasi ei pysty pilkkomaan koko amylopektiiniä maltooseiksi, koska se pysähtyy 1,6-sidokseen. Alfa-amylaasi tulee tässä vaiheessa apuun ja pilkkoo uusia ei-pelkistävissä päässä olevia sidoksia beta-amylaasia varten. Yhdessä entsyymit pystyvät hydrolysoimaan amylopektiinin lähes loppuun asti, lukuunottamatta rajadekstriinejä. Rajadekstriinit ovat käymiskelvottomia sokereita, jotka koostuvat 1,4-sidoksista, jotka ovat kiinni 1,6-sidoksessa. Voidaan siis sanoa, että alfa- ja beta-amylaasit eivät pysty hajottamaan koko rakennetta täydellisesti. (Enari & Mäkinen, 2014, s. 85–86; Sysilä, 1994, s. 36–37.)

## 8 PROSESSIVAIHTOEHDOT

Oluen valmistusprosesseja on muutamia erilaisia. Yleisimmät ovat pinta-hiiva- ja pohjahiivaprosessit. Oluen valmistuksen vaiheet ovat rouhinta, mäskäys, vierteen erotus, keitto, hiivan lisäys, käyminen, varastokäyminen, (jälkikäyminen) ja varastointi. (Lehtinen, 2014, s. 24–25, 42.)

Oluen valmistus aloitetaan rouhimalla käytettävät maltaat. Rouhinta tapahtuu valssimyllyllä, joko manuaalisesti tai automaattisesti. Maltaiden tulee jäädä melko karkeiksi, jotta ne eivät mene siivilöinnissä siivilän läpi vierteen sekaan. Rouhinnan jälkeen aloitetaan mäskäys, jossa mallasta ja vettä keitetään mäskäyskattilassa. Mäskäyksessä tarkkaillaan aikaa, lämpötilaa, pH:ta sekä vesi-mallas -suhdetta. Mäskäyksen aikana tapahtuu proteiinien ja tärkkelyksen hydrolyysi. Hydrolyysissä proteiinit hajoavat peptideiksi ja aminohapoiksi ja tärkkelys sokereiksi. Mäskäyksen jälkeen vierre erotetaan mäskistä siivilöimällä. (Lehtinen, 2014, s. 38; Hyvönen ym., 2010, s. 206; Sysilä, 1997, s. 58–59.)

Siivilöinnin jälkeen vierre keitetään. Keiton tarkoituksena on steriloida vierre, haihduttaa vettä ja ei-toivottuja yhdisteitä sekä aromeja, saostaa valkuaisaineet, muodostaa halutut väri- ja makuyhdisteet ja lopettaa entsyymien toiminta. Humalat lisätään keiton aikana tuomaan olueen aromeja sekä katkeruutta. Humaloita pidetään kattilassa reseptissä määrätty aika, jonka jälkeen ne poistetaan. Vierrettä keitetään yhdestä kahteen tuntiin ja samalla sen pH:ta säädetään ja lämpötilaa tarkkaillaan. Keiton jälkeen vierre poistetaan keittokattilasta varovasti, jotta pohjalle laskeutunut rupa ei pääse käymisastiaan. Vierre jäähdytetään ennen hiivan lisäystä sopivaan lämpötilaan. Jäähdytys tapahtuu lämmönvaihtimella. (Enari & Mäkinen, 2014, s. 91, 93, 105–106; Hyvönen ym., 2010, s. 207; Sysilä, 1997, s. 85–88.)

Pääkäyminen alkaa, kun jäädytettyyn vierteeseen lisätään haluttu hiiva. Käyminen voidaan jakaa neljään eri osa-alueeseen: lepovaiheeseen, exponentiaalisen kasvunvaiheeseen, vakaaseen vaiheeseen sekä hidastumiseen. Lepovaiheessa hiiva on lisätty vierteeseen ja ensimmäiset käymisen merkit alkavat näkyä. Tämä vaihe kestää yleensä 8–24 tuntia. Exponentiaalisessa kasvunvaiheessa hiivasolut lisääntyvät nopeasti ja tämä vaihe kestää 1–3 vuorokautta. Vakaassa vaiheessa etanolin tuotto saavuttaa maksimin ja pysyy vakaana, vaihe kestää noin 3 vuorokautta. Pääkäymisen viimeisessä vaiheessa ravinteet ja sokerit vähenevät, kunnes niitä on jäljellä enää 1 %. Tällöin pääkäyminen on ohi. Käymistä säädellään vierteen koostumuksen, lämpötilan, hiivan määrän sekä paineen avulla. Kokonaisuudessaan pääkäyminen kestää 7–9 vuorokautta, lyhyemmät tai pidemmät käymisajat ovat poikkeuksia. (Enari & Mäkinen, 2014, s. 149; Saarela ym., 2010, s. 208–209; Sysilä, 1997, s. 104–106.)

Pääkäymisen jälkeen on vielä hidas varastokäyminen. Varastokäyminen tapahtuu alhaisessa lämpötilassa. Sen tarkoituksena on oluen kyllästäminen hiilidioksidilla, maun kypsyttäminen sekä oluen kirkastaminen. Varastokäymisen jälkeen olut suodatetaan, jos siitä halutaan kirkasta. Suodatuksessa hiiva poistetaan. Suodattamattomassa oluessa hiivaa ei ole erikseen poistettu vaan sen annetaan laskeutua astian pohjalle. Suodatuksen jälkeen olut pullotetaan ja varastoidaan. (Enari & Mäkinen, 2014, s. 154; Hyvönen ym., 2010, s. 210; Lehtinen, 2014, s. 40.)

## 8.1 Pintahiivaolut

Pintahiivaoluita kutsutaan nimityksellä ale. Termi viittaa oluisiin, jotka on tuotettu käyttämällä hiivakantaa, joka nousee oluen pinnalle käymisen aikana. Pintahiivalla tehdessä olut käy suhteellisen korkeissa lämpötiloissa, noin 18–22 °C:ssa. Hiivan aineenvaihdunta tuottaa korkeissa käymislämpötiloissa ale-oluille tyypillisiä flavoriaineita. Normaali käymisaika pintahiivaoluilla on muutamasta päivästä kahteen viikkoon. Olut kypsytetään yleensä käymisastiassa, pullossa tai tynnyrissä. Pintahiivaoluiden valmistaminen on yksinkertaista ja helppoa, koska ne eivät vaadi kylmiä olosuhteita ja prosessi on nopea. Ryhmänä ale-oluet ovat yleensä kohtalaisen voimakkaasti humaloituja ja ne luokitellaan usein värin perusteella. (Bamforth, 2008, s. 66; Boulton, 2013, s. 17; Lehtinen, 2014, s. 42; Sysilä, 1994, s. 75.)

## 8.2 Pohjahiivaolut

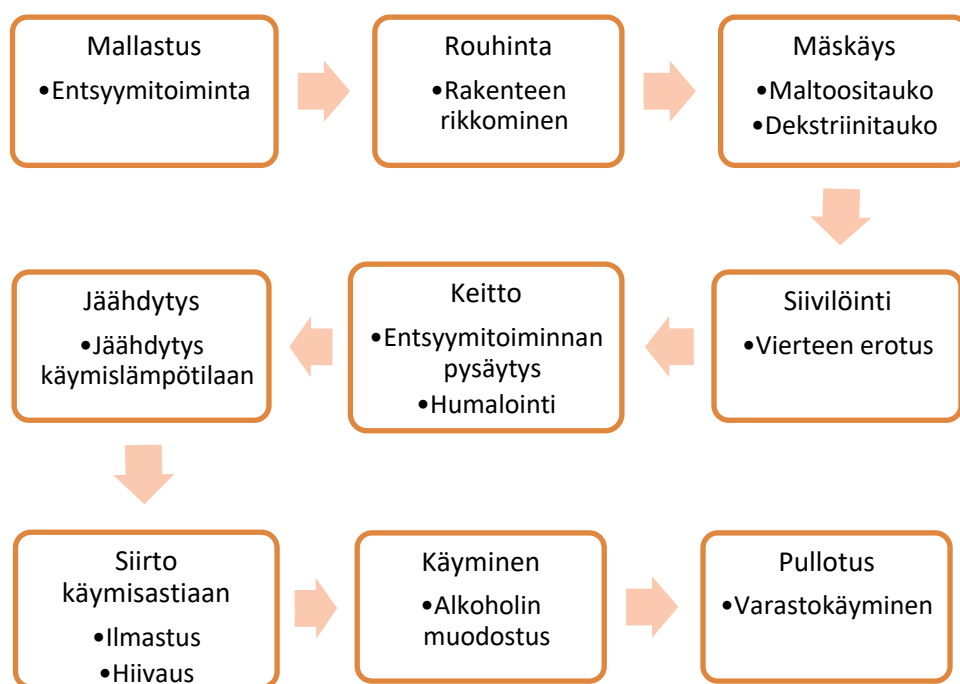
Pohjahiivaoluita kutsutaan nimellä lager. Termi viittaa oluisiin, jotka on tuotettu käyttämällä hiivakantaa, joka laskee käymisastian pohjalle käymisen aikana. Pohjahiivaoluen käymislämpötila on selvästi alhaisempi, kuin pintahiivaoluen. Lager-oluen viimeisessä valmistusvaiheessa se altistetaan pitkälle varastointivaiheelle viileissä lämpötiloissa, jolloin sen maku kypsyy ja kirkastuu. Käymislämpötilat jaetaan useaan vaiheeseen. Hiiva lisätään



15–18 °C:seen vierteeseen, jonka jälkeen lämpötila lasketaan oluesta riip-puen 4–14 °C:seen. Tässä lämpötilassa olutta kypsytetään noin kaksi viik-koa. Lämpötilaa aletaan laskea muutama aste kerrallaan, kunnes päästään noin 2 °C:seen. Olut jätetään varastokäymään tähän lämpötilaan, kunnes se on valmista. Pohjahiivaoluen valmistaminen on aikaa vievää ja tark-kuutta vaativaa. Lager-oluiden väriskaala on vaaleasta tosi tummaan. (Boulton, 2013, s. 368; Halmetoja, 1996, s. 29, 40; Lehtinen, 2014, s. 42; Sysilä, 1997, s. 115; Smith, n.d.)

## 9 PROSESSIVAIHEET

Oluen valmistusprosessi koostuu viidestä pääosa-alueesta. Näitä ovat mal-lastus, mäsikäys, keitto, jäähdytys sekä käymisvaihe. Käymisvaihe jaetaan vielä pääkäymiseen sekä varastokäymiseen. Kuvassa 9 on oluen valmistus-prosessi vuokaaviona.



Kuva 9. Oluen valmistusprosessin vuokaavio.

## 9.1 Mallastus

Viljan idätystä ja kuivatusta kutsutaan mallastukseksi. Käsittelemätön vilja ei käy kunnolla, joten mallastus on välttämätöntä. Mallastuksen tarkoituksena on paljastaa tärkkelysjyväset niitä ympäröivien soluseiniä sekä proteiinien seasta, jotta fermentoitavat sokerit saadaan erottumaan optimaalisesti tärkkelyksestä mäskäyksen aikana. (Enari & Mäkinen, 2014, s. 29; Holopainen-Mantila, 2015, s. 29.)

Mallastuksessa jyviä liotetaan 2–3 päivää, jotta ne alkavat itää. Liotuksen jälkeen jyvät idätetään ja niiden annetaan itää jopa 5 vuorokautta. Samalla jyvän entsyymit aktivoituvat ja pilkkovat proteiinit ja hiilihydraatit sokereiksi. Seuraavaksi itäminen ja samalla myös entsyymitoiminta lakkauteaan kuivaamisen ja paahtamisen aloittamisella. Entsyymitoiminta on tärkeää lakkauttaa, jotta kasvi ei itse käytä hiivalle tarkoitettuja sokereita. Kuivaaminen ja paahtaminen tehdään nostamalla lämpötilaa pikkuhiljaa ylöspäin, kunnes päästään haluttuun lämpötilaan ja paahtoasteeseen. Tavallisten panimomaltaiden loppulämpötila on 70–90 °C ja tummimpien maltaiden loppulämpötila on 200–225 °C. (Enari & Mäkinen, 2014, s. 29; Henok & Grandin, 2013, s. 42 Kenning & Jackson, 2007, s. 9; Lehtinen, 2016, s. 8.)

## 9.2 Rouhinta

Rouhinta tapahtuu erilaisilla valssimyllyillä mekaanisesti. Kontaminaatioiden välttämiseksi rouhinnan tulee aina tapahtua erillisessä tilassa, jotta mallaspöly ei pääse leviämään vierteen tai valmiin oluen joukkoon. Rouhinnan tarkoituksena on saada maltaan rakenne rikki niin, että kuoriosaa jää mahdollisimman ehjäksi. Tällöin uutensaanto saadaan tehokkaaksi ja entsyymaattiset reaktiot toimimaan oikein. Teoriassa paras uutensaanto saataisiin jauhamalla maltaat hienoksi, mutta käytännössä tämä ei toimi, koska siivilöinti ei tällöin onnistu. Mäskissä olevat ehjät kuoret muodostavat suodattimen, jonka läpi vierre pääsee valumaan vapaasti. Jos rouhe olisi jauhemaista, tukkisi se siivilän. Maltaiden rouhinta-aste määräytyy prosessin mukaan. (Enari & Mäkinen, 2014, s. 83, 96; Sysilä, 1994, s. 59, 97.)

## 9.3 Mäskäys

Mäskäyksen tarkoituksena on lämpökäsitellä vesi ja mallasrouhe tietyn ajan kontrolloidussa lämpötilassa tai lämpötila-alueella reseptistä riippuen. Lisäksi joukkoon sekoitetaan tarvittaessa muita kiinteitä lisäaineita, suoloja tai entsyymejä. Vesi-mallas -seosta pidetään halutussa lämpötilassa tai lämpötila-alueella säädetyn ajanjakson ajan, jonka jälkeen vierre erotetaan kiinteän aineen jäännöksestä siivilöimällä. (Boulton, 2013, s. 396; Sysilä, 1994, s. 59.)

Mäskäykseen on kaksi klassista tapaa: infuusiomäskäys ja keittomäskäys. Lisäksi näistä kahdesta tavasta on erilaisia variaatiota, jotka eroavat alkuperäisestä vain vähän, esimerkiksi monivaihemäskäys ja tuplamäskäys. Yleisimmin käytetty tapa on infuusiomäskäys, sen helppouden takia. Infuusiomäskäys tapahtuu yhdessä mäskäyskattilassa ja sen lämpötilaa nostetaan portaittain tai pidetään halutussa lämpötilassa koko mäskäyksen ajan. Infuusiomäskäyksessä on tärkeää, että mäskin lämpötila on koko ajan tasainen. Keittomäskäyksessä puolestaan mäski on jaettuna kahteen kattilaan, jaettuja osia kutsutaan osamäskiksi ja päämäskiksi. Keittomäskäys perustuu siihen, että päämäskin lämpötilaa nostetaan portaittain osamäskin avulla, jota keitetään erillisessä kattilassa ja siirretään päämäskin joukkoon osissa. Mäski kiertää näiden kahden kattilan välillä koko prosessin ajan, mutta ei jatkuvatoimisesti. (Boulton, 2013, s. 397; Enari & Mäkinen, 2014, s. 89; Sysilä, 1994, s. 59–61.)

Mäskäyksessä käynnistetään uudelleen entsyymitoiminta, joka on mallastuksen idätysvaiheessa herätetty ja kuivausvaiheessa pysäytetty. Mäskäyksen aikana tapahtuu tärkkelyksen ja proteiinien hydrolyysi, joissa entsyymit hajottavat niitä käymiskelpoisiksi sokereiksi, lyhyemmiksi proteiineiksi sekä aminohapoiksi. Lisäksi mäskäyksen aikana voidaan pitää maltoosi- ja dekstriinitauot. Dekstriinitauko on mäskäyksen viimeinen vaihe, jossa lämpötilaa muutetaan, joten sitä kutsutaan myös ulosmäskäykseksi. (Enari & Mäkinen, 2014, s. 84; Sysilä, 1994, s. 59, 62–63.)

Kuten ylempänä on jo kerrottu, tärkkelyksen hydrolyysissä alfa- ja beta-amylaasit pilkkovat amylopektiiniketjuja käymiskelpoisiksi sokereiksi. Proteiinien hydrolyysissä proteolyttiset entsyymit proteinaasi ja karboksipeptidaasi hajottavat proteiinit vesiliukoisiksi aminohapoiksi ja peptideiksi. Osa proteiinien hydrolyysistä tapahtuu jo mallastuksessa ja sitä jatketaan mäskäyksen aikana. Proteiinien hydrolyysin tarkoituksena on saada vierreeseen haluttuja aminohappoja ja polypeptidejä, jotka takaavat terveen hiivapopulaation kehittymisen sekä parantavat oluen laatua. (Sysilä, 1994, s. 38, 63–64.)

Mäskäyksen aikana voidaan halutessa pitää maltoosi- ja/tai dekstriinitauko. Maltoositauon tarkoituksena on saada mahdollisimman korkea alkoholipitoisuus, muodostamalla vierreeseen mahdollisimman paljon maltoosia. Tällöin toimitaan siis beta-amylaasientsyymien optimilämpötila-alueella, joka on 62–65 °C. Molemmat entsyymit ovat kuitenkin aktiivisia, koska beta-amylaasi ei yksin pysty pilkkomaan koko amylopektiiniä. Maltoositauko on peruuttamaton tapahtuma, joten sen täytyy osua juuri oikeaan kohtaan, jos se halutaan tehdä. Jos taas vierreeseen halutaan muodostaa paljon dekstriinejä, ei maltoositaukoa tarvita ollenkaan tai se jätetään lyhyeksi. Dekstriinitauko pidetään, jotta vierreeseen saadaan muodostettua paljon dekstriinejä, jotka tuovat oluen makuun täyteläisyyttä. Dekstriinitauossa toimitaan alfa-amylaasin optimilämpötila-alueella, joka on 72–75 °C. Tässä lämpötilassa beta-amylaasi on jo inaktivoitunut eikä siis toimi

alfa-amylaasin kanssa. Beta-amylaasin tuhoutumisen takia syntyy paljon dekstriinejä. (Enari & Mäkinen, 2014, s. 85–86; Sysilä, 1994, s. 62–63.)

Siivilöinti voidaan aloittaa, kun tärkkelyksen hydrolyysi on saavuttanut halutun tason. Tärkkelys on hajonnut sopivassa suhteessa käymiskelpoisiksi sokereiksi ja dekstriineiksi. Siivilöinnissä on tärkeää, että mäsikin lämpötila on mahdollisimman korkea, jotta sen sisältämät sokerit ovat juoksevassa muodossa. Tämä mahdollistaa paremman siivilöintituloksen ja uutesaannon. Ennen siivilöinnin aloitusta mäsikin annetaan seisoa noin 15 minuuttia, jotta maltaan kuorista ehtii syntyä kunnollinen patja siivilän päälle. Näin muodostuu siivilän päälle myös niin sanottu suodatin, jonka läpi vierre valuu. (Enari & Mäkinen, 2014, s. 102; Sysilä, 1994, s. 66–67.)

#### 9.4 Keitto

Mäskäyksen ja siivilöinnin jälkeen vierrettä keitetään 1–2 tuntia. Keiton aikana vierteeseen lisätään humalat ja mahdolliset muut aromiaineet. Keiton tarkoituksena on entsyymien denaturoiminen, joka lopettaa mäskäyksen prosessin, proteiinien ja polyfenolien muodostamien yhdisteiden saostaminen pois vierteestä, vierteen väkevöinti, haitallisten yhdisteiden haihduttaminen, humalan katkero- ja aromiaineiden uuttaminen ja isomerointi, kemiallisten reaktioiden synnyttäminen sekä vierteen sterilointi. (Sysilä, 1994, s. 67–68.)

Tärkkelyksen ja proteiinien hydrolyysi loppuu osittain jo mäskäyksen loppuvaiheessa, kun osa entsyymeistä denaturoituu korkean lämpötilan vuoksi. Kaikki entsyymitoiminta ei kuitenkaan ehdi lakkaamaan tässä vaiheessa. Vierrettä keittäessä loputkin entsyymit denaturoituvat, jolloin entsyymitoiminta loppuu kokonaan. Entsyymit tuhoutuvat nopeasti 100 °C:ssa. Mäskäyksen aikana proteiinit ja polyfenolit muodostavat yhdisteitä, jotka polymeroituvat hapettuessaan ja muuttuvat vähemmän liukoisiksi. Nämä yhdisteet pilaavat oluen laatua samentamalla sitä. Säilyvyyden parantamiseksi suurin osa näistä yhdisteistä poistetaan vierteestä keittämällä sitä voimakkaasti. (Enari & Mäkinen, 2014, s. 91–92.)

Keiton aikana humalan katkeroaineet, alfa-hapot, isomeroituvat iso-alfa-hapoiksi ja katkeroittavat vierrettä. Isomerointi on suhteellisen hidas prosessi, mutta sitä voidaan nopeuttaa lämpötilaa nostamalla. Jos halutaan vahvasti humaloitu olut, täytyy vierrettä keittää vähintään 85 minuuttia. (Enari & Mäkinen, 2014, s. 92; Sysilä, 1994, s. 49.)

Vierteen keiton aikana tapahtuu kemiallisia reaktioita, joista tärkein on aminohappojen ja sokereiden välinen Maillard-reaktio. Reaktiossa syntyy karbonyyli- ja heterosyklisiä yhdisteitä, jotka muodostavat olueen erilaisia väri- ja makuyhdisteitä. Kaikki makuyhdisteet eivät kuitenkaan ole haluttuja vaan joukossa on myös epämiellyttäviä makuja. (Enari & Mäkinen, 2014, s. 93.)

Yksi keiton tärkeimmistä tarkoituksista on vierteen sterilointi. Steriloinnilla eli keittämisellä poistetaan kaikki vierteessä olevat mikro-organismit. Niiden poistamisella saavutetaan haluttu puhdaskäyminen. Vierteen sterilointi on ainoa oluenvalmistuksen vaihe, jossa vierteestä saadaan puhdasta. Steriloinnista eteenpäin täytyy työskentelyn olla mahdollisimman aseptista, jotta mikrobit eivät pääse leviämään vierteen joukkoon. (Enari & Mäkinen, 2014, s. 92–93; Sysilä, 1994, s. 99.)

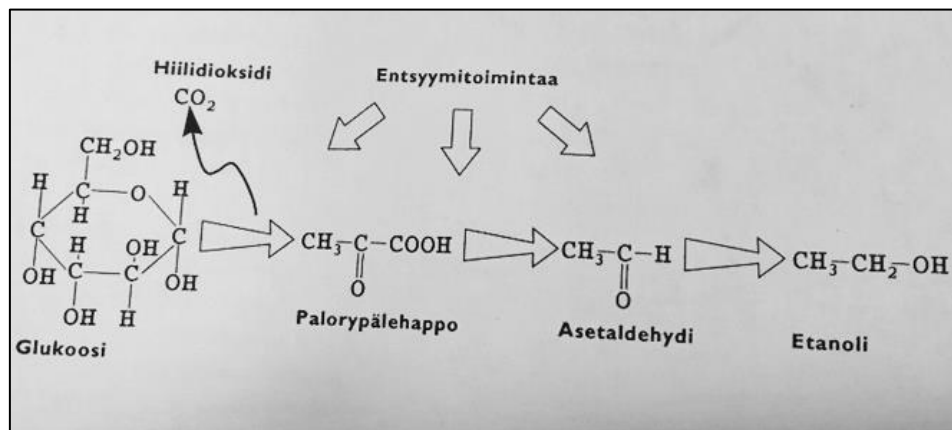
## 9.5 Vierteen jäähdytys

Vierre tulee jäähdyttää keiton jälkeen mahdollisimman nopeasti lähelle käymislämpötilaa. Heti, kun vierteen lämpötila laskee alle 80 °C:een, altistuu se kontaminaatioille. Nopea jäähdytys takaa sen, etteivät korkeissa lämpötiloissa viihtyvät bakteerit pääse kasvamaan vierteessä. Kuuma vierre on erittäin altis hapettumaan, jolloin siihen muodostuu oksideja, jotka huonontavat tai jopa pilaavat oluen maun. Tämän takia jäähdyttämättömään vierteeseen ei saa päästää ylimääräistä happea. Vierre jäähdytetään jäähdyttimellä, joka voi olla esimerkiksi levylämmönvaihdin tai immersiolauhdutin. Jäähdytetty vierre siirretään mahdollisimman aseptisesti käymisastiaan. Jäähdyttämisen jälkeen vierre tulee ilmastaa kunnolla, jotta lisättävä hiiva saa tarvitsemansa hapen. (Enari & Mäkinen, 2014, s. 110; Sysilä, 1994, s. 69.)

## 9.6 Pääkäyminen

Pääkäymiseen kuuluu primääri- ja sekundäärikäyminen. Molemmat tarvitsevat omat käymisastiansa. Primäärikäyminen on kiivasta ja runsaan vaahdonmuodostuksen vaihe, jonka aikana vierteen pinnalle voi kasvaa jopa 15 cm korkuinen vahtokerros. Primäärikäyminen kestää hiivatyypistä ja käymislämpötilasta riippuen alle viikosta kolmeen viikkoon. Tämän käymisen aikana kuluu 30–60 % käymiskelpoisista sokereista. Primäärikäymistä seuraa sekundäärikäyminen, joka on rauhallisempi käymisvaihe. Sekundäärikäymisen aikana hiiva käyttää loput käymiskelpoiset sokerit ja tämä vaihe voi kestää useita kuukausia. (Sysilä, 1994, s. 90–91.)

Panimohiivalla on fakultatiivinen suhtautuminen happeen eli se pystyy hankkimaan energiaa myös hapettomissa olosuhteissa. Hiivan anaerobista aineenvaihduntaa kutsutaan alkoholikäymiseksi (ks. kuva 10, s. 25). Hiiva pilkkoo pääkäymisen aikana sokerit hiilidioksidiksi ja alkoholiksi sekä osittain vedeksi. Alkoholikäymisessä glukoosimolekyyli pilkkoutuu vaiheittain alkoholiksi ja hiilidioksidiksi. Fruktoosi ei ole hiivan ensisijainen ravinto, joten hiiva käyttää fruktoosimolekyyliä vasta glukoosin loputtua. Alkoholikäyminen alkaa vasta vierteessä olevan hapen loputtua, siihen asti hiivakanta kasvaa. Hiivan käyttäessä käymissokereita alkoholin tuottamiseksi vierteen tiheys pienenee eli ominaispaino laskee. Käymisen edistymistä seurataan ominaispainomittauksilla. (Enari & Mäkinen, 2014, s. 148–150; Sysilä, 1994, s. 78–79.)



Kuva 10. Alkoholikäyminen. (Sysilä, 1994, s. 79.)

## 9.7 Varastokäyminen

Olut pulloetaan ja varastokäyminen aloitetaan, kun pääkäyminen on varmasti loppunut ja saavuttanut halutun käymisasteen. Pääkäymisen aikana hiiva on kuluttanut kaikki käymiskelpoiset sokerit, joten ennen varastokäymistä pulloihin voidaan lisätä käymiskelpoista sokeria tuottamaan haluttu hiilidioksidipitoisuus. Jälkikäymissokerina on yleensä puhdasta glukoosia. Varastokäyminen kestää yleensä muutamasta viikosta useaan kuukauteen. (Sysilä, 1994, s. 91.)

## 10 KOESUUNNITELMA

HAMK:n opetuspanimossa valmistettiin kolme oluen koekeittoa. Koekeittojen tarkoituksena oli tutkia maltaiden korvaamista muilla sokerilähteillä, tässä tapauksessa makeisilla. Ideana oli kokeilla, onko maltaiden osittainen korvaaminen muilla sokerilähteillä mahdollista. Työssä oli tavoitteena käyttää sivuvirtoja hyödyksi, joten maltaita korvattiin mahdollisimman paljon hävikkimakeisilla. Kuitenkaan vaikuttamatta liikaa oluen flavoriin. Tuote haluttiin pitää edelleen oluenä, vaikka siinä käytettiin muita sokerilähteitä.

### 10.1 Reseptin laadinta

Työn tavoitteena ei ollut oluen flavorin hakeminen vaan sivuvirtojen käyttö. Tästä syystä valmistusprosessiksi valikoitui pintahiivaprosessi, joka on yksinkertainen valmistusmenetelmä. Oluen pohjaksi valittiin valmistusprosessiltaan ja reseptikaltaan tuttu perusolut. Työn tarkoituksena oli keskittyä sivuvirtoihin ja siihen, onko erilaisten sokerilähteiden käyttö oluen valmistuksessa mahdollista. Epäonnistumisprosentti tämänkaltaisessa

työssä on suhteellisen suuri, joten monimutkaisemman reseptin laatiminen ja käyttö olisi voinut vaikuttaa liiaksi oluen flavoriin ja muuttaa työn ideaa toiseen suuntaan. Peruspohja laadittiin lopulta BeerSmith™ Home Brewing Software, BeerSmith 3 -ohjelmaa apuna käyttäen.

Työn pohjana käytettiin American Brown Ale -tyyppistä reseptiä, jonka pohjalta myös raaka-aineet valikoituivat. Tavoitteena oli valmistaa alkoholipitoisuudeltaan 5–6 til-% oluita. Maltaina työssä käytettiin Viking Maltin Pale Ale Malt EBC 5 -mallasta sekä Viking Malt Caramel 50 Malt -mallasta. Pale Ale -mallas on yleisesti käytetty pintahiivaoluiden mallas. Se sopii lähes jokaisen pintahiivaoluttyypin valmistukseen mallaspohjaksi. Väriltään Pale Ale -mallas on hieman Pilsner-maltaita tummempaa. Tuotteeseen haluttiin lisätä täyteläisyyttä ja hieman tummuutta, joten toiseksi maltaaksi valikoitui Caramel-mallas. Suositeltu maksimikäyttömäärä Caramel-maltaassa on n. 15 % koko mallasmäärästä. Tuotteisiin laitettiin n. 10 %, jotta saavutettiin haluttu väri ja täyteläisyys.

Katkerohumalaksi valittiin Englantilainen Target-pellettiumala. Target-humalan alfa-happopitoisuus oli 8,4 %. Se on erinomainen katkerohumala. Aromihumalaksi valittiin Englantilainen Challenger-humalapelletti, jonka alfa-happopitoisuus oli 6,2 %. Aromihumalana Challenger antaa tuotteelle hedelmäisen maun. Nämä humalat valittiin, koska ne soveltuivat hyvin tämän tyyppisten oluiden valmistukseen.

Hiivana työssä käytettiin Fermentiksen kuivattua oluthiivaa, Safale US-05. Olueen ei haluttu hiivasta aromeita, joten tämä hiiva oli hyvä valinta. Safale US-05 on perusvarma oluthiiva, joka sopii erityisesti vaaleiden ale oluiden valmistukseen. Kyseisen hiivan suositeltu annosmäärä on 5–10 g/10 l. Hiivaus oli lähes minimimäärissä, koska tuotteen käymisestä ei ollut varmuutta eri sokerilähteiden takia ja pullojen ei haluttu menevän rikki. Jos hiivaa olisi ollut liikaa eikä se olisi pystynyt hyödyntämään kaikki sokereita ennen pulloitusta, olisi jälkikäymissokerin lisääminen aiheuttanut liiallisen hiilidioksidin muodostumisen.

Koekeitoissa makeisina käytettiin kovia karkkeja sekä täytekonvehteja. Makeiset valikoituivat koulun yhteistyökumppanin Kultasuklaan mukaan sekä omien mieltymysten pohjalta. Makeisista arvioitiin sakkaroosin määrä ravintosisältöjen avulla, joka suhteutettiin maltaiden tärkkelyspitoisuuteen. Sakkaroosipitoisuus määräytyy aina käytettävän makeisen mukaan. Keittojen käymissokerimäärä laskettiin siten, että se on kaikissa sama. Tässä työssä oletus oli, että ohran tärkkelys pilkkoutuu 100 % käymiskelpoisiksi sokereiksi. Makeisissa käytetty sakkaroosi pilkkoutuu hiivan invertaasi-entsyymien avulla glukoosiksi ja fruktoosiksi, jotka hiiva käyttää ravinnokseen. Panimohiivan ensisijainen ravinto on glukoosi, mutta se hyödyntää myös fruktoosin. Taulukossa 1 (s. 27) on raaka-aineiden sokeripitoisuudet.

Taulukko 1. Raaka-aineiden sokeripitoisuudet. (Enari & Mäkinen 1993, s. 68; Fineli n.d.)

Raaka-aine	Sokeripitoisuus g/100 g	Sokeri	Pilkkoutuminen
Kova karkki	75	Sakkaroosi	Glukoosi + fruktoosi
Täytekonvehti	55	Sakkaroosi	Glukoosi + fruktoosi
Ohramallas	75	Tärkkelys	Glukoosi

Reseptin mallas-makeissuhteet laskettiin seuraavalla tavalla:

Maltaita poistettiin sopivassa suhteessa kokonaismäärästä. Maltaan tärkkelyspitoisuus on 75 %. Kovien karkkien sokeripitoisuus vastasi maltaiden sokeripitoisuutta, joten poistetut maltaat korvattiin lasketulla määrällä makeisia.

Konvehtien sokeripitoisuus (55 %) erosi maltaiden sokeripitoisuudesta. Tällöin suklaata täytyi lisätä enemmän, jotta vierteen kokonaissokeripitoisuus pysyi samana. Näiden sokeripitoisuuksien suhdeluku saatiin laskettua, kun ohran sokeripitoisuus jaettiin suklaan sokeripitoisuudella.

Makeiset lisättiin keittovaiheessa. Liukeneminen testattiin pienellä tieteellisellä kokeella kotikeittiössä, sulattaen molempia makeisia kiehuvaan siideriin. Kokeen tarkoituksena oli selvittää makeisten sulamispiste. Testin tuloksena päädyttiin siihen, että makeiset lisätään 10 minuuttia ennen keiton loppua. Suklaat lisättiin vierteen joukkoon humalapussissa, jotta suurin osa rasvoista ei päätynyt lopulliseen tuotteeseen.

## 10.2 Resepti

Oluen valmistuksessa käytettiin seuraavia raaka-aineita: Pale ale malt- ja Caramel malt -maltaita, Target ja Challenger -humalia, Safale American US-05 -hiivaa sekä makeisia. Prosessina käytettiin pintahiivaprosessia ja mäs-käys tapahtui yksivaihemäskäyksellä. Alla on esitettyä oluen valmistuksen resepti.

1. Mäskätään 60 min 68 °C:ssa, jonka jälkeen lämpötila nostetaan yli 76 °C:seen 10 min, jotta entsyymitoiminta lakkaa.
2. Vierre erotetaan siiviläammetta käyttäen. Mäskipatjan annetaan seisoa 15–30 min, jolloin rupa laskeutuu välipohjan päälle. Alussa vierrettä kierrätetään mäskipatjan läpi, kunnes se on kirkasta. Vierre siirretään kattilaan puhtaita ämpäreitä käyttäen. Mäskipatjaa huuhdellaan kuumalla vedellä, jotta saavutetaan parempi saanto.
3. Vierrettä keitetään 60 min. Keiton alussa lisätään katkerohumala Target ja 10 min ennen keiton loppua lisätään makeiset ja aromihumala Challenger.



4. Jäähdytys tapahtuu siiviläammeessa immersiolauhdutinta käyttäen. Laitteiston tulee olla huolellisesti pesty. Vierre jäähdytetään lähelle käymislämpötilaa eli n. 20 °C:seen.
5. Jäähdytetty vierre siirretään käymisastioihin.
6. Hiiva ripotellaan jäähdytetyn vierteen päälle ja käymisastia suljetaan.
7. Pääkäyminen tapahtuu käymistankeissa n. 20 °C:ssa.

## 11 KOEKEITOT

HAMK:n opetuspanimossa suoritettiin kolme erillistä koekeittoa. Yksi perusolut (Irja), yksi karkkiolut (Alli) ja yksi suklaaolut (Riitta). Kaikissa kolmessa keitossa käytettiin samaa peruspohjaa reseptinä, mutta karkkioluen ja suklaaoluen mallasmääriä vähennettiin ja tilalle lisättiin makeisia. Oluet nimettiin tunnistamisen helpottamiseksi nimillä, joiden nimipäivät osuivat valmistuspäivään.

### 11.1 Perusolut

Perusolut (Irja) valmistettiin ensimmäisenä. Keittopäivien toiminta perustui panimon omavalvontaan sekä muihin ohjeisiin. Mäskäyskattilan vesivaippa ja kammio täytettiin vedellä. Kammion vesimäärä vastasi reseptissä olevaa vesimäärää. Täytön jälkeen kattila laitettiin päälle, jolloin vesivaipan vesi lämpeni vastusten avulla ja lämmitti samalla kammiossa olevan mäskäysveden.

Mäskäysveden lämmitessä aloitettiin maltaiden punnitseminen ja rouhinta. Maltaat rouhittiin optimaaliseen partikkelikokoon, jossa jyvä on murtunut kahtia ja paljastaa endospermin, mutta kuoriosaa on pysynyt mahdollisimman ehjänä. Rouhinta tapahtui valssimyllyllä tuotantotiloissa (kuva 11, s. 29). Valssimyllyn toiminta perustuu manuaalisesti pyöritettävään kampeen, joka pyörittää metallisia teloja vastakkaisiin suuntiin. Maltaat kaadettiin suppiloon pienissä erissä ja rouhittiin kampea pyörittämällä.



Kuva 11. Valssimylly.

Maltaat rouhittiin niin, että niiden rakenne meni rikki ja endospermi paljastui, mutta kuoret pysyivät ehjinä (kuva 12). Valssimyllyn käytetty vällys oli 1,45 mm. Rouhitut maltaat kaadettiin lämmitetyn mäsäysveden sekaan.



Kuva 12. Rouhitut maltaat.

Mäsäyksessä haasteellista oli lämpötilan säätely. Mäsäyksen alussa veden lämpötila nousi äkillisesti liian korkeaksi, koska vastustehot eivät olleet tuttuja. Tämä tarkoitti sitä, että vaipan vesi pääsi kiehumispisteeseen ja nosti kammion veden lämpötilaa. Mallas-vesi -seokseen lisättiin letkulla kylmää vettä, jotta lämpötila saatiin alas, vaikuttamatta kuitenkaan suuremmin veden määrään. Samalla vaipassa kierrätettiin kylmää vettä. Mäsäyslämpötila saatiin haluttuun lämpötilaan. Mäsäys kesti 60 minuuttia, jonka aikana lämpötila vaihteli 66–69 °C välillä. 60 minuutin jälkeen lämpö nostettiin yli 76 °C:een, jossa mäsäystä jatkettiin vielä 10 minuutin ajan. Mäsäyskattilassa oleva sekoittaja oli päällä koko mäsäyksen ajan.

Mäskäyksen jälkeen mitattu ominaispaino oli 1,046 ja pH 5,65. Mäskivierre -seos laskettiin siiviläammeeseen, jossa mäskipatjan annettiin seistä 15 minuuttia, jotta rupa laskeutui välipohjan päälle. Vierteellä huuhdottiin mäskikattilasta loput jäännökset siiviläammeeseen. Kirkas vierre siirrettiin ämpäreillä takaisin keittokattilaan. Lopuksi siiviläammeeseen jäänyttä mäskipatjaa huuhdeltiin viidellä litralla vettä, joka oli keitetty ja jäähdytetty 67 °C:een. Näin mäskipatjasta saatiin vielä vähän vierrettä irti ja lopullista saantoa paremmaksi. Ominaispaino ja pH mitattiin ennen keiton aloitusta ja ne olivat 1,048 ja 5,69.

Keittokattilan vaipan vastukset käännettiin kovimmalle teholle ja kansi laitettiin kiinni, jotta kiehumisen saatiin alkamaan mahdollisimman nopeasti. Heti, kun lämpötila nousi kiehumispisteeseen, lisättiin Target-katkerohumalapelletit humalapussissa ja ajastin laitettiin päälle. 50 minuutin kuluttua sekaan lisättiin Challenger-aromihumalapelletit humalapussissa. Keittoa jatkettiin vielä 10 minuuttia, jonka jälkeen humalapussit poistettiin ja keittokattila sammutettiin. Keiton aikana pestiin ja desinfioitiin jäähdytysastia, immersiolauhdutin sekä käymisastia. Immersiolauhduttimeen liitettiin vesiletkut kylmävesikiertoa varten.

Keitetty vierre laskettiin jäähdytysastiaan ja kylmä vesi laitettiin kiertämään immersiolauhduttimeen. Vierteen jäähdytys on oluen valmistuksen kriittisin vaihe, joten työskentely hoidettiin aseptisesti ja suojarusteita käyttäen. Jäähdytys kesti n. 20 minuuttia ja jäähdytetystä vierteestä mitattiin lämpötila, ominaispaino sekä pH. Lämpötila oli 22 °C, ominaispaino 1,050 ja pH 5,54.

Jäähdytetty vierre siirrettiin käymistankkiin desinfioituja ämpäreitä käyttäen. Vierre kaadettiin käymistankkiin niin, että mahdollisimman paljon ilmaa sekoittui joukkoon. Huoneenlämpöinen hiiva ripoteltiin vierteen päälle käymistankkiin ja tankki suljettiin tiiviisti. Vesilukko täytettiin Star-Sun-desinfiointiaineella. Käymistankki siirrettiin varovaisesti käymistilaan, jonka lämpötila oli 20 °C (kuva 13).



Kuva 13. Perusolut käymistankissa.

## 11.2 Karkkiolut

Karkkiolut (Alli) valmistettiin samalla tavalla kuin perusolut, lukuunottamatta keittovaihetta. Keittoon lisättiin 10 minuuttia ennen loppua Challenger-humalan lisäksi myös kovat karkit sellaisenaan. Karkit lisättiin vierteen sekaan varovasti kaataen, jotta vierre ei päässyt jäähtymään (kuva 14). Keiton aikana karkit liukenivat kiehuvaan vierteeseen. Vierrettä sekoitettiin välillä varovasti puulastalla, jotta sulavat karkit eivät jämähtäneet kattilan pohjaan. Sekoittamisen aikana oli varottava liiallisen hapen pääsyä vierteen sekaan.



Kuva 14. Karkkien lisäys keiton joukkoon.

Taulukossa 2 on nähtävillä karkkioluen keiton aikana tehdyt mittaustulokset. Karkit eivät vaikuttaneet vierteen ominaispainoon merkittävästi verrattuna perusolueen. Ominaispainot olivat tässä kohtaa molemmissa oluissa lähes samat. pH-arvot olivat prosessin tässä vaiheessa erittäin hyvät.

Taulukko 2. Karkkioluen mittaustulokset

Vaihe	Ominaispaino	pH	Lämpötila °C
Mäskäys	1,044	5,57	66–69
Siivilöinti/huuhtelu	1,042	5,61	67
Jäähdytys	1,050	5,37	20

### 11.3 Suklaaolut

Suklaaolut (Riitta) valmistettiin samalla tavalla kuin perusolut, lukuunottamatta mäsikäysvaihetta ja siivilöintiä. Suklaakonvehdit lisättiin mallas-vesi-seokseen mäsikäyksen alussa (kuva 15). Muuten mäsikäys tapahtui kuten perusoluessa.



Kuva 15. Suklaan lisäys mallas-vesi -seokseen.

Siivilöinti tapahtui kaksi kertaa. Ensimmäinen siivilöinti tehtiin kuten perusoluessa ja mäsikipatjaa huuhdeltiin kolmella litralla vettä. Kerran siivilöity vierre palautettiin keittokattilaan, josta se laskettiin uudelleen siiviläammeeseen humalapussin läpi. Ruvan annettiin laskeutua hetki välipohjan päälle, jonka jälkeen vierre siirrettiin puhtaita ämpäreitä käyttäen keittokattilaan. Tuplasiivilöinnillä pyrittiin poistamaan mahdollisimman paljon suklaan sisältämästä rasvasta.

Ennen suklaaoluen valmistusta suoritettiin koe, jossa suklaata keitettiin oluen seassa pienessä kattilassa. Koe suoritettiin kahdella eri tavalla, toisessa konvehdit lisättiin oluen sekaan sellaisenaan ja toisessa ne lisättiin humalapussissa. Sellaisenaan lisätyt konvehdit sulivat nopeasti kiehuvan oluen sekaan, mutta ne muodostivat oluen pinnalle kerrostuman, joka sisälsi rasvaa sekä muita suklaan komponentteja (kuva 16, s. 33). Kerrostuman takia tämä tapa poissuljettiin. Humalapussissa lisätyt konvehdit sulivat hyvin, eikä humalapussi päästänyt liiaksi suklaata oluen sekaan, jolloin kerrostumaa ei päässyt muodostumaan. Tämä tapa ei kuitenkaan ollut hyvä, sillä humalapussin sisään jäi suurin osa suklaasta ja sen myötä myös kaikki makuaineet (kuva 17, s. 33).



Kuva 16. Suoraa olueen lisätyt konvehdit.



Kuva 17. Humalapussissa lisätyt konvehdit.

Konvehdit päädyttiin lisäämään mäsäysvaiheeseen, jotta kaikki makuaaineet ja sokerit pääsisivät liukenemaan vierreeseen, mutta myös siksi, että osa rasvasta mahdollisesti imeytyisi maltaisiin. Konvehtien lisäys ennen keittoa mahdollisti myös tuplasiivilöinnin. Kaksi kertaa tehdyn siivilöinnin ideana oli saada mahdollisimman hyvin kaikki suklaan sulamattomat komponentit pois.

Taulukossa 3 (s. 34) on nähtävillä suklaaoluen mittaustulokset. Suklaan lisääminen mäsäyksen aikana ei vaikuttanut pH-arvoon merkittävästi verrattuna perusolueen. Ominaispaino sen sijaan nousi paljon korkeammaksi kuin perusoluessa. Tämä tarkoitti sitä, että suklaaoluen vierre oli paljon tiheämpää kuin perusoluen.

Taulukko 3. Suklaaoluen mittaustulokset

Vaihe	Ominaispaino	pH	Lämpötila °C
Mäskäys	1,052	5,75	66–69
Siivilöinti/huuhtelu	1,050	5,73	67
Jäähdytys	1,062	5,55	21

#### 11.4 Pullotus

Pullotus suoritettiin kahden viikon kuluttua valmistuksesta, kun oluiden käyminen oli pysähtynyt. Pullotuksessa käytettiin 0,5 litran ruskeita olutpulloja, jotka pestiin ja desinfioitiin ennen täyttämistä. Ennen pullotusta oluet siirrettiin käymisastioista desinfioituun saaviin, johon lisättiin 5 g/l jälkikäymissokeria. Jälkikäymissokeri kiehautettiin pienessä määrässä vettä, jotta varmistettiin sokerin aseptisuus. Jälkikäymissokerina käytettiin puhdasta glukoosia. Oluiden pullotus tapahtui puoliautomaattisella pullotuskoneella (kuva 18) ja ne korkitettiin mekaanisella korkituslaitteella (kuva 19, s. 35). Jokaiselle oluelle tuli omanvärinen korkki tunnistamista varten. Pullot siirrettiin jääkaappiin jälkikäymään.



Kuva 18. Puoliautomaattinen pullotuskone.





Kuva 19. Korkituslaite.

## 12 ANALYSOINTI

Oluista analysoitiin fysikaalis-kemiallisia sekä mikrobiologisia tekijöitä eri analysointimenetelmillä. Aistinvaraisia analyysejä ei tehty, koska työn ideana ei ollut tehdä valmista kuluttajille myytävää tuotetta, vaan kokeilla innovaation onnistuminen. Oluista tehtiin seuraavat analyysit: katkeroaineet (EBU), vaahdon pysyvyys, väri (EBC), kiintoaines, orgaaniset hapot sekä hiivat. Valmiista tuotteesta katsottiin myös ominaispaino, alkoholi-prosentti ja pH.

### 12.1 Fysikaalis-kemialliset

Fysikaalis-kemiallisiin analyyseihin kuuluivat katkeroaineiden määrittäminen, vaahdon pysyvyys, värin määrittäminen, kiintoaineksen määrittäminen sekä orgaaniset hapot. Lisäksi fysikaalis-kemiallisiin analyyseihin kuuluivat ominaispainon mittaaminen, alkoholiprosentin laskeminen sekä pH-arvon mittaaminen.



### 12.1.1 Katkeroaineet (EBU)

Katkeroainepitoisuudet ilmoitetaan EBU-yksikköinä (European Bittering Units). Katkeroaineet muodostuvat olueen keiton aikana, kun alfa-hapot isomeroituvat iso-alfa-hapoiksi. Tavallisesti katkeroarvot ovat lageroluilla n. 12–18 ja aleoluilla 40–100. Mitä suurempi EBU-yksikkö on, sitä katkerampaa olut on. Miedosti humaloidussa oluessa on < 20 EBU-yksikköä, keskiasteisesti humaloidussa on 20–25 EBU-yksikköä ja voimakkaasti humaloidussa on > 25 EBU-yksikköä. Oluen katkeroaineet vaikuttavat aromin lisäksi sen säilyvyyteen, joten niiden selvitys koettiin tarpeelliseksi. (Sysilä, 1994, s. 48–49.)

Katkeroainepitoisuudet määritettiin spektrofotometrisesti kaikista kolmesta oluesta. Oluista poistettiin hiilidioksidi ennen määrittystä. Hiilidioksidi poistettiin virhemarginaalin pienentämiseksi. Jokaisesta oluesta tehtiin myös rinnakkaismäärittys tulosten luotettavuuden takaamiseksi. Taulukossa 4 on nähtävillä oluiden katkeroainepitoisuudet.

Taulukko 4. Katkeroainepitoisuudet

Selite	Irja		Alli		Riitta	
EBU	11,55	12,55	3,45	3,80	4,35	4,25

Tulosten jäädessä alle 20 EBU-yksikköön, voidaan todeta, että oluet ovat miedosti humaloituja. Kaikissa oluissa käytettiin saman verran humalia, jotka lisättiin joka keittoon samaan aikaan. Arvot kuitenkin eroavat toisistaan merkittävästi. Tämä eroavaisuus voidaan todennäköisesti selittää vain sillä, että kahdessa jälkimmäisessä oluessa osa maltaista korvattiin makeisilla. Säilyvyyden kannalta voidaan todeta, että makeisoluissa säilyvyys katkeroaineiden näkökulmasta on heikompaa.

### 12.1.2 Vaahdon pysyvyys

Oluen vahto koostuu pääosin proteiineista, jotka ovat peräisin maltaista. Oluen vaahdon laatu sekä määrä vaihtelee olut tyyppin mukaan. Proteiinimolekyylien ollessa suuria, vahto on pysyvämpää, kuin jos molekyylit ovat pieniä. Oluen valmistuksen aikana proteiinimolekyylit pilkkoutuvat, näin oluen vaahtoavuus vähenee. (Tieteen kuvalehti, 2009.)

Vaahdon pysyvyys mitattiin kaikista kolmesta oluesta. Pullokäyminen oli vielä hieman kesken mittauksen aikaan, joten tulokset eivät olleet täysin luotettavia. Vaahdon pysyvyyden mittaamiseen käytettiin Constantin metodia. Metodissa tarkoituksena on mitata oluen vaahdon muutoksia olosuhteissa, jotka vastaavat kuluttajan kokemuksia. Oluen vahto saadaan aikaan kaatamalla se käsin astiaan eikä sitä vaahdoteta keinotekoisesti.

Vaahdon pysyvyys mitattiin, koska se on yksi oluen tärkeimmistä laatu-kriteereistä. Työn tarkoituksena on mitata näkyvää vahtoa tiettyjen aikara-jojen puitteissa. Taulukossa 5 on nähtävillä vaahdon pysyvyyden tulokset.

Taulukko 5. Vaahdon pysyvyys

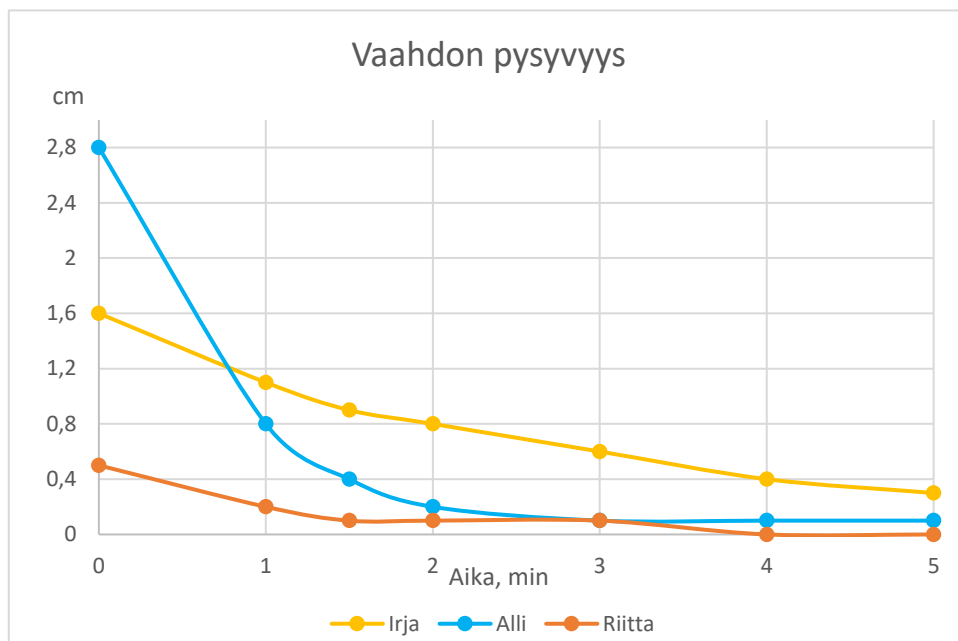
Näyte/aika (min)	0	1	1,5	2	3	4	5	Loppu (min)
Irjan vaaho (cm)	1,6	1,1	0,9	0,8	0,6	0,4	0,3	yli 10
Allin vaaho (cm)	2,8	0,8	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	yli 10
Riitan vaaho (cm)	0,5	0,2	0,1	0,1	0,1	-	-	4

Kaikissa oluissa oli heikko vaaho. Tämä oli oletettavissa ainakin kahden jälkimmäisen oluen kohdalla, koska niissä osa maltaista, jotka proteiineja olueen tuovat, oli korvattu muulla sokerilähteellä. Voidaan kuitenkin to-deta, että maltaiden korvaaminen ei merkittävästi muuta oluen vaahdon määrää, rakennetta ja pysyvyyttä. Oluiden vaahdot ovat kuvassa 20.



Kuva 20. Oluet vaahtoineen järjestyksessä perusolut, karkkiolut ja suklaa-olut.

Kaikkein huonoin ja lähes olematon vaaho oli suklaaoluessa, johon muu sokerilähde lisättiin jo mäsäysvaiheessa. Sokerilähteen lisääminen saattoi vaikuttaa maltaiden proteiinien käyttäytymiseen. Myös suklaaoluen sisältämällä rasvalla oli vaikutusta huonoon vaahdonmuodostukseen. Perusoluen ja karkkioluen vaahdot olivat rakenteeltaan hyvin samankaltaiset. Ne olivat tiiviitä ja pienikuplaisia. Eroavaisuutena oli kuitenkin se, että perusoluen vaaho laski tasaisesti, kun taas karkkioluen vaaho kuohahti ja laski sitten nopeasti. Molempien vaahdot olivat kuitenkin pysyviä, sillä vaaho poistui kokonaan vasta 10 minuutin jälkeen. Suklaaoluen vaaho käyttäytyi laskuvaiheessa perusoluen kaltaisesti, vaikka rakenteeltaan se jäikin paljon huonommaksi. Kuvassa 21 (s. 38) on vaahtojen laskuvaiheen vertailu kuvaajana.



Kuva 21. Vaahtojen vertailu.

### 12.1.3 Väri (EBC)

Oluen väristä käytetään kansainvälistä EBC (European Brewing Convention Scale) yksikköä, joka kertoo oluen värin numeroin. Mitä pienempi EBC-yksikkö, sitä vaaleampi on oluen väri. EBC-yksikön toleranssi on 10–100. (Boulton, 2013, s. 56.)

Väri määritettiin kaikista kolmesta oluesta. Mittausvirheen poistamiseksi oluista poistettiin hiilidioksidi. Värit määritettiin käyttämällä spektrofotometristä mittaustapaa. Taulukossa 6 on nähtävillä oluiden EBC-arvot.

Taulukko 6. Oluiden EBC-arvot.

Selite:	Irja	Alli	Riitta
EBC	19,3	25,5	23,5

EBC-arvoiltaan oluet olivat hieman tummempia, kuin vaaleimmat ale-oluet. Tavoitteena oli valmistaa keskitummaa olutta ja vaikka arvot ovat ihan keskitumman oluen alarajoilla, voidaan ne luokitella keskitummiksi oluiksi. Karkkiolut ja suklaaolut ovat väriältään perusolutta tummempia lisätyn sokerilähteen takia. Keiton aikana tapahtuu karamellisoitumista sekä maillardin reaktiota. Nämä reaktiot muodostavat olueen tummempia väriyhdisteitä. Sokeri on makeisoluissa eri muodossa kuin perusoluessa ja näin ollen muodostuu erilaisia väriyhdisteitä. Lisäksi väriin vaikuttaa makeisten sisältämät väriaineet.

#### 12.1.4 Kiintoaineksen määrittäminen

Kiintoaineen massa määritettiin oluista yleisen laadun sekä säilyvyyden takia. Mitä enemmän kiintoainesta oluen seassa on, sitä huonommin olut säilyy. Oluen kiintoaines koostuu maitojen sakasta sekä jäljellä olevista hiivasoluista. Mukana voi olla myös muita partikkeleita, varsinkin, jos oluen sekaan on lisätty ylimääräisiä raaka-aineita. Kiintoaines määritettiin kaikista kolmesta oluesta sentrifugoinnin avulla.

Kiintoainemäärät olivat kaikissa oluissa pienet. Määrittäminen tehtiin oluet eivät olleet täysin kirkkaita, sillä pullokäyminen ei ollut vielä kokonaan päättynyt. Tämä vaikutti kiintoaineen määrään nostavasti. Perusoluen ja karkkioluen kiintoainepitoisuus oli lähes sama, vaikka karkkiolut oli paljon sameampaa. Sameuteen vaikutti selvästi jokin muu komponentti, esimerkiksi karkeissa käytetyt väriaineet. Suklaaoluen suuremman kiintoaineen määrän selitti luultavasti se, että suklaan komponentit eivät ole nesteeseen liukenevia. Suklaaolut vastasi kirkkaudeltaan perusolutta eli kiintoaines on laskeutunut pullon pohjalle.

#### 12.1.5 Orgaaniset hapot

Orgaanisista hapoista analysoitiin etikkahapot ja maitohapot spektrofotometrisesti. Happojen määrittämisessä käytettiin Megazyme-konsernin reagenssitiestä. Määrittäminen tehtiin kaikista kolmesta oluesta. Maitohappoja syntyy maitohappokäymisessä, jossa pyruvaatti pelkistyy laktaatiksi. Laktaatti reagoi vedyn kanssa muodostaen maitohappoja. Etikkahappoja syntyy alkoholikäymisen sivutuotteena, kun etanoli hapettuu takaisin asetaldehydiksi. Taulukossa 7 on nähtävillä maitohappojen pitoisuudet ja taulukossa 8 etikkahappojen pitoisuudet. (Enari & Mäkinen, 2014, s. 132.)

Taulukko 7. Maitohappojen pitoisuudet (mg/l)

Selite:	Irja	Alli	Riitta
Maitohappopitoisuus (mg/l)	180	260	1060

Oletetusti suklaaoluessa oli eniten maitohappobakteereja, suklaan sisältämän maidon takia. Karkkioluen maitohappopitoisuutta saattoi nostaa karkkien sisältämä happamuudensäätöaine E270, joka on maitohappoa. Pitoisuudet olivat todella pieniä eivätkä ne ainakaan vielä aiheuttaneet olueen laadullista haittaa.

Taulukko 8. Etikkahappojen pitoisuudet (mg/l)

Selite:	Irja	Alli	Riitta
Etikkahappopitoisuudet (mg/l)	30	140	190

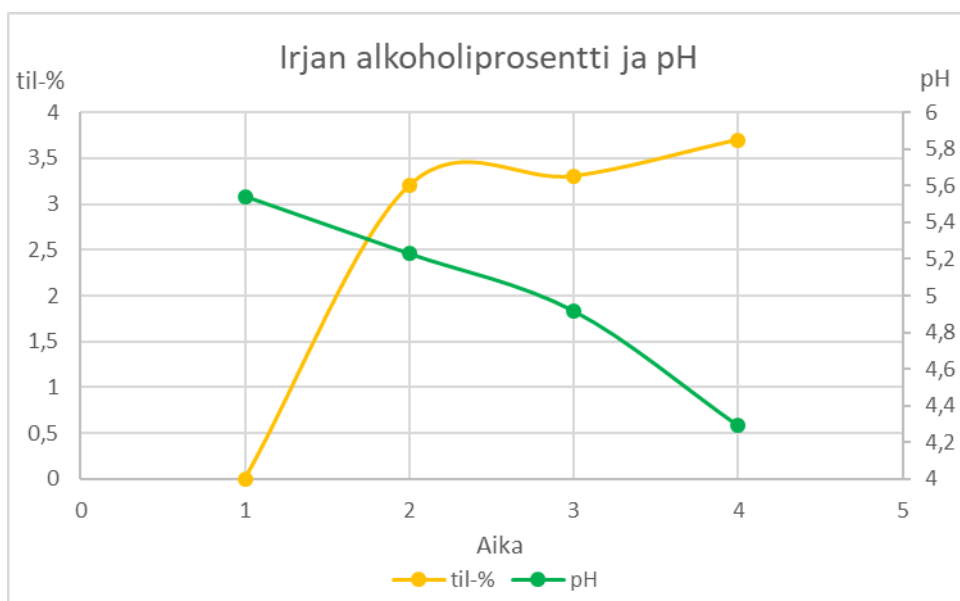
Etikkahappopitoisuudet olivat oluissa vähäisiä. Makeisoluissa etikkahappoja oli selvästi enemmän kuin perusoluessa. Tämä eroavaisuus johtuu luultavasti jostain makeisten sisältämästä aineesta, jota oluen sekaan on liuennut. Pieni määrä etikkahappoja on hyväksi oluella, sillä ne parantavat oluen säilyvyyttä.

### 12.1.6 Alkoholiprosentti ja pH

Alkoholiprosenttipitoisuus saadaan laskettua mitatusta ominaispainosta. Ominaispaino mittaa tuotteen tiheyttä eli käymiskelpoisten sokereiden määrää oluessa. Hiivan käyttäessä sokereita ravinnoksi, laskee myös ominaispaino. Vierteestä mitataan ominaispaino ennen hiivan lisäämistä. Tätä ominaispainoa kutsutaan nimellä OG (original gravity). Ominaispainon laskua eli tiheyden pienenemistä mitataan koko pääkäymisen ajan ja kun sen lasku pysähtyy, saadaan FG-lukema (final gravity). Lopullinen alkoholiprosentti lasketaan  $(OG-FG) / 7,5$ .

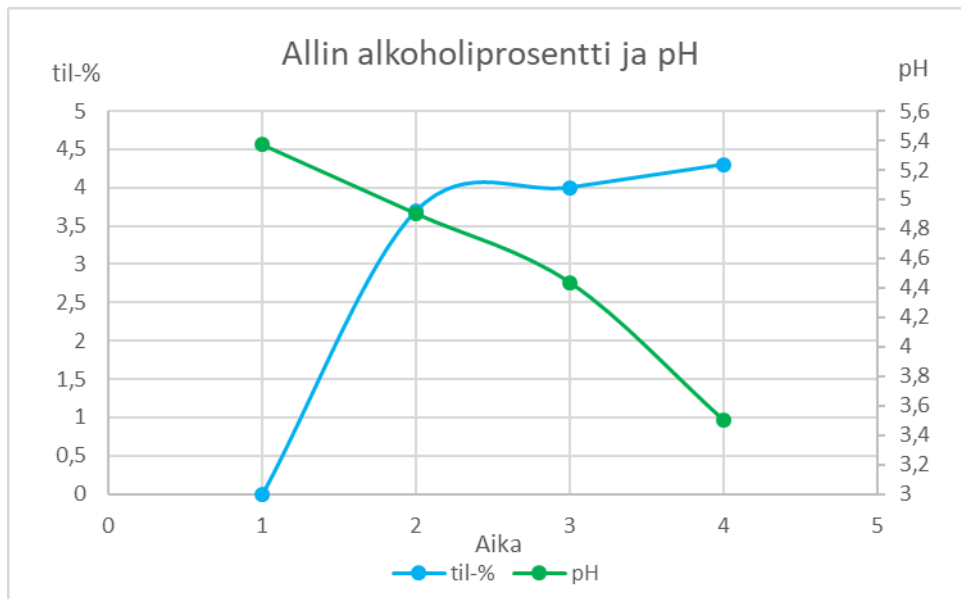
Happamuus eli vetyionikonsentraatio kasvaa käymisen aikana. Tämä tarkoittaa pH-luvun pienenemistä. pH-luvun pienetessä alkoholiprosentti kasvaa. Kaikki tämä johtuu käymisen aikana muodostuvista erilaisista happoista.

Oluista mitattiin pH sekä ominaispainot, joilla pystyttiin laskemaan alkoholiprosentti. Molempia ominaisuuksia mitattiin koko käymisprosessin ajan sekä valmiista tuotteesta. Tulokset ovat näkyvillä kuvissa 22–24 (s. 40–42.)



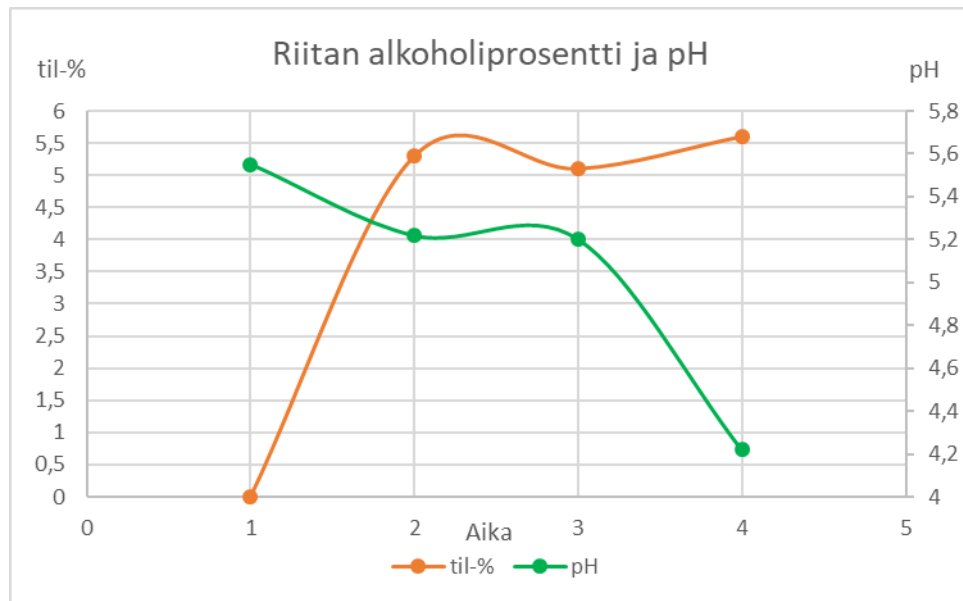
Kuva 22. Perusoluen alkoholiprosentin ja pH-luvun muutokset käymisen aikana.

Perusoluessa eli Irjassa alkoholiprosentti kasvoi pH:n laskiessa. Tuotteen alkoholipitoisuus jäi matalammaksi kuin oli alun perin suunniteltu, koska mäsikäslämpötila nousi liian suureksi heti mäsikäksen alussa. Beta-amylaasi inaktivoitui ja alfa-amylaasi jatkoi toimintaansa muodostaen runsaasti dekstriinejä, jotka eivät hajoa käymiskelpoisiksi sokereiksi (Enari & Mäkinen, 2014, s. 86). Tuotteen alkoholipitoisuus kuitenkin nousi lähelle 4 %, joten voidaan todeta, ettei tuote mennyt aivan pilalle. Alkoholiprosentin tavoite oli noin 5–6 %. pH laski optimaalisten raja-arvojen mukaisesti koko käymisen ajan.



Kuva 23. Karkkioluen alkoholiprosentin ja pH-luvun muutokset käymisen aikana.

Karkkioluen eli Allin alkoholiprosentti oli 4,3. Tämän tuotteen kohdalla oli ajateltu, että alkoholiprosentti pysyttelee noin 4 til-% tienoilla. Voidaan siis todeta, että tuote onnistui halutulla tavalla. Tuotteeseen käytetyt muut sokerilähteet eivät vaikuttaneet hiivan toimintaan merkittävästi, vaan hiiva sai ravinnokseen riittävästi käymiskelpoisia sokereita. pH-arvo käyttäytyi samalla tavoin kuin perusoluessa, mutta lopullinen pH laski optimaalisten arvojen alapuolelle. Tämä johtuu luultavasti lisättyjen karkkien sisältämistä happamuudensäätöaineista.



Kuva 24. Suklaaoluen alkoholiprosenttin ja pH-luvun muutokset käymisen aikana.

Suklaaoluen eli Riitan alkoholiprosentti nousi kaikkein korkeimmaksi. Lopullinen alkoholiprosentti oli 5,6. Tämän tuotteen alkoholiprosentti olisi varmaan vastannut perusoluen alkoholiprosenttia, jos perusoluen valmistuksessa ei olisi tapahtunut virhettä. Voidaan siis todeta, että hiiva pystyi hyödyntämään suklaasta peräisin olleet sokerit lähes samalla tavalla kuin maltaista. Tuotteen käymisen aikana ominaispaino heitteli jonkin verran myös ylöspäin. Tämä luultavasti selittyy suklaan sisältämien maitohappojen ja rasvapitoisuuden avulla. Suklaaolut sisälsi myös muita oluita enemmän sakkaa, joka kiersi pääkäymisen aikana käymistankissa ennen lopullista laskeutumista. pH-arvo laski optimaalisen arvoon käymisen kuluessa.

Taulukoissa 9–11 (s. 43) on esitettyä oluiden ominaispainot, pH:t ja alkoholiprosentit prosessin alusta ja lopusta. Kuten taulukoista huomaa suuria eroja on havaittavissa. Ominaispainoista voidaan havaita, että perusolut ja karkkiolut käyttäytyivät melko samalla tavalla käymisen aikana. Suklaaolut puolestaan oli ominaispainoltaan tiheämpää käymisen alussa, mutta tiheys laski samalle tasolle muiden oluiden kanssa eli hiiva sai käytettyä käymiskelpoiset sokerit hyvin. pH:t ennen käymistä olivat suunnilleen samoissa arvoissa. Käymisen loputtua kaikkien oluiden pH-arvot olivat laskeutuneet halutulla tavalla, vaikka karkkioluen pH menikin hieman optimaalisten arvojen alapuolelle. Alkoholiprosenteissa oli suuria eroja kaikkien oluiden välillä. Ominaispainojen hyvin pieni vaihtelu vaikutti lopulta erittäin paljon lopulliseen alkoholipitoisuuteen.

Taulukko 9. Oluiden alku- ja loppuominaispainot

Selite:	Irja	Alli	Riitta
Ominaispaino alussa	1,050	1,050	1,062
Ominaispaino lopussa	1,022	1,018	1,020

Taulukko 10. Oluiden pH:t alussa ja lopussa

Selite:	Irja	Alli	Riitta
pH alussa	5,54	5,37	5,55
pH lopussa	4,29	3,50	4,22

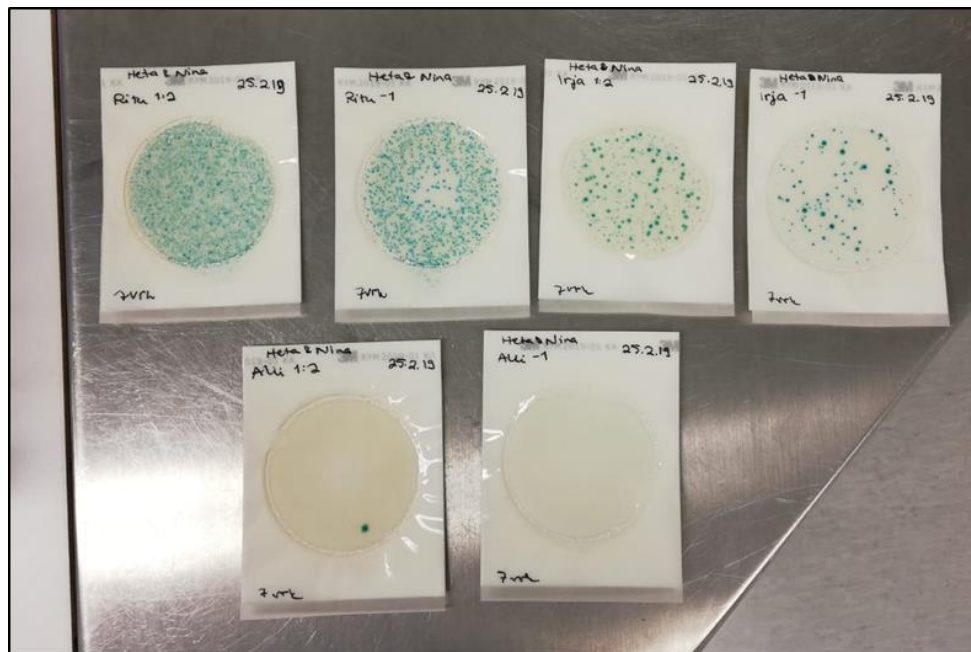
Taulukko 11. Oluiden alkoholiprosentit

Selite:	Irja	Alli	Riitta
Alkoholiprosentti alussa	0	0	0
Alkoholiprosentti lopussa	3,7	4,3	5,6



## 12.2 Mikrobiologiset

Hiivasolujen määrä määritettiin jokaisesta oluesta 3M Petrifilm Rapid Yeast and Mold Count Plates -menetelmällä. Kaikki oluet sisälsivät eläviä hiivasoluja. Tuotteet mikroskoipoitiin mikrobiologisen puhtauden varmistamiseksi. Lisäksi haluttiin nähdä elävien ja kuolleiden hiivasolujen suhde. Kaikissa oluissa oli kuolleita sekä eläviä hiivasoluja raja-arvojen puitteissa. Tuotteet eivät olleet kontaminoituneet muilla mikrobeilla. Hiivasoluja kasvoi jokaisessa oluessa eri määrät, mutta niiden toiminta oli kuitenkin samankaltaista. Kuvassa 25 on nähtävillä hiivasolujen määrä petrifilmeillä.



Kuva 25. Elävien hiivasolujen määrät 3M Petrifilm Rapid Yeast and Mold Count Plates -alustoilla.

Suklaaoluessa ja perusoluessa hiivasolujen kasvu oli runsasta. Karkkioluen petrifilmeillä hiivasolujen kasvu oli erittäin vähäistä tai olematonta. Tämä saattoi johtua viallisista petrifilmeistä tai siitä, että olut oli huonosti sekoitettua analyysivaiheessa. Yksi syy vähäiselle hiivan kasvulle voi myös olla karkkioluen hyvin alhainen pH, joka oli 3,50.

## 13 TYÖN TULOKSET JA POHDINTA

Työssä tutkittiin hävikkimakeisten käyttöä sellaisenaan oluen valmistuksessa sekä hiivan käyttäytymistä oluessa, jossa on käytetty sokerilähteenä muutakin kuin maltojen tärkkelystä. Hiivan käyttäytymisestä tutkittiin ensisijaisesti sitä, muodostaako se tämäntyyppiseen olueen samalla tavalla alkoholia kuin tavalliseen olueen. Lisäksi selvitettiin makeisteollisuuden tämänhetkisiä sivuvirtoja.

Katkeroainepitoisuudet eli EBU-arvot jäivät kokonaisuudessaan huonoiksi jokaisessa oluessa ja tämä johtuu siitä, että humalien määrä oli liian vähäinen. Määrä jäi liian vähäiseksi, koska humalan tarve arvioitiin väärin reseptiä laatiessa. Tämä ei kuitenkaan vaikuttanut käymisprosessiin eikä lopputulokseen muuten kuin flavorin kannalta. Katkeroaineiden vähäinen määrä voi vaikuttaa pitkällä aikavälillä oluen säilyvyyteen. Makeisoluissa katkeroainepitoisuus jäi matalammaksi kuin perusoluessa. Makeisten lisääminen olueen vaikuttaa selvästi oluen katkeroaineisiin alentavasti ja tätä kautta mahdollisesti myös sen säilyvyyteen. Voidaan siis todeta, että jos makeisia käytetään sellaisenaan korvaamaan maltaita, täytyy myös huomioida humalan määrää kasvattamalla sitä.

Kaikkien oluiden vaahto oli mittaushetkellä huono. Suklaaoluen vaahto jäi merkittävästi huonommaksi kuin karkkioluen, luultavasti koska suklaa lisättiin jo mäsäysvaiheessa eikä sen sisältämää rasvaa saatu poistettua mäsäyksellä ja siivilöimällä. Karkkioluen vaahdossa ei ollut merkittävää eroa perusoluen vaahtoon. Voidaan siis päätellä, että sokerilähteellä itsellään ei niinkään ole merkitystä oluen vaahtoon vaan suurempi merkitys on lisättävän komponentin koostumuksella ja raaka-aineilla. Tuloksissa on otettava huomioon, että oluet eivät olleet käyneet täysin loppuun mittausta tehdessä. Tämä vaikuttaa vaahdon laatuun huomattavasti.

EBC-arvot eli värit vastasivat haluttuja puolittumman oluen värejä. Makeisoluissa arvot olivat hieman suurempia kuin normioluessa. Tämä voidaan selittää yksinkertaisesti joko sillä, että niissä sokerilähteinä olevat erilaiset sokerit karamellisoituivat keiton aikana muodostaen tummempia värejä tai makeisten sisältämien väri- ja muiden lisäaineiden avulla. Makeisten lisääminen vaikuttaa vähän, mutta selkeästi valmiin oluen väriin.

Oluiden kiintoainemäärät olivat hyvin lähellä toisiaan. Pitoisuudet olivat pieniä eikä makeisten lisäys vaikuttanut sen määrään nousevasti tai laskevasti. Oluet ovat siis laadun ja säilyvyyden näkökulmasta kunnossa, eikä niiden voi olettaa pilaantuvan kiintoaineen takia kovin nopeasti. Suodattamalla oluista saataisiin suurin osa kiintoaineksesta pois. Suodattaminen on tarpeellista, jos kiintoainepitoisuus on korkea.

Orgaanisten happojen osalta oluissa oli jonkin verran eroavaisuuksia. Orgaanisista hapoista määritettiin maito- ja etikkahapot. Kyseisille hapoille ei ole valmiissa oluessa määritetty raja-arvoja, ne kuitenkin liian suurissa määrin pilaavat oluen. Esimerkiksi suuri määrä maitohappoa aiheuttaa oluen samentumista ja tekee siihen virhemakuja. Etikkahappo puolestaan pilaa oluen flavorin. Molemmissa makeisoluissa oli suurempi maitohappopitoisuus kuin perusoluessa. Karkkioluessa pitoisuus oli kuitenkin hyvin lähellä perusoluen maitohappopitoisuutta, joten eroavaisuutta ei voida pitää merkittävänä. Luultavasti tämän pienen eron tekee karkkien sisältämä happamuudensäätöaine E270 (maitohappo). Kovien karkkien lisääminen ei vaikuta merkittävästi maitohappopitoisuuteen. Suklaaoluessa maitohappopitoisuus oli lähes kymmenkertainen perusolueen verrattuna. Eroavaisuutta voidaan pitää erittäin merkittävänä. Tuotteessa ei kuitenkaan ollut tapahtunut samentumista eikä virhemakuja havaittu, joten voidaan todeta, että maitohapon määrä on edelleen riittävän alhainen. Tämä tulos ei ollut mitenkään yllättävä suklaan sisältämän maidon takia.

Etikkahappopitoisuudet kahdessa makeisoluessa olivat lähellä toisiaan. Perusolueen verrattuna niiden määrä oli huomattava. Etikkahappojen määrä oli kuitenkin kaikissa kolmessa oluessa vähäistä, joten ne eivät vaikuttaneet oluen laatuun. Pieni määrä etikkahappoja on tärkeää oluen valmistuksessa, koska ne parantavat oluen säilyvyyttä. Tuloksista voidaan huomata, että makeisoluihin on selvästi lisätty jotain, mikä vaikuttaa etikkahappojen määrään nostavasti.

Valmiiden tuotteiden alkoholipitoisuudet olivat perusoluen 3,7 til-%, karkkioluen 4,3 til-% sekä suklaaoluen 5,6 til-%. Perusoluen valmistuksessa tapahtuneen virheen takia kahden muun oluen alkoholipitoisuutta ei voida suoraan verrata siihen. Oluiden alkoholipitoisuuden tavoiteprosentti oli 5–6 til-% eli suklaaoluessa päästiin tavoitteeseen. Karkkiolut jäi hieman alle tavoitteen, mutta epäonnistumiseksi sitä ei voi kutsua. Alkoholipitoisuuksien perusteella voidaan todeta, että hiiva on onnistuneesti käyttänyt ravinnokseen myös muista sokerilähteistä tulleen ravinnon. Makeisten lisäyksen ei voida todeta vaikuttavan merkittävästi oluen alkoholiprosenttiin.

Työssä päästiin tavoitteisiin ja kaikkiin tutkimuskysymyksiin saatiin vastaukset. Tämä aihe oli täysin innovatiivinen idea. Tulosten perusteella voidaan todeta, että hävikkimakeisia on mahdollista käyttää sellaisenaan oluen valmistuksessa korvaamaan mallasperäisiä sokerilähteitä. Hiivan käyttäytymisessä ei näyttäisi olevan sen ihmeempiä eroavaisuuksia pelkillä maltailla valmistetun oluen ja makeisilla ja maltailla valmistetun oluen välillä. Kuvassa 26 (s. 47) on valmiit oluet pulloitetuina.

Hävikkimakeisten käyttö korvaamaan oluessa käytettävien maltaiden sokereita on siis mahdollista, joten työtä kannattaa ehdottomasti jatkaa. Seuraavana askeleena voisi olla esimerkiksi flavorin tutkiminen ja tuotteen muokkaaminen sellaiseksi, että sitä voisi valmistaa kuluttajille. Joiltain osin

myös käytettäviä makeisia voisi tutkia enemmän ja esimerkiksi suklaasta selvittää, voiko siitä jollain tavalla vähentää/poistaa rasvaa. Tässä työssä makeiset lisättiin joko mäsäyksen tai keiton aikana. Lisätieto siitä, kumpi tapa on parempi, olisi myös relevantti tieto tulevaisuudessa. Lisäksi säilyvyyttä tulisi tutkia pidemmällä aikavälillä, koska tällaisten oluiden säilyvyydestä ei ole vielä tietoa. Tämän työn puitteissa ei ollut ajallisesti mahdollisuutta tutkia tuotteiden säilyvyyttä.



Kuva 26. Valmiit oluet.

## LÄHTEET

- Antila, A-M., Karppinen, M., Leskelä, M., Mölsä, H. & Pohjakallio, M. (2014). *Tekniikan kemia*. Helsinki: Edita.
- Bamforth, C., Russel, I. & Stewart, G. (2008). *Beer: A quality perspective*. Elsevier Science & Technology.
- Bamforth, C. (2008). *Food, fermentation and micro-organisms*. John Wiley & Sons, Incorporated.
- Baxter, E. & Hughes, P. (2001). *Beer: Quality, safety and nutritional aspects*. The Royal Society of Chemistry.
- Beckett, S. (2000). *The Science of chocolate*. Royal Society of Chemistry.
- Boulton, C. (2013). *Encyclopaedia of Brewing*. John Wiley & Sons, Incorporated.
- Carr, N. (2014). Humalapelletit ja -kävyt. Kuvalähde. Haettu 29.11.2018 osoitteesta <https://learn.kegerator.com/pellet-hops-vs-whole-hops/>
- Enari, T-M. & Mäkinen, V. (1993). *Panimotekniikka*. Espoo: Panimolaboratorio 1993.
- Enari, T-M. & Mäkinen, V. (2014). *Panimotekniikka*. Espoo: Oy Panimolaboratorio-Bryggerilaboratorium Ab.
- ETL (2016). Elintarviketeollisuudessa osataan hyödyntää sivuvirrat. Haettu 3.12.2018 osoitteesta <http://www.etl.fi/ajankohtaista/artikkelit/2016/elintarviketeollisuudessa-osataan-hyodyntaa-sivuvirrat.html>
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2000/36/EY, elintarvikkeena käytettävistä kaakao- ja suklaatuotteista (2000). Haettu 26.3.2019 osoitteesta <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX%3A32000L0036>
- Fineli (n.d.). Suklaakonvehti. Haettu 23.1.2019 osoitteesta <https://fineli.fi/fineli/fi/elintarvikkeet/34831?q=suklaakonvehti&foodType=ANY&portionUnit=G&portionSize=100&sortByColumn=name&sortOrder=asc&component=2331&>
- Fix, G. (1989). *Principles of brewing science*. USA: Brewers Publications.
- Halmetoja, H. (1996). *Oluen ja viinin kotivalmistus*. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Henok, F. & Grandin, K. (2013). *Pane olutta*. Turku: Kustannusosakeyhtiö Sannakko.

Holopainen-Mantila, U. (2015). Composition and structure of barley (*Hordeum vulgare* L.) grain in relation to end uses. Haettu 18.1.2019 osoitteesta <https://www.vtt.fi/inf/pdf/science/2015/S78.pdf>

Holopainen-Mantila, U. (2015). Appearance of barley grain from ventral (A, upper image) and dorsal (A, lower image) side and longitudinal-cut surface (B) showing husk, H, embryo, E, and starchy endosperm, SE. Kuvälähde. Haettu 18.1.2019 osoitteesta <https://www.vtt.fi/inf/pdf/science/2015/S78.pdf>

HS-vesi (2017). Vuosikertomus 2017. Haettu 21.3.2019 osoitteesta <http://www.hsvesi.fi/LiiteTiedostoNayta.asb?DokumenttiID=818140&TauluNimi=Tiedote&NakymaID=243&TiedoteID=53848>

Hurri-Martikainen, M., Ignatius, A., Jussila, A. & Salovaara, H. (2017). *Leivonnan teknologia – Ruokaleipä*. Helsinki: Suomen Leipuriliitto ry.

Hyvönen, P., Määttä, S., Saarela, A-M. & von Wright, A. (2010). *Elintarvikkeprosessit*. Savonia-ammattikorkeakoulu.

Kenning, D. & Jackson, R. (2007). *Olut maailma*. Iso-Britannia: Parragon Books Ltd.

Kuokkanen, J. & Rohkea, A. (2001). *Olutta ja vähän siideriä*. Vantaa: Tumavuoren Kirjapaino Oy.

Lappo.fi (n.d.). Humalat. Haettu 21.3.2019 osoitteesta <https://www.lappo.fi/category/9/humalat>

Lehtinen, A. (2016). *Niin monta olutta*. EU: WSOY.

Lehtinen, A. (2014). *Yks olut*. EU: WSOY.

Leipätiedotus (n.d.a). Ohra. Haettu 17.1.2019 osoitteesta <https://www.leipätiedotus.fi/tietoa-leivasta/vilja/kotimaiset-viljat/ohra.html>

Leipätiedotus (n.d.b). Viljan jyvä. Haettu 17.1.2019 osoitteesta <https://www.leipätiedotus.fi/tietoa-leivasta/vilja/viljan-jyva.html>

Lewis, M. & Young, T. (1995). *Brewing*. Lontoo: Chapman & Hall.

Mohos, F. (2016). *Confectionery and chocolate engineering: Principles and applications*. John Wiley and Sons, Incorporated.

- Panimoliitto (n.d.). Oluttyypit. Haettu 21.11.2018 osoitteesta <http://www.panimoliitto.fi/juomat/olut/oluttyypit/>
- Panimoliitto (2015). Love beer. Haettu 29.11.2018 osoitteesta [http://www.panimoliitto.fi/app/uploads/2013/06/Olut\\_esite\\_2015\\_netti.pdf](http://www.panimoliitto.fi/app/uploads/2013/06/Olut_esite_2015_netti.pdf)
- Smith, J. (n.d.). How to make lager. Haettu 4.12.2018 osoitteesta [https://www.homebrewing.org/How-to-Make-Lager\\_ep\\_42-1.html](https://www.homebrewing.org/How-to-Make-Lager_ep_42-1.html)
- Sysilä, I. (1994). *Ohrapellosta etiketin taakse*. Espoo: Espoon Pika-Jäljennös.
- Sysilä, I. (1997). *Small-scale brewing*. Helsinki: Limes.
- Tiedonanto nn. (2018). Sähköpostikeskustelut.
- Tieteen kuvalehti (n.d.). Mikä saa oluen vaahtoamaan? Haettu 15.2.2019 osoitteesta <https://tieku.fi/teknologia/ruoka-aineet/mika-saa-oluen-vahtoamaan>
- Viking Malt (n.d.). Flavor wheel.
- Vinkvist, N. (2015). Oluiden väri EBC-pitoisuuksina. Kuvälähde. Haettu 27.3.2019 osoitteesta <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/101083/opinnaytetyo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- VYR (n.d.). Mallasohran laatukriteerit. Haettu 6.3.2019 osoitteesta <https://www.vyr.fi/mallasohran-viljelyopas/laatukriteerit/>
- VYR (2018). Viljatasearvio 2017/18 (viides arvio 31.8.2018). Haettu 17.1.2019 osoitteesta <https://www.vyr.fi/fin/markkinatietoa/viljata-seet/kotimaa/>
- Wilhelmson, A. (2012). Miksi olut vaahtoa? *Tiede* 11/2012. Haettu 23.11.2018 osoitteesta [https://www.tiede.fi/artikkeli/kysy/miksi\\_olut\\_vaahtoa](https://www.tiede.fi/artikkeli/kysy/miksi_olut_vaahtoa)
- Wrolstad, R. (2011). *Food carbohydrate chemistry*. John Wiley and Sons, Incorporated.