



# **Pienpanimo-oluen fysikaalisten ja kemiallisten tekijöiden tarkastelu**

Kati Ristiluoma

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2015  
Paperi-, tekstiili- ja kemiantekniikan koulutusohjelma  
Kemiantekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Paperi-, tekstiili- ja kemiantekniikka  
Kemiantekniikka

KATI RISTILUOMA:

Pienpanimo-oluen fysikaalisten ja kemiallisten tekijöiden tarkastelu

Opinnäytetyö 28 sivua, joista liitteitä 1 sivua  
Toukokuu 2015

---

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia pienpanimo-oluen valmistusta ja sen fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia. Työn päätavoitteena oli säätää mäsäyksen pH:ta alemmaksi parantaen tuotteen laatua, lisäksi tavoitteena oli tarkastella vierteen suodatusta mäsäystä mallasmäärän suhteen. Alemmalla pH:lla mäsäyksessä saadaan suotuisimmat olosuhteen entsyymireaktiolle ja siten mm. sokeroitumisaika lyhenee, uutensaanto paranee ja oluen käymisaste nousee.

Työn kirjallisessa osassa kerrotaan oluen raaka-aineista ja valmistuksesta sekä oluen kemiallisista ja fysikaalisista laatutekijöistä. Siinä perehdyttiin myös vierteen suodatukseen mäsäystä. Kokeellisessa osiossa tutkittiin oluen valmistuksen eri vaiheiden pH-arvoja, keskittyen mäsäyksen pH arvoon. Ensin kerättiin näytteitä normaaleista oluen valmistuksista pohja-aineistoksi. Sitten valittiin oluterä, jonka mäsäyksen pH arvoa haluttiin säätää. Suoritettiin pienen mittakaavan koemäsäyksiä oikean säätökemikaalin valitsemiseksi. Otetuista näytteistä analysoitiin pH-arvot. Ominaisiheyksien avulla tarkasteltiin oluiden käymisastetta. Oluen valmistuseristä kerättiin suodatuksen kannalta oleellisia tietoja, joiden avulla voitiin tutkia suodatusta.

Mäsäyksen pH-säädössä päästiin osin haluttuun lopputulokseen eli mäsäyksen pH ei laskenut 5,2- 5,4, niiden käymisasteet eivät nousseet, mutta lopputuotteen pH kuitenkin laski lähemmäksi neljää. Lopputulokseen saattoi vaikuttaa näytteen säilytyksestä aiheutuvat saostumiset tai jatkuneet reaktiot näyteastiassa. Myös säätökemikaalin annostus voi vaikuttaa tulokseen. Jatkossa voisi kokeilla eri annostusta mäsäyksen säädössä tai eri säätökemikaalia halutun tuloksen saavuttamiseksi. Suodatuksessa huomattiin tummien oluiden suodatusajan olevan pidempi kuin vaaleiden oluiden. Lisäksi havaittiin suuremman mallasmäärän vaikuttavan myönteisesti suodatusaikaan, myös paksumpi suodatuskakku edes auttoi suodatusnopeutta.

## ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Paper, Textile and Chemical Engineering  
Chemical Engineering

RISTILUOMA, KATI:

Microbrewery Beer Examination of the Physical and Chemical Factors

Bachelor's thesis 28 pages, appendices 1 page  
May 2015

---

The purpose of this study was to investigate the production of microbrewery beer and its physical and chemical properties. The main objective of this work was to adjust the mashing pH lower and improve the quality of the product. In addition to the objective was to examine the filtration of the wort from mash. The lower pH value in mashing obtains more favorable conditions for enzymes reaction, for example it shortens the time of saccharification, improves yield of extraction and the rate of fermenting of beer rises.

The theoretical part of the thesis describes the beers raw materials and the production of beer, as well as chemical and physical quality factors. Mash filtration from wort is also explained. In the experimental section pH values in different stages of beer production were studied, focusing specially pH value on mashing. At first samples were gathered from basic process to base file. Then the beer batch was chosen where the pH value was to be adjusted. Small scale test mashing was completed to determine correct chemical for pH adjustment. pH value was tested from collected samples. The degree of fermentation was examined by means of the specific gravity. Data was collected from different beer batches, which was relevant to explore the filtration of wort.

Adjustment of mashing pH reached partly the desired outcome, the mashing pH did not fall 5,2- 5,4, the degree of fermentation did not increase, but the pH value of the final product decreased closer to the four. The result may have been affected by precipitation or continued reactions. Also the dosage of adjustment chemical may influence the outcome. In future, one could try mashing different dosage of adjustment or a different adjustment of the chemical to achieve the desired result. In the filtration it was noticed that dark beers filtration time was longer than the light beers. It was also found out that larger amounts of malt to contribute positively to the filtration time, also thicker filter cake was profitable to filtration rate

---

Key words: beer, microbrewery, pH, filtration

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	OLUEN VALMISTUS.....	7
	2.1 Oluen raaka-aineet .....	7
	2.1.1 Maltaat ja vesi .....	7
	2.1.2 Humala ja hiiva .....	8
	2.2 Oluen valmistus .....	9
	2.2.1 Mallastus .....	9
	2.2.2 Mäskäys ja vierteen erotus .....	10
	2.2.3 Vierteen keitto.....	11
	2.2.4 Käyminen .....	11
3	OLUEN ERI TEKIJÖIDEN KARTOITUS .....	13
	3.1 Oluen laatu .....	13
	3.1.1 Väri ja kirkkaus .....	13
	3.1.2 Flavori ja vaahto.....	13
	3.1.3 Alkoholipitoisuus ja käymisaste .....	14
	3.1.4 pH.....	14
	3.2 Vierteen erotus suodattamalla.....	15
	3.2.1 Suodatuslaitteet oluen valmistuksessa .....	16
4	KOEJÄRJETELYT .....	17
	4.1 pH.....	17
	4.1.1 Näytteidenotto ja analysointi.....	17
	4.1.2 pH:n säätö .....	17
	4.2 Ominaisihteys ja käymisaste.....	18
	4.3 Suodatus (vierteen erotus mäskistä).....	19
5	TULOKSET .....	21
	5.1 pH.....	21
	5.2 Käymisaste.....	23
	5.3 Suodatus.....	23
6	POHDINTA.....	27
	LÄHTEET.....	28
	LIITTEET .....	29
	Liite 1. Oluiden ominaisiheydet käymisen aikana. ....	29

**ERITYISSANASTO tai LYHENTEET JA TERMIT (valitse jompikumpi)**

$\alpha$ - happo	Humalan sisältämiä oluen katkeruutta aiheuttava yhdiste
$\beta$ - happo	Humalan sisältämiä oluen katkeruutta aiheuttava yhdiste
Amylaasi	Maltaan sisältämä, tärkkelystä pilkkova entsyymi
Biopolymeeri	Eloperäinen eli orgaaninen polymeeri
Denaturoituminen	Proteiini menettää biologisen toimintakykysä.
Entsyymi	Elävien eliöiden käyttämä katalyytti, joka nopeuttaa reaktiota
Flavori	Oluen maku ja tuoksu
Flokkulaatio	Flokin eli kiintoainehiukkasten muodostama ryhmittymän muodostuminen
Koaguloituminen	Hyytelöityminen, jähmettyminen
Kolloidi	Nesteeseen tai kaasuun hienojakoisesti sekoittunut aine
Maillard -reaktio	Pelkistävien sokerien ja aminohappojen tai proteiinien välinen reaktio
Peptidi	Proteiineja pienempiä aminohappoketjuja.
Polysakkaridi	Suurimolekyylinen sokeri, koostuu useasta monosakkaridimolekyylisestä
Proteolyyttinen	Valkuaisaineita eli proteiineja pilkkova entsyymi
Suspensio	Neste-kiintoaineseos

## 1 JOHDANTO

Olut on tunnettu ja suosittu alkoholijuoma ympäri maailman. Se on yksi vanhimpia tunnettuja bioteknisiä prosesseja ja tekniikan kehittyessä on myös oluen valmistus kehittynyt muun maailman mukana. Pienpanimot pyrkivät osaltaan tuomaan kuluttajille erilaisia oluita ja luomaan rohkeasti uuden makuisia oluita. Ne eivät yritäkään kilpailla isojen panimoiden lailla kuluttajista hinnalla vaan oluen laadulla. Oluen laatuun vaikuttavat useat kemialliset ja fysikaaliset tekijät.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tarkastella pienpanimo-oluen tekoa sekä kemiallisten että fysikaalisten tekijöiden näkökulmasta. Tavoitteena oli myös kartoittaa vierteen erotusta mäskistä. Pää tavoitteena oli mäskäyksen pH:n alentaminen parantaen lopputuotteen eli oluen laatua. Toisena tavoitteena oli tutkia maltaan määrän vaikutusta vierteen suodatukseen. Työ tehtiin yhteistyössä suomalaisen pienpanimon kanssa. Panimo on keskittynyt käsintehtyyn laatuolueen ja panimon tuotevalikoimaan kuuluu säännöllisesti valikoimassa olevia tuotteita sekä kausittaisia erikoistuotteita.

Kirjallisessa osiossa kerrotaan ensin oluen raaka-aineista ja valmistuksesta. Sitten perehdytään oluen fysikaalisiin ja kemiallisiin tekijöihin ja viimeisenä käsitellään suodatuksen teoriaa. Mäskäyksessä. Kokeellisessa osiossa tutkittiin pH-säätöä mäskäysvaiheessa ja sen vaikutusta lopputuotteen pH arvoon ja käymisasteeseen. Alennetulla pH arvolla mäskäyksessä mm. sokeroitumisaika lyhenee nostaa uutensaantoa, se on edullisempi myös halutuille entsyymireaktiolle. Nousseen uutensaannon ansiosta myös käymisaste nousee. Siinä tutkittiin myös vierteen suodatusta mäskistä ja kuinka kuiva malasmäärä vaikuttaa suodatusnopeuteen. Suodatuksille laskettiin keskiarvot olut tyyllitään, lisäksi tutkittiin korrelaatiokerrointa suodatusajan ja suodosmäärän välillä.

## 2 OLUEN VALMISTUS

### 2.1 Oluen raaka-aineet

Olutta valmistetaan maltaasta, joka antaa vierteeseen käymiseen tarvittavan sokerin, humalasta, joka antaa oluelle katkeran maun sekä takaa säilyvyyttä, hiivasta, joka aiheuttaa käymisen sekä raikkaasta vedestä. Raaka-aineiden ominaisuudet ja laatu vaikuttavat suurelta osin lopputuotteen eli oluen laatuun.

#### 2.1.1 Maltaat ja vesi

Oluen yleisin uutelähde on mallasohra. Ohran etuja ovat sen tiivis kuori, joka auttaa vierteen erotuksessa ja se antaa oluelle miellyttävän maun. Ohrasta saatava sokerisaanti on korkea ja lisäksi ohraa voidaan viljellä ympäri maailmaa. Muita mahdollisia uutelähteitä ovat mm. riisi, vehnä, maissi, sokerisiirapit ja eri viljalajien tärkkelykset.

Maltaan tulee olla sellaista että siitä saadaan hyvä vierre, vierteessä tulee olla käymiseen tarvittavat yhdisteet. Niistä tärkeimpänä maltaan tulee sisältää käymiskelpoisia sokereita, jotka saadaan ohran tärkkelyksestä, kun amylaasit hajottavat sen mäskäyksessä sokeiksi. Ohran proteiineista saadaan aminohapot vierteeseen hiivan ravinteeksi, proteiinin hajoaminen alkaa jo mallastuksessa jatkuen mäskäykseen. Proteiineista saadaan myös peptidejä, joita tarvitaan osittain muodostamaan vaahtoa mutta liiaksi ovat haitaksi oluen sameutena. Mäskäyksessä tarvittavien entsyymien muodostuminen alkaa jo itämisvaiheessa, joten on tärkeää että ohra on itämiskelpoista. (Enari ja Mäkinen, s. 15)

Maltaita voidaan analysoida silmämääräisesti, mekaanisesti tai kemiallisesti. Aistinvaraisesti voidaan havaita väri, haju ja maku poikkeavuuksia. Mallas ei saisi haista tai maistua homeiselta, vaan sen tuoksun ja maun tulisi olla raikas. Mekaanisesti voidaan punnita tuhat jyvää, mitata lehti-idun pituus sekä tehdä leikkauskoe.

Olut on 90 prosenttisesti vettä joten oluen laadun kannalta on raakaveden koostumus merkittävä. Panimovedellä on pääosin samat laatuvaatimukset kuin talousvedellä Suomessa. Panimoveden tulee olla hajutonta, mautonta ja väritöntä. Veden laatua voidaan

myös muokata halutun olut tyyppin mukaan, perinteisesti lager- oluet pannaan pehmeään veteen kun taas ale-tyyppiset tummat oluet vaativat kovemman vesilaadun. (Barth, s. 69)

### 2.1.2 Humala ja hiiva

Humala alfahapot antavat oluelle aromia ja katkeruutta, joka on oluelle tyypillinen makuuelementti. Humala myös auttaa oluen säilymisessä ja vaahdon muodostuksessa. Eri humalalajikkeilla ja käyttömenetelmillä voidaan vaikuttaa oluen makuun, tuoksuun ja yleisluonteeseen. Humalasta on saatavilla erilaisia valmisteita, kuten jauheita, uutteita ja puristeita.

Humala on köynnöskasvi joka kuuluu hamppukasveihin ja sitä viljellään sekä Euroopassa että Amerikassa. Humalankävyssä eli emikukinnossa on neljä osaa: varsi, terälehdet, lupiininjyvässet ja siemenet. Olueen vaikuttavat aineet, katkeroaineet ja humalaöljyt, sijaitsevat lupiininjyväsissä. Humalaa voidaan arvioida sen ominaisuuksien perusteella, ulkoisista ominaisuuksista huomionarvoisia ovat väri ja tuoksu sekä siementen ja lehtien määrä. Väriin kuuluu olla vihreä tai vihertävän keltainen, tuoksun pitää olla humalalle tyypillisen kirpeä.

Katkeroaineet humalassa ovat juurikin tärkeimmät oluen valmistuksen kannalta, ne osaltaan myös parantavat oluen säilyvyyttä estämällä patogeenisten bakteerien kasvua. Humalan katkeroaineet voidaan jakaa seuraaviin ryhmiin kokonaishartseihin, pehmeisiin ja koviin hartseihin. Hartsit voidaan jakaa  $\alpha$ - happoihin ja  $\beta$ - happoihin. Tärkeimmät  $\alpha$ - hapot ovat humuloni, kohumuloni ja adhumuloni, oluen tärkein katkeroaine on isohumuloni, joka keiton aikana muuttuu  $\alpha$ - haposta iso- $\alpha$ -hapoksi.  $\alpha$ - happojen isomeroituminen keiton aikana on tärkeää, koska isomeroituneina ne liukenevat paremmin veteen. Siksi onkin tärkeää että keitto on tarpeeksi voimakas ja pitkä, koska isomeroituminen tapahtuu sen aikana.

Hiiva on yksisoluihin sienilajike, joka on erikoistunut elämään sokeripitoisessa alustassa. Tieteellisesti hiivat jaotellaan itiöllisiin ja itiöttömiin lajeihin. Oluen valmistuksen näkökulmasta kuitenkin hiivojen jako kulttuuri- ja villihiivoihin on merkittävämpi. Niiden ero on siinä että kulttuurihiivat viljellään ja villihiivat kasvavat luonnossa vapaasti.



Jako on kuitenkin aika karkea, koska kulttuurihiivatkin kasvavat luonnossa. Tyypillisiä kulttuurihiivoja ovat leipomo-, rehu-, viini-, ja panimohiivat.

Panimohiivat jaotellaan pinta- ja pohjahiivoihin, pintahiivat nousevat lauttana käymistankin pinnalle kun taas pohjahiivat painuvat käymistankin pohjalle. Oluen valmistuksessa Suomessa käytetään pääasiassa pohjahiivoja. Hiiva tarvitsee tiettyjä ravinteita elääkseen ja kasvaakseen, kuten muutkin elävät organismit. Se tarvitsee vitamiineja, typen lähteen ja ennen kaikkea hiiva tarvitsee sokeripitoisen kasvualustan.

## **2.2 Oluen valmistus**

Olut on mieto alkoholijuoma, joka valmistetaan käymisreaktiolla viljasta. Oluen valmistus on yksi vanhimpia tunnettuja bioteknisiä prosesseja, todisteita on löydetty että olutta on valmistettu jo muinaisessa Egyptissä 4000 vuotta sitten. Suurin osa oluesta valmistetaan ohrasta, mutta myös muista viljoista sitä voidaan valmistaa. Oluen valmistus koostuu useasta erilaisesta yksikköprosessista ja sen valmistusprosessi kutsutaan oluen panemiseksi.

### **2.2.1 Mallastus**

Mallastuksessa ohran annetaan itää hallituissa olosuhteissa. Mallastuksessa on kolme päävaihetta; liotus, idätys ja kuivaus. Liotuksessa ohran kosteus prosenttia nostetaan 40-45 %. tämä mahdollistaa itämisen alkamisen. Liotuksessa on, sekä märkä- että kuiva-vaiheita ja sen tarkoituksena on myös pestä ohraa. Liotus lopetetaan kun juuri-idut alkavat näkyä, silloin ohra on valmis siirrettäväksi idätykseen. (Panimotekniikka ja elintarvikeprosessit)

Idätyksessä entsyymit pilkkovat ohran biopolymeerit, kuten proteiinit ja polysakkaridit eli jyvän rakenne möyhentyy. Idätys tuottaa lämpöä, joten idätyslaaria jäähdytetään viileällä ilmalla, samalla voidaan muodostunutta hiilidioksidia poistaa prosessista. Idätys pysäytetään kuivatuksella eli alentamalla maltaan kosteus hyvin matalalle noin 5 % kuuman ilmavirran avulla. Kuivauksen avulla saadaan myös parannettua sen säilyvyyttä

ja jauhattavuutta. Kuivauksen aikana muodostuu oluen maun ja värin kannalta tärkeitä yhdisteitä erilaisten kemiallisten reaktioiden avulla kuten mm. Maillard-reaktio.

Maltaat vielä rouhitaan ennen mäskäystä. Maltaiden jauhaminen on välttämätöntä että uuttuminen nopeutuisi ja uutensaanto paranisi. Mitä hienompi jauhatuste on, sitä parempi on uutensaanto, mutta liian hieno jauhatuste taas vaikeuttaa vierteen erotusta mäskistä. Jauhatuste voidaan toteuttaa joko kuivana vasara- tai valssimyllyssä tai märkänä märkärouhintamyllyssä.

### 2.2.2 Mäskäys ja vierteen erotus

Vierteen tarkoitus on toimia ravintoliuksena hiivalle. Sen tulee sisältää tarpeeksi käymiskelpoista sokeria. Mäskäys tapahtuu yleisemmin sylinterinmuotoisessa keittokattilassa, jossa on pohjalla sekoituslaippa. Mäskäyksen aluksi rouhittu mallas lisätään lämpimään veteen. Mäskäyksen aikana tärkkelysaketjut pilkkoutuvat käymiskelpoisiksi sokereiksi. Myös osa proteiineista ja muista biopolymeereistä hajoavat liukenevaan muotoon vierteeseen.

Mäskäystä ohjataan lämpötilan, pH:n sekä ajan suhteen. Lämpötila ja pH vaikuttavat tapahtuviin entsyymireaktioihin. Vierteen pH normaalisti on 5,7 -5,8, pH voidaan mäskäyksessä säätää lisäämällä happoa (kaliumsulfaatti, maitohappobakteeri) välille 5,2-5,3. Alemmalla pH:lla saadaan tiettyjä etuja, sokeroitumisaika lyhenee, käymisaste nousee ja ammoniumperäisen typen määrä kasvaa. Myös uutensaanto paranee ja vierteen väri vaalenee. Hapon lisäys myös vähentää ei toivottujen polyfenolien pitoisuutta, ne liukenevat huomattavasti alemmassa pH:ssa. Nämä vaikutukset johtuvat pääosin siitä että alennettu pH on edullinen amylaaseille ja proteolyttisille entsyymeille. (Enari ja Mäkinen s.80)

Liukeneeman mäskäysjäte, jota kutsutaan mäskiksi (tai ravaksi) voidaan erottaa erilaisin menetelmin makeasta vierteestä. Yleisin erotusmenetelmä on siiviläamme, muita ovat mm mäskisuodatin, strainmaster- laite ja Meura 2001- mäskisuodatin. Siiviläammeissa on rei'itetty välipohja, jonka päälle muodostuu suodatettava maltaiden kuorikerros. Mäski siirretään kuumana siiviläammeeseen, mäskin kuumana pito 75 -78°C nopeuttaa suodatusta. Ensin mäskiä seisotetaan, jolloin kuorikerros laskeutuu välipohjan

päälle. Siivilöinnin alussa saatu vierre kierrätetään takaisin suodatukseen sen kirkastamiseksi. Suodatuskakkua myös pöyhitään suodatuksen aikana, ettei suodatusvastus nouse liian korkeaksi.

### 2.2.3 Vierteen keitto

Suodatettu vierre keitetään ja siihen lisätään humala oluttyypistä riippuvana ajankohtana. Voimakas kiehuminen on tärkeää keitossa, sen avulla proteiinien ja polyfenolien yhdyssiteet saostuvat ja oluen säilyvyys paranee. Lisäksi humalan katkeroaineet eli  $\alpha$ -hapot liukenevat ja isomeroituvat. Vierre myös sterilisoituu keiton aikana. Keiton aikana tapahtuu useita kemiallisia reaktioita, proteiinien koaguloitumien, Maillard-reaktio, dimetyylisulfidin muodostuminen ja entsyymien denaturoituminen. Vierteen hyvä sekoitus keiton aikana takaa tasaisen lopputuloksen. Riittävä haihtuminen on tärkeää konsentroitumisen ja haitallisten aromiyhdisteiden kannalta, vierteen haihtuminen on tavallisesti 5-10 prosenttia ja keittoaika 1,5-2 tuntia.

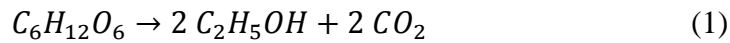
Keittämisen jälkeen vierteestä erotetaan rupa eli saostunut aines. Sen jälkeen vierre jäädytetään lähelle käymislämpötilaa, jäähdytys tapahtuu yleisimmin levylämmönvaihtimen avulla. Jäähdytyksen jälkeen vierre ilmataan, jolloin siihen liukenee happea. Lisätyn hapen tarkoituksena on edesauttaa uusien hiiva solumembraanien komponenttien, sterolien ja tyydyttymättömien rasvahappojen synteesiin. Kuuman vierteen ilmastaminen johtaa hapettumisreaktioihin, joka huonontaa oluen flavoria. Siksi onkin tärkeää jäähdyttää vierre ennen ilmaamista, happi myös liukenee paremmin kylmään vierteeseen.

### 2.2.4 Käyminen

Käyminen jaetaan pääkäymiseen ja jälki/varastokäymiseen. Pääkäyminen alkaa kun hiiva lisätään vierteeseen ja käymistankissa on hiivalle ominaiset kasvuolosuhteet. Alkoholikäyminen on anaerobinen prosessi, jossa hiiva käyttää vierteen käymiskelpoiset sokerit hiilidioksidiksi ja etanoliksi sekä pienissä määrin korkeammiksi alkoholeiksi, orgaanisiksi hapoiksi ja estereiksi. Näiden lisäksi hiiva tuottaa myös muita flavoriin

vaikuttavia aromiaineita, näistä erityisesti estereillä on merkitystä maun ja aromin kannalta. Vain etanoli jää olueen, suurin osa hiilidioksidista vapautuu ja poistuu oluesta.

Käymisen perusyhtälö on



Käymisaste kuvaa käyneen uutteen osuutta kokonaisuutemäärästä, sen avulla voidaan seurata käymistä. Pääkäymisen jälkeen hiiva laskeutuu kartiopohjaisen sylinterin mallisen käymistankin pohjalle eli se flokkuloituu.

Jälkikäymistä varten olut siirretään varastotankkeihin, jälkikäyminen voidaan suorittaa myös samassa tankissa pääkäymisen jälkeen yhtäjaksoisena prosessina. Jälkikäymisen tavoitteena on kyllästää olut hiilidioksidilla, kypsyttää oluen makua ja kirkastaa olutta. Vierteessä on vielä jäljellä käymiskelpoisia sokereita pääkäymisenkin jälkeen,

### **3 OLUEN ERI TEKIJÖIDEN KARTOITUS**

#### **3.1 Oluen laatu**

Oluen laatuun vaikuttavat sekä raaka-aineet että itse valmistusprosessi. Myös ulkopuoliset häiriötekijät voivat vaikuttaa oluen laatuun haitallisesti. Hyvän laatutason ylläpitäminen vaatii jatkuvaa tarkkailua molempien osalta. Laadun kannalta on myös tärkeää että tuotetta pyritään jalostamaan ja kehittämään siten että asetettuihin tavoitteisiin päästäisiin. Oluen laatutekijät voidaan jakaa erilaisiin tekijöihin kuten fysikaalisiin ja kemiallisiin tekijöihin.

##### **3.1.1 Väri ja kirkkaus**

Oluen väri määräytyy pitkälti käytetystä maltaasta ja vierteen valmistusprosessista. Myös oluen viimeistelyyn käytettävät lisäaineet saattavat vaikuttaa väriin. Suurin osa kuluttajista haluaa oluensa olevan kirkasta ja saostumatonta. Kirkkaus tai sen vastakohta sameus voi ilmentyä oluessa kahdella tavalla: biologisesti ja kolloidisesti. Bakteri tai villihiiva kontaminaatiosta johtuva saostuma on biologista ja johtuu pääasiassa kontaminantin nopeasta kasvusta. Nämä aiheuttavat myös makuvirheitä olueen. Biologinen sameus on melko harvinaista. Yleisin ei-biologinen sameus johtuu proteiinien ja polyfenolien muodostamista yhdisteistä. (Briggs, s.141 ja s.698)

##### **3.1.2 Flavori ja vaahto**

Flavori muodostuu oluen mausta ja aromista. On tunnistettu yli 200 flavoriin vaikuttavaa yhdistettä. Kokonaiskuvan oluen flavorista saadaan aistinvaraisesti eli makukeenavulla. Maku määritellään pitkälti katkeruuden perusteella, katkeruuteen vaikuttaa käytetty humala ja mausteet. Hartsit humalassa aiheuttavat katkeruuden, ne jaetaan alfa- ja beetahappoihin. Aromaattiset öljyt humalassa vaikuttavat osaltaan oluen makuun. (Enari ja Mäkinen s.191)

Vaahdon avulla kuluttaja saa ensimmäisen kosketuksen oluen aromeihin ja se vaikuttaa sen suutuntumaan. Vaahdon laatua voidaan tarkastella mm. sen pysyvyyden, määrän, vaaleuden, suutuntuman ja tarrautumisen suhteen. (Briggs s703)

### 3.1.3 Alkoholipitoisuus ja käymisaste

Alkoholipitoisuus kertoo kuluttajalle oluen vahvuuden ja se on siksi tärkeä suure olutta tarkasteltaessa. Useissa maissa maksetaan veroja oluen sisältämän alkoholin tilavuusprosentin mukaan, lisäksi sen perusteella on myös joissakin maissa rajoitettu oluen jälleenyntiä. Suomessa on pakollista ilmoittaa oluen alkoholipitoisuus etiketissä ja kerrotun pitoisuuden on pysyttävä sallituissa poikkeamissa. (Valvira Dnro 71/43/2005)

Käymisaste kertoo kuinka suuri osa uutensaannosta eli vierteen sokereista on käynyt alkoholiksi ja hiilidioksidiksi. Kantavierrevahvuus kertoo kuinka paljon maltaasta on uutettu sokereita, vierteestä mitataan sen ominaistiheys sokerin suhteen. Vierteen ominaistiheys laskee käymisen edetessä sokereiden käydessä alkoholiksi. Ominaihiheyttä mitattaessa pitää ottaa huomioon, että vaikka vierteen ominaistiheys vastaa suoraan sokereiden määrää, niin oluessa vastaava ominaistiheys on näennäinen. Näennäinen ominaistiheys johtuu siitä että olut sisältää alkoholia, jonka tiheys on pienempi kuin veden. Näennäinen ominaistiheys on aina pienempi kuin todellinen ominaistiheys, mutta se on silti hyödyllinen mittari käymistä tarkasteltaessa.

### 3.1.4 pH

pH kertoo aineen happamuuden, sen määrää aineessa olevien vetyionien määrä. pH arvo asteikko on logaritminen asteikolla 0...14. Mitä happamampi aine on, sitä enemmän siinä on vetyioneja ja sen pH arvo on pieni. Noustessa ylöspäin pH asteikkoa vetyionien määrä vähenee ja pH arvo nousee. pH arvollaan korkeita aineita kutsutaan emäksisiksi ja pH arvoltaan matalia aineita kutsutaan happamiksi. Neutraalin aineen eli pH arvo on 7, silloin aine ei ole hapan eikä emäksinen. pH:n vaikutus oluen valmistuksessa on merkittävä. Se vaikuttaa moniin osa-alueisiin ja sen avulla saadaan käsitys prosessinkulusta ja sen vaiheista.

Mäskäyksessä alhaisemmalla pH:lla saavutetaan useita etuja, sokeroitumisaika lyhenee, uutensaanto nousee, käymisaste paranee, vierteen väri vaalenee, polyfenolipitoisuus laskee ja vapaiden aminotyyppien määrä nousee. Vaikutukset johtuvat enimmäkseen siitä että laskettu pH on sopivampi amylaaseille ja proteolyyttisille entsyymeille. pH:ta voidaan alentaa lisäämällä kalsiumsulfaattia tai -kloridia, maitohappoa tai muita happoja. Optimi pH mäskäyksessä on 5,2 -5,4. Käymisen aikana pH laskee, koska käymisen seurauksena muodostuu hiilidioksidia ja se liukenee vierteeseen. Käymisen aikana muodostuu myös erilaisia happoja kuten etikkahappoja tai kun hiiva ottaa aminohapon aminoryhmän typpiravinnokseen muuttaen aminohapon muuksi hapoksi. Myös vierteen puskurikapasiteetti laskee proteiinien saostuessa ja fosfaatin liittyessä sokereihin. Mitä korkeampi vierteen pH arvo on, mitä pienempi vierteen puskurikapasiteetti on ja mitä enemmän se sisältää helposti liukenevaa tyyppiä, sitä vilkkaampaa hapon muodostuminen on. (Enari ja Mäkinen s. 80 ja s. 139, Briggs s.113 ja s.115)

### 3.2 Vierteen erotus suodattamalla

Suodatus on yksikköprosessi, jossa kiinteät osat erotetaan niihin sekoittuneista nesteistä tai kaasuista. Suodatuksen tarkoituksena voi olla joko kaasun tai nesteen puhdistaminen tai kiinteän aineksen talteen otto tai molemmat. Jos kiinteä ainesta on vähän niin kyseessä kirkastus, selkeyttäminen tai puhdistaminen. Kun kiinteää ainesta on suurin määrin, niin puhutaan varsinaisesta suodatuksesta.

Suodatuksessa suodatusaineen eli huokoisen kerroksen pinnalle muodostuu kiinteiden hiukkasten muodostama kerros tai kakku. Tämä kerros toimii samalla suodatusaineena ja kiinteä aines kerrostuu sen pinnalle kasvattaen kerroksen paksuutta. Suodinkerros tai kakku isosta määrästä kiintoaineita, joiden muodot ovat usein epäsäännöllisiä. Suodatuksen alussa iso osa pienimpiä partikkeleita pyrkii niitä isompien suodatusaukkojen läpi joutuen suodukseen. Hetken kuluttua suuremmista partikkeleista kerrostuu aukkojen päälle suodinkerros, joka muodostaen suodinkakun. Suodatuksessa voidaan käyttää erilaisia apuaineita tarvittaessa.

Suspensio voi kulkeutua väliaineen läpi vain jos siihen vaikuttaa jokin voima aiheuttaen virtausta. Vaikuttava voima voi olla painovoima, keskipakovoima, nesteeseen vaikuttava paine tai alipaine tai molemmat. Paineen käytöllä voidaan lyhentää suodatusaikaa ja

pienentää tarvittavaa laitekokoja. Suodatusnopeus on se suodoksen määrä joka aikayksikössä läpäisee yhden neliömetrin suuruisen suodinkerroksen. Suodatusnopeuteen vaikuttavat väliaineen aiheuttama virtausvastus, suodatettavan aineen partikkelikoko, suspension lämpötila ja suspension aiheuttava voima, joka yleensä on yli- tai alipaine. (Pihkala s. 42- 44)

### **3.2.1 Suodatuslaitteet oluen valmistuksessa**

#### **Siiviläamme**

Siiviläamme on tankki, jossa on rei'itetty välipohja ja sekoitin. Välipohjan päälle muodostuu suodinkerros maltaiden kuorista. Mäski johdetaan siiviläammeeseen kuumana ja sitä usein seisotetaan hetki, jolloin kuorikerros pääsee laskeutumaan välipohjalle. Alussa suodatettu vierre on sameaa, joten se johdetaan takaisin siiviläammeeseen kunnes saatava vierre on kirkastunut riittävästi. Muodostunutta suodatuskakkua voidaan pöyhiiä suodatuksen aikana suodatusvastuksen alentamiseksi. Pöyhimislaitteessa on vaakasuora palkki, jossa on pystysuorassa teriä. Lopuksi suodatuskakku pestään vedellä ja siivilöinnin loputtua kakkuna oleva mäski poistetaan tankista. (Enari ja Mäkinen s.93)

#### **Mäskisuodatin**

Mäskisuodattimessa on useampia kehyksiä, jonka molemmin puolin on suodatin kannaiden peittämät reikälevyt. Kehykset kiristetään suodatintelineeseen, nykyisin suodattaminen kokoaminen ja hajottaminen on mekanisoitu. Ensin suodattimeen pumpataan lämmintä vettä, sitten suodatin täytetään mäskillä ja saatu vierre johdetaan kattilaan. Suodatuksen lopuksi huuhdellaan kuumalla vedellä. Mäskisuodattimella saanto on hienomparempi kuin siiviläammeella, voidaan myös käyttää hienommaksi jauhattua malasta. (Enari ja Mäkinen s.94)

#### **Strainmaster**

Siiviläammeesta on kehitetty edelleen strainmaster- laite, jota useimmiten käytetään isommissa panimoissa. Laitteen muodostaa suuri suorakaiteen muotoinen allas, jossa on kartiomainen pohja. Välipohja on korvattu putkillalla, joissa on rakoja. Toimintaperiaate on sama kuin siiviläammeessa mutta suodatusaika nopeutuu suuremman suodatuspinta-alan vuoksi. (Enari ja Mäkinen s.95)



## 4 KOEJÄRJETELYT

### 4.1 pH

#### 4.1.1 Näytteidenotto ja analysointi

Aluksi teimme näytteenotto suunnitelman, jonka mukaan päätimme kerätä valmistus eristä näytteet mäsäyksen alussa ja lopussa, vierteestä ennen keittoa ja vierteestä keiton jälkeen. Samoin valmiista tuotteesta otettiin näyte. Näyte otettiin pieneen muoviastiaan, jossa se jäähdytettiin jäävedessä reaktioiden keskeyttämiseksi. Näytteitä säilytettiin jäädetyttynä pakastimessa.

Näyteastiaan kirjattiin ylös päivämäärä, vaihe mistä näyte otettiin ja tuotteen nimi. Myös näytteenotto lämpötila kirjattiin ylös. Osan näytteistä keräsi panimon edustaja kun olin itse estynyt paikalle pääsystä. Näytteet sulatettiin mittauksia varten, ottamalla ne edellisenä päivänä jääkaappiin sulamaan. Näytteistä mitattiin pH digitaalisella mittarilla, jossa on lämpötilankorjaaja eli se huomioi näytteen lämpötilan vaikutuksen pH-arvoon. Mittari kalibroitiin ennen mittauksia kolmipistekalibroinnilla, kalibroitipisteinä oli pH 4, 7 ja 10.

#### 4.1.2 pH:n säätö

Ensin suoritettiin pienessä mittakaavassa koemäsäyksiä oikean säätökemikaalin löytämiseksi. Vaihtoehtoina säätökemikaaleiksi oli kalsiumsulfaatti  $\text{CaSO}_4$  ja maitohappo  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ . Aluksi mitattiin tarvittavat määrät lämmitettyä vettä ja maltaita, kolmeen eri pienmäsäykseen. Ensimmäinen oli normaali mäsäystä kuvaava eli siihen ei lisätty pH:ta alentavaa kemikaalia. Toiseen erään lisättiin maitohappoa ja kolmanteen kaliumsulfaattia. Kemikaaleja lisättiin niiden mukana tulleiden ohjeiden mukaan. Jokaisesta erästä mitattiin pH ensin noin minuutin kuluttua kemikaalien lisäämistä ja seuraavaksi noin puolen tunnin kuluttua lisäämisestä. Erät olivat vesihautteessa oikean lämpötilan ylläpitämiseksi (Kuva 1). Tämän perusteella valittiin kalsiumsulfaatti säätökemikaaliksi, koska sen tulos oli tasaisemmin pH:ta laskeva.



KUVA 1. Pienmäskäyksen koe-erät vesihautteessa (Kuva: Kati Ristiluoma 2015)

Vaalean oluen A2 valmistuksessa säädettiin pH:ta lisäämällä 1 g/l kalsiumsulfaattia mäskilitraa kohden, mäskäyksen alussa mäskäyskattilaan. Vaalea olut A valittiin pH-säädön kokeilu olueksi koska tiedettiin tuotantoaikataulusta että kyseistä olutta tullaan valmistamaan työn aikatauluun sopivasti ja sen valmistus on yleensä ongelmaton.

#### 4.2 Ominaisstiheys ja käymisaste

Panimolla mitataan ominaisstiheyttä oluen valmistuksen aikana sekä vierteen käymisen aikana säännöllisesti sekä refraktometrillä että hydrometrillä. Refraktometri mittaa nesteen taitekerrointa ja sen avulla määrittää sille skaalatun aineen pitoisuuden eli tässä tapauksessa sokerin. Sillä voidaan hyvin mitata oluen ominaisstiheyttä ennen käymistä, refraktometriä on helppo ja nopea käyttää prosessiolosuhteissa. Hydrometrin eli areometrin toiminta perustuu Arkhimedeeseen lakiin eli sen syrjäyttämään nestemäärään. Hydrometrillä tiheyttä mitattaessa pitää ottaa nesteen lämpötila huomioon.

Käymisaste A voidaan laskea ominaistiheyksien avulla seuraavasti yhtälöstä 2

$$A = \frac{OG-FG}{OG} \times 100 \quad (2)$$

jossa, OG on alkutiheys ja FG lopputiheys. (Goldammer, s.452)

### 4.3 Suodatus (vierteen erotus mäskestä)

Valmistetuista olut eristä kerättiin suodatusta koskevia tietoja ylös, suodatukseen kulunut aika, suodatuskakun paksuus ja käytetty mallasmäärä. Suodatuksesta laskettiin tummien ja vaaleiden oluiden suodatusaikojen aritmeettiset keskiarvot käyttämällä yhtälöä 3

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{\sum x}{n} \quad (3)$$

jossa,  $n$  on havaintojen lukumäärä. (Maol 2000 s.48)

Saadun vierteen keskimääräinen tilavuusvirtaus laskettiin käyttämällä yhtälöä 4

$$\dot{V} = \frac{V}{t} \quad (4)$$

jossa,  $V$  on saadun vierteen tilavuus litroina ja  $t$  suodatukseen kulunut aika sekunteina.

Vaalean oluen D2 valmistuksessa kokeiltiin normaalia isompaa määrää kuivaa mallasta, kun haluttiin tietää kuinka isompi mallas määrä vaikuttaa suodatusaikaan. Suodatuksen aikana seurattiin saadun suodoksen eli vierteen määrää ajan suhteen. Kuvassa 2 on suodatuskakku kyseisestä suodatuksesta. Suodatuksesta laskettiin Pearsonin korrelaatiokerroin, jolla voidaan osoittaa ovatko tekijät toisistaan kuinka lineaarisesti riippuvaisia.

Korrelaatiokerroin lasketaan alalla olevalla yhtälöllä 5

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum(y_i - \bar{y})^2}} \quad (5)$$

Jossa, r on korrelaatiokerroin R (Tekniikan kaavasto s.89)



KUVA 2. Suodatuskaku kuvattuna mäskin poistoluukusta. (Kuva. Kati Ristiluoma)

## 5 TULOKSET

### 5.1 pH

Tumma olut A valmistettiin 3.12.2014 ja tumma olut A2 valmistettiin 17.12.14. Niiden mäsikäykset suoritettiin kahdessa vaiheessa, joista talteen saadut vierteet yhdistettiin keittoa varten. Molemmista mäsikäyksistä otettiin erikseen näytteet. Kaikista näytteistä mitattiin pH 2.4.2015. Taulukossa 1 on esitettynä mitatut pH-arvot

TAULUKKO 1. Tumman oluen A mitatut pH-arvot.

Tumma olut A1	pH	Tumma olut A2	pH
Vesi	7,35	Mäskäys 1 alku	5,44
Mäskäys 1 alku	5,39	Mäskäys 1 loppu	5,31
Mäskäys 1 loppu	5,34	Mäskäys 2 alku	5,4
Mäskäys 2 alku	5,38	Mäskäys 2 loppu	5,32
Mäskäys 2 loppu	5,31	Vierre 1	5,64
Vierre 1+2	5,18	Vierre 2	5,2
keitto-käyminen	4,62	keitto-käyminen 1+2	4,36

Vaalea olut A1 valmistettiin 10.12.14, vaalea olut A2 valmistettiin 31.1.2015 ja vaalea olut A3 valmistettiin 15.2.2015. Kaikki näytteet analysoitiin 2.4.15. Taulukossa 2 on esitettynä mitatut pH-arvot. Mäsikäyksen pH:ta säädettiin oluiden A2 ja A3 valmistuksessa.

TAULUKKO 2. Vaalean oluen A mitatut pH-arvot.

Vaalea olut A1 (10.12.)		Vaalea olut A2 (31.1.)		Vaalea olut A3 (15.2.)	
Näyte	pH	Näyte	pH	Näyte	pH
Mäskäys alku	5,37	Mäskäys	5,49	Mäskäys alku	5,72
Mäskäys loppu	5,36	Vierre	5,26	Mäskäys loppu	5,52
vierre	5,2	Keitto	4,96	Vierre	5,3
keitto-käyminen	4,85	Jälkikäyminen 25.2.15	4,18	Keiton jälkeen	5,13
käyminen 17.12.	4,36	Pullosta 2.4.15	4,06	Käyminen 25.2.15	4,3
pullotus 4.2.	4,5			Pullosta 2.4.15	4,06

Vaalea olut B1 valmistettiin 3.1.2015 ja vaalea olut B2 valmistettiin 11.2.2015. Näytteistä mitattiin pääosin 2.4.2015, muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Poikkeuksien kohdalle on merkitty mittaus päivämäärät taulukkoon 3, jossa on esitettyinä mitatut pH-arvot.

TAULUKKO 3. Vaalean oluen B mitatut pH-arvot.

Vaalea olut B1	pH	Vaalea olut B2	pH
Mäskäys	5,81	Mäski	5,66
Vierre	5,59	Vierre	5,44
Keitto	5,29	Keiton jälkeen	5,28
Käyminen 7.1.15	4,33	Käyminen 25.2.15	4,1
Pullosta	3,65	Pullosta 2.4.15	4,1

Vaalea olut C1 valmistettiin 7.1.2015 ja vaalea olut C2 valmistettiin 25.2.2015. Näytteet analysoitiin 2.4.15, mittauksista saadut pH-arvot on esitetty taulukossa 4.

TAULUKKO 4. Vaalean oluen C mitatut pH-arvot.

Vaalea olut C1	pH	Vaalea olut C2	pH
Mäskäys alku	5,59	Mäskäys 1	5,53
Mäskäys loppu	5,54	Mäskäys 2	5,41
Vierre	5,31	Vierre	5,38
Keitto	4,94	Keiton jälkeen	4,96
		Käyminen 2.4.15	4,11

Vaalea olut D1 valmistettiin 28.1.2015 ja vaalea olut D2 valmistettiin 25.2.2015, molempien erien näytteet analysoitiin 2.4.2015. Taulukossa 5 on esitettyinä mitatut pH-arvot.

TAULUKKO 5. Vaalean oluen D mitatut pH-arvot.

Vaalea olut D1	pH	Vaalea olut D2	pH
Mäskäys	5,45	Mäskäys alku	5,66
Vierre	5,2	Mäskäys loppu	5,55
Keitto	5	Vierre	5,41
Käyminen 25.2.15	4,33	Keiton jälkeen	5,11

## 5.2 Käymisaste

Oluiden käymisasteet laskettiin ominaistiheyksin perusteella yhtälön 2 avulla. Ominais-  
tiheydet ovat nähtävissä liitteessä 1. Lasketut käymisasteet ovat esitetty taulukossa 6.

TAULUKKO 6. Oluiden käymisasteet.

Olut	Käymisaste
Tumma olut A1	6,30
Vaalea olut A1	3,26
Tumma olut A2	6,39
Vaalea olut B1	3,64
Vaalea olut C1	3,99
Vaalea olut D1	3,81
Vaalea olut A2	3,16
Vaalea olut B2	3,26
Vaalea olut A3	3,07

## 5.3 Suodatus

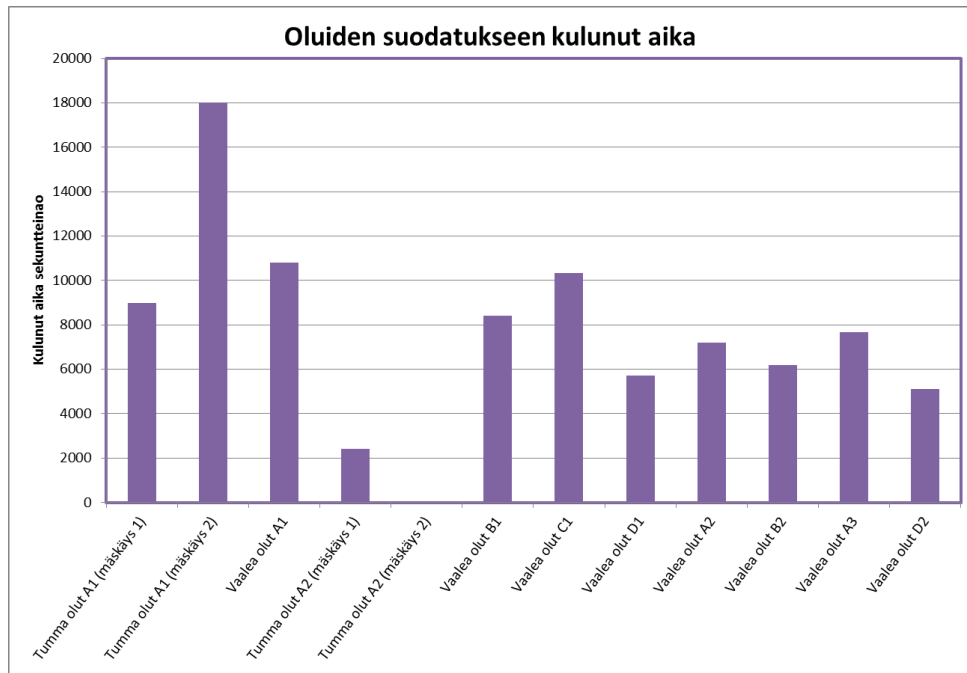
Taulukossa 7 on esitettynä eri oluiden suodatukseen kulunut aika sekunteina, muodostuneen suodatuskakun paksuus metreinä, käytetty kuiva mallasmäärä kilogrammoina, suodatuksesta saatu vierre litroina ja saadun vierteen keskimääräinen tilavuusvirta litroina sekuntia kohden, joka laskettiin yhtälön 4 mukaan. Kaikista olut eristä ei ole kaikkia tietoa, johtuen etten itse päässyt kaikkien oluiden valmistusprosesseihin mukaan aikataulu päällekkäisyyksien vuoksi. Koska tumman oluen A2 toisen mäsäyserän suodatus oli ongelmallinen, niin siitä johtuen vierteen keitto siirtyi seuraavaan päivään ja päätettiin kyseisen suodatuksen tiedot jättää huomioimatta.

TAULUKKO 7. Oluiden suodatustietoja

Olut	Suodatusaika (s)	Kakunpaksuus (m)	Mallasmäärä (kg)	Saatu vierre (l)	Tilavuusvieta (l/s)
Tumma olut A1 (mäskäys 1)	9000		323		
Tumma olut A1 (mäskäys 2)	18000		323		
Vaalea olut A1	10800	0,225	328	2200	0,2
Tumma olut A2 (mäskäys 1)	2400	0,275	323	1025	
Tumma olut A2 (mäskäys 2)		0,275	323	1100	
Vaalea olut B1	8400		358	2150	0,26
Vaalea olut C1	10320	0,245	364	1950	0,19
Vaalea olut D1	5700	0,315	448	2150	0,38
Vaalea olut A2	7200		329,1	2100	0,29
Vaalea olut B2	6180		358	2150	0,35
Vaalea olut A3	7680		329	2100	0,27
Vaalea olut D2	5100	0,35	499,9	2200	0,43

Taulukon 12 tiedoista laskettiin tummien ja vaaleiden oluiden suodatusaikojen keskiarvot yhtälön 1 mukaan. Tummiin oluiden suodatusajan keskiarvo oli 9800 sekuntia ja vaaleiden oluiden 7672,5 sekuntia.

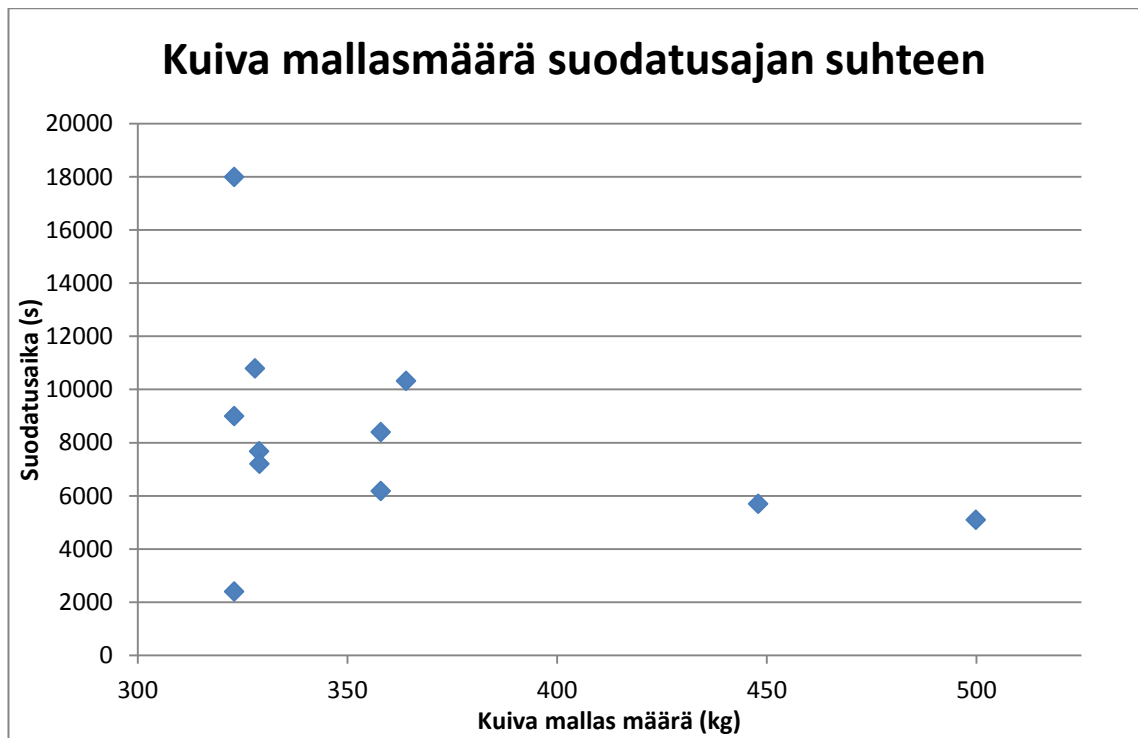
Kaaviossa 1 on esitetty eri olut laatuja suodatusajat. Kaaviosta on selvästi huomattavissa että tummiin oluiden suodatusaika on pidempi kuin vaaleiden.



KAAVIO 1. Oluiden suodatukseen kulunut aika.

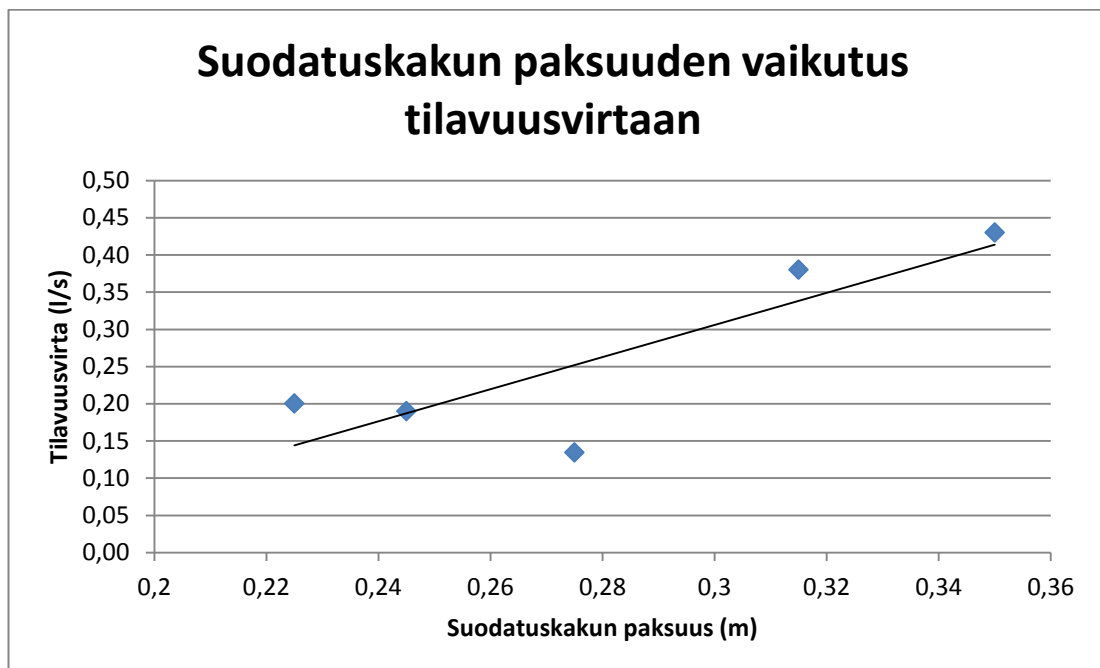
Kaaviossa 2 on esitetty kuivan mallasmäärän vaikutus suodatusaikaan. Kaaviosta on luettavissa että mallasmäärällä ei ole suoraan vaikutusta suodatusnopeuteen mutta kun kuivan maltaan määrä ylittää 400 kg näyttää suodatusaika laskevan vaaleilla oluilla.





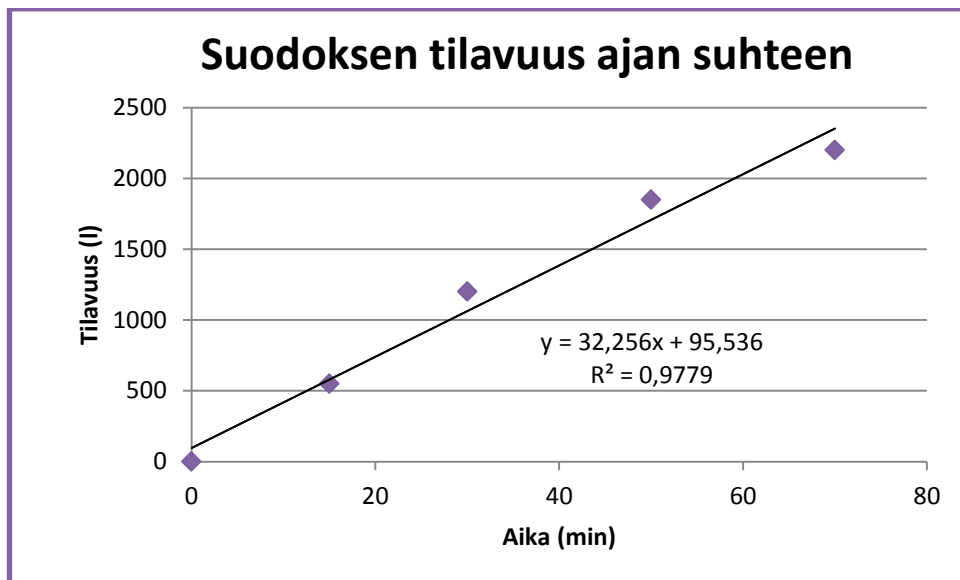
KAAVIO 2. Kuiva mallasmäärä kuvattuna suodatusajan suhteen.

Kaaviossa 3 on esitetty suodatuskakun paksuuden vaikutus vierteen tilavuusvirtaan. Molemmat tiedot olivat vain viidestä oluen valmistuksesta mutta niistä on selvästi nähtävissä että paksummalla suodatuskakulla suodatus on positiivinen vaikutus tilavuusvirtaan.



KAAVIO 3. Suodatuskakun paksuuden vaikutus tilavuusvirtaan.

Kaaviossa 4 on esitettyä vaalean oluen D2 saadun vierteen eli suodoksen tilavuus suodatusajan suhteen. Suodatusvastus näyttää pysyvän melkein muuttumattomana koko suodatuksen ajan. Korrelaatiokerroin kaavio 4:ssä olevalle lineaariselle viivalle laskettiin yhtälön 5 avulla, kaaviossa on kyseinen kerroin  $R = 0,9779$  esillä, ja sen arvo on lähellä 1:tä joka kertoo siitä että nämä kaksi muuttujaa ovat riippuvaisia toisistaan.



KAAVIO 4. Saadun vierteen tilavuus suodatusajan suhteen.

## 6 POHDINTA

Mäskäyksen pH:n säätö ei onnistunut täysin halutulla tavalla, mäskäyksen pH ei laskeutunut mittausten mukaan tavoite pH arvoon eli 5,2- 5,4. Mutta itse lopputuotteen pH kuitenkin laski lähemmäs neljää. Mäskäyksen alemmalla pH arvolla maltaan tärkkelyksen sokeroitumisaika lyhenee, joten käymiskelpoisia sokereita on saadussa vierteessä enemmän. Käymisaste ei kuitenkaan laskelmien mukaan noussut, vaikka vierteen soke-ripitoisuuden nousun myötä alkoholiksi käyviä sokereita olisi pitänyt olla enemmän ja tämän olisi pitänyt nostaa käymisastetta. Syitä tähän voi olla monia, osa näytteistä saattoi jatkaa reagointia jäädytyksestä huolimatta ja vaikuttaa näytteen pH arvoon. Toisaalta pakastaminen ja jäädytys voivat myös vaikuttaa näytteessä olevien yhdisteiden olomuotoon esim. saostamalla niitä ja näin vaikuttaen pH:n. Tämä yritettiin ottaa huomioon kun näytteet lämmitettiin ja sekoitettiin ennen pH:n mittausta. Säätökemikaalin eli kalsiumsulfaatin annostus tehtiin valmistajan ohjeen mukaan ja vaikka sitä hieman testattiin pienoismäskäyksessä, niin ehkä annostus ei ollut tarvittava koska mäskäyksen pH ei laskenut.

Tarkasteltaessa vierteen suodatusta mäskistä, huomattiin että tummien oluiden suodatusaika on pidempi kuin vaaleiden. Poikkeuksen tästä teki tumman oluen A2 mäskäyksen 1 suodatus, joka oli poikkeuksellisen nopea verrattuna jopa vaaleisiin oluihin, mikä aiheuttaa epäilyä siitä että suodatuksessa on tapahtunut jonkinlaista ohivirtausta siivilän ohitse. Tummien oluiden suodatus on hankalampaa, koska tummissa maltaissa ei ole yhtä paljon maltaan kuorta mukana kuin vaaleiden oluiden maltaissa. Päähuomio tarkastelussa kuitenkin oli että suurempi mallasmäärä ja paksumpi suodatuskaku vaikuttavat positiivisesti suodatusaikaan. Suurempi mallasmäärä mahdollistaa paksumman kuori-kerroksen muodostumisen siivilän päälle, joka estää sen tukkeutumista. Eli paksumman suodatuskakun koostumus on parempi suodatuksen kannalta, tämä edes auttaa myös pienempien hiukkasten jäämistä kakuun eli suodoksen laatu myös paranee.

Koska pH:n säädöllä on suuri vaikutus oluen laatuun, sen säätö mäskäyksessä on suositeltavaa. Jatkossa voisi olla mielenkiintoista tarkastella säätökemikaalin annostuksen vaikutusta pH:n samoin kuin eri säätökemikaalin käytön vaikutusta. Suodatuksessa voisi kokeilla suurempia mallasmääriä myös tummien oluiden valmistuksessa, vaikuttaisiko maltaan määrän lisääminen myönteisesti niiden suodatusaikoihin, kuten se vaikutti vaalean oluen suodatukseen.

## LÄHTEET

Aittomäki, E., Eerikäinen T., Leisola M., Ojamo H., Suominen I. & von Meymarn N. 2002. Bioprosessiteknikka. 1. painos. Porvoo, WSOY.

Bamforth C. 2003. Beer Tap Into the Science of Brewing. 2. painos. New York: Oxford University Press, Inc.

Bamforth C. 2006. Scientific Principles of Malting and Brewing. painos. St Paul, Minnesota: American Society of Brewing Chemists.

Barth, R. 2013. Chemistry of Beer, The Science in the Suds. 1. painos. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Briggs D., Boulton C., Brookes P. & Stevens R. Brewing: Science and Practice. 2004. 1.painos. Cambridge, England: Woodhead Publishing Limited.

Enari T.M. & Mäkinen V. 1993. Panimotekniikka. 2.painos.Espoo: Panimolaboratorio Oy.

Goldammer T. 2008. The Brewer's Handbook. 2. painos. Clifton, Virginia: Apex Publishers.

Mäkelä M., Soininen L., Tuomola S. & Öistämö J. Tekniikan kaavasto. 2008. 6. painos. Hämeenlinna: Karisto kirjapaino Oy.

Palmer J & Prozinski P. 1995. Fluid Dynamics – A Simply Key to the Mastery of Efficient Lautering. Brewing Techniques. Republished July/August 1995 issue. [Verkkojulkaisu, tallennettu 2.2.2015]

Pihkala, J. 2005 Prosessiteknikan yksikköprosessit. 3. painos. Helsinki: hakapaino Oy

Saarela A.M., Hyvönen P., Määttä S. & von Wright A. 2010. Elintarvikeprosessit. 3. painos. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulu.

Seppänen R., Tiihonen S., Wuolijoki H., Kervinen M., Smolander J., Haavisto A., Karkela L. & Varho K. 2000. MAOL-taulukot. 1.-2. uudistettu painos. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy

Valvira. Alkoholipitoisuuden ilmoittaminen pakkausmerkinnöissä. 8.2.2005. Dnro 71/43/2005

**LIITTEET**

## Liite 1. Oluiden ominaistiheydet käymisen aikana.

Tumma olut A1		Vaalea olut A1		Tumma olut A2	
Päivämäärä	Ominastiheys	Päivämäärä	Ominastiheys	Päivämäärä	Ominastiheys
3.12.2014	1096	10.12.2014	1042	18.12.2014	1096
5.12.2014	1082	11.12.2014	1040	20.12.2014	1060
6.12.2014	1052	12.12.2014	1030	21.12.2014	1040
7.12.2014	1030	13.12.2014	1014	23.12.2014	1026
12.12.2014	1027	16.12.2014	1012		
		6.1.2015	1008		
Vaalea olut B1		Vaalea olut C1		Vaalea olut D1	
Päivämäärä	Ominastiheys	Päivämäärä	Ominastiheys	Päivämäärä	Ominastiheys
3.1.2015	1044	7.1.2015	1052	28.1.2015	1051
4.1.2015	1032	8.1.2015	1050	30.1.2015	1030
5.1.2015	1025	10.1.2015	1040	31.1.2015	1022
6.1.2015	1018	12.1.2015	1024	2.2.2015	1011
7.1.2015	1012	13.1.2015	1020	5.2.2015	1011
17.2.2015	1006	14.1.2015	1014		
		24.1.2015	1010		
Vaalea olut A2		Vaalea olut B2		Vaalea olut A3	
Päivämäärä	Ominastiheys	Päivämäärä	Ominastiheys	Päivämäärä	Ominastiheys
31.1.2015	1043	11.2.2015	1044	15.2.2015	1044
2.2.2015	1020	13.2.2015	1014	16.2.2015	1038
3.2.2015	1014	15.2.2015	1010	17.2.2015	1026
5.2.2015	1010	17.2.2015	1010	21.2.2015	1012