



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2017 30 stp
Fakultet for Kjemi, Bioteknologi og Matvitenskap

Brygging med egenmaltet norskdyrket bygg

Malting and brewing with barley cultivated in
Norway

Niels N. Le Bozec
Matvitenskap – Matvaretrygghet, kvalitet og hygiene

Forord

Denne oppgaven ble skrevet som avsluttende del av en mastergrad i Matvitenskap (matvaretrygghet, kvalitet og hygiene), Fakultet for Kjemi, Bioteknologi og Matvitenskap, NMBU våren 2017.

Jeg vil med dette rette en stor takk til førsteamanuensis og hovedveileder Trude Wicklund for kjempegod hjelp under dette hektiske semesteret, samt seniorrådgiver og medveileder Elisabeth Fjærvoll Olsen, ved NMBU

Jeg ønsker også å takke May Helene Aalberg, Ahmed Abdelghani, Kari Olsen og Reidar Schüller for god hjelp med analysene foretatt på laboratoriet ved NMBU. I tillegg vil jeg takke alle som var med og deltok på de sensoriske analysene av bryggene mine.

Ås, mai 2017.

Niels Le Bozec

Sammendrag

Økende etterspørsel etter norske råvarer og etablering av flere mikrobryggerier her til lands de siste årene har ført til at utviklingen av et helnorsk øl var eneste veien å gå. I dag blir det hovedsakelig benyttet importmalt for produksjon av øl, da malt til kommersiell bruk i Norge lenge har vært avtagende. Det jobbes derfor med å gjeninnføre maltingskunnskapen før den forsvinner. Veien fra bygg til øl er en omstendelig prosess, og et håndverk som krever kunnskap om råvare, forskjellige prosesser og mikrobiologi.

Formålet med oppgaven var å se hvordan to norske byggsorter, fra Domen og Varde, egnet seg til malting og brygging. Det ble samtidig sett på innholdet av β -glukan i bygg, malt og vørter og for å se hvordan maltingsprosessen påvirket degraderingen av denne under spiring, mesking samt se hvordan den påvirker ferdig øl.

Til produksjon av øl i denne oppgaven ble de norske byggsortene maltet i tre omganger som Pale Ale malt i et mikromaltingsanlegg fra «Custom Laboratory Products» ved NMBU, samt at det ble benyttet en innkjøpt Pilsner malt fra Weyermann, Tyskland. Det ble hovedsakelig benyttet analysemetoder etter «European Brewery Convention» (EBC) -standarder til kartlegging av bygg, malt, vørter og øl kvalitet, hvor kun de viktigste analyseparametere ble valgt ut.

Det ble funnet signifikante forskjeller mellom maltsortene, i 6 av 15 parametere. Protein- og ekstraktinnhold som er to viktige parametere når det gjelder maltkvalitet ble hos alle maltsortene funnet å være innenfor akseptabel verdi. Signifikante forskjeller ble funnet mellom proteinnhold, men ikke ekstraktinnhold. Analysene viste proteinnhold i samtlige maltsorter fra 8,67 til 10,52 % (med ønsket verdi maksimum 10,6%), og ekstraktinnhold fra 77,6 til 83,7 % (med en ønskelig verdi 77-83 %). Når det gjelder maltingsrundene ble det kun funnet signifikant forskjell i 1 av 16 parametere (maltingstap), hvor maltingstapet i maltingsrunde 2 ble signifikant høyere enn -runde 1 og 3. Høyt β -glukan-innhold, høy forsukringstid hos Domen og Varde tyder på lav modifieringsgrad. Høyt β -glukan-innhold er videre en faktor som kan påvirke viskositet, filtrering samt uklarhet i ferdig øl, noe som gjenspeiles i resultatene. Selv om ferdig malt fra Domen og Varde ble funnet å være ujevne i modifieringsgraden, kom Varde best ut blant disse to.

Bryggeprosessen besto av å produsere 6 brygg fra hver av de tre maltsortene (Domen, Varde, Weyermann), som inkluderte tre gjentak og to forskjellige gjærtyper (Belle Saison og Safale 05), som til sammen ble til 18 brygg. Brygging med Varde og Domen førte til lavt ekstraktutbytte, som skyldes modifieringsgraden i det benyttede maltet og mesketemperatur benyttet.

Ølanalyser av samtlige brygg viser signifikante forskjeller i 9 av 9 parametere, hvor faktorene «Gjærtype», «Maltsort», «Tilsatt humlemengde» og «Gjær:Malt» førte til signifikante forskjeller når det gjelder «Uklarhet», «CO₂», «Alkoholprosent», «Farge», «pH»,

«tilsynelatende fermenteringsgrad» og «skumdannelse».

Det ble utført sensoriske analyser i form av preferansetest, deskriptiv analyse og triangeltest. Preferansetest viste signifikant høyere preferanse for Weyermann-bryggene. Deskriptiv analyse viste smaksmessig at Weyermann Saison og Safale hadde signifikant høyere fruktighet, mens Domen og Varde ble funnet til å ha signifikant høyere «Maltsmak», «Gjærsmak», «Bitterhet», og «Bismak». Analyse av flyktige komponenter i «Headspace Gas Chromatography» viste høyere konsentrasjoner av estere og høyere alkoholer i samtlige øl fermentert med Saison-gjær.

Statistikk ble utarbeidet med dataprogrammer som «Minitab Express» for samhandlingsplot og biplot, «Excel 2017» for korrelasjon- og regresjonsanalyse og «R» til variansanalyse.

Abstract

An increase in demand for Norwegian raw materials, together with the establishment of several microbreweries in recent time, has led to the inevitable development of a completely Norwegian beer. Today, mainly imported malt is used in the production of beer due to the gradual decrease of commercial malting barley available in Norway. A reintroduction of knowledge about malting is therefore necessary, or the craft may disappear. The path from barley to finished beer is complicated, and a craft that requires knowledge about the raw materials, microbiology and the different processes involved.

The purpose of this study was to see how suitable two Norwegian barley varieties from Dømen and Varde were for malting and brewing. The content of β -glucans in barley, malt and wort was also studied to assess how the malting process affected it through degradation during germination and mashing, and how it affected the quality of the final product.

The malts used for the brewing process were two Norwegian barleys that were malted three different rounds as Pale Ale malt in a Micromaltings from "Custom Laboratory Products" at NMBU, along with a Pilsner malt from Weyermann, Germany. The methods used for surveying the quality of the barley, malt, wort and beer were made with analytical "European Brewery Convention" (EBC) standards, where only the most important parameters were selected.

Analysis showed significant differences between the malt types, in 6 of the 15 parameters. Protein and extract yield, which are key parameters regarding malt quality, were found to be within acceptable values in each of the malt varieties. Significant differences were found regarding the protein content but not the extract yield. The analysis revealed a protein content ranging from 8,67 to 10,52 % (acceptable maximum value 10,6 %), and extract yield ranging from 77,6 to 83,7 % (acceptable values between 77-83%). Concerning the malting rounds "malting loss" was the only one of the 16 parameters with a significant difference, where the loss was higher during malting round nr. 2, than round 1 and 3. High β -glucan content together with high saccharification time between Dømen and Varde suggests low degree of modification. High β -glucan contents is a factor affecting which may affect viscosity, filtration and haze formation in the finished beer product, which is reflected in the results. Even though the malts from Dømen and Varde were found to have an uneven degree of modification, the latter of the two showed the best results.

The brewing process consisted of producing 6 brews from each the three malts (Dømen, Varde and Weyermann), including three replicates and two different yeast strains (Belle Saison and Safale 05), which resulted for 18 brews in total. Brewing with Varde and Dømen produced a lower yield, which was mainly caused by a lower modification in the utilized malt and mashing with a permanent temperature.

The beer analysis showed significant differences in 17 out of 17 parameters. "Yeast", "Malt variety", "quantity of added hop", and combination of "Yeast:Malt" were the main factors

for differences in “Haze”, “CO₂”, “Alcohol content”, “Colour”, “pH”, “Degree of attenuation” (ADF), and “foam formation”.

Sensory analysis was carried out in the form of a preference test, a descriptive analysis and two triangle tests. The preference test showed a significantly higher preference for the brews with Weyermann malt. Descriptive analyses show Weyermann Saison and Safale to be significantly more fruity of the three, while Domen and Varde were found to have significantly higher “Malt flavor”, “Yeast flavor” and “Bitterhet” “After-taste”. Analysis with “Headspace Gas Chromatography” showed a higher concentration of esters and higher alcohols in each beer fermented with Saison yeast.

Statistics were done with computer programs such as “Minitab express” for interaction plots and biplots, Excel 2017 for correlation and regression analysis and “R” for variance analysis.

Innholdsfortegnelse

1.0 Innledning.....	1
2.0 Teori.....	2
2.1 Teori bygg.....	2
2.1.1 Bygg.....	2
2.1.2 Stivelse.....	3
2.1.3 Hemi-cellulose.....	4
2.1.4 Protein- og nitrogeninnhold.....	5
2.1.5 Domen- og Varde-bygg.....	5
2.2 Teori malt.....	6
2.2.1 Malt.....	6
2.2.2 Maltingsprosess.....	6
2.2.3 Støpning.....	7
2.2.4 Spiring.....	7
2.2.5 Kjølling.....	8
2.2.6 Maltningstap.....	8
2.2.7 Maltspesifikasjoner (Pale Ale malt – Lager malt og Pilsner malt).....	9
2.2.8 Spezialmalt.....	9
2.3 Teori vørter.....	10
2.3.1 Viskositet.....	10
2.3.2 Forsukringsgrad.....	10
2.3.3 Løselig nitrogen og protein i vørter.....	10
2.3.4 Vørterfarge.....	11
2.3.5 Specific Gravity – Plato°.....	11
2.3.6 Utbytte vørter.....	11
2.4 Teori brygging.....	12
2.4.1 Ølbrygging.....	12
2.4.2 Kverning av maltet.....	12
2.4.3 Mesking.....	12
2.4.5 Separering av malt og ekstrakt.....	13
2.4.6 Vørterkoking.....	13
2.4.7 Humletilsetning.....	14
2.4.8 Nedlkøling.....	14

2.4.9 Primærfermentering – Tilsetning av gjær	15
2.4.10 Sekundærfermentering – Karbonering og modning	16
2.4.11 Filtrering	16
2.4.12 Tapping	16
2.4.13 Kontaminering mikroorganismer	17
2.5 Teori øl.....	18
2.5.1 Flyktige/ikke-flyktige smakskomponenter	18
2.5.2 Sensorikk	21
2.5.3 Sensoriske analyser	21
2.5.4 Anton Paar Alcolyzer	22
2.5.5 Skumdannelse	25
2.5.6 International Bitterness Unit.....	26
3.0 Material og metoder	27
3.1 Støpning, spiring og kjølling	29
3.1.1 Støpning- og spireprogram.....	29
3.1.2 Kjølleprogram	30
3.2 Brygging.....	31
3.2.1 Bryggemetode	32
3.3 Analyser bygg, malt, vørter	34
3.3.1 β -glukan.....	34
3.3.2 Spireevne	38
3.3.3 Vanninnhold bygg og malt.....	39
3.3.4 Proteininnhold bygg og malt	39
3.3.6 Malingstap.....	40
3.3.7 Friabilitet og umodifiserte korn.....	41
3.4 Analyser av vørter	41
3.4.1 Kongressmeske.....	41
3.4.2 Vørterfarge	43
3.4.3 Løselig nitrogen	43
3.4.5 Ekstraktutbytte under brygging	44
3.4.6 Viskositetsmåling.....	44
3.5 Analysemetoder øl	45
3.5.1 Anton Paar Alcolyzer	45
3.5.2 Sensoriske analyser	45
3.5.3 Headspace Gas Chromatography	46
3.5.4 Skumdannelse	48

3.5.5 International Bitterness Unit (IBU).....	48
3.5.5.1 IBU ved spektrofotometrisk metode (EBC-metode 9.8)	48
3.5.6 Statistikk	49
4.0 Resultater	50
4.1 Analyser bygg	50
4.2 Analyser malt.....	50
4.3 Analyser vørter	52
4.4 β -glukan-analyser (bygg – malt - vørter)	53
4.5 Analyser øl	54
4.5.1 Oversikt (Malt, gjær, humleinnhold, IBU)	54
4.5.2 Ekstraktutbytte	55
4.5.3 Anton Paar Alcozyler	56
4.5.4 Skumdannelse	57
4.5.5 Flyktige komponenter analysert i Headspace Gas Chromatography	58
4.5.6 Sensoriske analyser	60
4.6 Statistikk	65
4.6.1 Enveis variansanalyse malt og vørterprøver og Tukeytest.....	65
4.6.2 Toveis variansanalyse ølprøver og sensorikk	66
4.6.3 Samhandlingsplot malt- og vørteranalyser Domen, Varde og Weyermann	68
4.6.4 Samhandlingsplot ølanalyser.....	70
4.6.5 Regresjon malt/vørter	71
4.6.6 Regresjon øl.....	73
4.6.7 Korrelasjon	75
5.0 Diskusjon.....	76
5.1 Bygg-, malt-, vørter-analyser.....	76
5.1.1 Spirevne	76
5.1.2 Protein bygg og malt	76
5.1.3 Vanninnhold bygg og malt.....	76
5.1.4 β -glukan bygg, malt og vørter	77
5.1.5 Løselig nitrogen & løselig nitrogen forhold (LNF).....	78
5.1.6 Friabilitet	78
5.1.7 Umodifiserte korn	78
5.1.8 Maltningstap.....	79
5.1.9 Ekstraktinnhold.....	79
5.1.10 Vørterfarge	80
5.1.11 Forsukringstid	80

5.1.12 Filtreringshastighet.....	80
5.1.13 Viskositet	81
5.1.14 Lukt.....	81
5.2 Maltingsrunder og maltingsprosess	82
5.2.1 Støpning.....	82
5.2.2 Spiring.....	82
5.2.3 Kjølleprogram	82
5.3 Ølanalyser.....	83
5.3.1 Ekstraktutbytte	83
5.3.2 Anton Paar Alcozyler	84
5.3.3 Skumdannelse	86
5.3.4 Internation Bitterness Unit (IBU).....	87
5.4.5 Flyktige komponenter – Headspace Gas Chromatography.....	88
5.3.6 Sensoriske analyser	90
5.4 Bryggeprosess.....	93
5.4.1 Mesking	94
5.4.2 Separering av malt og ekstrakt.....	94
5.4.3 Vørterkoking/humleinnhold.....	94
5.4.4 Fermentering.....	95
5.4.5 Karbonering/Modning.....	95
6.0 Konklusjon	96
7.0 Referanser	97
Vedlegg 1	1
Vedlegg 2	2
Vedlegg 3	3
Vedlegg 4	4
Vedlegg 5	5
Vedlegg 6	6
Vedlegg 7	7
Vedlegg 8	8
Vedlegg 9	9
Vedlegg 10.....	10
Vedlegg 11.....	11
Vedlegg 12.....	12

1.0 Innledning

Denne masteroppgaven er basert på et samarbeid mellom Norges miljø- og biovitenskapelige universitet og «Norsk institutt for Bioøkonomi» (NIBIO) for å undersøke egenskapene fra norsk bygg til ferdig øl. NIBIO startet allerede i 2013 et samarbeid med blant annet Nøgne Ø, Norsk hjemmebryggeriforening, 3 bryggerier samt 12 mikrobryggerier, på et prosjekt kalt «Norsk malt, humle og urter – smaken av norsk øl», med mål om å samle gammel og ny kunnskap om råvarer for produksjon av norsk øl. Med tanke på at malting til kommersiell bruk i Norge tok slutt på 80-tallet, med unntak av noen miljøer i Trøndelag og Vestlandet, er dette prosjektet bevisst på å gjeninnføre kunnskapen slik at den ikke forsvinner. Siden kunnskapen om norske råvarer er liten, har det vært vanlig for små og store aktører å benytte seg av importerte råvarer til øl (malt, humle- og smakstilsetninger), slik at økt kunnskap om dyrking og malteegenskaper til norske korn er nødvendig. (Sundgren et al. u.å.)

Siden kunnskapen om norske råvarer er lav, har det ikke vært vanlig for norske bryggerier å benytte seg av det. Målet med oppgaven var derfor å undersøke maltingsegenskapene til norsk bygg, og hvordan dette påvirker egenskapene fra bygg til ferdig øl. NIBIO bidro med to norske byggtypen til denne oppgaven; «Domen» og «Varde», som ble maltet på mikromaltingsanlegget ved NMBU. Disse ble analysert etter EBC (European Brewery Convention) -standard og sammenlignet med «Weyermann», som er importert malt fra Tyskland. Det importerte malt ble benyttet for å sammenligne kvaliteten til de egenmalte sortene. Videre har oppgaven sett på innholdet av β -glukan i bygget fra Domen og Varde, og undersøkt hvordan degraderingen under malting og mesking påvirker ferdig produkt.

Det ble under oppgaven tatt i bruk en grunnleggende bryggemetode ved produksjon av øl med alle tre maltsorter, som ble fermentert med to forskjellige typer gjær (Belle Saison og Safale 05). Bryggingen ble utført med tre gjentak av tre maltsorter – med to gjærtyper, som ble til 18 ulike brygg.

Flere sensoriske analyser av de forskjellige bryggene ble utført for å se om malt eller gjær har størst innvirkning på ferdig produkt.

I denne oppgaven har vi prøvd å belyse kvaliteten på norsk malt, som videre kan sørge for en innovasjon - nyskapning blant norske bryggere og bidra til en bevisstgjøring om at norsk malt kan være like konkurransedyktig som importmalt når det gjelder kvalitet og smak.

2.0 Teori

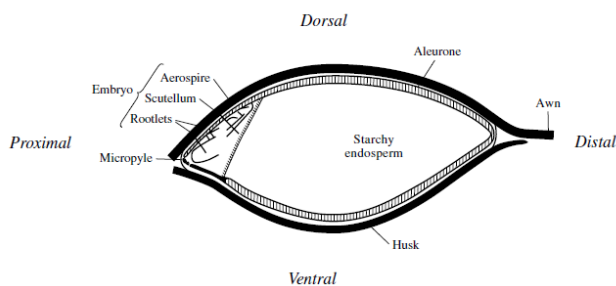


2.1 Teori bygg

2.1.1 Bygg

Bygg (*Hordeum vulgare*) er et kornslag i gressfamilien (*Gramineae*) som benyttes mye til malting, og samtidig en av hovedingrediensene under ølbrygging. Noe av grunnen skyldes et høyt innhold av stivelse og protein, samt et ytre skall som gjør det motstandsdyktig mot

bakterier og sykdommer. Bygg tilfører i hovedsak stivelsesekstrakter som er nødvendig for gjæren under fermentering, og man ønsker derfor å kultivere byggvarianter med høyt ekstraktinnhold. (Kunze, 2004).



Figur 2.1 viser oppbyggingen av byggkornet. (Bamforth, 2003)

Det finnes to typer bygg; vår- og vinterbygg,

som henholdsvis blir sådd i september og mars/april. I tillegg finnes det to undervarianter, blant disse to-radsbygg og seks-radsbygg (se figur 2.2) (Kunze, 2004).

To-radsbygg har et aks med to rader korn, som er store fyldige korn med tynt og ruglete skall. I tillegg til å ha et høyt ekstraktinnhold, har denne varianten korn som er ganske uniforme i størrelse og inneholder lite polyfenoler og bitterhetssubstanser. (Kunze, 2004).

Hos seks-radsbygg vokser bunter på tre og tre korn på hver side aksstilken, noe som gjør det trangt og fører til at de må vri seg rundt for å få plass (Bamforth, 2003). Dette fører til at seks-radsbygg produserer korn med mer ujevn størrelse (Kunze,



Figur 2.2 viser torads-bygg til venstre og seksrads-bygg til høyre. (McFarland et al, 2014.)

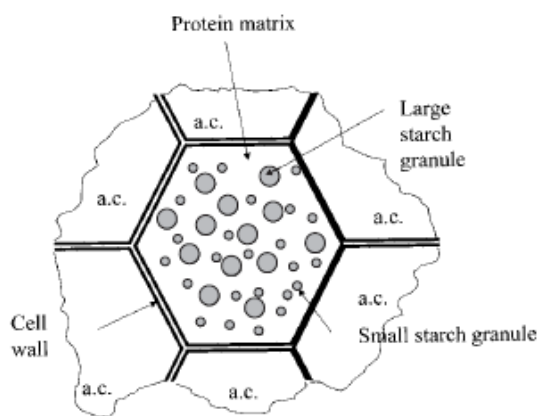
2004). Ifølge Bamforth (2003) har seks-radsbygg høyere andel av celleveggmateriale i endospermen, som er kjent for å skape problemer under brygging, selv om denne har høyere andel enzymer (Bamforth, 2003). I motsetning til Bamforth har en studie utført av Lethonen og Aikasalo (1987) funnet at genotyper av to-radsbygg har høyere innhold av β -glukan enn seks-radsbygg.

Utbyttet hos vinterbygg er høyere enn vårbygg, noe som skyldes at vårbygg har mindre dager å vokse på (150 mot 300 dager). Vinterbygg er derfor vanligere å produsere. (Kunze, 2004). Med tanke på at det i Norge er kortere veksttid, vil det likevel være vanskelig å produsere annet enn vårbygg, men en veksttid på 80 dager (Skilbrigt, 2016)

Til malting og brygging er to-radsvårbygg den mest egnede, da det har blitt gjort mange forsøk på å forbedre brygge kvaliteten i over hundre år (Kunze, 2004).

Ifølge Kunze (2004) er det flere nødvendige kriterier for dyrking av nye byggsorter til ølproduksjon. Disse innebærer:

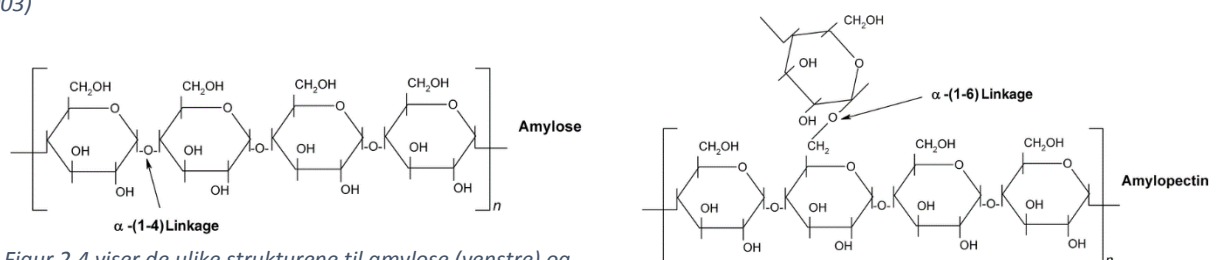
- Motstandsdyktig mot sykdom/pest
- Sterke og korte strå
- Høy evne til å ta opp næring
- Høyt kornutbytte
- Lavt nitrogeninnhold
- Høy spireevne
- Høye modifiseringsegenskaper
- Høyt potensial til å danne enzymer
- Høyt vannopptak og lav vannsensitivitet
- Høyt ekstraktutbytte under malting. (Kunze, 2004).



Figur 2.3 viser den stivelsrike endospermen i bygg. Stivelsen er omringet av cellevegg (i svart) og består av små og store granuler i en proteinmatrise. (Bamforth, 2003)

2.1.2 Stivelse

For malterne er innholdet av stivelse viktigst da dette vil være det fermenterte materialet som blir til øl. Innholdet av stivelse består av store og små granuler (amyloplast) innpakket inn i en matrise av proteiner (Bamforth, 2003). Stivelse er den viktigste bestanddelen i bygg og utgjør mellom 50 og 65 % av bygget. Granulene består av opptil 5 % lipider og 0,5 % protein, og består av to forskjellige strukturer: Amylose og amylopektin, vist i figur 2.4. (Kunze, 2004). Disse er bygd opp av glukose og er ulike i struktur,



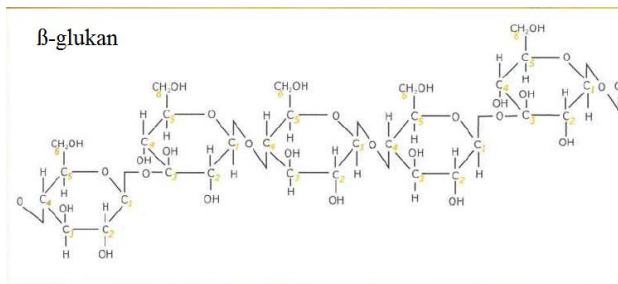
Figur 2.4 viser de ulike strukturene til amylose (venstre) og amylopektin (høyre)

samtidig er de forskjellige når det gjelder måten de brytes ned på under malting og mesking. (Kunze, 2004).

2.1.3 Hemi-cellulose

En annen viktig bestanddel i bygg er hemi-cellulose, som er hovedbestanddelen i celleveggen til endospermen. Denne består av 10-20 % pentosan og 80-90 % beta-glukan, som sammen skaper den stive rammen i celleveggen til endospermen. Beta-glukan og Pentosan er forskjellige når det gjelder struktur, samt at de påvirker ølkvaliteten og produksjon i forskjellig grad (nærmere beskrevet i punkt **2.1.3.1** og **2.1.3.2**). (Kunze, 2004)

2.1.3.1 Beta-glukan



Figur 2.5 viser oppbyggingen av β -glukan. (Kunze, 2004)

Som nevnt er beta-glukan en viktig komponent i byggets cellevegg. Dette er en rettkjedet glukose-polymer som gir flere problemer under brygging. Hvis beta-glukan ikke brytes ned under malting eller mesking kan dette føre til problemer under separeringen av meske og vørter. β -glukan vil i tillegg bli med i det ferdige ølet og

videre føre til problemer under filtrering. (Bamforth, 2003).

Nivå av beta-glukan varierer veldig blant byggsortene, men variasjoner på malteforhold vil også gi forskjellige resultatnivåer. Beta-glukan analyseres i kongressvørter som en måling av karbohydratmodifisering. Ifølge Jin et al. (2004) kan overflødig beta-glukan redusere ekstraktutbytte samt øke vørter- og øl-viskositet og bidra til uklarerhet.

Et viktig enzym som er i stand til å degradere beta-glukan, er beta-glukanase. Dette enzymet produseres i rikelige mengder tidlig under spiring, og er i stand til å bryte ned det meste av beta-glukan forutsatt at dette blir godt nok fordelt rundt i endospermen under malting. Dette enzymet er dog veldig varmesensitivt og destrueres lett ved 65 grader på noen minutter. Det vil derfor være gunstig å starte bryggingen ved 45-50 grader for å gi beta-glukanase mulighet til å degradere beta-glukan, før temperaturen kan økes til 65 °C. (Bamforth, 2003).

Gode malteforhold assosieres derfor med lavt innhold av beta-glukan og høyt innhold av beta-glukanase i maltet. Ifølge Stuart et al. (1988) er et lavt innhold av beta-glukan ved ferdig malting den største indikatoren på maltekkvalitet. En studie utført av Wang et al. (2003) viser til at gjennomsnittlig degradering av beta-glukan i ferdig malt er på 80 %, men med store variasjoner når det gjelder sort og områdene bygget ble dyrket.

2.1.3.2 Pentosan

Pentosan består av xylose og arabinose, og omringer beta-glukanene i celleveggen. Pentosan er også noe av det første som blir brutt ned under spiring. Pentosans effekt under

ølproduksjon og kvalitet på ferdig øl er noe uviktig, da den ikke er på noen måter sammenlignbar med beta-glukan. (Kunze, 2004).

2.1.4 Protein- og nitrogeninnhold

Nitrogeninnholdet i bygg kan variere mellom 8-16 % og består av rundt 30 % transportproteiner. Hovedandelen av disse befinner seg i celleveggen til endospermen, men kun en tredjedel av disse proteinene blir med i ferdig øl. Proteinene i bygg består av 4 forskjellige grupper, nemlig Glutelin, Prolamin, Globulin og Albumin. (Kunze, 2004)

Selv om proteininnholdet i øl er lavt, kan dette påvirke kvaliteten i ferdig øl i form av uklarhet (**se punkt 2.5.4.5**). I tillegg vil et økt innhold av protein i bygget føre til et lavere potensielt ekstraktinnhold i ferdig malt. Den kommersielle grensen på andel protein i bygg er derfor på 11,5 %. Ved videre malting og mesking vil proteininnholdet synke under enzymatisk nedbrytning av protease. (Kunze, 2004).

2.1.5 Domen- og Varde-bygg

Bygg fra Domen er en halvtidlig torads-bygg som stammer fra Møystad forsøksgård (Hedmark) og har sin opprinnelse fra 50-tallet. Denne byggvarianten er en krysning mellom «Maskin» og «Opal» og spesielle kjennetegn er en lys kornfarge med relativt lange strå med, bra stråstyrke og meget god kornkvalitet. (Skog og Landskap, u. å.)

Varde-bygg er en tidlig 6-radssort som stammer fra 40-tallet. Sammen med Domen har Varde blitt prøvemaltet i 2013, og gitt gode resultater på ekstraktinnhold samt lav forsukringstid.

Siden nyere norske byggsorter ikke er foredlet med hensyn til maltingsegenskaper, ble det behov for å vurdere eldre sorter (Sundgren et al. u.å.). Prøvemalting i 2013 av forskjellige norske byggsorter viste at Domen og Varde hadde gitt høyest ekstraktutbytte og lavest forsukringstid blant de forskjellige norske sortene som ble undersøkt. Samtidig lå proteininnholdet til Domen på et gunstig nivå når det gjelder malting, på samtlige forsøk (Åssveen og Eltun, 2015).

Bjaanes uttalte allerede på 60-tallet at Domen ville gjøre det bra i maltanalyser (Bjaanes, 1960). Videre har Domen blitt betraktet til å være svært god som malkorn under fortutsetning av god berging (Skog og landskap, u.å.).



2.2 Teori malt

2.2.1 Malt

Malt kan klassifiseres i to grupper: de med gode maltingsegenskaper og de som egner seg best til fôr. Disse gruppene skilles basert på mengden som er mulig å ekstrahere under bryggingsprosessen. Maltbart bygg gir vanligvis et høyt ekstraktinnhold, mens ikke-maltbart bygg som er maltet etter konvensjonell måte, gir lavt ekstraktinnhold under brygging.

Forskjellen mellom disse to er hvordan endospermen modifiseres under spiring. Ikke-maltbart bygg har betydelige områder i endospermen som forblir intakte etter spiringsfasen. Noe av grunnen kan være at vannet ikke fordeles jevnt nok i endospermen (Bamforth, 2003). Disse får dermed en hardere endosperm, mens maltbygg har en noe mer melete endosperm som kan fordele vann og slippe til enzymer. Samtidig er det slik at bygg med lavt proteininnhold er å foretrekke. Bygg som benyttes til fôr kan ha høyt proteininnhold, mens maltbart bygg bør ha lavt proteininnhold da en høy andel proteiner er negativt korrelert med ekstraktinnhold (Bamforth, 2006). Lavt innhold av protein i malt vil samtidig sørge for større andel av andre komponenter slik som stivelse. Malterier vil derfor benytte seg av byggvarianter med gode maltegenskaper som har lave verdier av protein, såfremt det er mye løselig nitrogen for gjærnæring og ølskum-potensiale. (Bamforth, 2003; 2006).

2.2.2 Maltingsprosess

Grunnen til at bygg maltes, er fordi brygging med vanlig bygg har lavere andel av enzymer (α/β -amylaser, protease, og α/β -glukanaser), samt en tilnærmet ugjennomtrengelig stivelseskilde i endospermen. Umaltet bygg fører til lav ekstraktutbytte, høy viskositet, fermenteringsproblemer og uklarerhet i ølet (Schwarz and Han, 1995; Viëtor et al. 1991).



Figur 2.6 viser flytskjema av maltingsprosessen og forskjell i vanninnholdet (Bamforth, 2003)

2.2.3 Støpning

For at kimet i bygget kan produsere hormoner samt aktivere enzymer til å hydrolysere endospermen er det nødvendig å øke vanninnholdet. Bygg inneholder vanligvis 11-12 % vann, og det støpes derfor slik at vanninnholdet øker til 43-46 % i løpet av 2 dager. Dette fører til at kimet starter metabolismen og en syntese og migrasjon av enzymer i endospermen, noe som ikke oppstår ved lavere vanninnhold. (Bamforth, 2003).

Under støpningsprosessen trenger vannet inn i en liten åpning ved kimenden av kornet (mikropylen, se figur 2.1), og målet med dette er for å oppnå en homogen fordeling av vann i hele kornet. (Bamforth, 2003).

2.2.4 Spiring

Under spiringsprosessen utvikler bygget enzymer som degraderer celleveggen bestående av beta-glukan og pentosan - samt at ca. halve proteinet degraderes og stivelsen mykner opp (Briggs et al. 2004).

Denne prosessen foregår vanligvis ved 16-20 °C i 4-6 dager, noe som sørger for at 4% av kornets tørrvekt forsvinner ved at bygget gjennomgår en form for modifisering (Bamforth, 2003). Under denne modifiseringen er det ønskelig at bladspiren vokser til ¼ av kornets lengde da det ved lengre spiring vil minske ekstraktinnholdet (Briggs, 2004).

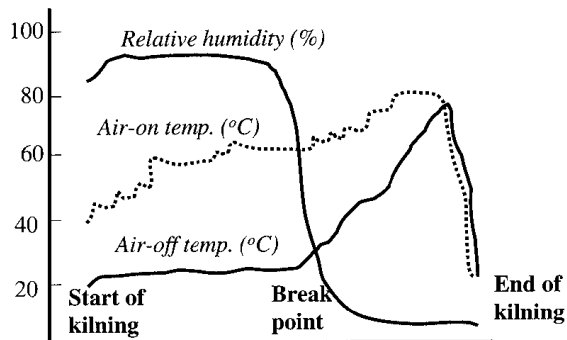
Over- og undermodifisert malt er samtidig problemmalt, ved at hele eller deler av disse ikke er homogene og dermed ikke ønskelig til brygging. Undermodifisert malt fører til lavt ekstraktutbytte, lav vørterseparering og fermenteringsgrad, en tåkete og viskøs vørter som fører til uklarhet og filtreringsproblemer. Samtidig har overmodifisert malt også ulemper da det knuses lett og dermed danner mye støvpartikler som forsinker separeringen av vørter, høyt maltingstap samt mørkere vørter. Selv om ekstraktutbytte ved overmodifisert malt er høyt, kan kvaliteten være noe dårligere ved at ølet mangler smak og fører til dårligere skum. (Briggs et al. 2004).

Selv om modifisering tradisjonelt måles ved å knuse maltet med fingrene, kan modifisering også måles med et friabilimeter. Friabilimeteret måler jevnhet av modifiseringen ved å benytte en mengde på 50 gram maltprøve (Bamforth, 2006). Prøvemengden roteres i en trommel slik at de modifiserte komponentene siles ut, mens de umodifiserte restene blir igjen i trommelen. Restene i trommelen gir en indikasjon på hvor mye umodifisert materiale som er i maltet, eller andelen umodifiserte korn (Briggs et al. 2004). Friabilimeteret er derfor knyttet til graden av cellevegg-modifisering (Anderson, 1996; Wentz et al. 2004), og fraksjonene vil dermed gi en god indikasjon på at beta-glukan er brutt ned under spiring (Zhang et al, 2012).

2.2.5 Kjølling

Under kjølleprosessen tørkes maltet i et kammer og fører til et lavt og stabilt vanninnhold som stopper spireprosess og enzymatisk aktivitet. Det er likevel viktig at ikke alle enzymene inaktiveres da stivelses-degraderende enzymer vil være nødvendige til dannelsen av forgjærbart sukker i mesken (Bamforth, 2003).

Kjølling består av fire trinn, hvor det første trinnet innebærer at varmluft på 50-60 grader strømmer inn i kammeret og senker vanninnholdet til ca. 23 %. Resterende vann vil være



Figur 2.7 viser hvordan forskjellige temperaturer endrer vanninnholdet under kjølling. (Bamforth, 2003)

vanskeligere å drive ut, derfor må temperaturen under trinn to økes slik at vanninnholdet senkes til 12 %. Dette vanninnholdet består hovedsakelig av bundet vann og temperaturen må derfor økes på nytt slik at det kan reduseres til 6 %. Siste trinn består av herdefasen som innebærer å senke vannet til 4 % eller lavere. Dette skjer ved en temperatur mellom 75 og 110 °C, avhengig av type malt som benyttes. Lavere temperaturer under herdefasen vil gi enzymrikt malt med

lysere farge, slik som Lager-malt. Høye temperaturer vil gi mørkere malt uten enzymaktivitet samt et annet smaksspekter. (Bamforth, 2003).

Kjølling utføres generelt for å fjerne de uønskede smakene av rå, gress-karakter assosiert med grønnmalt, samt sørge for et stabilt og lagringsstabilt produkt. Selv om grønnmalt er enzymrikt med høy fermenteringsgrad og bra ekstrakt, er det et ustabil produkt som bør benyttes så fort det er ferdigmaltet (Briggs et al. 1981). Videre prosess av maltet innebærer nedkjøling og fjerning av tørkede spirer, støv og eventuelle kontaminanter (Bamforth, 2003).

2.2.6 Maltingstap

Malting av 100 kg bygg vil ifølge Kunze (2004) ikke kunne gi 100 kg ferdig malt. Det prosentvise tapet fra umaltet bygg (kg) til ferdig malt (kg) kalles maltingstapet. Malting av 100 kg bygg vil vanligvis gi 80 kg ferdig malt (pilsner malt), noe som gir et maltingstap på 20%. 10 % av dette tapet skyldes endringen i vanninnhold, da bygg vanligvis har 12-14 % vann og ferdig malt rundt 3-4 %. Resterende 10 % av tapet kommer under respirasjon og utvikling av spirer. For å minske tapet så mye som mulig bør respirasjon og utvikling av spirer begrenses. I motsetning til Kunze, nevner Briggs (1998) maltingstapet til å være mellom 6 og 12 %.

2.2.7 Maltspesifikasjoner (Pale Ale malt – Lager malt og Pilsner malt)

Man kan skille mellom forskjellige malttyper slik som Lager-malt, Pilsner malt og Pale Ale-malt ved deres spesifikasjoner når det gjelder innhold av protein, løselig nitrogen, løselig nitrogen forhold (LNF), ekstraktinnhold samt herdingstemperaturer under kjølling. Disse spesifikasjonene er vist i tabell 2.1.

Tabell 2.1 viser spesifikasjoner for noen kjente malttyper.

	Pale malt	Lager malt	Pilsner malt ^b
Vanninnhold (%)	5 maks ^b	4,5 maks	4,5 maks
Protein (%)	10,6 maks	9,7-10,9 ^b	10,5
Ekstraktinnhold (%)	77-83 min ^b	80 min	81 min
Farge (EBC)	4-7	3-4	2,5-3,4
Løselig nitrogen (%)	0,64-0,72	0,63-0,73	-
LNF* (%)	40-45	38-44	38-42
Friabilitet (%)	➤ 85	➤ 80	-
Viskositet (mPas)	< 1,55	< 1,6	1.75 – 2,05 ^s
β-glukan (mg/L)	200 maks	200	200
Forsukringstid (minutter)	15	15	10-15

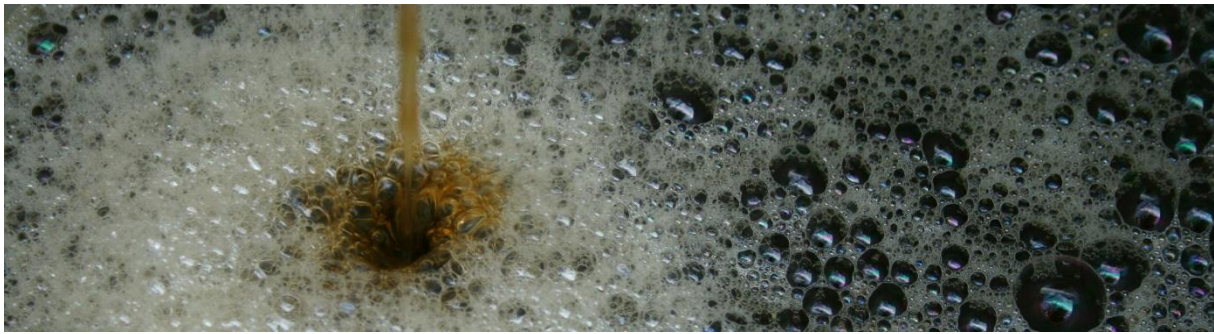
*Prosentandel løselig nitrogen, av total nitrogen. Oversatt fra SNR (soluble nitrogen ratio), som benyttes i internasjonal sammenheng. De fleste verdiene er hentet fra Bamforth (2006), b fra (Briggs et al. 2004) og s fra (Severa et al. 2009).

For eksempel har Lagermalt lav herdingstemperatur (ca. 70 °C), noe som gjør det rikt på enzymer og dermed kan gi høyere ekstraktinnhold enn Pale Ale malt. For Pale Ale-malt er vanlig herdingstemperatur 95-105°C, noe som gir mindre enzymaktivitet (Briggs et al. 2004). Forskjellige egenskaper i et og samme maltprodukt kan ikke alltid kombineres. For eksempel kan det ikke produseres et enzymrikt malt med mørk farge, ei heller vil malt med lav LNF ha høy friabilitet, heller ikke lavt nitrogeninnhold med høyt ekstraktinnhold. Malt med lite fysisk modifisering vil heller ikke ha lavt innhold av beta-glukan (Briggs et al. 2004).

Når det gjelder standardspesifikasjoner på friabilitet, opplyser E-malt (u.å) om at 80 % betegnes som veldig bra, 71-80 % som bra, 65-70 % som middels og under 65 % som utilstrekkelig. Når det gjelder «Umodifiserte korn» betegnes alt under 1 % som veldig bra, < 2% som bra, < 4 % medium og alt over 4 % som utilstrekkelig (E-malt, u.å.).

2.2.8 Spesialmalt

Det finnes også andre typer malt som tilsettes i lave konsentrasjoner under brygging på grunn av deres kilde til farge og smak, da med lavt enzyminnhold. På grunn av en høyere varmeprosess vil disse tilføre en søt toffee-liknende karakter, slik som som Cara pils eller Crystal malt. Andre typer malt som produseres med intens vame vil derimot gi en brent og røykaktig karakter, slik som Black malt (Bamforth, 2003).



2.3 Teori vørter

2.3.1 Viskositet

Viskositeten i vørter er en kritisk egenskap som avhenger i stor grad av gelatinering av stivelsen, hvor større grad av gelatinering gir høyere viskositet (Bamforth, 2006). Ifølge Sadosky et al. (2002) kan dette også skyldes arabinoxylan, beta-glukan og dekstriner, selv om dekstrinene står for den største andelen blant disse (Briggs et al. 2004). Måling av vørterviskositeten kan derfor være en måling av modifisering og en nyttig funksjon som reflekterer innhold og degradering av beta-glukaner i vørteren (Egi et al. 2004; Sadosky et al. 2002). Viskositeten kan bestemmes ved å måle strømmen av en væske gjennom tid. For eksempel kan dette utføres ved hjelp av et Ostwald viscometer ved 20°C typisk viskositet i vørter kan ligge på 1,60 mPa/sekund, mens vann til sammenligning ligger 1,002 mPa per sekund ved 20 grader (Hough et al, 1982). Dette kan også gjøres ved å benytte et rheometer. Severa et al. (2009) fant varierende viskositet i Pilsner malt (fra 1,75 mPas til 2,05 mPas), da målt ved rheologisk metode ved en skjærhastighet på 34 (1/s).

2.3.2 Forsukringsgrad

Forsukringsgraden i vørter er en måling på nedbrytning av stivelse, som hovedsakelig skyldes innholdet av α/β -amylaser i maltet. Vanlig forsukringstid er på 10-15 minutter (Bamforth, 2006).

2.3.3 Løselig nitrogen og protein i vørter

Mengden av de løselige proteinene i vørteren stammer fra mengde proteiner i det opprinnelige bygget. Dette gjenspeiler hydrolytisk og proteolytisk aktivitet, henholdsvis hvordan proteinene ble løst ut i endospermen og hvordan proteinene ble degradert til små peptider og aminosyrer. Ifølge (Bamforth and Kanauchi, 2003; Evans et al. 2003) vil mengden løselig protein være veldig viktig for riktig gjærnæring samt skumproduksjon og –stabilitet (Bamforth, 2006).

2.3.4 Vørterfarge

Fargestoffene i mesken er hovedsakelig melanoider som dannes under oppvarming av sukker og aminosyrer. Økende varmebehandling sørger for mørkere vørterfarge, samt at andelen av sukker og aminosyrer har et større potensiale til å danne melanoider.

Lagermalt vil for eksempel ha begrenset spiring og være mer beskjedent varmebehandlet under kjølling, slik at fargebidraget som dannes er lyst. Ale-malt er mer modifisert under spiring og varmebehandlet ved høyere temperaturer i kjølle og vil derfor få en mørkere farge. Malt som benyttes til stout eller mørke ales kjølles under mer ekstreme temperaturer og vil derfor ha mørkere malt. (Bamforth, 2003).

Selv om mørk fargeutvikling i vørter i noen grad skyldes økt modifikasjon eller høy kjølletemperatur, er den også påvirket av maltingsprosessen, vekstvilkår og byggsort. Mørk farge kan i tillegg skyldes et høyt innhold av løselig protein og turbiditet i vørteren. (Bamforth, 2006).

2.3.5 Specific Gravity – Plato°

For å måle mengde konsentrasjon av faste stoffer i vørter, kan det benyttes Specific Gravity (S.G.) eller Plato°. Specific Gravity i vørter kan eksempelvis være på 1.040 ved 20 grader, mens rent vann ved samme temperatur vil måles til å ha en S.G. på 1.000. Det betyr at en vørter med S.G. på 1.040 vil ha en konsentrasjon av faste stoffer på rundt 9,99 % (m/m) (Briggs et al. 2004).

Verdiene mest brukt for å bestemme Specific Gravity er Plato°; hvor 1° Plato tilsvarer 1 gram sukrose per 100 g vann. En vørter som måles til å inneha Specific Gravity på 10° Plato vil dermed ha samme Specific Gravity som 10 % løsning med sukrose (Bamforth, 2003). (Se vedlegg 3 for konvertering av S.G til plato/brix)

2.3.6 Utbytte vørter

Det finnes flere måter å regne vørterutbyttet på. Kunze (2004) forteller om vørterutbytte, hvor det prosentvise utbyttet er andelen benyttet malt som ekstraheres til vørter under brygging. Denne prosentandelen er vanligvis mellom 75 og 80 % og regnes ut ved å benytte:

$$\frac{\text{ekstrakt} \cdot 100 \%}{\text{benyttet malt kg}}$$

(Kunze, 2004)



2.4 Teori brygging

2.4.1 Ølbrygging

Til produksjon av øl er det nødvendig med fire ingredienser; (maltet) bygg, humle, vann og gjær. Alle disse ingrediensene har en viktig påvirkning på det ferdige ølproduktet.

2.4.2 Kverning av maltet

Et av de første trinnene under brygging består av å kverne maltet. Målet med kverningen er å produsere jevne partikler som kan ta opp vann under meskingen. I stor grad blir maltet knust til grovt mel, med små nok partikler som tillater vannet å trenge inn og dermed hydrerer partiklene. Dette vil videre aktivere enzymer i maltet som sørger for å løse opp substratmolekyler, hovedsakelig stivelse. (Bamforth, 2003).

2.4.3 Mesking

Mesking kan utføres ved stegmesking som innebærer å øke temperaturen stegvis (50°-62°-67°-72°C), eller mesking ved fast temperatur på 65 °C.

Under stegmesking starter man den hydrolytiske prosessen ved å tilsette varmt vann til det kvernede maltet. Dette utføres vanligvis ved (lave) temperaturer mellom 45-50 °C for å la varmesensitive enzymer utføre jobben. Beta-glukanase er et av disse varmesensitive enzymene som bryter ned cellevegger (som har overlevd maltingsprosessen), og dermed gjør stivelsen mer tilgjengelig for α/β -amylase. (Lewis og Young, 2001)

Etter 20 minutter ved 40-50 grader kan temperaturen økes til 65 °C. Ved 65 °C omdannes stivelsen fra en struktur som enzymene ikke klarer å fordøye, til gelatinisert stivelse som α/β -amylase-enzymene enklere kan dele opp til forgjærbart sukker.

Dette skjer ved at alfa- og beta-amylase angriper amylose og amylopektin i stivelsen. Beta-amylase angriper amylose og amylopektin fra N-terminal ende og hydrolyserer annenhver alfa-1-4-binding. Dette resulterer i disakkaridet maltose, som er et forgjærbart sukker.

I motsetningen til β -amylase, virker α -amylase på tilfeldige 1-4-bindinger. α -amylase produserer derimot mindre mengder forgjærbart sukker (maltose, glukose, maltotriose). (Lewis og Young, 2001 s.236). α/β -amylase-enzymene overlever godt ved denne

temperaturen, slik at denne temperaturen kan holdes i en time før den økes til 76 grader. Ved 76 grader stopper all enzymatisk aktivitet, samt at viskositeten reduseres. (Bamforth, 2003).

Tabell 2.2 viser oppgaven til de forskjellige enzymene under meskingen og deres optimaltemperaturer. De viktigste enzymene er α/β -amylase-enzymene som bryter ned stivelseskjeder.

Enzym	Optimal temperatur	Oppgave	Produkt/Konsekvens
Alfa-amylase	>72 °C	Tilfeldig bryting av stivelseskjeder	Kortere kjeder, maltose, glukose ^{a b}
Beta-amylase	55 - 65 °C	Bryter av maltose	Maltose ^{a b}
Beta-glukanase	40 - 50 °C	Bryter ned cellevegg og beta-glukan	Glukose ^a
Protease	52 °C	Bryter ned proteiner	Frie aminosyrer ^a
Karboksyptidase		Bryter peptidbånd	Frie aminosyrer ^a

a - (Bamforth, 2003) og b (Bamforth, 2006)

2.4.5 Separering av malt og ekstrakt

Etter ferdig mesking separeres malt og ekstrakt. Dette kan, avhengig av bryggeutstyr som benyttes, utføres ved at mesken heves slik at vørterekstraktet siles ut i bunn av meskeketet. Varmt vann tilsettes samtidig i maltet for å vaske ut nedbrutte produkter (karbohydrater, proteiner, smakskomponenter) fra meskebadet. Det er under dette trinnet viktig å ikke fortynne vørteren for mye, da målet er å få ut så mye forgjærbart ekstrakt som mulig. (Bamforth, 2003).

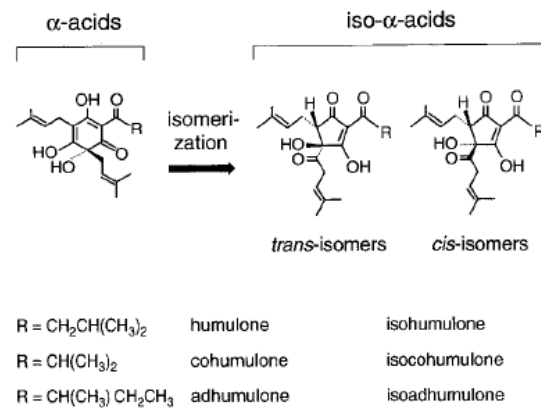
2.4.6 Vørterkoking

Vørterkoking har mange formål. Disse innebærer å konsentrere vørteren ved å fordampe vann, samt å fjerne uønskede flyktige komponenter. Konsentrasjonen i vørteren er avhengig av koketid, og mengde fordamping kan variere mellom 4 til 12 % (Bamforth, 2003). Det dannes videre smaks- og aromakomponenter ved Maillard-reaksjon som gir vørteren en mørkere farge. Det vil samtidig skje en denaturering og inaktivering av proteiner og enzymer, samt at proteiner og polyfenoler fra maltet koagulerer. Utfelling av disse proteinene er viktig da disse er med på å gi ølet klarhet (Bamforth, 2003), derimot vil dette føre til mindre skumdannelse (Briggs et al. 2004).

Vørterkoking sørger samtidig for å sterilisere vørteren, noe som betyr at all videre prosess bør behandles aseptisk. Vanlig vørterkoking med humle skjer vanligvis i 1-2 timer.

2.4.7 Humletilsetning

Det er samtidig vanlig å tilsette humle (ekstrakt, pellets) i to omganger under vørterkoking og dette gjøres for å ekstrahere bittermaterialer og aroma fra humlen. Disse består av mange komponenter i form av resiner og essensielle oljer. Humle tilsatt ved starten av kokingen vil miste alle de essensielle oljene, det spares derfor en andel humle til slutten av kokingen (late hopping). Dette sørger for at noen essensielle oljer overlever og gir ølet et distinkt aromapreg. Resinene har også mange komponenter, blant disse er α -syrene. α -syre er komponenten i humle som står for hoveddelen av bitterheten, og de ulike humletypene er merket med % α -syre. Det finnes tre varianter med α -syrer, nemlig humulone, cohumulone og adhumulone. Disse er forskjellige i struktur i sidekjeden kalt R (se figur 2.8). Når vørteren kokes i kjelen vil α -syrene omformes til mer løselige og bitrere iso-alfa-syrer i en prosess kalt isomerisering. Etter kokeslutt vil alle de ikke-isomeriserte syrene være tapt sammen med humlematerialet, mens iso- α -syrene blir værende i vørteren. (Bamforth, 2003).



Figur 2.8 viser isomereringen til de forskjellige α -syrene. (Bamforth, 2003)

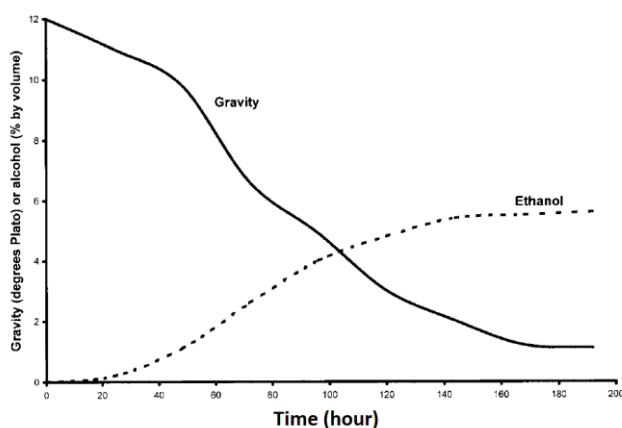
2.4.8 Nedkøling

Før gjæren kan tilsettes vil det være nødvendig å kjøle ned vørterekstraktet. Dette kan utføres ved bruk av kjøleelement (motstrømskjøler, platekjøler, kjølesylinder) som inneholder en strøm av kaldt vann. Ved produksjon av lagerøl kjøles vørteren ned til temperaturer på 6 °C, mens det ved ale-produksjon holder med 15-20 °C. Selv om fermenteringen krever en anaerob atmosfære, vil gjæren kreve noe oksygen for å produsert cellemembran og vokse. Det er derfor nødvendig å la vørteren ta til seg noe oksygen før tilsetning av gjæren. (Bamforth, 2003).



2.4.9 Primærfermentering – Tilsetning av gjær

Ved fermentering av øl benyttes gjærtypen *Saccharomyces Cerevisiae*, som videre kan bestå forskjellige typer med forskjellige egenskaper. Under vekst vil gjæren primært konvertere sukker til etanol i en prosess kalt glykolyse (Briggs et al. 2004). Raten denne skjer er proporsjonell med temperaturen som benyttes og hvor mye gjær som er tilsatt i karet (Bamforth, 2003). Ale fermenteres vanligvis ved en temperatur på 15-25 °C og kan ta så kort som to til tre dager, noe som gjør at fermenteringen går fort enn ved produksjon av Lager-øl (6-15 °C) som kan ta opptil fjorten dager (Bamforth, 2006). Gjæren har forskjellige mekanismer som gjør at den tar opp sukertypen som er lettest tilgjengelig fra vørteren. Fruktose og glukose tas opp samtidig, dernest vil den ta opp maltose. Ved lave konsentrasjoner av maltose vil den ta opp maltotriose (Briggs et al. 2004). Gjær benyttet til brygging tar nemlig ikke opp sukker med lange kjeder (Briggs et al. 2004). Videre blir en andel pyruvat dekarboksylert til acetaldehyd ved hjelp av pyruvat dekarboksylase, før acetaldehyd reduseres til etanol. Denne fermentative metabolismen skjer uavhengig av oksygen (Briggs et al. 2004).



Figur 2.9 viser hvordan etanolinnholdet (%) øker mens Gravity (Plato minsker etter antall timer. (Bamforth, 2003)

Det vil være mulig å følge fermenteringsforløpet ved måle Specific Gravity i vørter (som vist i figur 2.9). Nedgang i S.G skyldes gjærvekst når sukkeret metaboliseres under etanolproduksjon. Sammen med fallet i S.G vil gjæren skille ut H⁺-ioner og visse organiske

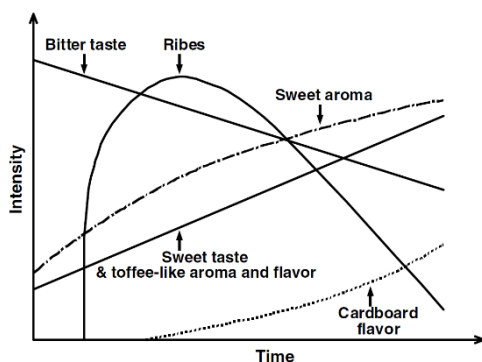
syrer, noe som vil sørge for et fall i pH. Det skilles samtidig ut en rekke stoffer fra gjærcellen under fermentering, deriblant smakskomponenter. Balansen på smakskomponentene er avhengig av gjærtype, og karakteren på ølet vil derfor være mest avhengig av gjærtypen. (Bamforth, 2003).

Smakskomponentene inkluderer estere, høyere alkoholer, svovelkomponenter og diacetyl som gir en distinkt smørsmak (Bamforth, 2003). Konsentrasjonen av smakskomponentene vil falle ved fermenteringslutt, da ved utskillelse av karbondioksid eller ved at disse reabsorberes av gjæren (Briggs et al. 2004).

2.4.10 Sekundærfermentering – Karbonering og modning

Under sekundærfermentering vil gjæren resuspenderes og ta opp noe oksygen, som vil aktivere gjæren og starte sekundærfermenteringen. Ifølge O'Rourke (2000) resulterer dette til at uønskede smakskomponenter konverteres til smaksløse komponenter.

Sekundærfermentering varer i ca. to uker og innebærer dannelsen av komponenter som er viktige for smaksendringen i øl (**nærmere beskrevet i punkt 2.5.1**). De viktigste innebærer diketoner (hovedsakelig diacetyl), svovelkomponenter, aldehyder og flyktige fettsyrer.



Figur 2.10 viser smaksendringer under modning, ifølge Dalgliesh (1977)

Under modning vil smaksprofilen endres (som vist i figur 2.10), spesielt ved at esterprofilen gjennomgår store endringer, samt at det vil være en nedgang i bitterhet (De Cooman et al. 2000). Modning av ølet gjøres mellom 0 og 5 °C, og skjer enten ved flaskegjæring eller ved spontan kjemisk kondensering av de organiske syrene med etanol (Vanderhaegen et al, 2006; Saison et al. 2009; Rodrigues et al. 2011). Samtidig vil komponenter fra humlen esterifiseres til respektive estere. Ølprofilen endres under modning ved at den mister friske

fruktige aromaer og en søtere aroma tar over (Pires et al, 2014).

2.4.11 Filtrering

Siste prosess i ølbehandling før tapping er filtrering. Dette utføres for å klare ølet slik at det blir akseptabelt for salg. Filtrering involverer at gjenværende gjærceller og eventuelle uklarhetsstoffer fjernes (protein-polyfenol). Dette skal sørge for at ølet defineres som stabilt og at det ikke skjer en synlig endring under den kommersielle holdbarheten som kan vare opptil 52 uker fra pakkingsdato. Filtrering kan utføres eksempelvis ved bruk av et platefilter (Briggs et al. 2004).

2.4.12 Tapping

Tapping kan utføres på forskjellige måter, men er mest vanlig på flaske, boks eller fat. Viktigst er det å hindre at det kommer oksygen i flasken, noe som kan føre til

smaksforringelse. Det er viktig at dette gjøres aseptisk, særlig hvis ølet har blitt pasteurisert eller sterilfiltrert (Briggs et al. 2004).

2.4.13 Kontaminering mikroorganismer

Selv om øl er regnet som et stabilt produkt med tanke på varmebehandlingen (vørterkoking) som utføres, sammen med etanolinnholdet, de bitre humlekomponenter, CO₂, lav pH og anaerobe forhold (Sakamoto og Konings, 2003), er det likevel utsatt for forringelse av en stor andel mikroorganismer. Disse inkluderer bakterier og gjær. Blant disse innebærer villgjær, *Pectinatus*, *Megasphaera*, samt *Lactobacillus brevis* som står for den største andelen av ølforringelse (Sakamoto og Konings, 2003; Hollerová og Kubizniaková, 2001).

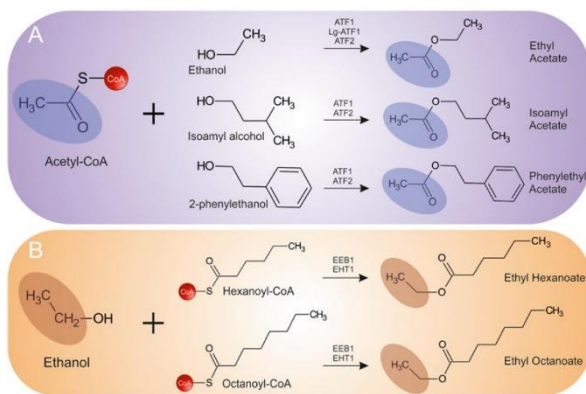
Kontaminering av uønskede mikroorganismer i øl kan føre til uklarhet, uønskede smaker og aroma. Vekst kan oppstå i allerede i råmaterialet, selv om det er stegene etter vørterkokingen som har størst sjanse for kontaminasjon. Det er derfor viktig at trinnene etter kokingen utføres aseptisk. (Briggs et al. 2004)



2.5 Teori øl

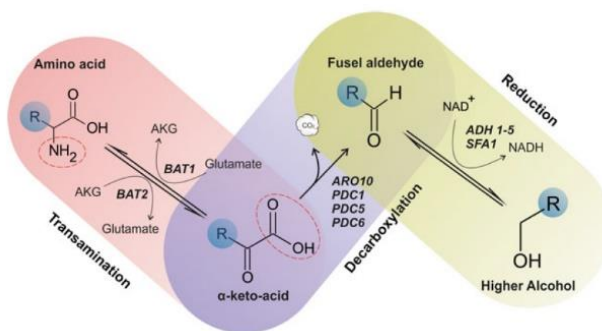
2.5.1 Flyktige/ikke-flyktige smakskomponenter

Komponenter i øl kan klassifiseres som flyktige og ikke-flyktige komponenter. De flyktige komponentene har høyt damptrykk og bidrar til ølets aroma. Selv om noen flyktige komponenter fra malt og humle kan overleve vørterkoking stammer hovedandelen i øl fra fermenteringsprodukter. Ikke-flyktige komponentene innebærer uorganiske salter, sukker, aminosyrer, proteiner, polyfenoler og humleresiner og måles ved bruk av High Performance Liquid Chromatography (HPLC). (Briggs et al. 2004).



Figur 2.11 viser biosyntesen av acetat-estere (A) hvor acetyl-CoA bindes til forskjellige høy-alkoholer. (B) viser esterifisering av etanol ved (Pires et al. 2014)

figur 2.11). (Briggs et al. 2004).



forgjengere til de mer aktive esterene. (Briggs et al. 2004). De dannes som følge av at gjæren

Figur 2.12 viser kjedereaksjonen aminosyren går igjennom fram til høy-alkohol. (Pires et al. 2014)

2.5.1.1 Estere

Estere har fruktig aroma og smak, og regnes som de viktigste smakskomponentene som produseres under fermentering tross det lave innholdet. Det har blitt funnet over 100 estere i øl (Meilgaard, 1975), hvor den største andelen består av «etyl acetat» med konsentrasjoner mellom 10-20 ppm. Andre estere har vanligvis en konsentrasjon under 1 ppm. Estere dannes i primærfermentering ved esterifisering av etanol eller ved høy-alkohol og fettsyre acylCoA ester (som vist i

2.5.1.2 Høyere alkoholer

Høyere alkoholer er ansett som for å tilføre en varm karakter til øl samt forsterke smaken av etanol. Blant de viktigste finner man n-propanol, iso-butanol, iso-amyl alkohol og 2-fenyletanol. Disse er biprodukter fra etanolproduksjon under fermentering av karbohydrater og er

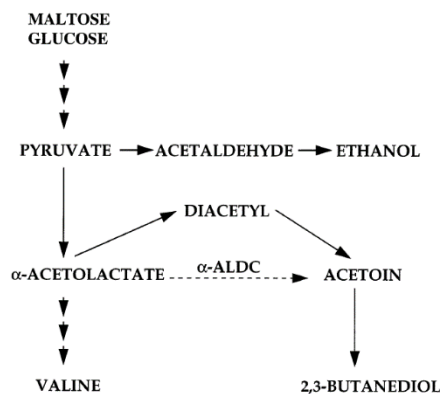
rester fra aminosyren går igjennom en irreversibel kjedereaksjon som danner biproduktet høy- alkohol, vist i figur 2.12. (Pires et al 2014).

2.5.1.3 Svovelkomponenter

Selv om svovelkomponenter innebærer lave konsentrasjoner i øl, er disse også viktige i den samlede ølsmaken. Endringer i svovelkomponenter oppstår hovedsakelig under modning. Den viktigste svovelkomponenten er DMS (dimetylsulfid) som har en smaksterskel på 0,035-0,04 ppm (Brown et al. 1978).

2.5.1.4 Aldehyder

Blant aldehydene er det acetaldehyd som hovedsakelig påvirker ølsmaken. Denne oppstår ved oksidering av etanol og dekarboksylering av pyruvat og kan oppstå under overgangen fra fermentering til modning hvis det kommer inn oksygen. Konsentrasjon av acetaldehyd vil vanligvis synke til 2-7 ppm under modning og gir en karakteristisk Ale-smak. Konsentrasjoner over 35 ppm bør likevel unngås. (Briggs et al. 2004).



Figur 2.13 viser hvordan komponenten diacetyl dannes under fermentering. (Linko et al. 1998)

2.5.1.5 Ketoner

Ketoner tilstede i øl stammer hovedsakelig fra humlen, selv om den viktigste er diacetyl som produseres naturlig av gjæren under fermentering (Fig 2.13). Diacetyl er en sidereaksjon under gjærmetabolismen og lekker ut av gjærcellen og inn i vørteren. Gjæren vil på slutten av fermentering ta til seg diacetyl igjen og konvertere denne til stoffer med mindre aroma. Gjæringsperioden er derfor ikke kun for å konvertere sukker til alkohol, men samtidig eliminere diacetyl og tvinge det under smaksterskelen (Bamforth, 2003). Andel diacetyl er sjeldent over 0,1 ppm og har typisk smørsmak

klassifisert som bismak i Lager-øl dog mer akseptabel i Ale og Stout (Briggs et al. 2004).

Headspace Gas Chromatography (HS-GC) benyttes for å skille og identifisere flyktige komponenter i blandinger. HS-GC sammenligner prøvene mot standarder for bestemte komponenter, som er vist i tabell 2.3.

2.5.1.6 Terskelverdier for aromakomponenter

Tabell 2.3 viser standardkomponenter i øl og deres terskelverdi. Smaksterskelverdien er konsentrasjonen av et stoff som må være tilstede før det kan detekteres. Verdiene er hentet fra; n = Noguero-Pato et al. (2012), m = Meilgaard (1975), p = Pires et al. (2014), w = Wang et al. (2013), y = Ye et al. (2015) og t = Tan og Siebert (2004).

Komponent	Smak/Lukt	Terskelverdi (ppm)
Estere		
Ethyl acetate	Løsemiddel, fruktig, søt, ananas p	33 m
Isobutyl acetate	Eple, banan, pære, ananas, søt	7,5 m
Isoamyl acetate	Banan p	1,2-2 p
Ethyl hexanoate	Eple, fruktig p	0,23 m
Høyere-alkoholer		
1-propanol	Alkohol, søt	800 m
1-hexanol	Gress w	4 m
2-butanol	Løk	450 m
Iso-butanol	Vin, løsemiddel	200 m
Iso-amyl-alcohol	Alkohol, banan, søtt, aromatisk	65 m
2-methyl-1-butanol	Alkohol, banan, medisin, løsemiddel	70 m
Phenylethyl alcohol	Roser	40 p
Beta-citronellol	Sitrus n	0,04 n
Svoelkomponenter		
Dimethylsulfid (DMS)	Asparges y	0,035-0,04 w
Aldehyder		
Acetaldehyd	Grønne løv, fruktig	10 m
2-methyl-propanal	Vin, løsemiddel, malt	1,0 m
2-methyl-butanal	Kakao	1,25 m
3-methyl-butanal	Malt	0,6 m
Trans-2-hexen-al	Grønn	0,5 m
Ketoner		
Acetone	Eple	200 t
2-3-pentandione	Fløte, smør	0,9 m
Acetoin	Smør, kremet	50 m
Diacetyl	Smør (butterscotch)	0,15 m

Smakskomponenter har terskelverdier for når de er mulig å smake eller lukte i ulike løsninger. Selv om flere av disse komponentene ikke når sin terskelverdi, kan de likevel smakes på grunn av synergieffekter mellom de forskjellige smakskomponentene (Pires et al. 2014).

2.5.2 Sensorikk

Ølsmak kan deles inn i forskjellige kategorier som smak, lukt (aroma) og munnfølelse (tekstur/body). Smaking av øl er kompleks og avhengig av interaksjonen mellom ølkomponentene og de forskjellige reseptorene i munnen – samt den ikke mindre komplekse aromaoppfatningen i nesegangen. (Bamforth, 2003).

2.5.2.1 Smak

Bitterheten i øl skyldes de seks forskjellige iso- α -syrekomponentene som stammer fra humle, hvorpå alle har forskjellige innvirkning på den relative bitterheten mens søthet i øl skyldes resterende sukker som ikke har blitt konvertert til alkohol. Øltyper varierer i stor grad i balansen mellom bitterhet/søthet. (Bamforth, 2003).

2.5.2.2 Aroma

Selv om søtt, salt, surt, bittert og umami er de grunnleggende smakene og inneholder mange reseptorer på tungen, vil det som beskrives som ølsmak i hovedsak oppfattes gjennom nesegangen. En stor andel av disse produseres av gjæren under fermentering, slik som alkoholer og aldehyder. I tillegg finnes det mange estere og svovelkomponenter, og miksen av smakkomponenter bestemmer aromaen på ølet. En øl kan derfor sies å være fruktig og smake banan, selv om karakteren på ølet ikke kan forklares så enkelt som det å beskrive noe få smaksmolekyler. Den komplekse miksen av smaker avgjør nemlig den endelige aromaen (i nesen). (Bamforth, 2003).

2.5.3 Sensoriske analyser

Sensoriske analyser bruker menneskelige sanser for å vurdere smaker. Blant disse nevnes partest, triangeltest, duo-trio test, rangeringstest, preferansetest, terskelverditest og deskriptiv analyse for å nevne noen (Briggs et al. 2004). Målet med en sensorisk analyse skal være tydelig og ha en klar definisjon av problem og framgangsmåte.

2.5.3.1 Deskriptiv analyse (beskrivende test)

Under deskriptiv analyse vil en gruppe mennesker sitte rundt et bord og smake utvalgte øl og beskrive forskjellige attributter (for eksempel på en skala hvor 0 ikke er påvist til 10 som betyr intenst). Det kreves dog egenskaper for å kunne skille de forskjellige attributtene og gjenkjenne disse individuelt uten at en parameter påvirker den andre. (Bamforth, 2003). For hver parameter blir gjennomsnittet beregnet slikt at resultatene kan presenteres som tabell, histogram eller «spider plot» hvor resultatene vises som poengsum med avstand fra midten (Briggs et al. 2004).

2.5.3.2 Preferansetest

Ved preferansetester undersøkes det om ett eller flere produkter er foretrukket fremfor andre. Eksempler på preferansetest kan være partest, hvor det undersøkes forskjeller i preferanse mellom to prøver, for eksempel ved en bestemt egenskap. Selv om et produkt er

foretrukket fremfor et annet under preferansetesten, er det ikke nødvendigvis slik at forbruker ønsker å kjøpe det. (Waldenstrøm, 2016).

2.5.3.3 Triangeltest

Triangeltest er en type forskjellstest som benyttes for å avgjøre om det er sensoriske forskjeller mellom to produkter. Under en slik test vil et dommerpanel få utdelt tre prøver som inneholder to identiske og én ulik prøve, hvor den ulike noteres ned etter endt smaking. Denne testen inneholder vanligvis tvunget valg som innebærer at panelet må bestemme seg for én av prøvene, selv om de ikke har klart å peke ut den ulike prøven. Før utførelse av forskjellstester vil det være vanlig å fastsette en nullhypotese som etter resultatbehandlingen enten forkastes eller beholdes, på bakgrunn av den statistiske signifikansen i resultatene. Hypotesen som fastsettes kan eksempelvis innebære at panelet ikke klarer å skille mellom to prøver, eller at det ikke skilles mellom bestemte egenskaper i prøvene. Signifikansnivået vil vanligvis på $\alpha=0,05/0,01$ eller $0,001$ og tilsvarer hvor høy sjanse man tar ved å forkaste/beholde nullhypotesen. (Waldenstrøm, 2016).

2.5.4 Anton Paar Alcoolyzer

Anton Paar Alcoolyzer er et instrument som måler flere parametre i øl. Instrumentet er i stand til å måle alkoholprosent, tetthet, uklarhet, CO₂, farge, ADF (**tilsynelatende fermenteringsgrad**), Ea (**tilsynelatende ekstrakt**), Er (**virkelig ekstrakt**) og pH i ølet. En flaske øl analyseres på samtlige parametre i løpet av 3-4 minutter, og er dermed et effektivt instrument til ølanalyser.

2.5.4.1 ADF – (Er/Ea)

«Ea» og «Er» ble ikke valgt i oppgaven, men gjør det mulig å beregne andel forgjærbart sukker som har vært i vørter før fermenteringen. «Er» indikerer styrken på løsningen og mengde oppløste stoffer som ikke har blitt konvertert til alkohol. Ea er ikke fermenterte stoffer (dekstriner) i løsningen ved måling av et hydrometer. (Bamforth, 2003).

ADF (tilsynelatende fermenteringsgrad) står for andelen av løselig ekstrakt i vørteren som er mulig å fermentere. (Briggs et al. 2004). En lav ADF-verdi vil gi et søtt øl med svak alkoholprosent, mens høy ADF vil gi høy alkoholprosent med lite sødme (Andersen, 2016).

Tilsynelatende fermenteringsgrad beregnes slik:

$$\text{ADF} = \frac{100 (\text{Plato}^\circ - \text{Er})}{\text{Plato}^\circ}$$

2.5.4.2 Alkoholprosent

Styrken på øl og andre alkoholholdige drikker uttrykkes som «Alcohol By Volume» (ABV) med én desimal, og er bestemt av European Economic Community (EEC). Dette tilsvarer mengde etyl alkohol i en løsning, i forhold til volumet av væsken inkludert etyl alkohol

(Briggs, 2004).

Tabell 2.4 viser mengde alkoholprosent i forskjellige øltyper.

Tabell 2.4 viser alkoholprosenten hos forskjellige ølsorter, deriblant Pale ale, Pilsner og Stout.

	Bitter Pale ale ^a	100 % Malt Pilsner ^b	Stout ^a
Alkohol (%)	3 -7,5	3,0 - 4,7	4-7 +

-Verdiene er hentet fra: a (Bamforth, 2003.) og b (Briggs, 2004).

2.5.4.3 CO₂

Karbondioksid er en kvalitetsfaktor i øl som gir munnfølelse og skarphet. Øl består vanligvis av et CO₂-innhold mellom 0,45 og 0,5 % (Kunze, 2004), og øl med lite karbondioksid kan bli ansett som tamme og livløse (Lager-øl). Gassen karbondioksid produseres naturlig under primærfermentering, men vil øke i konsentrasjon under sekundærfermentering. (Briggs et al. 2004).

2.5.4.4 pH

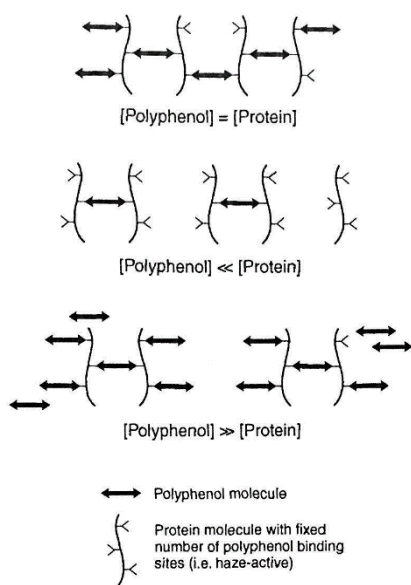
pH i ølet er hovedsakelig avhengig av fermenteringen, da gjæren senker pH i vørter fra 5,2 - 5,5 til 3,8 - 4,5. Mange av molekylene i ølet eksisterer i ladede og uladede former og er direkte avhengig av pH. For eksempel vil bitterkomponenter være ladet (bitter) og uladet (mindre bitter). Hydrogen-ioner som gjør ølen syrlig gir sur øl. En øl med pH på 3,8 vil derfor smake surere enn en øl med pH på 4,5. pH er kjent for å påvirke smaksopfatningen og har dermed stor påvirkning på produktkvaliteten. En lav pH i ølet vil også resultere i en skarpere og mer livlig øl, mens en øl med høy pH er generelt assosieres med kjedeligere smaksopfatning. (Bamforth, 2003).

Det finnes likevel en grense på hvor lav pH kan være før ølet begynner å smake syrlig. For alle maltøl vil en pH fra 4.25 til 4.6 være generelt akseptert som optimalt (Narziss, 2005), mens andre øl kan være så lave som pH 4,0 og surøl enda lavere (Kunze, 2007).

2.5.4.5 Uklarhet EBC

Klarhet i øl er fraværet av «Haze» (uklarhet) og de fleste ølforbrukere forventer at ølet skal være klart og uten tåke. Uklarhet i øl skyldes enten biologisk og/eller ikke biologisk-kontaminasjon. Infeksjon av øl ved bakterier eller villgjær vil bidra til uklarhet på grunn av vekst av den invaderende organismen i produktet.

Den viktigste ikke-biologiske uklarheten i øl dannes likevel ved interaksjoner mellom proteiner og polyfenoler. Proteiner som ikke felles ut under vørterkoking kan overleve fermentering og bli med i ølet hvor de danner uklarhet (Briggs et al. 2004).



Figur 2.13 viser interaksjonene mellom protein og polyfenoler (Sieber et al, 1996)

Det finnes samtidig andre stoffer som er med på å danne ikke-biologisk uklarhet, slik som beta- og alfa-glukan, pentosan og døde bakterier fra malt (Briggs et al. 2004). De komplekse karbohydratene fra maltet, først og fremst stivelse og polysakkaridene som stammer fra celleveggen i bygg som ikke har blitt riktig fordøyd under malting eller brygging, kan felles ut av ølet som tåke eller gel under kjøling (Bamforth, 2003). Den viktigste og mest bryssomme er likevel kryssforbindelsen av protein og polyfenoler (Briggs et al. 2004), som vist i figur 2.13, og proteolytisk aktivitet under malting/brygging er dermed også med på å hindre dannelsen av uklarhet (Bamforth, 2003)

EBC-standarden på uklarhet viser hvor klar eller uklar ølen er. Ønsket grad varierer mellom øltypene, som vist i tabell 2.5.

Tabell 2.5 viser klarhetsskala EBC. Lav EBC tilsvarer klar øl, mens over 8 EBC tilsvarer veldig uklar øl (Norman, u.å.)

Vurdering	EBC
Brilliant	0 - 0,5
A1 Brilliant	0,5 - 1
Klar	1 - 2
Litt uklar	2 - 4
Uklar	4 - 8
Veldig uklar	> 8

2.5.4.6 Farge EBC

Example	Beer color	EBC
Pale lager, Witbier, Pilsener, Berliner Weisse		4
Maibock, Blonde Ale		6
Weissbier		8
American Pale Ale, India Pale Ale		12
Weissbier, Saison		16
English Bitter, ESB		20
Biere de Garde, Double IPA		26
Dark lager, Vienna lager, Marzen, Amber Ale		33
Brown Ale, Bock, Dunkel, Dunkelweizen		39
Irish Dry Stout, Doppelbock, Porter		47
Stout		57
Foreign Stout, Baltic Porter		69
Imperial Stout		79

Figur 2.14 viser EBC-fargestandard hvor lav farge-EBC tilsvarer lys øl, mens høy farge-EBC tilsvarer mørk øl. (Wiki.org)

Det finnes et veldig bredt spekter når det gjelder ølfarge, og man finner alt fra bleke Lagerøl, kobber-fargede Ales til svarte Stouts for å nevne noen. Generelt vil malttype og andre faste stoffer benyttet under brygging påvirke fargen på ølet (tidligere nevnt i punkt 2.3.4). EBC-fargestandard vises i figur 2.14.

Det finnes likevel flere faktorer under fermenteringen som er med på å påvirke fargen på ølet. Avfarging kan skje på grunn av pH, ved at gjærceller absorberer fargestoffer og ved utfelling under de første dagene av fermenteringen, og sørger for at fargen i ølet senkes med rundt 3 EBC-enheter (Kunze, 2004).

2.5.5 Skumdannelse

Skumkvalitet kan ifølge Bamforth (1985) defineres som kombinasjonen av stabilitet, kvantitet, hvit farge, «kremete» og styrke.

Selv om øl generelt er mettet med CO₂, er dannelse av skum mer omfattende jo mer karbonering ølet innehar (Bamforth, 2003). Andre faktorer som gir mer stabil skumdannelse er konsentrasjonen av iso- α -syrer fra humle, proteiner fra malt og lav pH. For å danne skum vil det være nødvendig med stoffer som kan stabilisere boblehinnen og stabilisere det. Dette kommer hovedsakelig fra maltproteinene som har en relativ høy andel hydrofobisitet og migrerer til skumtoppen. Der vil proteinene støte på andre hydrofobe substanser slik som molekyler fra humlen, og interaksjonen mellom disse vil holde boblene sammen (Bamforth, 2003). Skumdannelse kan ifølge Briggs et al. (2004) også skyldes at iso- α -syrene er mindre ioniserte og mer hydrofobe ved lav pH. Bobledannelse er enklere i væsker med lav overflatespenning, og alkoholinnholdet i øl er en faktor som gir bra skumdannelse da den senker overflatespenningen i ølet. (Bamforth, 2003). Samtidig som det finnes materialer som promoterer skumdannelse, finnes det også inhibitorer. Inhibitorer er hovedsakelig lipider fra maltet som vil forstyrre skumdannelse ved å hindre samhandlingen mellom proteinmolekylene. (Bamforth, 2003).

2.5.6 International Bitterness Unit

BITTERNESS (IBU)		BITTERNESS (IBU)	
LIGHT LAGER	5-15	VIENNA-STYLE LAGER	22-28
WHEAT ALE	10-35	ESB (EXTRA SPECIAL BITTER)	30-55
BELGIAN WHITE	10-17	SCOTTISH ALE	9-20
LAGER	5-14	ENGLISH MILD ALE	10-24
ICE LAGER	10-22	ENGLISH/SCOTTISH STRONG ALE	30-65
MALT LIQUOR	12-23	DARK LAGER	22-30
WEIZEN BEER	3-15	DUNKELWEIZEN	10-15
OKTOBERFEST/MARZEN	7-25	SCOTCH ALE	25-35
PILSNER	20-40	AMBER/RED ALE	30-40
BLONDE/GOLDEN ALE	15-25	IRISH ALE	20-28
BELGIAN-STYLE TRIPLE ALE	20-25	DUSSELDORF-STYLE ALTBEIR	25-48
BELGIAN-STYLE ALE-PALE STRONG	20-50	BARLEYWINE	40-100
HEFEWEIZEN	10-35	CALIFORNIA COMMON BEER	35-45
KÖLSH	18-25	OLD ALE	30-65
HELLES BOCK/MAIBOCK PALE LAGER	20-38	BELGIAN-STYLE DUBBEL ALE	18-25
CREAM ALE	18-25	MUNICH DUNKEL	18-28
ENGLISH PALE ALE	20-40	BROWN ALE	15-45
FRUIT OR VEGETABLE BEER	5-70	BOCK	20-30
HERB & SPICE BEER	5-70	PORTER	20-40
AMERICAN PALE ALE	28-40	OATMEAL STOUT	20-40
INDIA PALE ALE (AM OR ENG)	35-65	IMPERIAL STOUT	50-80
AMBER LAGER	18-30	STOUT	30-60
LAMBIC	11-23	IRISH DRY STOUT	30-40
DOPPELBOCK	16-30	MILK STOUT	15-25

Figur 2.15 viser IBU-skalaen, hvor 5 betyr lite bitterhet og 100 betyr mye bitterhet. (Bilde hentet fra Midkansasbeer (u.å))

Internasjonal bitterhets unit (IBU) er en empirisk målingsenhet som måler andelen av iso-humulone (ppm) i et gitt volum av øl. Iso-humulone skapes når α -syrene i humlen isomeriserer under vørterkoking (se punkt 2.4.6). Ved å måle mengde bitterhetsstoffer i ølet kan man dermed gi en bitterhetsverdi på ølet. En øl med 5 IBU vil ha en lavere bitterhetsverdi enn en øl på 120 IBU, som har en høy bitterhetsverdi. (Brew enthusiast, u.å.).

Det er mulig å beregne IBU i ølet, samt måle IBU ved bruk av spektrofotometrisk metode eller HPLC (Bamforth, 2006).

3.0 Material og metoder

De fleste analysemetodene som ble benyttet er hentet fra European Brewing Convention-metodebeskrivelser (Analytica EBC). Analyser av β -glukan ble hentet fra Megazyme -«Mixed-Linkage Beta-Glucan» McCleary method. Det ble for det meste gjort analyser i henhold til tilgjengelig utstyr ved NMBU, og disse modifikasjonene var ikke ment å påvirke resultatene.

Analysene som har funnet sted har blitt gjort med samme prøvemateriale/homogene prøver;

Til bygganalysene ble 50 gram bygg fra Domen og Varde kvernet i Bühler Universal Laboratory Disc Mill, 0,2 mm.

Til maltanalysene ble 150 gram malt fra hver maltingsrunde (Domen og Varde) samt innkjøpt malt fra Weyermann[®] kvernet i Bühler Universal Laboratory Disc Mill, 0,2 mm.

Til vørteranalysene ble det benyttet vørter fra samtlige batcher Domen, Varde og Weyermann produsert under Kongressmeske-metode (EBC-metode 4.5.1).

Til ølanalysene ble det benyttet halvlitersflasker med øl fra samtlige batcher, oppbevart i kjølerom.

Forsøkene utført i oppgaven ble dermed gjort med prøvemateriale fra det som er beskrevet over.

Analysemetoder bygg, malt, vørter og øl		
Bygg-analyser	Vanninnhold – EBC-metode 3.2	
	Proteininnhold – EBC-metode 3.3.1	
	Spireevne – EBC-metode 3.5.2	
	β-glukan – AOAC-metode 995.16	
Malt-analyser	Vanninnhold – EBC-metode 4.2	
	Proteininnhold – EBC-metode 4.3.1	
	β-glukan – EBC-metode 4.16.1	
	Friabilitet – EBC-metode 4.15	
	Umodifiserte korn – EBC-metode 4.15	
	Maltingstap	
Vørter-analyser	Beta-glukan – EBC-metode 8.11.1	
	Løselig nitrogen – EBC-metode 4.9.1	
	Kongressmeske – EBC-metode 4.5.1	Ekstraktinnhold
		Lukt
		Filtreringshastighet
		Forsukringstid
	Farge – EBC-metode 8.5	
	Viskositet – EBC-metode 8.4	
Ekstraktutbytte		
Øl-analyser	Anton Paar Alcozyler	Alkoholprosent
		CO₂
		pH
		ADF
		Farge EBC
		Uklarhet EBC
	Skumdannelse	
	Sensoriske analyser	Preferansetest øl
		Deskriptiv analyse
		Triangeltest: Gjær og Malt
	Flyktige komponenter - Headspace Gas Chromatografi FID	
	International Bitterness Units	Målt IBU – EBC-metode 9.8
		Beregnet IBU

3.1 Støpning, spiring og kjølling

Til denne oppgaven ble 50 kg sekker med bygg fra Domen og Varde mottatt fra NIBIO. 35 kg av begge byggsorter ble maltet (maltingsprosess vist i tabell 3.1, 3.2 og 3.3) ved pilotanlegget på Meieribygget ved NMBU. Støpning- og spirings-anlegget benyttet er et mikromaltingsanlegg levert av Custom Laboratory Products fra Milton Keynes, England. Dette anlegget består av fire kammer som alle kan romme 7 kg korn i hvert kammer. Kjølleanlegget som ble benyttet til tørkingen av maltet, er også levert av samme leverandør. Denne inneholder også fire enheter som maksimalt tar 7 kg korn i hver enhet.

Begge disse apparatene styres av dataprogrammet Micromalt på en ekstern datamaskin.

3.1.1 Støpning- og spireprogram

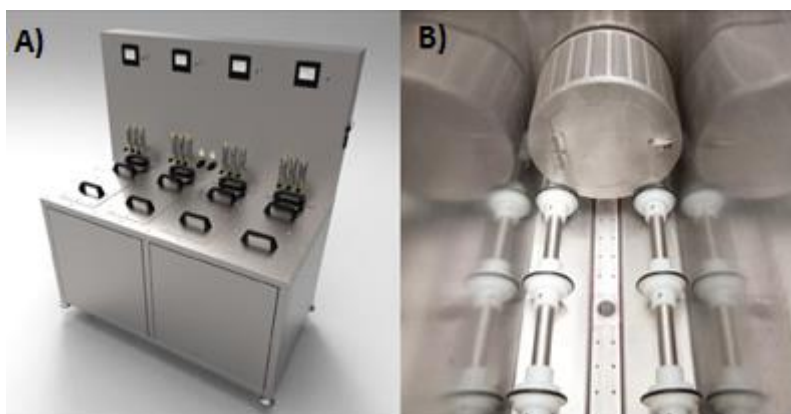
Støpe- og spireprogrammet som ble benyttet var et standard Pale Ale-maltingsprogram anbefalt av leverandøren.

Til hver runde med støpning ble 7 kg bygg helt i hver av de fire kamrene (figur 3.1) med spalteåpning i bunnen, til sammen 14 kg av Domen, og 14 kg av Varde. Kamrene var programmerte til å fylles med vann på 16 °C, noe som førte til en fuktighetsperiode på 8 timer før vannet ble tappet av og kornet fikk hvile i 16 timer, for å gi kornet gode respirasjonsmuligheter. Dette ble gjentatt to ganger som tabellen under viser (3.1), før det ble fylt med vann ved støpningsslutt. Kamrene var bygd slik at vannet kunne sirkuleres under støpningen, og fuktig luft ble tilført. Samtlige støpninger ble godkjent og avsluttet ved at bladspire var mellom $\frac{3}{4}$ og hele kornets lengde.

Tabell 3.1 viser oversikt over støpeprogrammet som ble benyttet.

Steg	Våt/Tørr	Timer	Temperatur (°C)
1	Våt	8	16
2	Tørr	16	16
3	Våt	8	16
4	Tørr	16	16
5	Våt	2	16

Støpningen utføres ved 5 steg, med bytting mellom våt og tørr støpning. Støpningen startes og avsluttes med våt støpning. Våt innebærer væskefylt støpning, mens tørr innebærer støpning uten vann. Etter endt støpning tappes vannet og bygget overføres til kjølla for tørking.

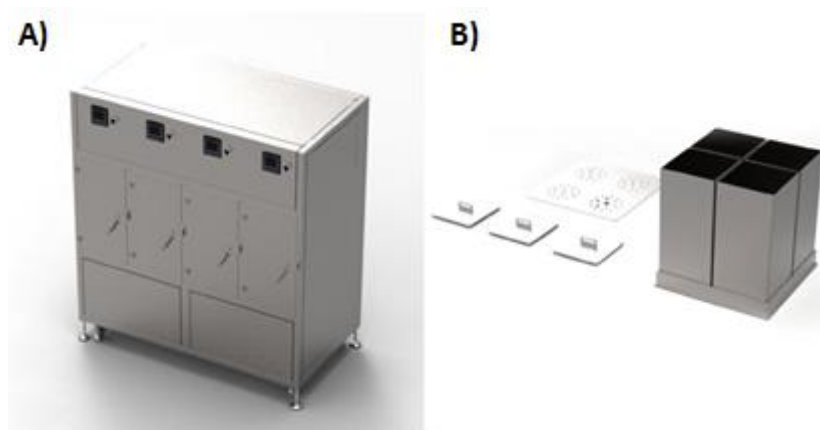


Figur 3.1 viser støpe- og spireanlegget benyttet til malting. A) viser de fire forskjellige kammerne. B) viser innsiden av et kammer som kan rotere ved behov. Dette ble ikke benyttet til oppgaven da bygget ble helt i kammeret med spalteåpning i bunn. (Custom Laboratory Products)

Tabell 3.2 viser oversikt over spireprogrammet som ble benyttet.

Steg	Timer	Temperatur (°C)
1	24	16
2	24	16
3	24	16

Spiringen ble utført med tre steg, som tabell 3.2 viser. Hvert steg ble utført uten vann ved 16 °C i 24 timer. Etter endt spirefase (2-4 døgn) legges grønnmaltet over i kjølla.



ble tørkede spirer fjernet ved hjelp av rist eller dørslag i flere omganger, og overført til

Figur 3.2 viser kjølleanlegget. A) viser de fire enhetene som benyttes til kjølling. B) Viser beholderne hvor grønnmaltet oppbevares. (Custom Laboratory Products)

3.1.2 Kjølleprogram

Kjølleprogrammet som ble benyttet til tørking av bygget var et standard tørkeprogram anbefalt av leverandøren, som ble utført i fire forskjellige steg (tabell 3.3). Etter endt kjølling ble maltet avkjølt til romtemperatur. Deretter tomme 50 kg-maltposer som ferdig malt.

Tabell 3.3 viser oversikt over tørkeprogrammet som ble benyttet. Starter først med medium tørking ved 65 °C, før temperaturen heves til 85 °C, så til 90 °C før herdefase på 95 °C

Steg	Timer	Temperatur (°C)
1	16	65
2	2	85
3	2	90
4	2	95

3.2 Brygging

Samtlige maltingsrunder fra Domen (1,2 og 3) ble blandet, liknende med Varde (1,2 og 3). Det ble benyttet samme resept inneholdende 5 kg utvalgt malt, 250 g Crystal malt. Eneste forskjell mellom gjentakene er humlemengden, som har blitt tilsatt i forskjellige mengder på 25, 35 og 50 gram hos bryggene fra Domen og Varde (se tabell 3.4). Av de 18 planlagte batchene ble 9 batcher (3 gjentak av Domen, Varde og Weyermann) tilsatt Belle Saison-gjær, mens resterende 9 batcher (3 gjentak av Domen, Varde og Weyermann) ble tilsatt Safale 05-gjær, som vist i tabell 3.4.

Tabell 3.4 viser benyttet resept og oppsettet på samtlige batcher, når det gjelder humle og gjærbenyttet. Tall 1-18 tilsvare batchnr.

Resept batch à 26 liter	
<ul style="list-style-type: none"> Malt 5 kg pale ale malt fra enten -Domen (egenmaltet) -Varde (egenmaltet) -Weyermann pilsner malt (import) 	<ul style="list-style-type: none"> Humle -Cascade 25g /17,5 g/12,5 g ved 60 min 25 g/17,5 g/12,5 g ved 10 min Gjær -Belle Saison -Safale 05
+ 0,25 kg Crystal malt (import)	

Humle (gram)	Saison			Safale		
	Domen	Varde	Weyermann	Domen	Varde	Weyermann
25	2	9	-	6	10	-
35	3	7	-	4	12	-
50	1	8	13,14,15	5	11	18,17,16

Aroma humle – Cascade pellets, USA

Innhold av alfasyre: 5,5 – 9%

Innhold av betasyre: 6 – 7,5%

Oljeinnhold: 0,8-2,5 ml/100g



Figur 3.3 viser Saison (venstre) og 3.4 Safale (høyre)

Belle Saison – Lallemand

Denne gjærtypen (*Saccharomyces cerevisiae*) er en belgisk ale-gjær som produserer gode Saison-typer med øl. Denne produserer ale med fruktig, krydret aroma på grunn av ester og fenol-produksjon.

Kan fullføre gjæring etter 5 dager ved temperatur over 17 grader.

Safale 05 – Fermentis

Denne gjærtypen (*S. cerevisiae*) er en amerikansk ale-gjær som produserer balanserte øl med lite diacetyl og gir en crisp munnfølelse.

Ideell temperatur 18-25°C.

Weyermann® – Pilsner malt

Weyermann® Premium pilsner malt er en to-radsvårbygg fra Tyskland, som produserer et øl med munnfølelse og søt maltaroma med hint av honning. Sterk grad av modifisering og favorable verdier av protein og β -glukan. Veldig fleksibelt malt med gode separeringsegenskaper, ekstraktutbytte samt bra skumdannelse. Fungerer godt til ale, pils, lav-alkoholøl og lettøl. Farge-EBC 2,5 – 4. (fra analysebevis se vedlegg 7)

Domen bygg, Norge (egenmaltet)

To-radsbygg fra Møystad forsøksgård, 1950

Varde malt, Norge (egenmaltet)

Seks-radsbygg fra 1940.

Thomas Fawcett & Sons LTD - Crystal malt

Ristet i spinnekjølle til ønsket farge. Hovedkarakteristikk oransjevørter og toffee caramel-smak. Farge-EBC 120-180

3.2.1 Bryggemetode

3.2.1.1 Mesking/Vørterkoking

Etter oppveing av maltet, ble maltet knust (grovt) med kvern fra Monster Mill. Kjelen som ble benyttet var alt-i-én Beerbrew 30-Liters bryggekjeler med maltsylinder og silbunn. Det ble før bryggingen utført testing av sju forskjellige bryggekjeler for å se på stabiliteten hos disse. Det ble undersøkt temperaturstabilitet av varmeelementet under mesking og vørterkoking, samt temperaturindikator på kjelen. Av til sammen sju bryggekjeler var det fem stykk som var pålitelige nok til å kunne benyttes under produksjon, selv om det ble

konkludert med at temperaturindikatoren var noe misvisende.

Samtlige batcher ble tilført 26 liter 70 °C vann ved oppstart. Meskevannet var ferdig oppvarmet ved ~70-75 °C ved tilførsel av kornet, da vannet ville synke til ønskelig temperaturer ved tilsetning av malt. Det ble under meskingen forsøkt å holde på temperaturen på 65 °C i 75 minutter så godt det lot seg gjøre med tilgjengelig utstyr. Maltet ble kontinuerlig rørt og temperaturen i mesken ble målt med jevnlig mellomrom med en manuell termometer, da temperaturindikatoren på bryggekjele-utstyret kunne være misvisende.

Etter 75 minutter ble temperaturen hevet opp til 78 °C, for utmesking. Ved ferdig utmesking (etter to minutter) ble temperatur og intensitet satt på maksimum kapasitet for klargjøring til vørterkoking, som vist i tabell 3.5. Mesken ble silt med varmt vann (78 °C). Det ble tilsatt forskjellige mengder vann avhengig av °Plato (konvertert fra brix ved hjelp av vedlegg 3), målt med refraktometer. Ønsket °Plato var bestemt til å være på 12,5° før, og etter vørterkoking.

Vørteren ble tilsatt en bestemt mengde humle, avhengig av batch (tabell 3.4), ved kokestart og 10 minutter før kokeslutt. Etter 50 minutter ble spiralkjøler tilført vørteren for sterilisering, og °Plato ble målt på nytt for eventuell tilsetning av vann. Etter ferdig koking ble vørteren nedkjølt til 10-20 °C før tilsetning av gjær.

Tabell 3.5 viser bryggeprogrammet benyttet hos samtlige batcher. Det ble mesket ved en fast temperatur på 65 °C, før temperaturen til 78 °C ble hevet før separering av meske og vørter. Vørterkoking ble utført i 60 minutter.

Steg	Tid (minutter)	Temperatur (°C)
Mesking	75	65
Utmesking	2	78
Vørterkoking	60	100

3.2.1.2 Fermentering

Den avkjølte vørteren ble så tappet i 30-liters plastdunker og tilsatt gjær (Saison/Safale) etter oppskrift. Dunkene ble så oppbevart ved romtemperatur på pilotanlegget i to uker med jevnlig sjekk for å undersøke om prosessen gikk som planlagt.

3.2.1.3 Omstikking/Flasking

Etter to uker ble ølet omstukket, ved hjelp av en manuell slange, til nye gjærdunker inneholdende en sukkerlake tilsvarende 5 gram sukker/L øl. Det ble målt mengde bunnsлам og antall liter som ble tappet. Det ble under hele prosessen forsikret om at det hele ble gjort på en så hygienisk måte som mulig, ved at alt utstyr med renses med Star San™ desinfeksjonsløsning eller sprayet med 70 % etanol. Innholdet ble deretter rørt godt for å blande inn sukkerlaken, før det ble tappet over til 0,33 og 0,5 L mørke ølflasker og satt på

kapsler.

3.2.1.4 Karbonering

Flaskene ble oppbevart i romtemperatur på meieribygget ved NMBU, og karboneringen ble bestemt til å foregå i to uker.

3.2.1.5 Modning i kjølelager

Etter karbonering ble ølflaskene overført til kjølelager på 4 °C for modning i to nye uker.

Tabell 3.6 viser de forskjellige stegene ved produksjon av ølet, samt tid og temperatur under hvert av stegene.

Steg	Tid	Temperatur (°C)
Ferdig brygg	3 timer	65-78-105-22
Gjæring	2 uker	20-25
Karbonering	2 uker	20-25
Modning	2 uker	3-5

3.3 Analyser bygg, malt, vørter

3.3.1 β -glukan

Det ble i denne oppgaven undersøkt innhold av Beta-glukan i bygg, malt og vørter. Til disse forsøkene ble det benyttet «Megazyme – Assay Procedure, McCleary-Method» som inneholdt forskjellige metoder ved måling av β -glukan. Metodene som nevnes nedenfor er ble utført på forskjellige måter når det gjelder preparering av prøvene, prøvemengde samt utførelse.

β -glukan i bygg er gjort i henhold til AOAC-metode 995.16 (Association of Official Agricultural Chemists).

β -glukan i malt er gjort i henhold til EBC-metode 4.16.1 (arkivert)

Beta-glukan i vørter er gjort i henhold til EBC-metode 8.11.1 (arkivert)

Prinsippet med denne metoden gikk ut på å suspendere og fukte prøvene i en Natriumfosfat-løsning med pH på 6,5, før inkubering med lichenase-enzymet og filtrering. De filtrerte prøvene ble deretter hydrolysert før tilsetning av beta-glukosidase. D-glukose-løsningen som ble produsert ble analysert ved hjelp av en glukose-oksidase/peroksidase reagent.

Prinsippet for analysen gikk ut på å bryte ned beta-glukan til beta-gluko-olisakkarider ved hjelp av enzymet lichenase, (utvunnet fra Bacillus) videre til D-glukose. Dermed ville det

være mulig å bestemme innholdet av Beta-glukan ved hjelp av spektrofotometer ved et absorbansnivå på 510 nm.

Bufferpreparering

Før analysen kunne startes var det nødvendig å lage tre stykk buffere (20 mM Natriumfosfat pH 6,5, 50 mM Natrium acetat pH 4,0 og 200 mM Natrium acetat pH 6,5). Videre var det nødvendig å fremstilles to reagenser, disse er lichenase som fortynnes med 20 mL natrium fosfat-buffer (pH 6,5), og B-glukosidase som fortynnes med 20 mL natrium acetat buffer (pH 4,0). Begge disse reagensene ble overført i flere Eppendorf-rør (1,5 milliliter) og lagret i fryser på -20 °C mellom analysene. Det var også nødvendig å lage GOPOD-reagentbuffer (Glucose Determination Reagent).

3.3.1.1 β -glukan bygg (AOAC-metode 995.16)

Analysen av β -glukan i bygg ble utført i henhold til Association of Official Analytical Chemists (AOAC)-metode 995.16. Til byggforsøket ble 100 mg \pm 20 mg finkvernet bygg veid ut og overført til et sentrifugererør (35 mL).

Steg 1.1 - Løsningen ble først fortynnet med 0,2 mL 50% etanol for å finfordele innholdet i prøven. Det ble deretter tilsatt 4,0 mL av bufferløsning 20 mM natriumfosfat pH 6,5, og mikset i vortex. Videre ble prøvene inkubert i kokende vannbad i 1 minutt før ny vortex-miksing, kokende vannbad i 2 minutter med påfølgende vortex-miksing, før rørene ble nedkjølt i 50 °C vannbad i 5 minutter.

Steg 1.2 – Rørene ble deretter tilsatt 0,2 lichenase-løsning i samtlige prøve og forseglest med parafilm, før ny inkubering på 50 °C i 1 time. Under denne perioden var det nødvendig å mikse prøvene i vortex hvert 10 minutt. Deretter ble det tilsatt 5,0 mL 200 mM natrium acetat buffer, og som igjen ble godt mikset i vortex. Skrukork ble påsatt samtlige rør og disse ble sentrifugert i 10 minutter på 1000 G. Mens prøvene ble sentrifugert ble det klargjort 3 prøverør (12 mL glassrør) til samtlige prøver, i tillegg til tre rør som ville bli benyttet til standardprøver.

Steg 1.3 – Samtlige prøver ble deretter pipettert ut i tre nye glassrør (0,1 mL av hver prøve i hvert av rørene) tilsvarende 2 paralleller og en blankprøve. Til standardløsningene ble det pipettert ut 0,1 mL av D-glukose standardløsning fra Megazyme kit). Parallellene ble tilsatt 0,1 mL Beta-glukosidase (fra eppendorf-rør), mens blankprøven ble tilsatt 0,1 mL 50 mM acetat buffer (pH 4,0). Samtlige prøver ble inkubert i 50 °C vannbad i 10 minutter, før det ble tilsatt 3,0 mL GOPOD-reagensbuffer og disse ble inkubert i samme vannbad i 20 minutter. Prøvene kunne etter inkuberingen bli målt i spektrofotometer ved 510 nm, innen én time etter uttak.

Det var samtidig nødvendig å måle absorbansen på standardprøvene for å få riktig utregning. Den blanke prøven ble benyttet som nullprøve, mens de rosafargede parallellene ble målt. Absorbansresultatet ble notert og kalkulert ved hjelp av formel (**punkt 3.3.1.3**) eller Megazyme β -glukan-kalkulator (fra Megazyme.com). Videre ble absorbansnivået på kontrollprøvene analysert og sammenlignet opp mot en standardprøve med kjent mengde

beta-glukan (4,1 % beta-glukan) fra Megazyme-kit, for å verifisere resultatet.

Formler til utregning vises i punkt **3.3.1.3**.

3.3.1.2 β -glukan Malt (EBC-metode 4.16.1)

Analysen av beta-glukan i malt ble gjort i henhold til EBC-metode 4.16.1. Til maltforsøket ble det veid ut 1,0 gram \pm 0,05 g med finkvernet malt i glassrør (35 mL kapasitet).

Steg 2.1 - Prøvene ble først tilsatt 5,0 mL 50% etanol for å få en finfordelt prøve. Disse ble inkubert i kokende vannbad i 5 minutter og mikset i vortex, før de ble tilsatt nye 5,0 mL 50% etanol. Prøvene ble mikset på nytt og deretter sentrifugert i 10 minutter ved 1000 G. Etter sentrifugeringen var et væskelag dannet på toppen av prøven, denne ble fjernet med pipette. Prøvene ble deretter tilsatt 10 mL 50% etanol, før ny sentrifugering og forkasting av væskelaget. Deretter ble det i prøven tilsatt 5 mL 10 mM natrium fosfat (pH 6,5).

Videre ble analysen fortsatt fra **steg 1.2** i byggmetoden (**punkt 3.3.1.1**).

Resultatene utregnes deretter med formler fra punkt **3.3.1.3**.

3.3.1.2 β -glukan øl/vørter (EBC-metode 8.11.1)

Analyse av beta-glukan i vørter ble gjort i henhold til EBC-metode 8.11.1. Til vørterforsøket ble det veid ut 5,0 gram \pm 0,2 gram med vørter i et fettsyre-rør (35 mL kapasitet) og tilsatt 2,5 g finkvernede krystaller av ammonium sulfat. Til ølforsøk vil det først være nødvendig å avgasse ølet ved oppvarming til 80 °C vannbad, og la det avkjøle.

Steg 3.1 – Samtlige prøver ble forseglest med parafilm og forsiktig vendt opp og ned for å løse opp ammoniumsulfatet, før nedkjøling i 20 timer ved 4 °C.

De avkjølte prøvene fra foregående dag ble påsatt skrukork og sentrifugert i 10 minutter ved 1000G. Væskelaget som ble dannet på toppen av prøven ble fjernet med pipette, og disse ble tilsatt 1 mL 50% etanol med påfølgende miksing i vortex.

Steg 3.2 - Etter miksing ble det tilsatt nye 10 mL 50% etanol mens rørene ble mikset manuelt ved å vende på røret. Prøvene ble sentrifugert i nye 5 minutter, før væskelaget som dannet seg ble fjernet på nytt. **Steg 3.2** måtte deretter gjentas en gang.

Steg 3.3 - Etter at væskelaget ble pipettert ut, ble det tilsatt 20 mM natrium fosfat buffer (pH 6,5). Mengden ble bestemt ut fra hvilken prøve som ble analysert.

For vørter ble volumet justert til 4,8 mL.

For øl ble volumet justert til 1,8 mL.

Det ble deretter tilsatt 0.2 mL lichenase og inkubert i vannbad ved 40 °C i 5 minutter.

Prøvene ble deretter sentrifugert i 10 minutter ved 1000 G. Videre ble analysen fortsatt fra **steg 1.3** i byggmetoden (**punkt 3.3.1.1**). Ved endt absorbansmåling kalkuleres resultatene ved hjelp av formel (**punkt 3.3.1.4**), eller Megazyme β -glukan kalkulator (Megazyme.com).

Formler til utregning vises i punkt 3.3.1.4.

3.3.1.3 Utregninger for metode 3.3.1.1 (bygg) & 3.3.1.2 (malt)

Til utregning av innhold beta-glukan ble det benyttet følgende formler:

$$\beta\text{-glukan bygg \% uten tørrstoff (m/m)} = \Delta A \times F \times 94 \times \frac{1}{1000} \times \frac{100}{W} \times \frac{162}{180}$$

$$\text{Forenklet ved} = \Delta A \times \frac{F}{W} \times 8.46$$

$$\beta\text{-glukan malt \% uten tørrstoff (m/m)} = \Delta A \times F \times 300 \times \frac{1}{1000} \times \frac{100}{W} \times \frac{162}{180}$$

$$\text{Forenklet ved} = \Delta A \times \frac{F}{W} \times 27$$

β -glukan % m/ tørrstoff innhold

$$= \text{Beta - glukose uten tørrstoff} \times \frac{100}{100 - \text{vanninnhold}}$$

8,46 = Faktor (bygg)

27 = Faktor (malt)

ΔA = Absorbans etter behandling med beta – glukosidase minus absorbans av blankprøve

F = Faktor for konvertering av absorbansverdier til mikrogram glukose

$$= \frac{100 \text{ (}\mu\text{gram D - glukose)}}{\text{absorbans av 100 } \mu\text{gram D - glukose}}$$

W = vekt i mg (as is basis) av analysert prøve

300 = Volumjustering (0,1 mL tatt ut fra 30 mL)

94 = Volumjustering (0,1 mL tatt ut fra 9,4 mL)

$\frac{1}{1000}$ = konvertering fra μ gram til milligram

$\frac{100}{W}$ = Faktor for å uttrykke β – glukose som prosent av prøvevekt

$\frac{162}{180}$ = Faktor for å konvertere D – glukose til anhydro – D – glukose

3.3.1.4 Utregning for metode 3.3.1.3 (øl/vørter – flytende prøver)

$$\text{Beta-glukan (mg/liter)} = \Delta A \times F \times 10\,000 \times \frac{1}{1000} \times \frac{5}{5} \times \frac{162}{180}$$

Forenklet ved = $\Delta A \times F \times 9$

$$\text{Beta-glukan (\% uten tørrstoff)} = \text{Beta (mg/L)} / \frac{W}{\text{ekstraktvolum}}$$

$$\text{Beta-glukan tørrstoff (\% med tørrstoff)} = \text{Beta (\% uten tørrstoff)} \times \frac{100}{100 - \text{tørrstoffinnhold}}$$

Ekstraktvolum = 3

W = vekt prøve mg

ΔA = Absorbans etter behandling med beta – glukosidase minus absorbans av blankprøve

F = Faktor for konvertering av absorbansverdier til mikrogram glukose

$$= \frac{100 \text{ (mikrogram D – glukose)}}{\text{absorbans av 100mikrogram D – glukose}}$$

10 000 = Volumjusteringsfaktor (0,1 mL ble analysert men resultatene er presentert som liter prøve)

$$\frac{1}{1000} = \text{konvertering fra mikrogram til milligram}$$

$$\frac{162}{180} = \text{Faktor for å konvertere D – glukose til anhydro – D – glukose}$$

$$\frac{5}{5} = \text{Volumjusteringsfaktor. For vørter, 5,0 mL prøver ble behandlet med ammoniumsulfat og volumet ble justert til 5,0 mL (4,8 mL + 0,2 lichenase)}$$

$$\frac{2}{5} = \text{Volumjusteringsfaktor. For øl, 5,0 mL prøver ble behandlet med ammoniumsulfat og volumet ble justert til 5,0 mL (4,8 mL + 0,2 lichenase)}$$

3.3.2 Spireevne

Spireevnen på byggprøvene (Domen og Varde) ble bestemt i henhold til EBC-metode 3.5.2. Målet med analysen var å bestemme den prosentvise andelen av levende korn i en prøvemengde bygg, ved hjelp av en hydrogenperoksid-assistert veksttest. Denne analysen kan benyttes til alle typer korn.

Ifølge analyseforskriften skal det telles 200 korn med paralleller, men grunnet mangel på telleapparat ble det kun kjørt én prøve. Det ble derfor telt opp 200 korn av hver prøve med Domen og Varde-bygg, hvorav ødelagte, små og halve korn ble utelatt. Prøvemengdene på 200 korn ble helt over i 250 ml Erlend Meyer-kolber og tilsatt 5 ml hydrogenperoksid, og fylt opp med avionisert vann opp til 200 ml. Disse fikk deretter stå i romtemperatur i 3 dager før de ble telt opp på nytt. Samtlige korn med antydning til blad- eller rotspire ble telt opp, mens de uten blad- eller rotspire ble tatt til side og lagt på et bløtlagt papir i petriskål i ett ekstra døgn, dette for å gi de rikelig tilgang på luft og fuktighet. Det ble deretter utført ny telling etter 24 timer.

Resultatet ble utregnet slik:

$$\text{Spireevne \%} = \frac{200 - n}{2}$$

200 = Prøvemengde korn

n = Antallet korn som ikke spiret

Resultatet oppgis i % uten desimal

3.3.3 Vanninnhold bygg og malt

Til bestemme av vanninnhold i bygg og malt ble det benyttet EBC-metode 3.2 og 4.2. Målet med analysen var å bestemme vanninnholdet i bygg og malt, ved måle tap av vekt under tørking. Resultatene til denne analysen ville være viktig for videre analyseresultater som oftest oppgis på basis av tørrstoffinnholdet i prøven.

I henhold til EBC-metodene skal bygg tørkes ved 130-133 °C i 2 timer, mens malt skal tørkes ved 105-106 grader i 3 timer +- 5 minutter. Tilgjengelig utstyr på laboratoriet førte til at det isteden ble benyttet 102 °C i 20 timer på samtlige korn og maltprøver. Det ble deretter veid opp 5,0 gram prøvemengde i aluminiumsbeger, med 3 paralleller av samtlige bygg- og malt-sorter. Disse ble tørket ved 102°C i Termaks ovn levert av VWR. Etter 20 timer ble disse flyttet over til eksikator i 30 minutter for nedkjøling og for å unngå at prøven absorberer fuktighet før veiing.

Resultatene ble utregnet slik:

$$\text{Vanninnhold \% (m/m)} = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100$$

m_0 = Vekt (gram) prøve før tørking

m_1 = Vekt (gram) prøve etter tørking

Resultatene ble rapportert med én desimal.

3.3.4 Proteininnhold bygg og malt

Til bestemmelse av proteininnhold i bygg og malt ble det benyttet EBC-metode 3.3.1 og EBC-metode 4.3.1 - Total nitrogen av bygg/malt ved Kjeldahl-metoden. Denne metoden kunne benyttes til alle typer bygg med et nitrogeninnhold på $\leq 2,4\%$ og alle typer malt. Ved høye resultater på total nitrogen eller overskumming av prøvene under opplutning vil det være nødvendig å redusere prøveinnholdet. For omregning fra total nitrogen til protein ble proteinfaktor **6,25** benyttet.

Prinsippet med metoden var at nitrogenholdige forbindelser i prøvematerialet omdannes til ammoniumsulfat, under spalting med varm svovelsyre. Denne spaltingen med natriumhydroksid gjøres alkalisk, og ammoniakken som frigjøres ble dermed destillert inn i et overskudd av borsyreløsning. Saltsyreløsning ble deretter benyttet for å titrere ammoniakken, og mengde titrert saltsyreløsning ble notert og regnet om til proteininnhold.

Oppveing, opplutning og destillering av prøver

Det ble veid ut 0,2 g prøvemateriale (for å hindre skumming) i Kjeldahl-rør. Prøvene ble deretter tilsatt en kjemikali-tablett innholdende 1,5 g kaliumsulfat og 7,5 mg selen. Deretter ble det tilsatt 3 ml konsentrert svovelsyre. Hver blokk som ble oppluttet måtte inneholde to blankprøver (innholdende kun tablett og svovelsyre), i tillegg til tre standardløsninger med skummet melk for å se om titreringen ble gjort riktig. Kjeldahl-rørene ble deretter oppluttet i FOSS Tecator Digestor Auto ved 420 °C i 1 time og 15 minutter. Etter at samtlige rør ble ferdig nedkjølt, ble disse destillert med apparatet FOSS Kjeltex 8400 Analyzer Unit. Apparatet ville dermed gi ut av titreringsfaktoren, og følgende formel ble benyttet til å bestemme proteininnholdet:

$$\text{Proteininnhold \% (m/m)} = \frac{\text{Titer} \times 0,07}{(100 - M) \times \text{Prøvemengde}} \times 6,25 \times 100$$

Titer = Mengde saltsyre benyttet til titrering (ml)

0,07 = Faktor

M = Vanninnhold bygg (%)

Prøvemengde = Vekt av prøvemengde (gram)

6,25 = Proteinfaktor

Resultatet rapporteres i % (m/m) protein med to desimaler.

Uønskede resultat under Kjeldahl kan skyldes feil prøvemengde, feil mengde syre/salt/katalysator, kontaminering, standarder, reagenser eller utstyr, ufullstendig eller overdrevet opplutning, ufullstendig eller overdrevet destillering, skumming, ujevn opplutning, samt kalkuleringsfeil (Expotechusa.com).

3.3.6 Maltingstap

Ved malting av bygg til malt kan man regne ut prosentvis utbytte av det ferdige maltet, ved å veie bygget før malting, og etter maltingsprosessen. Målet med å kalkulere dette går ut på å finne ut prosent utbytte på maltet, mens maltingstapet vil være differansen fra 100 %.

Maltingstapet som oppstår skyldes vanntap, respirasjon, spirer, støpningstap, tap under fjerning av spirer (Kunze, 2004).

Kalkuleres slik:

$$\text{Utbytte (\%)} = \frac{V_f}{V_e} \times 100$$

$$\text{Maltingstap (\%)} = 100 - \text{Utbytte \%}$$

V_f = Vekt før malting

V_e = Vekt etter malting

100 = omregningsfaktor til prosent

3.3.7 Friabilitet og umodifiserte korn



Figur 3.5 viser benyttet friabilitimeter fra Pfeuffer.

Det ble benyttet EBC-metode 4.15 til å bestemme friabilitet av maltprøvene. Dette ble utført for å se på mengde friabilitet på hele og delvis umodifiserte korn i maltet. Metoden benyttes til de fleste typer Pale malt, men resultatet påvirkes dersom maltet har vanninnhold utenfor området 3,5 - 5 %. Resultatene kan også være misvisende hvis det blir benyttet malt som har absorbert fuktighet i skallet under lagring.

Det ble først veid opp maltprøver på 50 g +/- 0,3 g som ble helt i et Friabilimeter fra Pfeuffer (figur 3.5) gjennom en åpning øverst på instrumentet. Analysen ble utført ved at maltet ble fragmentert mekanisk ved hjelp av en trommel inne i friabilimeteret som går rundt i 8 minutter. De minste fragmentene vil dermed passere gjennom trommelen, mens de store umodifiserte fragmentene samt hele korn blir igjen i trommelen. De umodifiserte fragmentene som trommelen fanget opp ble deretter veid opp for å beregne friabiliteten. Mengde umodifiserte korn ble også analysert. Her ble hele korn, og korn større enn 3/4 kornstørrelse sortert og veid. <http://www.furstenbrunn.com/Resources/fria01.jpeg>

Resultatene ble kalkulert slik:

$$\text{Friabilitet (\%)} = 100 - (2 * A)$$

A = vekt (gram) umodifiserte fragmenter i trommelen

Friabilitet oppgis % til nærmeste hele tall

$$\text{Umodifiserte korn (\%)} = 2 * B$$

B = vekt (gram) korn større enn 3/4 kornstørrelse

Umodifiserte korn oppgis i % med én desimal

3.4 Analyser av vørter

3.4.1 Kongressmeske

Det ble produsert vørter i henhold til EBC metode 4.5.1 Ekstrakt av malt - Kongressmeske. Vørteren som ble produsert ved denne metoden ble videre benyttet til flere analyser (farge, β -glukan, viskositet og løselig nitrogen). Forsukringstid, lukt, og filtreringshastighet ble målt underveis under denne meskeanalysen.

Formålet med metoden var å måle maltets potensial til å produsere løselig vørter, ved bruk av et standardisert meskeprogram. Metoden er ment å brukes på malt med farge < 15 EBC fargeenheter. Det var under denne analysen viktig at samtlige prøver ble veid før og etter mesking. Ekstraktinnholdet i vørteren bestemmes utifra Specific Gravity ved å se på Plato

tabell ved 20 grader.

Metoden ble utført ved å ta i bruk 50 gram \pm 1,5 g finkvernet malt (0,2 mm). Prøvene ble tilsatt 200 ml Mili-Q vann i en metallkolbe og varmet opp til 45 °C i et mikro-meskebad produsert av THIEMT. Mesken ble rørt kontinuerlig i 30 minutter, før programmet økte temperaturen med én grad per minutt opp til 70 °C, i løpet av 25 minutter. Mesken ble deretter tilført 100 ml 70 °C varmt Milli-Q vann.

3.4.1.1 Forsukringstid

10 minutter etter tilførsel av 100 ml 70 grader vann ble det foretatt forsukringsmålinger av samtlige prøver. Denne analysen har som mål å vise vørterens evne til å omdanne stivelse til forgjærbart sukker.

Dette ble gjort ved å pipettere ut én dråpe av samtlige mesker på en porselensskål, som ble tilsatt én dråpe iodinløsning (oppskrift nærmere beskrevet i EBC-metode 4.5.1).

Forsukringstiden ble rapportert i antall minutter fra det ble tilsatt 100 ml 70 °C vann til det oppsto en klar gul væske. Målinger på forsukringstid ble gjort hvert 5. minutt fram til det ble utslag med iodinløsningen, i opptil én time. Etter 1 time ved 70 °C ble mesken nedkjølt til 20 °C i løpet av 15 minutter. Mesken ble så fortynnet til en samlet vekt på 450 g \pm 0,2 g og notert ned.

3.4.1.2 Ekstraktinnhold

Beregning av ekstraktinnhold i maltet ble kalkulert med følgende formler:

$$\text{a) } E_1 [\% \text{ (m/m)}] = \frac{P (M+800)}{100-P}$$

$$\text{b) } E_2 [\% \text{ (m/m)}] = \frac{E_1 \times 100}{100-M}$$

E_1 = Ekstraktinnhold i prøve i % (m/m)

E_2 = Ekstraktinnhold i tørr malt, i % (m/m)

P = Ekstraktinnhold i vørter, i % Plato

M = Vanninnhold malt, i % (m/m)

800 = Mengde destillert vann tilsatt mesken til 100 g malt, i ml

Resultatet rapporteres i % (m/m) med én desimal.

3.4.1.3 Filtreringshastighet

Kongressmesken som ble produsert ble rørt med en glasstav, før den umiddelbart ble overført til Erlend Meyer-kolbe gjennom faltenfilter (597 $\frac{1}{2}$ 185 mm) plassert på en trakt. Resultatene ble notert hvor; innen én time rapporteres som normal, mens det over én time rapporteres som treg.

Vørteren ble deretter oppbevart i kjøleskap eller fryser for senere analyser.

3.4.1.4 Lukt

De forskjellige vørterprøvene ble luktet sensorisk etter endt filtrering og resultatet ble rapportert som normal etter hvilken malttype det var snakk om. Resultatet ble notert som ikke aromatisk ved null lukt. Ved fremmedlukter rapporteres resultatet så godt det er mulig ved å beskrive aromaen.

3.4.2 Vørterfarge

Det ble utført fargemåling på de forskjellige vørterne ved hjelp av spektrofotometrisk metode i henhold til EBC-metode 8.5. Målet med metoden var å bestemme fargen på vørter, produsert under laboratorieekstrakt av malt under EBC-metode 4.5.1 (se punkt 3.4.1). I henhold til EBC-metode 8.5 skal samtlige vørterprøver sprøytes gjennom et 0,45 mikromembranfilter for å fjerne uønskede partikler, og overføres til 10 mm kyvetter. Nullstilling av instrumentet gjøres med avionisert vann, før samtlige prøver måles ved hjelp av spektrofotometer innstilt på 430 nm. Denne metoden er den offisielle referansen på fargemåling og kan brukes til alle typer vørter.

Resultat beregnes med følgende formler:

$$\text{Farge} = 25 * A_{430}$$

Farge = Farge på malt i EBC-fargeenheter

25 = Multiplikasjonsfaktor

A₄₃₀ = Absorbans ved 430 nm i 10 mm kyvette

Resultatet rapporteres i EBC-enheter.

3.4.3 Løselig nitrogen

Til bestemmelse av løselig nitrogen i malt ble det benyttet EBC-metode 4.9.1. Metoden kan benyttes til alle typer vørter som er produsert under maltanalyser. Vørteren som ble benyttet til analysen stammer fra meskeforsøket fra EBC-metode 4.5.1.

Bestemmelse av løselig nitrogen utføres på samme måte som ved proteinmålingen av bygg eller malt (**punkt 3.3.4**).

Det ble først forsøkt å benytte 5 ml vørter som prøvemengde, men dette ble etter hvert nedjustert til 2 ml. Ved oppslutning av 5 ml prøve oppsto det overkoking i løsningen, noe som påvirket resultatene. Det ble derfor veid ut 2 ml vørter som prøvemengde, og disse ble også tilsatt 10 dråper antiskummiddel for å hindre overkoking.

Nitrogeninnholdet ble beregnet slik:

$$\text{a) } N_v = \frac{T \times 14}{V} \times 100 \text{ (mg/liter)}$$

N_v = Løselig nitrogen i mg/liter

T = mL av 0,1 mol/liter saltsyre som behøves for å nøytralisere ammoniakk

V = Prøvemengde (ml)

$$b) \mathbf{N_s} = \frac{N_v \times E_1}{10\,000 \times E_w} (\%)$$

N_s = Løselig nitrogen i % av tørr malt

N_v = Løselig nitrogen i mg/liter

E₁ = Ekstraktinnhold i tørr malt i % (m/m)

E_w = Gram av ekstrakt i vørter i g/100 ml av vørter (vekt kolbe fra meskeforsøk i gram delt på innveid korn i gram)

1000 = korreksjonsfaktor for å oppnå resultatet i prosent

Resultatet rapporteres i % m/m med to desimaler

$$c) \mathbf{LNF} = \frac{N_s \times 100}{N_t}$$

LNF = Løselig nitrogen forhold

N_s = Løselig nitrogen i % av tørr malt

N_t = Total nitrogen i % av tørr malt

3.4.5 Ekstraktutbytte under brygging

Utbytte av samtlige brygg ble beregnet basert på Specific Gravity da det tidlig ble klart at antall liter ferdig ekstrakt ble noe lavere i de egenmalte sortene Domen og Varde, sammenlignet med Weyermann. Antall liter vann som ble tilsatt underveis (før mesking, siling og under vørterkoking) ble notert, mens Plato° ble kontinuerlig målt med refraktometer og siktet inn på 12,5 Plato°. (For beregning av resultat ble Plato° omgjort til Specific Gravity ved hjelp av vedlegg 3)

Regnestykket er basert på diverse litteratur funnet (Kunze, 2004), men ble noe modifisert og derfor kun ment å gi et bilde av det ferdige utbyttet.

Ferdig utbytte i samtlige brygg ble utregnet slik:

$$\mathbf{Utbytte} = \frac{V\text{ørterekstrakt (liter)} \times \text{°SG}}{\text{tilsatt vann (liter)}} \times 100$$

3.4.6 Viskositetsmåling

Til viskositetsmåling av vørter ble det benyttet EBC-metode 4.8 og 8.4. Målet med metoden var å bestemme viskositeten i ferdig vørter, ved bruk av passende viskositetsinstrument. EBC-metoden brukes til å bestemme viskositet i alle typer vørter produsert under maltanalyser. Viskositet skal vanligvis måles innen 2 timer etter filtrering, utførelsen av denne analysen ble likevel utført noe senere.

Det ble benyttet et Rheometer av type Physica MCR 301 levert av Anton Paar. Det ble pipettert ut 0,65 ml prøvemengde, ved en temperatur på 20 °C ± 0,01. Viskositeten ble

analysert ved å måle dreiemoment mellom væske og en roterende konplate med 50 mm diameter, målesystem CP50-1. Rheometeret ble programmert til å måle gjennomsnittet av viskositeten ved hver hele skiveomdreining. Skjærhastighetene som ble benyttet var fra 50 1/s til 800 1/s, med logaritmiske målinger (slope 9,97 punkter/decade), som til sammen ga 13 målinger for hver prøve. Avstanden mellom midten av konplaten og bunnplaten var 0,101 mm som den alltid skal være ved bruk av CP50-1 målesystem. Til utarbeidelse av resultatene ble det benyttet dataprogrammet Rheoplus. Målingene som ble benyttet til utregning var ved en skjærhastighet på 100 1/s, og resultatet ble omgjort til mPas med to desimaler.

3.5 Analysemetoder øl

3.5.1 Anton Paar Alcoolyzer

Etter 2 uker modning i kjøleskap ble to flasker fra samtlige batcher romtemperert før disse ble analysert med Anton Paar-instrumentet. Målet med målingen i Anton Paar er å bestemme innholdet av forskjellige parametere i ølet, slik som:

Alkohol, Uklarhet, Tetthet, Farge, Uklarhet, CO₂, Plato°, Ea, Er og ADF.

Ea, Er og ADF er tidligere forklart i punkt 2.5.4.

Under målingene kjøres én og én flaske som føres inn et flaskekammer. Flasken settes under trykk slik at korken perforeres og et stigrør føres ned i flasken og tar målinger av ølet. Resultatene vises på maskinen etter 3-4 minutter og noteres.

Anton Paar kan vanligvis kjøre pH-målinger, men disse ble altså kjørt separat ved hjelp av en egen pH-måler.

3.5.2 Sensoriske analyser

Det ble gjennomført tre forskjellige sensoriske analyser på sensorikkrommet ved KBM hvor det ble tatt i bruk et testpanel bestående av semi-trente dommere. Selv om det var foretrukket at dommerne hadde en preferanse for Pale Ale, var det kun mulig å skaffe dommere med preferanse for vanlig pilsner. Blant analysene som ble utført var deskriptiv analyse av samtlige øl (k=18), preferanse av samtlige øl (k=18) og to forskjellige triangeltester (k=2). Ølene ble på forhånd oppbevart på eget kjølerom ved 7,5 °C, slik at disse skulle få en temperatur på rundt 8-10 °C under smaking. Det var også viktig at dommerne ikke snakket sammen, og at de skylte munnen mellom hver øl. Ølene ble nummert med tresifrede koder.

3.5.2.1 Deskriptiv analyse og preferansetest

Under deskriptiv analyse og preferansetest ble det benyttet et panel på (n=17) som gjennomgikk 2 runder à 9 øl (3 maltsorter med 3 gjentak, altså kun 1 gjærtype om gangen). For å hindre resultatpåvirkning var det viktig at gjennomførelsen ble utført så tilfeldig som

mulig. Dommerne sto dermed helt fritt til å velge hvilken som helst øl til å begynne med.

Under «deskriptiv analyse» ble panelet bedt om å karakterisere hvert øl på forskjellige parametere som lukt, fruktighet, bitterhet, malt, gjær og bismak på en skala fra 1-5.

Under preferansetesten ble panelet bedt om å settes kryss på «veldig god», «helt OK» og «mindre god».

Resultatene fra deskriptiv analyse ble ført inn i biplot og spider plot samt behandlet med ANOVA, mens preferansetestresultatene ble ført i stolpediagram samt behandlet med ANOVA.

Benyttet dommerskjema vises i vedlegg 9.

3.5.2.2 Triangeltest

Det ble til sammen gjennomført to runder med triangeltester bestående av et dommerpanel på (n=8). Panelet fikk utdelt til sammen tre prøver, bestående av to like øl og én ulik (k=2).

Prøvene ble utdelt i forskjellig rekkefølge, og selv om dommerne ikke klarte å bestemme seg var de nødt til å velge én til å være ulik de andre.

Runde 1 fokuserte på to ulike maltsorter, men samme type gjær (Domen Saison nr. 3 og Varde Saison nr. 7 med likt innhold av humle, 35 gram), hvor dommerne ble bedt om å finne den ulike.

Hypotesene ble som følger:

H_0 = Det merkes ikke forskjell mellom maltsortene

H_A = Det merkes forskjell mellom maltsortene

Runde 2 fokuserte på to ulike gjærsorter, men samme type malt (Weyermann Saison nr 13 og Weyermann Safale nr. 17), hvor dommerne ble bedt om å finne den ulike.

Hypotesene ble som følger:

H_0 = Det merkes ikke forskjell mellom gjærtypene

H_A = Det merkes forskjell mellom gjærtypene

Riktige svar ble notert og sammenlignet ved hjelp av vedlegg 12, for å avgjøre om nullhypotesen kunne forkastes eller ikke, og ved hvilket signifikansnivå $\alpha= 0,05/0,01$ eller $0,001$). Benytte dommerskjema vises i vedlegg 8.

3.5.3 Headspace Gas Chromatography

Samtlige 18 ølprøver ble analysert ved bruk av Headspace Gas Chromatography (HS-GC), basert på en metode tidligere beskrevet av Grønnevik et al. (2011). Noen få endringer ble

dog gjort under prøveprepareringen. Målet med metoden var å undersøke innholdet av de flyktige komponentene i det ferdige ølet, ved hjelp av HSGC.

Prøvepreparering

Før analyse i HS-GC ble samtlige øl filtrert til Erlend Meyer-kolbe ved hjelp av faltfilter 597 ½ 185 mm plassert på en trakt. Dette ble gjort for å filtrere bort skum og CO₂. Filtreringen ble utført inne på kjølerom for å hindre at flyktige komponenter forsvant under prepareringen. Prøvene ble så overført til et 50 mL Cellstar rør, før de ble sentrifugert ved 3000 rpm. Det ble så veid ut 10,00 ± 0,4 gram prøve ved hjelp av pipette i headspace-flasker (Machery Nagel, Dueren, Tyskland), til en total på 18 flaskeprøver. Headspace-flaskene ble forseglest med teflonbelagt septum med aluminiumring (PTFA/Si septa, Agilent Technologies, Wilmington, DE, USA).

Prøvene ble oppbevart på kjølerom én dag før analysering.

Utførelse

Prøvene ble så plassert i en Agilent Technologies 7679A automatisk headspace sampler med et 6890 GC system (Agilent Technologies) og en flamme ioniseringsdetektor. Programvaren som ble benyttet var Open LAB EZChrom (Agilent Technologies). Som bæregass ble det benyttet helium 6.0 (Aga, Norge) med en flow på 5.0 ml/min. Headspace badtemperatur var 50 °C, manifoldtemperatur var 60 °C. Ekvilibreringstiden var på 45 minutter, og prøvene ble mikset under oppvarming med 70 shakes/min. Headspaceflaskene var trykksatt til 10 PSI før injeksjon, og injeksjonstiden var på 0.5 minutt. En CP-SIL 5CB kolonne (Varian, Middelburg, Nederland) ble benyttet for separering av komponentene. Kolonnen hadde en lengde på 25 meter, med indre diameter på 0,53 mm og filmtykkelse på 5,0 µm.

Det ble benyttet følgende temperaturprogram under analysen: 35°C, 5 min; økning med 10°C min⁻¹ til 40°C, 2 min; økning med 15°C min⁻¹ til 70°C, 2 min; økning med 30°C min⁻¹ til 130°C, 4 min; økning med 30°C min⁻¹ til 160°C, 4 min; økning med 10°C min⁻¹ til 180°C, 2 min; økning med 10°C min⁻¹ til 200°C, 2 min.

De flyktige komponentene ble separert basert på komponentenes ulike flyktighetsgrad og affinitet til kolonnens stasjonære fase. Identifisering og kvantifisering av de ulike forbindelsene ble gjennomført ved kalibrering med standardløsninger med kjent konsentrasjon av følgende komponenter: acetaldehyde, diacetyl, ethylacetate, 2-butanon, 2-hexanol, 2-methyl-butanal, 2-methyl-1-butanol, 2-methyl-1-propanal, 3-methyl-butanal, 3-methyl-1-butanol, 2-methyl-1-propanol, isobutyl acetate, hexanal, isoamyl acetate, ethyl hexanoate, 3-carene, R-(+)-limonene, ethyl heptanoate, ethyl octanoate, β-citronellol, ethyl nonanoate, ethyl decanoate, phenylethyl alcohol (Sigma-Aldrich), acetoin, aceton, etanol, 1-butanol, 1-propanol, 2-butanol, dimetylsulfide, og 2.3-pentadion (Merck, Tyskland). (Grønnevik et al, 2011)

Etanolverdiene under HS-GC ble ikke tatt med da disse lå utenfor kalibreringsstandardene. Etanolverdier (alkoholprosent) ble uansett målt med Anton Paar.

3.5.4 Skumdannelse

Det ble undersøkt muligheter for å utføre EBC-metode 9.42.1 til skumdannelse, men på grunn av at det manglet nødvendig utstyr ble utførelsen modifisert noe. Til å måle skumdannelse i samtlige øltyper ble analysen utført mest mulig likt måten man gjør det som vanlig forbruker, basert på en metode fra Evans et al, 2012. Prinsippet med analysen er visuell måling av mengde skum som dannes under skjenking, i ferdig karbonert øl. Øl ble tatt direkte ut fra kjølelageret og helt på skråplan i et vanlig halvliters ølglass, hvorpå skummet som ble dannet ble målt på en skala fra 0 til 3 ved både 0 og 5 minutt. Ølets temperatur var på ca. 4 grader under analysen, mens selve analysen ble utført i romtemperatur. (Evans et al, 2012)

Resultatene ved 0 og 5 minutter legges sammen, og deles på 2.

3.5.5 International Bitterness Unit (IBU)

3.5.5.1 IBU ved spektrofotometrisk metode (EBC-metode 9.8)

Til måling av IBU (International bitterness unit) ble det benyttet EBC metode 9.8, med noen få modifikasjoner. Prinsippet med denne metoden var måle bitterhet ved å se på innholdet av iso-alfasyre partikler i spektrofotometer ved absorbans på 275 nm. Denne metoden kan benyttes til alle typer øl som har blitt filtrert.

Preparering av prøvemateriale skjer ved å filtrere øl gjennom faltfilter (597 ½ 185 mm),



Figur 3.8 viser væskelaget bestående av iso-alfasyrer. Foto Eget)

for å fjerne CO₂. Prøvene røres deretter i 2 minutter med magnetrører, før 5 ml prøve av samtlige øl pipetteres over i Pyrex glass (250 ml) (disse kan eventuelt fortynnes med 2,5 ml destillert vann ved høye absorbansverdier > 1000 A₂₇₅). Prøvene tilsettes så 250 µliter 6M HCl, og 10 ml iso-oktan i avtrekkskap før flaskene forsegles med kork. Disse skal deretter ristes forsiktig uten at flasken vendes opp-ned, i ca. 2 minutter til det dannes et gjennomsiktig væskelag på toppen av ølet (se figur 3.8). Før målingen starter overføres disse i 10 mm Quartz-kyvetter i avtrekkskap og måles ved 275 nm i spektrofotometer. Til nullprøven benyttes ren iso-oktan som referanse.

Resultatene noteres og kalkuleres slik:

$$IBU = A_{275} \times 25$$

Resultatet rundes til nærmeste hele tall, uten desimal.

3.5.5.3 Beregnet IBU

Det ble samtidig kalkulert innhold av α-syre basert på metode beskrevet av Palmer (u.å.), ved hjelp av tabell (se vedlegg 11).

$$\text{Iso} - \alpha - \text{syre (g)} = \frac{\alpha}{100} \times M$$

$$\text{Beregnet IBU} = \frac{\text{iso} - \alpha - \text{syre (mg)} \times U}{\text{Liter vann}}$$

M = Mengde tilsatt humle i gram

α = Mengde alfasyre i humle i mg

100 = Endring fra prosent til gram

Iso- α -syre gram til mg = $\times 1000$

U = Bestemt Plato^o – tilsatt humle v/ koketid minutt (fra tabell i vedlegg 11).

Liter vann = Antall liter vann brukt til brygging

3.5.6 Statistikk

Til statistiske analyser ble det benyttet Microsoft Excel 17 for enkel regresjon og korrelasjon, mens det til variansanalyse ble benyttet R-commander. Til samhandlingsplot og biplot ble det benyttet Minitab.

4.0 Resultater

4.1 Analyser bygg

Tabell 4.1 viser vanninnhold, proteininnhold, spireevne og β -glukan hos byggprøver fra Domen og Varde.

Prøver bygg	Vanninnhold (%)	Protein (%)	Spireevne (%)	β -glukan (%)
Domen	11.1	9.88	97	4,76
Varde	10.6	9.61	93	4,43

Tabell 4.1 viser en oversikt over vanninnhold, proteininnhold, β -glukan og spireevne i begge byggprøvene. Spireevnen ble målt til å være 97 % på Domen og 93 % hos Varde, noe som er innenfor referanseområdet til EBC-metode 3.5.2 (92-100 %). Vanninnholdet er forholdsvis likt fra 10,6 % til 11,1%. Proteininnholdet ligger på 9,61 % på Varde bygg og 9,88 % hos Domen. Innhold av β -glukan ble målt til å være 4,76 % i Domen-bygg, og 4,43 i Varde-bygg (se tabell 4.4 for innhold av β -glukan etter malting og mesking).

4.2 Analyser malt

Byggsortene Domen og Varde ble maltet i tre omganger for å få tilstrekkelig mengde til bryggingen. Hvert maltingskammer tar ca. 7 kg korn, og det ble dermed beregnet et behov for 36 kg per sort for å gjennomføre bryggeforsøket. «Domen 1» tilsvarer dermed første runde med malting, «Domen 2» andre malterunde og «Domen 3» tredje malterunde. Tilsvarende for «Varde 1, 2 og 3». Analyseresultater for Weyermann Pilsner malt er lagt ved samtlige tabeller, i tillegg har tabell 4.2 til 4.4 vedlagte verdier fra Weyermann Pilsner malt analysebevis (vedlegg 7) for sammenligning.

Tabell 4.2 viser vanninnhold, proteininnhold, løselig nitrogen og LNF i de egenmalte sortene fra Domen og Varde, samt innkjøpt pilsner malt fra Weyermann.

Prøver malt	Vanninnhold (%)	Protein (%)	Løselig nitrogen (%)	*LNF (%)
Domen 1	3.7	10.22	0.83	51
Domen 2	3.7	10.52	0.82	49
Domen 3	3.8	10.05	0.93	58
Varde 1	3.7	8.67	0.94	68
Varde 2	4.0	8.83	0.88	62
Varde 3	3.5	9.19	0.89	61
Weyermann	5.9	9.51	1.07	71
Weyermann®	< 5	9.5 - 11.5	-	-

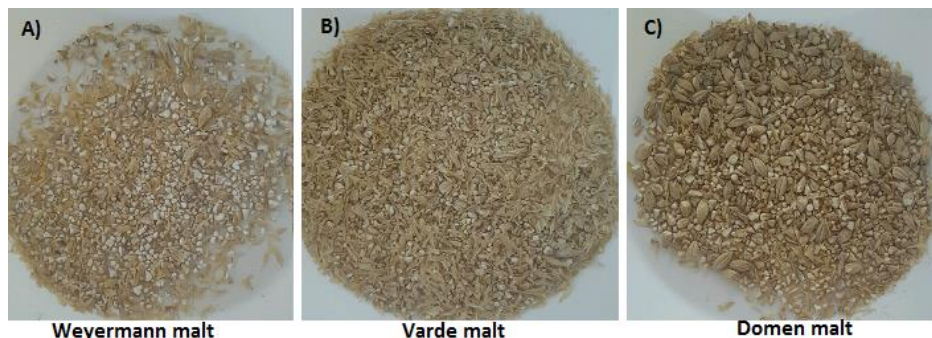
*Løselig nitrogen forhold (LNF er prosentandel løselig nitrogen av total nitrogen. Oversatt fra SNR (soluble nitrogen ratio), som benyttes i internasjonal sammenheng.

I tabell 4.2 ser man oversikt over vanninnhold, proteininnhold, løselig nitrogen og løselig nitrogen forhold (LNF) i samtlige egenmalte prøver, samt det innkjøpte maltet fra Weyermann. Vanninnholdet ligger mellom 3,7 % og 5,9%, mens proteininnholdet ligger mellom 8,67 % til 10,52 %. Innholdet av løselig nitrogen varierer mellom 0,82 % og 1,07 %, mens løselig nitrogenforhold (LNF) varierer mellom 49 og 71%. Weyermann Pilsner malt viser noe høyere vanninnhold 5,9 % enn maksimumverdien på 5 % oppgitt i analysebeviset (vedlegg 7), selv om proteininnholdet er akkurat innenfor 9.5 og 11,5 %.

Tabell 4.3 viser friabilitet, umodifiserte korn, maltingstap, ekstraktinnhold fra maltprøver og vørterfarge. ® viser Weyermann Pilsner malt analysebevis (vedlegg 7).

Prøver malt	Friabilitet (%)	Umodifiserte korn (%)	Maltingstap (%)	Ekstraktinnhold (%)	Farge (EBC)
Domen 1	66	6,9	7,5	79,5	11,95
Domen 2	73	7,5	22,9	78,5	29,05
Domen 3	61	7,4	13,1	77,6	10,89
Varde 1	79	0,6	6,1	78,6	11,51
Varde 2	84	0,4	24,6	78,8	11,98
Varde 3	71	1.2	15,9	81,3	12,68
Weyermann	90	1		83,7	4,81
Weyermann®	84	-		> 80.5	2.5-4,5

Tabell 4.3 viser resultatene for friabilitet, umodifiserte korn, beregnet maltingstap, ekstraktinnhold og farge fra kongressmeske-prøvene. Friabiliteten varierer mellom 61 % og 90 %. Antall umodifiserte korn varierer mellom 0,4 til 7,5 %. Beregnet maltingstap på Domen ligger mellom 7,5 % til 22,9%, mens det for Varde ligger mellom 6,1 og 24,6 %. Mengde ekstraktinnhold varierer mellom 77,6 til 83,7 %. Farge EBC varierer fra 4,81 til 29,05, hvorav



Figur 4.1 viser restene etter friabilitetsanalysen, som består av mengde ikke-friablet materiale, deriblant umodifiserte korn. A) viser Weyermann med høy friabilitet, B) Varde med middels friabilitet og C) Domen som man ser har høyere andel umodifiserte korn. (Foto eget)

4,81 tilsvarer en lys vørter og 29,05 tilsvarer en mørkere vørter. Weyermann-malt ble målt til å ha høyere friabilitet (90 %) enn verdiene oppgitt i analysebeviset 84

%, samt at analysene viser farge EBC på 4,81 som er noe over maksimumsgrensen på 4,5 EBC i analysebeviset. Når det gjelder ekstraktinnhold har Weyermann-analysebevis oppgitt en minimumsgrense på 80,5 %. Som resultatene viser er det målt et ekstraktinnhold på 83,7 % hos Weyermann pilsner malt, noe som er høyest av samtlige maltsorter.

4.3 Analyser vørter

Tabell 4.4 viser resultatene av forsukringstid, filtreringshastighet, viskositet, lukt og plato på samtlige vørtere produsert under EBC-metode 4.5.1 – Kongressmeske.

Vørter	Forsukringstid (minutt)	Filtreringshastighet	Viskositet λ mPas	Lukt	Plato° *
Domen 1	30	Normal	2,76	Normal	8,7
Domen 2	60	Treg	1,95	Halm	8,4
Domen 3	55	Normal	2,52	Normal	8,3
Varde 1	30	Normal	1,95	Normal	8,4
Varde 2	35	Treg	2,22	Normal	8,4
Varde 3	20	Normal	2,03	Normal	8,7
Weyermann	15	Normal	1,92	Normal	8,7
Weyermann®	< 15	-	1.58	-	-

*Platoresultatene er konvertert fra brix til plato ved hjelp av tabell i vedlegg 3 - ® viser Weyermann Pilsner malt analysebevis (vedlegg 7) - λ viser resultater ved en skjærhastighet på 100 (1/s).

Tabell 4.4 viser oversikt over forsukringstid, filtreringshastighet, viskositet, lukt og Plato°. Resultatene fra forsukringstiden varierer mellom 15 og 60 minutter. Filtreringshastigheten ble målt til å være treg i to av de egenmalte sortene, og normal i resten. Viskositeten i vørter varierer mellom 1,92 og 2,76 mPas. Det ble kun funnet sterk lukt i Domen 2. Plato° i

samtligte vørterprøver ligger mellom 8,3 og 8,7°. Ved å sammenligne Weyermann-resultatene mot verdiene oppgitt i analysebeviset (vedlegg 7) kan man se at forsukringstiden er som forventet med maksimum 15 minutter, mens viskositeten er noe høyere enn forventet med 1,92 mPas mot 1,58 mPas som er oppgitt i analysebeviset fra Weyermann.

4.4 β -glukan-analyser (bygg – malt - vørter)

Tabell 4.5 viser innholdet av β -glukan i bygg fra Domen og Varde, malt fra samtlige maltingsrunder og importert malt samt deres respektive vørtere produsert under EBC-metode 4.5.1 – Kongressmeske.

β -glukan	Bygg	Malt	Vørter	
	%	%	%	Mg/L
Domen	4,76			
Domen 1		3,99	0,128	217
Domen 2		4,1	0,092	157
Domen 3		4,34	0,131	221
Varde	4,43			
Varde 1		2,93	0,104	177
Varde 2		2,52	0,055	94
Varde 3		3,52	0,072	122
Weyermann*		2,12	0,032	55

* Analysebevis fra Weyermann Pilsner malt (vedlegg 7) oppgir kun «gunstige β -glukan-verdier.

Tabell 4.5 viser innholdet av beta-glukan i bygg, malt og vørter. De norskdyrkede egenmalte sortene viser et noe høyere innhold enn Weyermann® i både malt og vørter. Høyest innhold blant de tre maltsortene er det Domen under maltingsrunde 3 med 4,34 % (malt) og 0,131% (vørter) beta-glukan. Lavest innhold ser man derimot i både malt og vørter fra den innkjøpte sorten fra Weyermann®, henholdsvis 2,12 % i malt og 0,032 % i vørter.

4.5 Analyser øl

4.5.1 Oversikt (Malt, gjær, humleinnhold, IBU)

Det ble under bryggingen benyttet tre forskjellige maltsorter (hver for seg); 6 brygg med Domen-malt, 6 brygg med Varde-malt og 6 brygg med Weyermann-malt (samt at alle 18 bryggene inneholder 250 gram Crystal malt). Til Domen-bryggene ble det benyttet en blanding av maltingsrundene Domen 1, Domen 2 og Domen 3, mens det ble benyttet en tilsvarende blanding fra maltingsrundene 1, 2 og 3 til Varde.

Det ble tilsatt to forskjellige typer gjær; noe som ga 9 øl med Belle Saison-gjær og 9 øl med Safale 05-gjær, som vist i tabell 4.6. Samtlige 6 brygg av hver sort består dermed av to gjærsorter, med tre gjentak, som til sammen tilsvarer 18 øl, som vist i tabell 4.6.

Mengde tilsatt humle i de forskjellige batchene ble noe forskjellige (25, 35 og 50 gram) på grunn av lavere ekstraktutbytte hos de egenmalte sortene fra Domen og Varde etter første bryggedag. Dette førte dermed for at humlemengden ble tilsatt i lavere konsentrasjoner i gjentakene til Domen og Varde, for å få tilnærmet lik bitterhet som Weyermann-bryggene som hadde noe høyere utbytte (også beskrevet i **punkt 3.4.5**). Fargekodene til Domen, Varde og Weyermann vil bli brukt under hele resultatdelen.

Tabell 4.6 viser oversikt over de forskjellige batchene når det gjelder malt, gjær, humleinnhold og IBU.

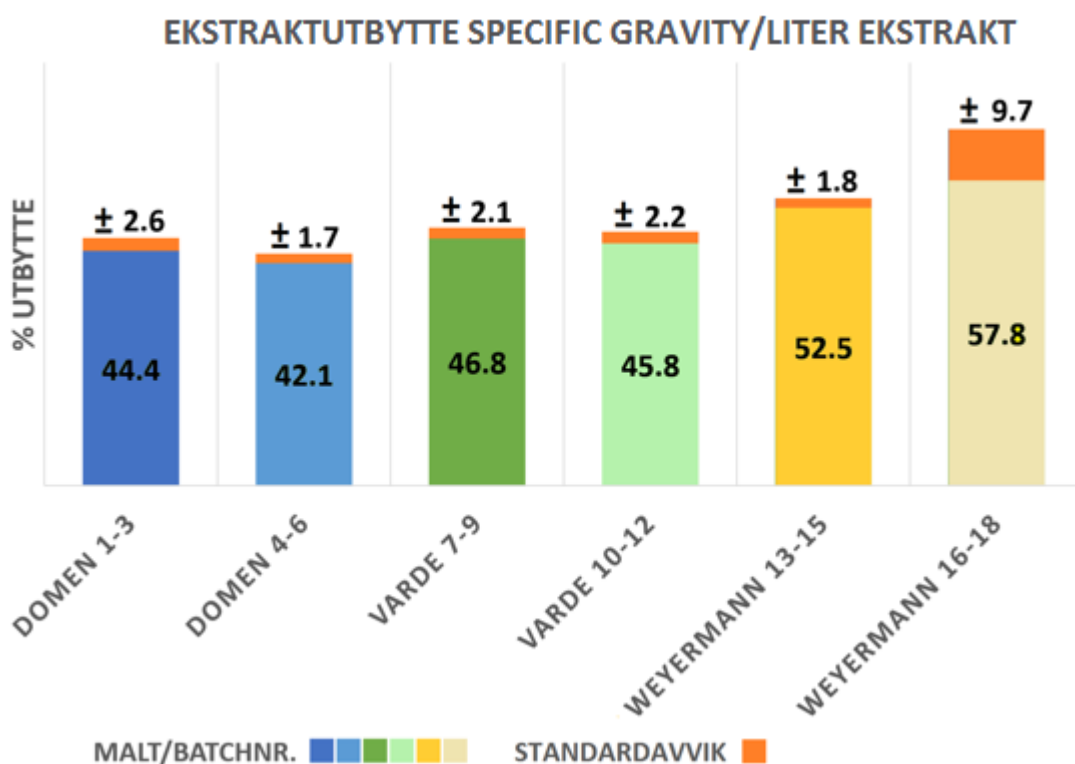
Malt	Domen						Varde						Weyermann					
Gjærtype	Saison			Safale			Saison			Safale			Saison			Safale		
Batch	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Humle (gram)	50	25	35	35	50	25	35	50	25	25	50	35	50	50	50	50	50	50
IBU målt*	14	13	14	14	18	13	14	15	13	13	18	14	16	16	16	16	18	16
IBU beregnet*	18	9	12	13	17	9	12	19	8	9	19	12	17	15	15	19	15	14

* IBU målt viser resultatene ved bruk av spektrofotometrisk EBC-metode 9.8. IBU beregnet viser resultatene fra beregnet IBU basert på 6 % α -syre.

I tabell 4.6 kan man se humleinnhold tilsatt i samtlige batcher, som inneholder forskjellig mengder på 25, 35 og 50 gram. Tabellen viser også resultatene fra «målt IBU» i spektrofotometer og «beregnet IBU», som erbasert på 6 % α -syre i Cascade-humle (beregnet ved hjelp av vedlegg 11). Målt IBU blant bryggene varierer mellom 13 og 18, mens beregnet IBU varierer mellom 9 og 19.

4.5.2 Ekstraktutbytte

I figur 4.2 kan man se det prosentvise ekstraktutbyttet til samtlige ølsorter (gjennomsnitt av gjentakene) basert på Specific Gravity og vørterekstrakt i liter. Målt Plato^o under brygging ble omgjort til Specific Gravity ved hjelp av vedlegg 3. Som man ser ligger ekstraktutbyttet blant de norskdyrkede maltsortene på Domen mellom $42,1 \pm 1,7$ % og $44,4 \pm 2,6$ %, mens Varde har et utbytte mellom $45,8 \pm 2,2$ % og $46,8 \pm 2,1$ %. Weyermann gir klart mest vørterliter/SG og ligger mellom $52,5 \pm 1,8$ % og $57,8 \pm 9,7$ %.



Figur 4.2 viser ekstraktutbytte til samtlige ølsorter (gjennomsnitt av gjentakene) i prosent basert på Specific Gravity/Liter ekstrakt.

4.5.3 Anton Paar Alcolyzer

Tabell 4.7 viser resultatene fra Anton Paar-analysene. Tallene er basert på gjennomsnittet fra de tre gjentakene som ble gjort og viser: alkohol, farge, uklarhet, CO₂, pH og ADF.

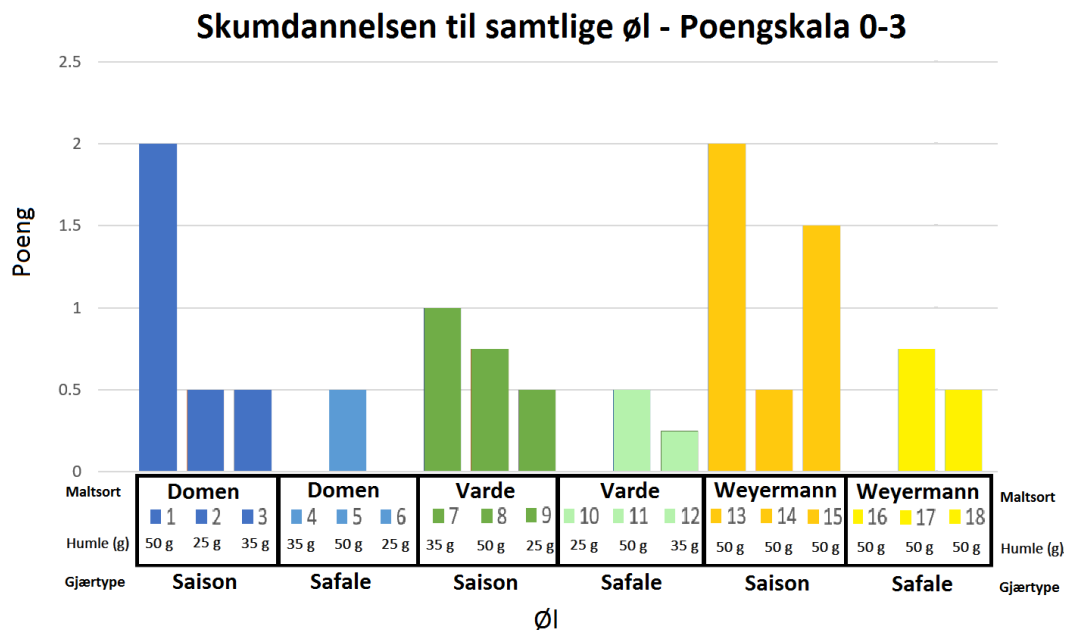
	Alkohol %	Farge (EBC)	Uklarhet (EBC)	CO ₂ g/L	pH	ADF
Domen Saison 1-3	6,0	29,78	8,63	4,99	3,93	90,42
SD	± 0,3	± 1,10	± 1,67	± 0,18	± 0,04	± 1,06
Domen Safale 4-6	4,2	38,01	36,30	3,72	4,22	62,82
SD	± 0,8	± 1,21	± 7,41	± 0,21	± 0,08	± 9,51
Varde Saison 7-9	6,2	26,33	6,16	5,03	3,95	92,54
SD	± 0,2	± 1,48	± 4,05	± 0,09	± 0,05	± 0,68
Varde Safale 10-12	4,8	40,18	61,34	3,71	4,21	68,64
SD	± 0,5	± 2,57	± 9,83	± 0,18	± 0,06	± 6,02
Weyermann Saison 13-15	7,4	11,74	1,56	6,01	4,06	100,71
SD	± 0,5	± 0,61	± 0,32	± 0,18	± 0,02	± 0,52
Weyermann Safale 16-18	5,5	11,54	2,86	3,76	4,06	81,24
SD	± 0,4	± 1,06	± 1,21	± 0,27	± 0,03	± 3,63

*Resultatene er basert på gjennomsnittet til tre gjentak av samtlige malt og gjærtyper til samtlige øl (k=18).

Tabell 4.7 viser resultatene under Anton Paar-analysen, som er i stand til å måle 10 ulike parametre i øl (nærmere beskrevet i punkt 2.5.4). Av disse ble det ble valgt alkoholprosent, farge, uklarhet, CO₂, pH og grad av fermentering (ADF). Alkoholinnholdet i ølene varierer fra 4,2 ± 0,8 % til 7,35 ± 0,47 %. Fargeinnholdet ligger mellom 11,54 ± 1,06 EBC og 40,18 ± 2,57 EBC. Uklarhet i ølene varierer mellom 2,86 ± 1,21 EBC til 61,34 ± 9,83 EBC. Innholdet av CO₂ er varierende mellom 3,71 ± 0,18 g/L til 6,01 ± 0,18 g/L. pH i ølene ligger mellom 3,93 og 4,21. Mens fermenteringsgraden (ADF) ligger mellom 62,82 ± 9,51 til 100,71 ± 0,52.

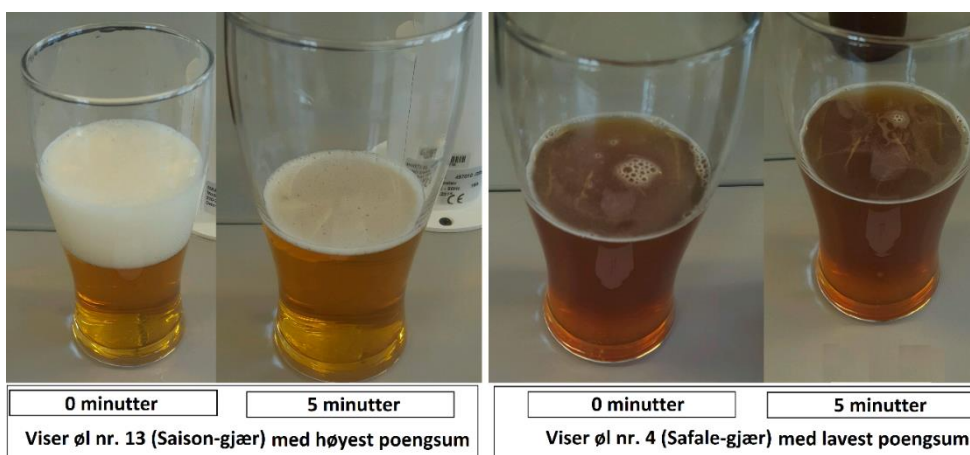
4.5.4 Skumdannelse

I figur 4.3 kan man se resultatene på skumanalysen i samtlige 18 øl. Dette er poengsummene fra visuell analyse etter 0 og 5 minutter. Samtlige øl ble rangert på en poengskala fra 0 til 3. Som man ser er det Saison-gjær blant alle tre maltsortene som scorer høyest, mens skumdannelsen med Safale-gjær gir en scor opp til 1 poeng. Skumdannelse i samtlige øl ligger altså mellom 0 og 2.



Figur 4.3 viser karakter på skumdannelse av samtlige øl (k=18), på en poengskala fra 0-3

Som vist i figur 4.3 ligger resultatene på skumanalysen på samtlige øl mellom 0 og 2 poeng. Man kan se i figur 4.4 at øl brygget med Safale-gjær gir klart mindre skum. Domen, Varde og Weyermann brygget med Safale-gjær har alle noen batcher som ble dømt til å ha karakter 0. Domen- og Weyermann Saison har begge ølskum som er gitt resultat 2.



Figur 4.4 viser skumdannelsen til den best rangerete og dårligst rangerte ølen. Til venstre vises øl nr. 13 (Weyermann Saison) med en poengsum på 2 av 3. Til høyre vises øl nr. 4 (Domen Safale) med en poengsum på 0 av 3.

4.5.5 Flyktige komponenter analysert i Headspace Gas Chromatography

Tabell 4.8 viser de forskjellige flyktige komponentene målt med HS-GC. Tallene vises i ppm og er basert på gjennomsnittet av tre gjentak til samtlige øl (k=18). SD viser standardavviket.

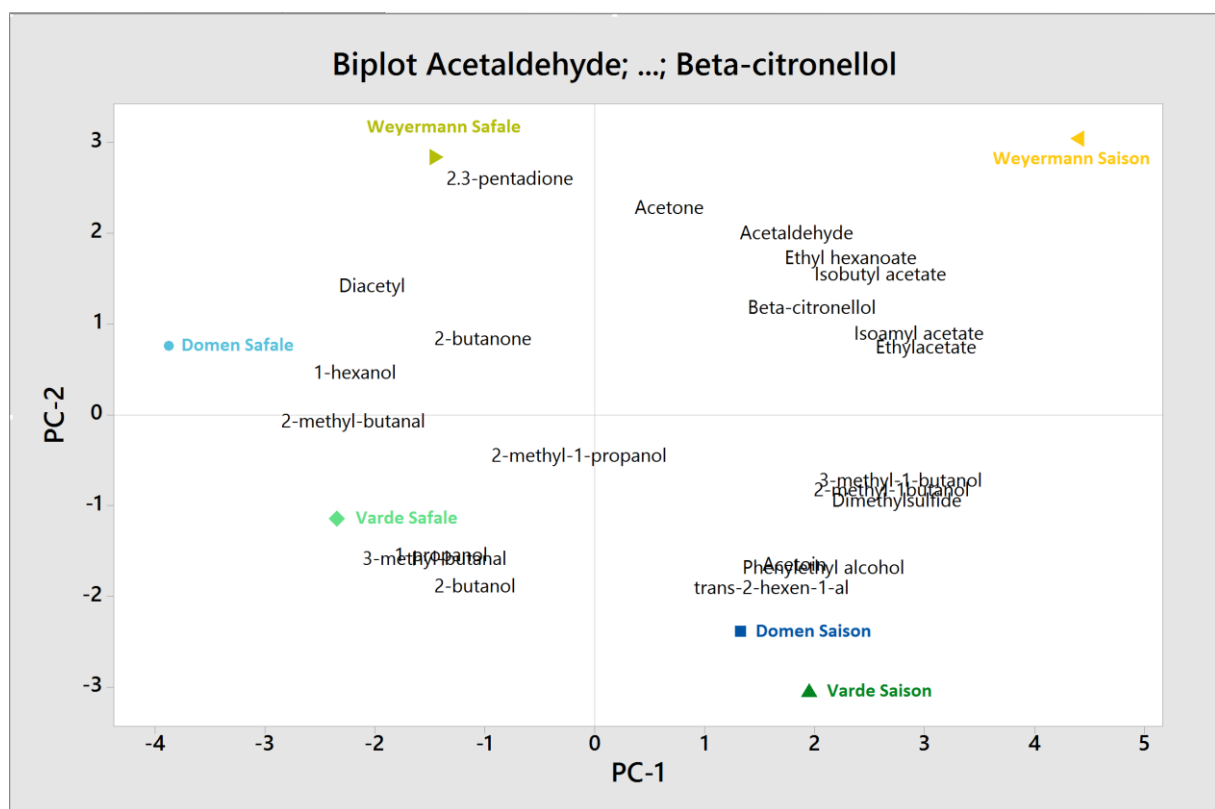
	Domen		Varde		Weyermann	
	Saison	Safale	Saison	Safale	Saison	Safale
	ppm		ppm		ppm	
Estere						
Ethyl acetate	17,58	7,56	19,25	9,42	26,35	15,22
SD	± 3,19	± 2,53	± 1,33	± 1,20	± 2,72	± 3,72
Isoamyl acetate	0,77	0,15	0,88	0,20	1,76	0,43
SD	± 0,2	± 0,07	± 0,13	± 0,09	± 0,22	± 0,23
Ethyl hexanoate	0,08	0,07	0,10	0,08	0,30	0,10
SD	± 0,03	± 0,03	± 0,03	± 0,01	± 0,04	± 0,02
Høyere alkoholer						
1-propanol	31,59	28,70	34,73	34,67	21,78	32,20
SD	± 4,08	± 5,03	± 2,54	± 3,86	± 0,73	± 1,21
Iso-butanol	41,07	32,68	37,59	33,04	30,48	41,85
SD	± 4,2	± 5,31	± 1,31	± 5,91	± 1,63	± 5,8
Iso-amyl-alcohol	119,11	39,30	122,03	42,24	113,50	47,00
SD	± 2,54	± 6,98	± 1,79	± 3,41	± 10,83	± 1,22
2-methyl-1-butanol	33,79	11,00	32,13	12,98	29,09	14,63
SD	± 2,13	± 1,11	± 1	± 1,25	± 2,47	± 1,05
Phenylethyl alcohol	61,74	39,97	64,65	49,18	51,92	41,03
SD	± 17,62	± 8,28	± 9,44	± 3,08	± 6,78	± 8,96
Beta-citronellol	0,13	0,16	0,17	0,19	0,38	0,09
SD	± 0	± 0,09	± 0,12	± 0,11	± 0,28	± 0,01
Svovelkomponenter						
DMS	0,05	0,02	0,06	0,03	0,05	0,02
SD	± 0,01	± 0	± 0	± 0,01	± 0,01	± 0,01
Aldehyder						
Acetaldehyd	10,53	7,82	8,51	8,10	13,15	12,36
SD	± 1,69	± 2,43	± 2,57	± 2,71	± 5,52	± 8,20
Ketoner						
Acetone	0,30	0,28	0,25	0,32	0,35	0,34
SD	± 0,07	± 0,07	± 0,03	± 0,13	± 0,06	± 0,14
Acetoin	8,06	1,45	7,85	2,23*	3,43	2,23*
SD	± 0,36	± 1,66	± 1,22	± 1,98	± 0,7	± 1,67
Diacetyl	0,01**	0,05*	-	-	-	0,05**
SD	± 0,01	± 0,03	-	-	-	± 0,03
Smakskomponenter med innhold < 0,04 ppm						
2-methyl-butanal, 1-hexanol, 2,3-pentandione, 3-methyl-butanal, 2-butanone, 2-butanol, isobutyl acetate, trans-2-hexen-al. * indikerer detektert i 2/3 gjentak ** indikerer detektert i 1/3 gjentak - indikerer ikke detektert i noen gjentak.						

Tabell 4.8 viser innholdet av flyktige komponenter målt under HS-GC (gjennomsnitt av gjentakene). Resultatene viser et høyere innhold av 3-metyl-1-butanol 113,5 ppm til 122,03 ppm hos samtlige maltsorter ved bruk av Saison-gjær. Innholdet av 3-metyl-1-butanol med Safale-gjær er noe lavere og varierer mellom 39,30 til 47 ppm. Phenylethyl alkohol-verdiene blant samtlige øl varierer mellom 39,97 ppm til 64,65 ppm. Acetoin-innholdet er noe lavt og ligger mellom 1,45 til 8,06 ppm, samtidig som noen av prøvene med Safale-gjær ikke hadde detektbare målinger.

Innholdet av 2-metyl-1-propanol varierer mellom 30,48 til 41,07 ppm.

1-propanol-innholdet ligger mellom 21,78 til 34,73 ppm. Ethylacetat innholdet varierer mellom 7,56 til 26,35 ppm. Acetaldehyd-innholdet ligger mellom 7,82 til 13,15 ppm.

Resterende komponenter har veldig lave verdier.



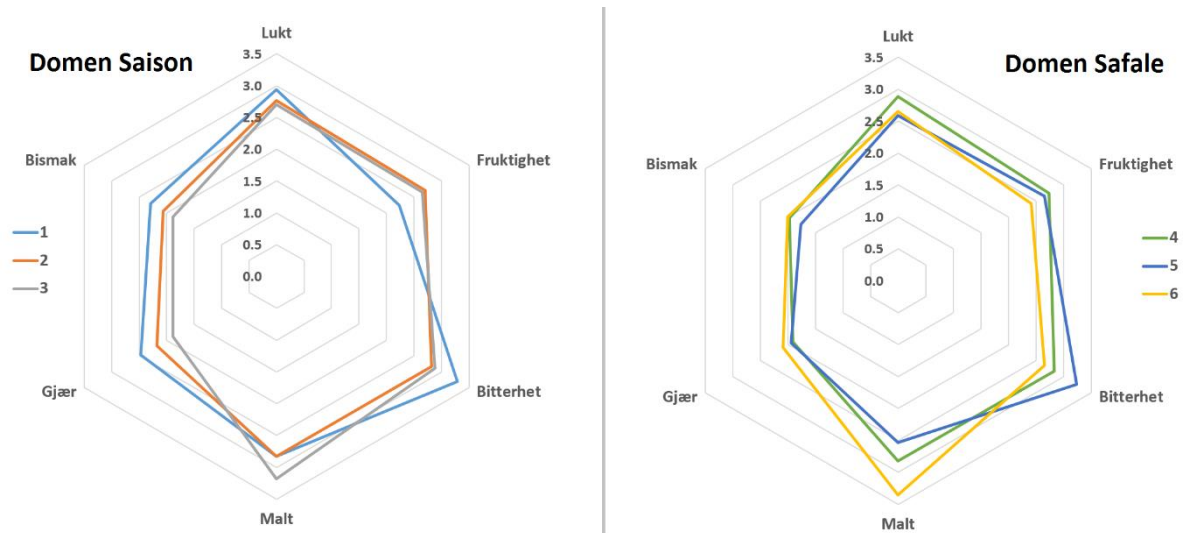
Figur 4.5 viser biplot av de forskjellige flyktige komponentene i samtlige ølsorter (basert på gjennomsnittet av tre gjentak). Figuren viser hvordan nivået av komponentene er fordelt mellom de forskjellige ølene. Man ser at Domen og Varde Saison ganske like, Domen-safale og Varde-safale er nokså like, mens Weyermann- safale er mer like Domen, enn Weyermann Saison.

Figur 4.5 viser biplot av de flyktige komponentene og fordelingen mellom Saison- og Safale-gjær, som viser seg å ha noe forskjellig innhold av komponenter. Ifølge biplotet har Domen Saison og Varde Saison ganske like verdier. Samtidig er Domen Safale og Varde Safale nokså like. Weyermann Safale viser seg å være mer lik Varde Safale, enn Weyermann Saison.

4.5.6 Sensoriske analyser

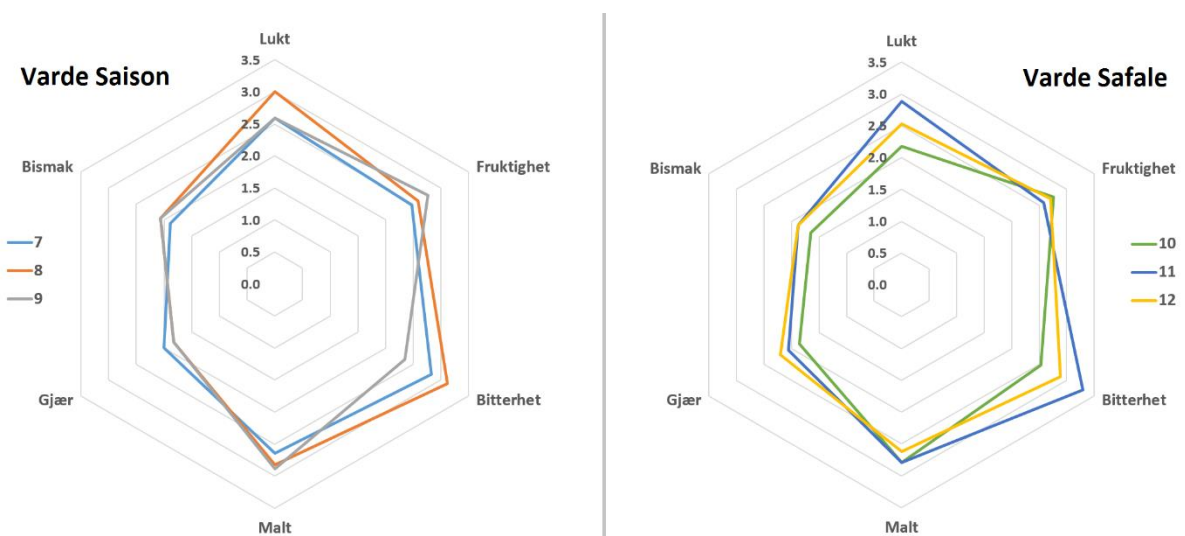
4.5.6.1 Deskriptiv analyse

Figurene 4.6 til 4.8 nedenfor viser smaksprofilene til samtlige ølsorter når det gjelder lukt, fruktighet, bitterhet, malt, gjær og bismak utført under sensoriske analyser. Resultatene er basert på et panel bestående av semi-trente dommere (n=17), hvor samtlige øl (k=18) ble bedømt på en skala fra 1-5 på samtlige parametre.



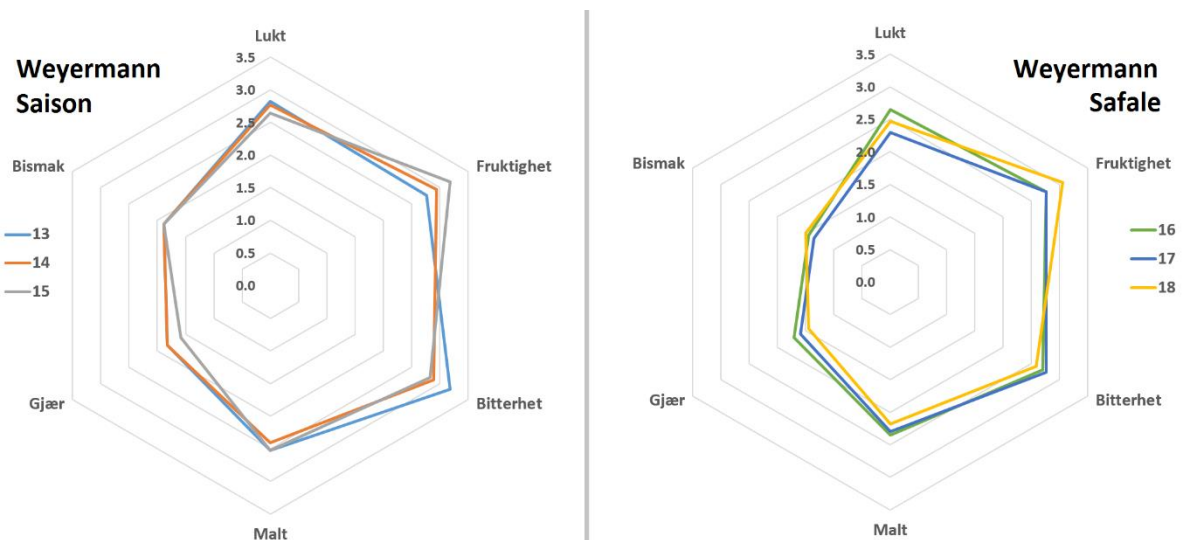
Figur 4.6 viser resultatene til samtlige gjentak av Domen Saison og Domen Safale fra den sensoriske analysen, basert på et panel på n=17.

I figur 4.6 ser man smaksprofilen til Domen Saison (øl 1-3) og Domen Safale (øl 4-6). Blant de 6 ølene ble øl nr. 1 og øl nr. 4 funnet til å ha sterkest lukt. Nr. 1 og 5 ble funnet til å score høyest på bitterhet. Øl 1, 2, 3 og 6 ble sagt til å ha sterkest maltsmak blant alle 6 ølene. Når det gjelder gjærsmak ble øl 1 og 2 funnet til å score høyest, mens 1, 2 og 6 ble funnet til å ha mest bismak. Ingen av disse scoret nevneverdig høyt på fruktighet.



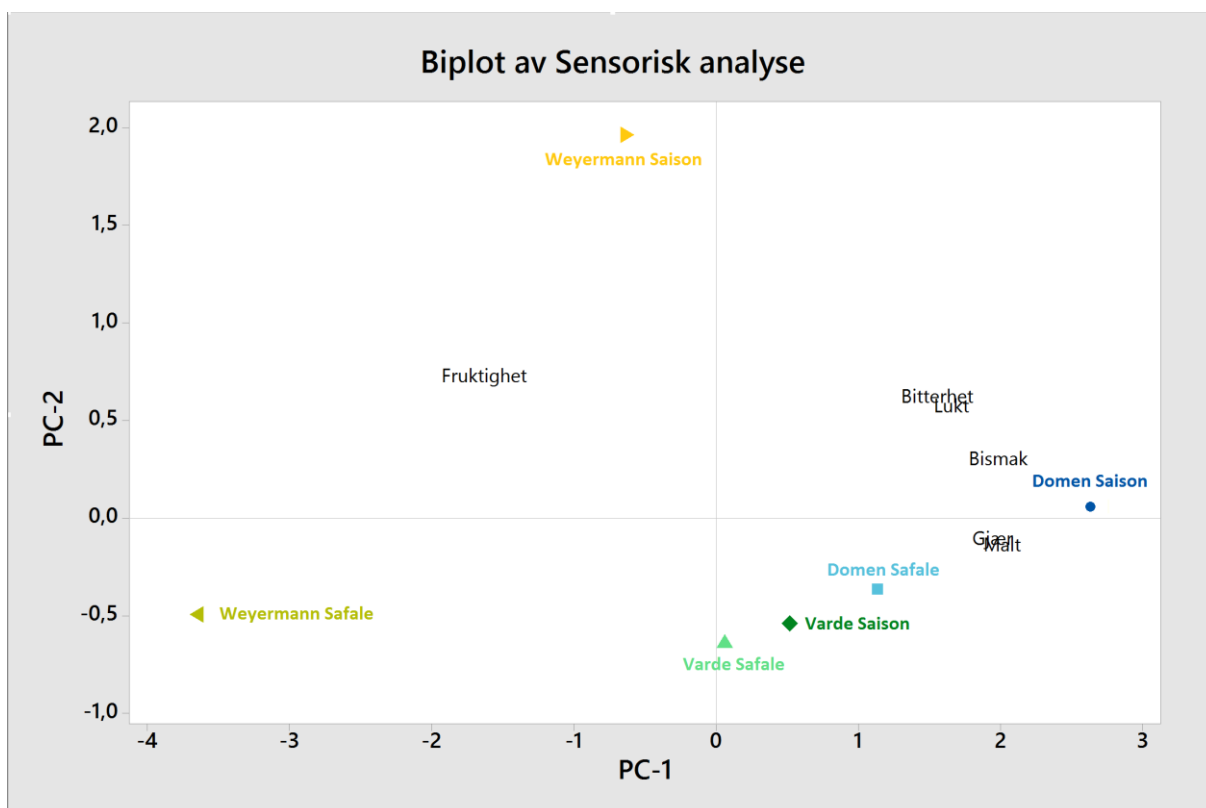
Figur 4.7 viser resultatene til samtlige gjentak av Varde Saison og Varde Safale fra den sensoriske analysen, basert på et panel på n=17.

I figur 4.7 ser man Varde Saison (7-9) og Safale (10-12) hvor øl 8 og 11 ble funnet til å lukte mest, samtidig ble disse to ølene også funnet til å være mest bitter, nr. 11 med en poengsum på 3,29. Blant disse ble nr. 8 og 9 funnet til å ha mest malt og bismak. Samtidig ble øl nr. 12 sagt til å ha mest gjærsmak. Ingen av disse ølsortene scoret nevneverdig høyt på fruktighet.



Figur 4.8 viser resultatene til samtlige gjentak av Weyermann Saison og Weyermann Safale fra den sensoriske analysen, basert på et panel på n=17.

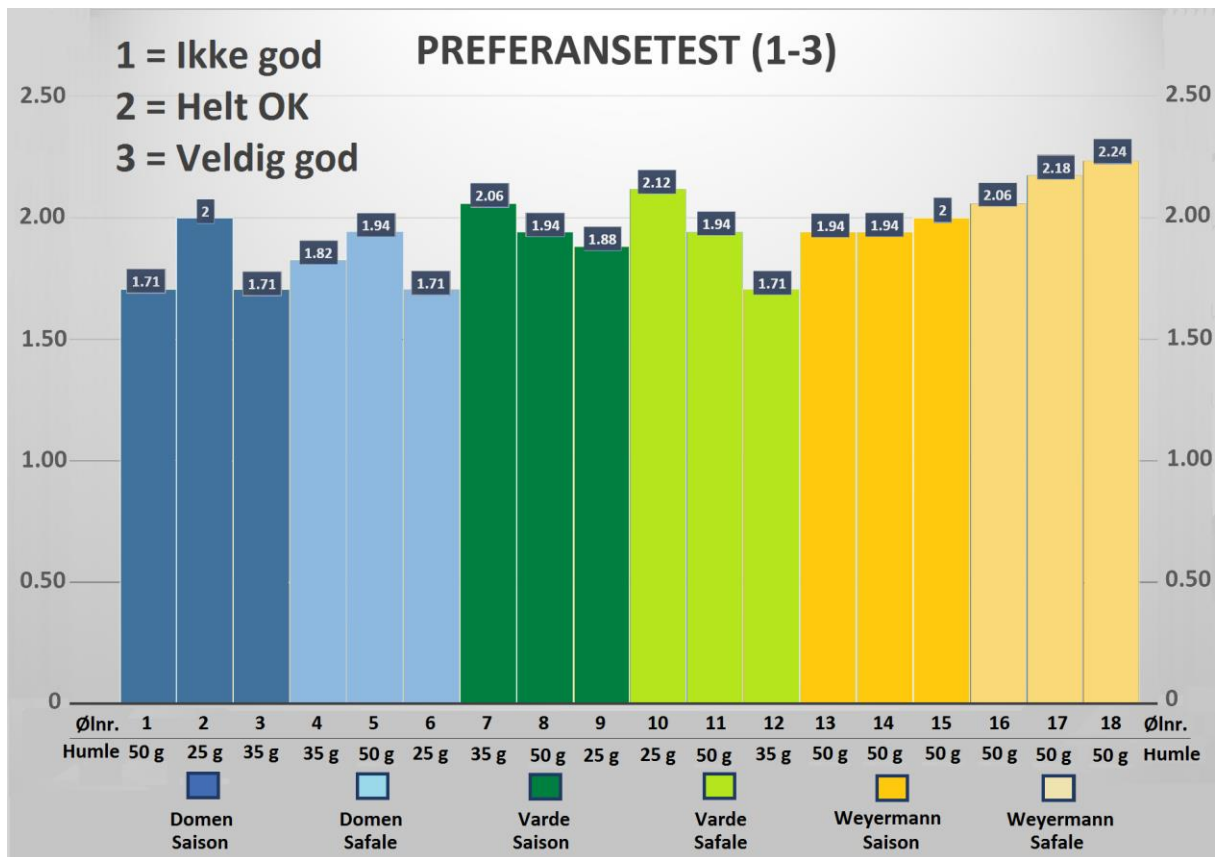
I figur 4.8 ser man smaksprofilen til Weyermann Saison (13-15) og Weyermann Safale (16-18). Øl nr. 14, 15 og 18 ble funnet til å være mest fruktig av samtlige 18 øl. Blant de 6 ølene med Weyermann malt, ble nr. 13 bedømt til å være mest bitter. Av samtlige øltyper scoret Weyermann betydelig lavere på malt-, gjær- og bismak, men høyere på fruktighet.



Figur 4.9 viser biplot av samtlige ølsorter, basert på gjennomsnittet av gjentakene til samtlige øl ($k=18$) fra den sensoriske analysen ($n=17$).

I figur 4.9 ser man biplotet av den sensoriske analysen (basert på gjennomsnittet av gjentakene til samtlige ølsorter). Biplotet viser at Weyermann Saison og Weyermann Safale har mer fruktighet enn de andre ølsortene. Varde og Domen ble evaluert til å ha sterkere bitterhet, gjær-, malt og bismak enn Weyermann-ølene.

4.5.6.2 Preferansetest



Figur 4.10 viser preferansetest på samtlige øl (1-18) på en skala fra 1-3 hvor 1 nevnes som «ikke god», 2 «helt OK» og 3 «veldig god».

Under preferansetesten ble samtlige øl rangert etter preferanse på en skala fra 1-3, hvor 1 ble bedømt til «ikke god», 2 ble bedømt som «Helt OK», mens 3 ble bedømt som «Veldig god». Det ble her også benyttet et panel på semi-trente dommere (n=17).

Som figur 4.10 viser var det størst preferanse for øl nr. 18 (Weyermann Safale), med en poengsum på 2,24 av 3, sammen med nr. 17 (Weyermann Safale – 2,18 poeng), nr. 10 (Varde Safale – 2,12 poeng), nr. 7 (Varde Saison – 2,06 poeng), nr. 16 (Weyermann Safale – 2,06 poeng), nr. 2 (Domen Saison – 2 poeng) og nr. 15 (Weyermann Saison – 2,18 poeng). De som ble bedømt som «ikke god» var øl nr. 1, 3, 5 og 12, alle med en poengsum på 1,71 av 3.

4.5.6.3 Triangeltest

Før utførelse av triangeltestene ble det valgt å undersøke om det var mulig å smake forskjell mellom to maltsorter med likt humleinnhold, og mellom to ulike gjærtyper med likt humleinnhold. Antall riktige besvarelser vises i tabell 4.9

Tabell 4.9 viser antall dommere og riktige svar under triangeltestene som ble utført, med gjær og malt. Tabellen viser også om nullhypotesen ble beholdt eller forkastet.

	Dommere	Riktige svar	Forkast/Behold Nullhypotese
Triangeltest Malt	n=8	5	Forkast
Triangeltest Gjær	n=8	6	Behold $\alpha=0,05$

Under «Triangeltest:Malt» ble det smakt på øl nr. 3 Domen Saison (35 g humle) og øl nr. 7 Varde Saison (35 g humle). Ved å sammenligne resultatene mot vedlegg 12, kan man se at det er ikke er funnet signifikant forskjell når det gjelder maltsort. Man kan dermed beholde nullhypotesen som tilsier H_0 = det merkes ikke forskjell mellom maltsortene.

Under «Triangeltest:Gjær» ble det smakt på øl nr. 13 Weyermann Saison (50 g humle) og øl nr. 17 Weyermann Safale (50 g humle). Ved å se sammenligne resultatene i tabell 4.9 mot vedlegg 12, kan man se at panelet har funnet signifikant forskjell mellom de to med $\alpha=0,05$ og dermed forkaste nullhypotesen. Det merkes derfor forskjell mellom gjærtypene.

Nullhypotesen kan derfor forkastes med signifikans på 95%, noe som tyder på at panelet kjente forskjell mellom de to gjærtypene, Saison og Safale smaker dermed forskjellig.

4.6 Statistikk

4.6.1 Enveis variansanalyse malt og vørterprøver og Tukeytest

Tabell 4.10 viser signifikante forskjeller (p -verdi) mellom parameterne av malt og vørter. $p < 0,001$ indikerer signifikante forskjeller med 99,99 %, $p < 0,01$ indikerer signifikante forskjeller med 99 % sikkerhet, $p < 0,05$ indikerer signifikante forskjeller med 95 % sikkerhet, mens *n.s.* indikerer ikke signifikant. Tukey-kolonnen indikerer hvor man kan se de signifikante forskjellene, i form av grupper. Faktorene er gruppert som A, B og C; hvor A står for den høyeste verdien som er målt og som er signifikant forskjellig fra gruppe B og C. Gruppe B er signifikant forskjellig fra A og C, hvor C betyr signifikant lavest verdi av samtlige målinger. Parametere som inneholder AB/BC indikerer at de tilhører to av tre grupperingene.

Parametere	Variansanalyse		r^2	Tukey's test							KI
	Faktor - p-verdi			Faktor							
	Maltingsrunder	Maltsort		Maltingsrunder			Maltsorter				
<u>Maltprøver</u>	1 – 2 – 3	D – V – W		1	2	3	Domen	Varde	Weyermann		
Vanninnhold	n.s.	< 0,01	0,95				B	B	A	0,99	
Protein	n.s.	< 0,01	0,88				A	B	AB	0,95	
Løselig nitrogen	n.s.	< 0,05	0,66				B	BA	A	0,95	
LNF	n.s.	< 0,05	0,72				B	BA	A	0,95	
Friabilitet	n.s.	n.s.	0,61								
Umodifiserte korn	n.s.	< 0,001	0,99				A	B	B	0,99	
Beta-glukan	n.s.	< 0,05	0,80				A	AB	B	0,95	
Maltingstap	< 0,01		0,96	C	A	B				0,95	
<u>Vørterprøver</u>	Maltingsrunder	Maltsort	r^2	Maltingsrunder			Maltsorter				
	1 – 2 – 3	D – V – W		1	2	3	Domen	Varde	Weyermann	KI	
Beta-glukan	n.s.	n.s.	0,6								
Farge	n.s.	n.s.	0,06								
Plato°	n.s.	n.s.	-0,1								
Viskositet	n.s.	n.s.	0,11								
Ekstraktinnhold	n.s.	n.s.	0,64								
Forsukringstid	n.s.	n.s.	0,44								
Filtreringshastighet	n.s.	n.s.	-0,4								
Lukt	n.s.	n.s.	-0,1								

Tabell 4.10 viser signifikante forskjeller mellom sortene Domen, Varde og Weyermann. p -verdien forteller om det er signifikant forskjell og med hvilken sikkerhetsgrad. Som tabellen viser er det signifikante forskjeller i 7 av 16 parametere når det gjelder maltsortene Domen, Varde og Weyermann. Blant maltingsrundene til Domen og Varde ble det funnet signifikante forskjeller i 1 av 16 parametere.

Blant maltsortene er «Umodifiserte korn» signifikant forskjellig med $p < 0,001$ sikkerhet. «Beta-glukan – malt», «Protein» og «Vanninnhold» er signifikant forskjellige med $p < 0,01$. «Ekstraktinnhold», «forsukringstid», «Løselig nitrogen» og «LNF» er signifikant forskjellige med $p < 0,05$. Når det gjelder maltingsrundene er det kun «Maltingstap» som ble funnet å være signifikant forskjellig med $p < 0,05$.

4.6.2 Toveis variansanalyse ølprøver og sensorikk

Tabell 4.11 viser signifikante forskjeller (p -verdi) mellom parameterne av malt og vørter. $p < 0,001$ indikerer signifikante forskjeller med 99,99 %, $p < 0,01$ indikerer signifikante forskjeller med 99 % sikkerhet, $p < 0,05$ indikerer signifikante forskjeller med 95 % sikkerhet, mens n.s. indikerer ikke signifikant.

	Variansanalyse			
Ølanalyser	Faktor - p-verdi			
Parametere	Gjærtype	Malt	Gjær:Malt	r^2
Alkohol	< 0,001	< 0,001	n.s.	0,84
Farge	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,98
Uklarhet	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,95
CO ₂	< 0,001	< 0,001	< 0,01	0,95
pH	< 0,001	n.s.	< 0,001	0,84
ADF	< 0,001	< 0,001	n.s.	0,88
Utbytte		< 0,001		0,57
Parametere	Gjærtype	Maltsort	Humlemengde	r^2
Målt IBU	< 0,05	n.s.	< 0,001	0,73
Beregnet IBU	n.s.	< 0,05	< 0,001	0,88
Skumming	< 0,01	n.s.	< 0,05	0,52
Sensorikk	Gjærtype	Maltsort	Humlemengde	r^2
Lukt	n.s.	n.s.	n.s.	0,16
Fruktighet	n.s.	< 0,01	n.s.	0,4
Bittherhet	n.s.	< 0,01	< 0,001	0,68
Malt	n.s.	< 0,001	n.s.	0,57
Gjær	n.s.	< 0,01	n.s.	0,52
Bismak	< 0,001	< 0,01	n.s.	0,67
Preferansetest	n.s.	< 0,05	n.s.	0,27

Tabell 4.11 viser signifikante forskjeller mellom maltsortene Domen, Varde og Weyermann, samt gjærtypene Saison og Safale og Gjær:Malt som er en kombinasjon av disse. I tillegg er «humlemengde» med i parametere hvor det kan være forskjeller. P-verdien forteller om det er signifikant forskjell og med hvilken sikkerhetsgrad. Tabellen viser at det er signifikante forskjeller hos samtlige 17 parametere. Blant disse er det signifikante forskjeller når det gjelder «Gjærtypene» 9 av 16, 13 av 17 når det gjelder «Maltsortene», «Gjær:Malt» 4 av 6 parametere og «Humlemengde» 4 av 10 parametere.

Det ble funnet signifikant forskjell med p -verdi $< 0,001$ på «Alkohol», «Farge», «Uklarhet», «CO₂», «ADF», «Utbytte» og «pH». «Alkohol» og «ADF» har signifikante forskjeller på «Gjærtype» og «Maltsort», mens «Farge», «Uklarhet», «CO₂» og «pH» også har signifikante forskjeller når det gjelder en kombinasjon av «Gjær:Malt». «Utbytte» ble kun målt med faktor «Maltsort», og funnet å ha signifikante forskjeller med $p < 0,001$. «Målt IBU» har signifikante forskjeller med $p < 0,05$ mellom gjærtypene, som Tukeytest i tabell 4.12 viser har Safale-bryggene høyere «Målt IBU», mens «Beregnet IBU» har signifikante forskjeller når det

gjelder maltsortene, $p < 0,05$, hvor Weyermann har signifikant høyere beregnet IBU enn Domen og Varde. Når det gjelder «Skumming» ble det funnet signifikante forskjeller med p -verdi $< 0,01$ mellom gjærtypene, som tabell 4.12 viser danner signifikant større Saison-gjær andel skum enn Safale, men også $p < 0,05$ når det gjelder de forskjellige humlemengdene. Likevel kan ikke Tukeytesten 4.12 med 95 % sikkerhet peke ut en humlemengde som har høyere skumdannelse enn de andre.

Blant de sensoriske analysene er det også funnet signifikante forskjeller med $p < 0,01$ når det gjelder «Maltsmak» blant maltsortene, mens «Fruktighet», «Gjærsmak», «Bismak» er funnet å være signifikant forskjellige med $p < 0,01$ også på maltsort. Tukeytesten (tabell 4.12 viser høyere Fruktighet hos Weyermann-malt, dog signifikant lavere «Gjærsmak», «Maltsmak» og «Bismak») (vist i tabell 4.11 og Tukeytest 4.12). Når det gjelder «Bitterhet» ble det funnet signifikante forskjeller mellom humlemengdene med $p < 0,001$, hvor humlemengdene på 35 og 50 gram gir signifikant høyere bitter smak enn 25 gram. Det er også signifikant forskjeller mellom maltsortene når det gjelder «Bitterhet», med $p < 0,01$, men Tukeytesten (tabell 4.12) kan ikke med 95 % sikkerhet peke ut en maltsort som er bitrere enn de andre, da alle tilhører gruppe A. «Preferansetest» har signifikante forskjeller mellom maltsortene med $p < 0,05$, som Tukeytest 4.12 viser er det signifikante preferanse når det gjelder Weyermann-malt (gruppe A).

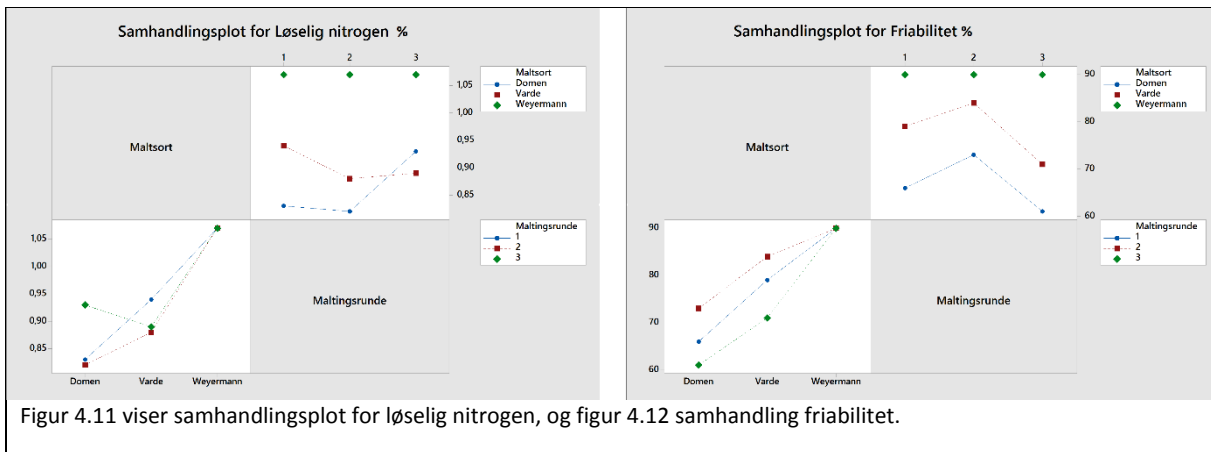
Tabell 4.12 Tukeytesten indikerer hvor man kan se de signifikante forskjellene, i form av grupper. Faktorene er gruppert som A, B og C; hvor A står for den høyeste verdien som er målt og som er signifikant forskjellig fra gruppe B og C. Gruppe B er signifikant forskjellig fra A og C, hvor C betyr signifikant lavest verdi av samtlige målinger. Parametere som inneholder AB/BC indikerer at de tilhører to av tre grupperingene.

Tukey's test												
Ølanalyser	Gjærtype		Maltsort			Gjær:Malt						
Parameter	Saison	Safale	D	V	W	Dsai	Dsaf	Vsai	Vsaf	Wsai	Wsaf	CI
Alkohol	A	B	B	B	A							0,99
Farge						B	A	B	A	C	C	0,99
Uklarhet						C	B	C	A	C	C	0,99
CO2						B	C	B	C	A	C	0,99
pH						B	A	B	A	B	B	0,95
ADF	A	B	B	B	A							0,99
Utbytte			B	B	A							0,99
Humlengde (gram)												
Parameter	Saison	Safale	D	V	W	25	35	50				CI
Skumming	A	B				A	A	A				0,99
Rangering			B	BA	A							0,95
Målt IBU	B	A				B	B	A				0,95
Beregnet IBU			B	B	A	C	B	A				0,95
Humlengde (gram)												
Sensorikk	Saison	Safale	D	V	W	25	35	50				CI
Fruktighet			B	B	A							0,95
Bitterhet			A	A	A	B	A	A				0,95
Malt			A	A	B							0,95
Gjær			A	A	B							0,95
Bismak	A	B	A	A	B							0,95
Preferansetest			B	BA	A							0,95

4.6.3 Samhandlingsplot malt- og vørteranalyser Domen, Varde og Weyermann

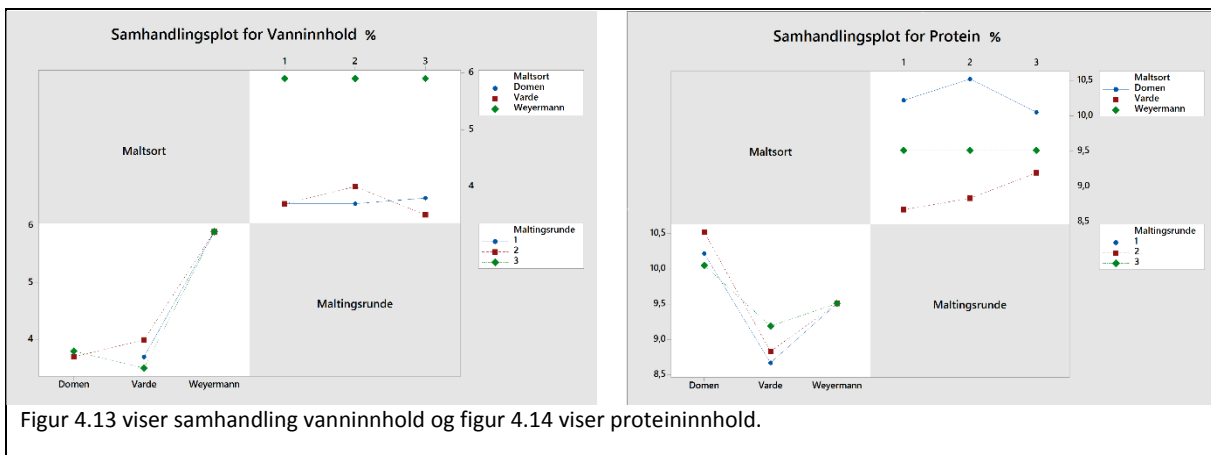
Figur 4.11-4.18 viser samhandlingsplot for løselig nitrogen, friabilitet, vanninnhold, proteininnhold, viskositet, ekstraktinnhold, β -glukan (malt og vørter) under samtlige maltingsrunder av Domen og Varde. Weyermann er samtidig tatt med som tre paralleller, selv om denne ble kjøpt ferdigmaltet.

Samhandlingsplot Løselig nitrogen og Friabilitet



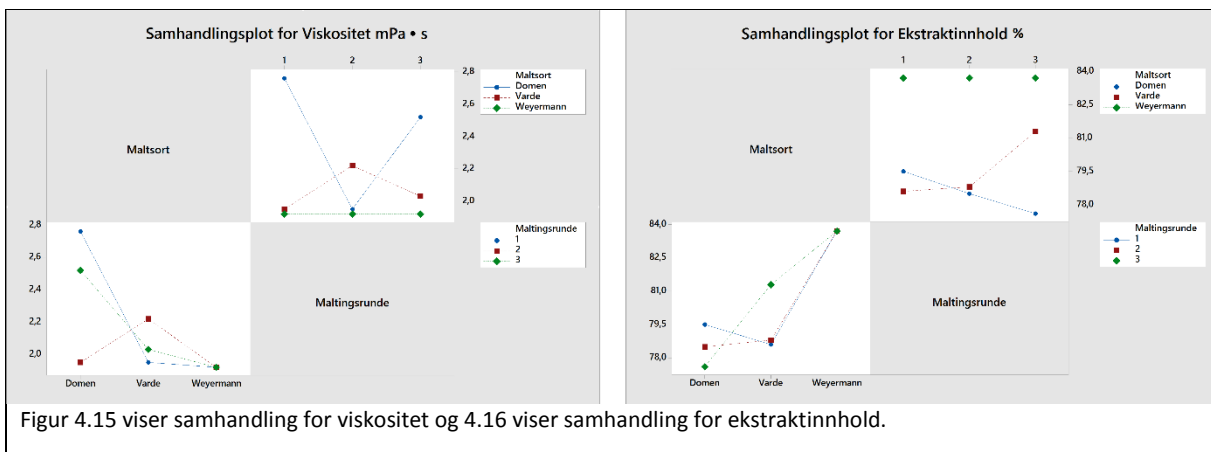
Figur 4.11 viser samhandlingsplot for løselig nitrogen, og figur 4.12 samhandling friabilitet.

Samhandlingsplot Vanninnhold og Proteininnhold malt



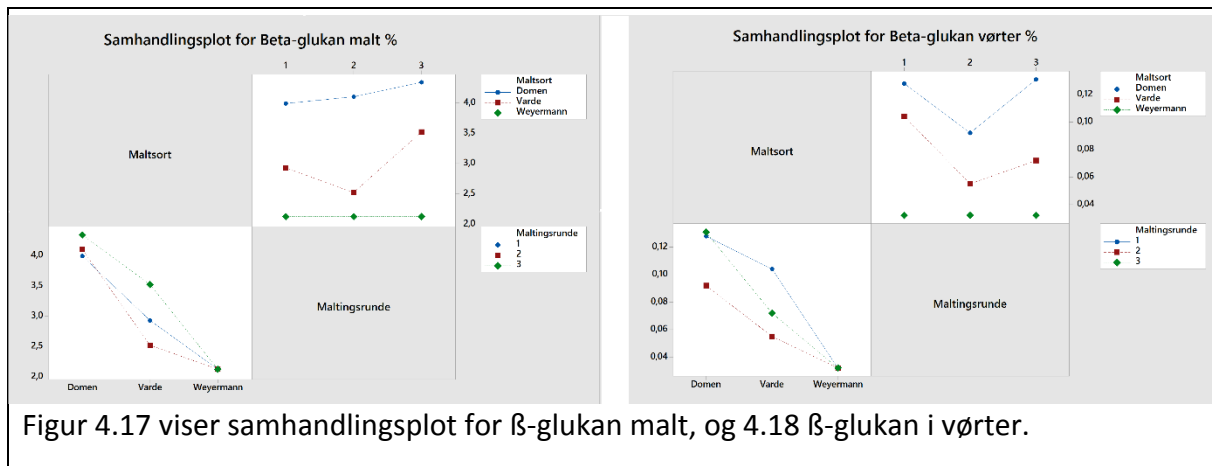
Figur 4.13 viser samhandling vanninnhold og figur 4.14 viser proteininnhold.

Samhandlingsplot Viskositet og Ekstraktinnhold



Figur 4.15 viser samhandling for viskositet og 4.16 viser samhandling for ekstraktinnhold.

Samhandlingsplot Beta-glukan malt og Beta-glukan vørter

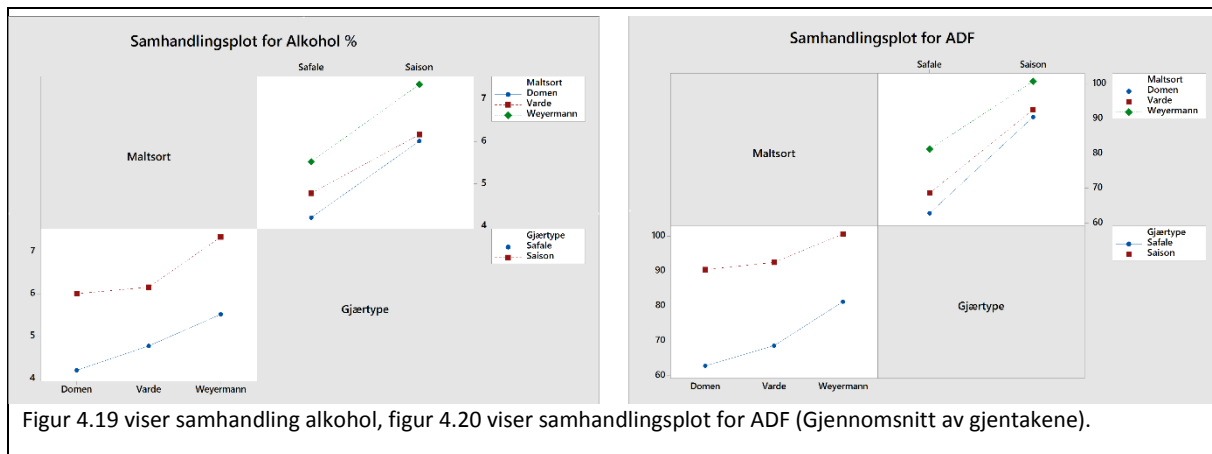


Figur 4.17 viser samhandlingsplot for β -glukan malt, og 4.18 β -glukan i vørter.

4.6.4 Samhandlingsplot ølanalyser

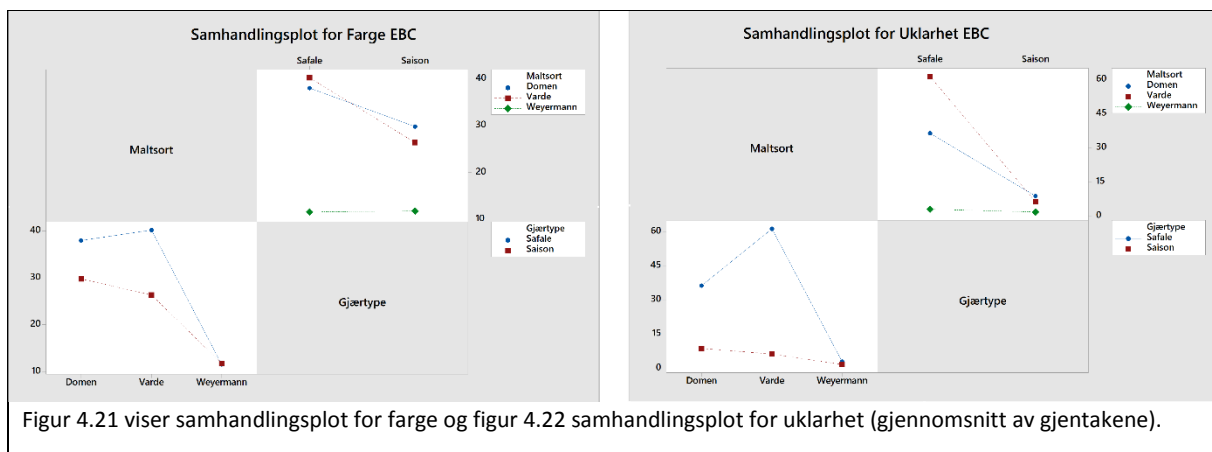
Figur 4.19-4.26 viser samhandlingsplot for alkohol, ADF, Farge, uklarhet, CO₂, pH, skumming og IBU. Samtlige figurer er basert på gjennomsnittet av tre gjentak fra Domen, Varde og Weyermann, og viser begge gjærtyperne.

Samhandlingsplot Alkohol og ADF



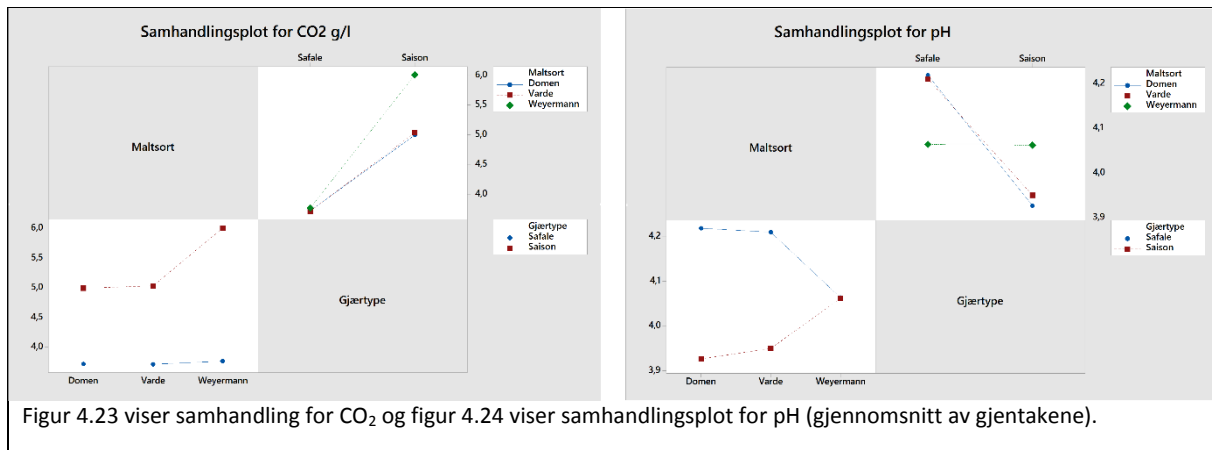
Figur 4.19 viser samhandling alkohol, figur 4.20 viser samhandlingsplot for ADF (Gjennomsnitt av gjentakene).

Samhandlingsplot Farge og uklarhet EBC



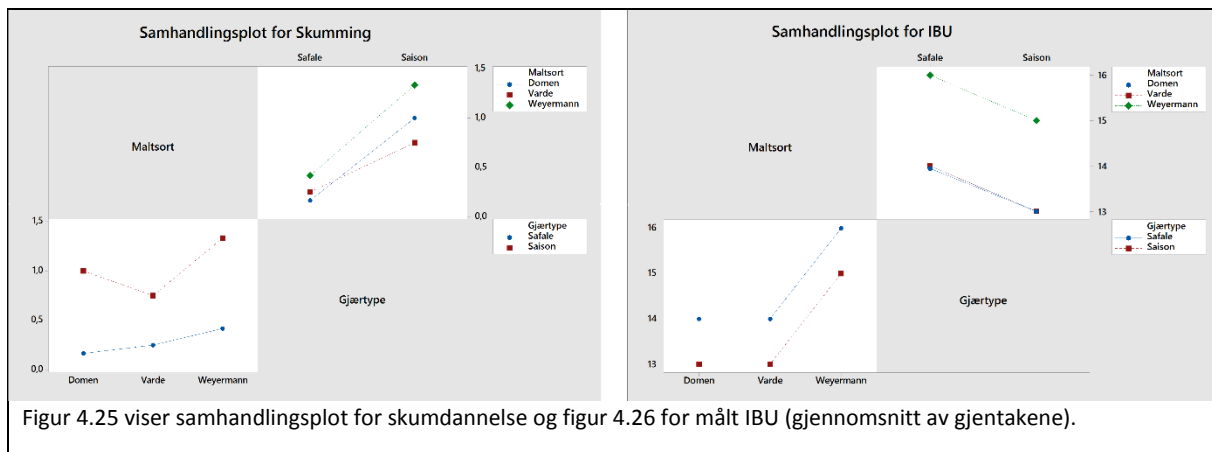
Figur 4.21 viser samhandlingsplot for farge og figur 4.22 samhandlingsplot for uklarhet (gjennomsnitt av gjentakene).

Samhandlingsplot CO₂ og pH



Figur 4.23 viser samhandling for CO₂ og figur 4.24 viser samhandlingsplot for pH (gjennomsnitt av gjentakene).

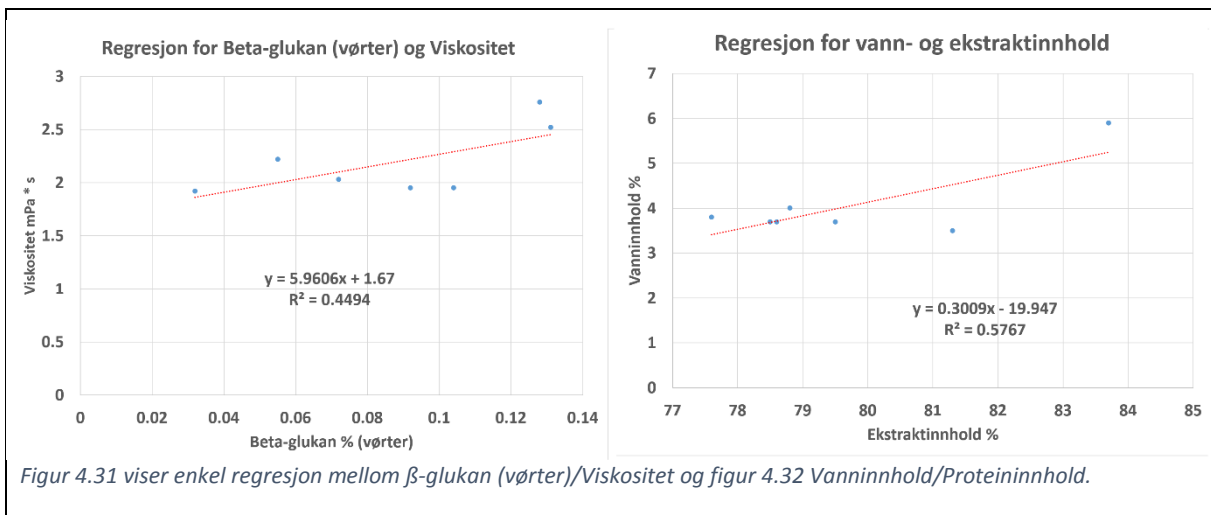
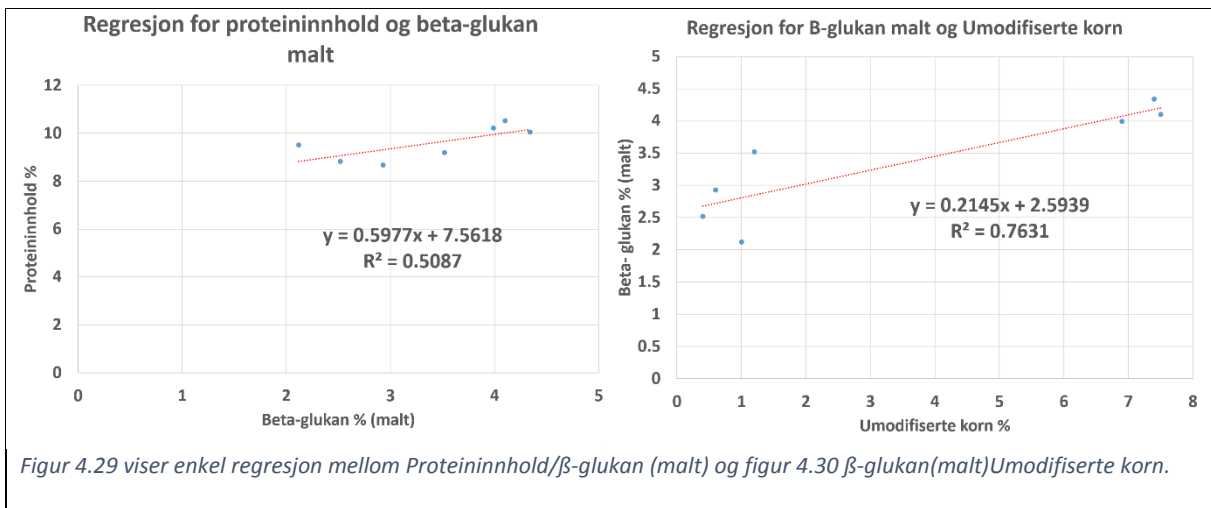
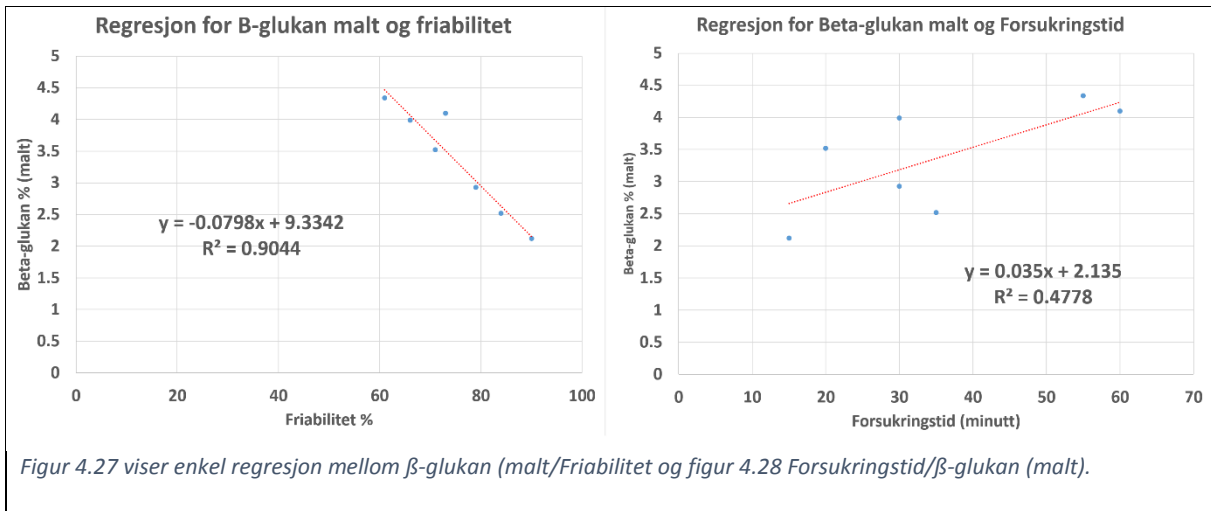
Samhandlingsplot Skumdannelse og målt IBU

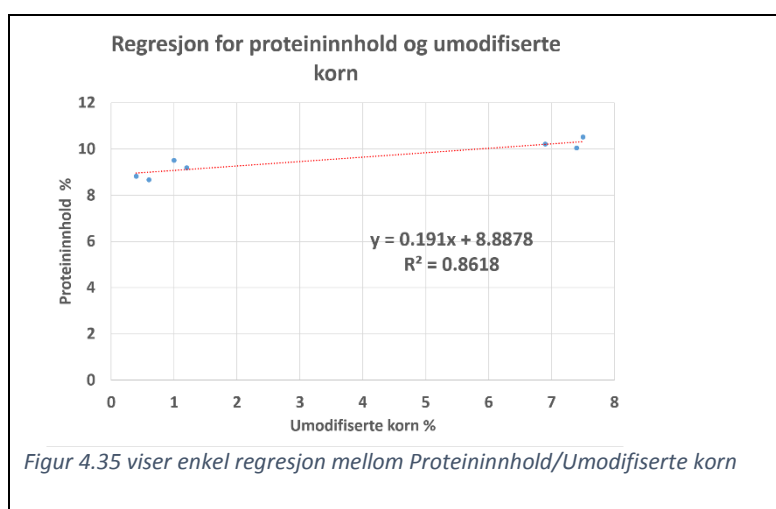
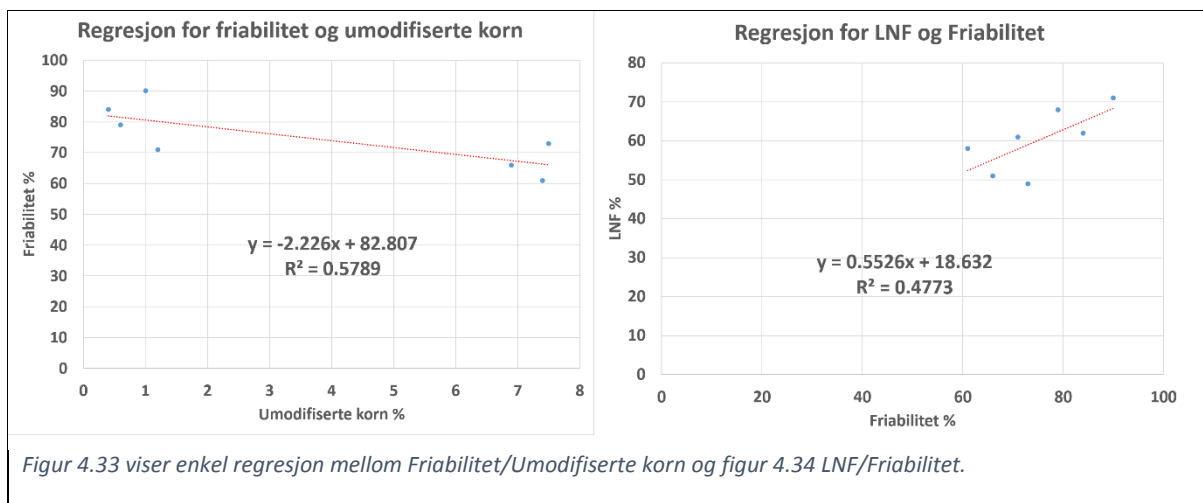


Figur 4.25 viser samhandlingsplot for skumdannelse og figur 4.26 for målt IBU (gjennomsnitt av gjentakene).

4.6.5 Regresjon malt/vørter

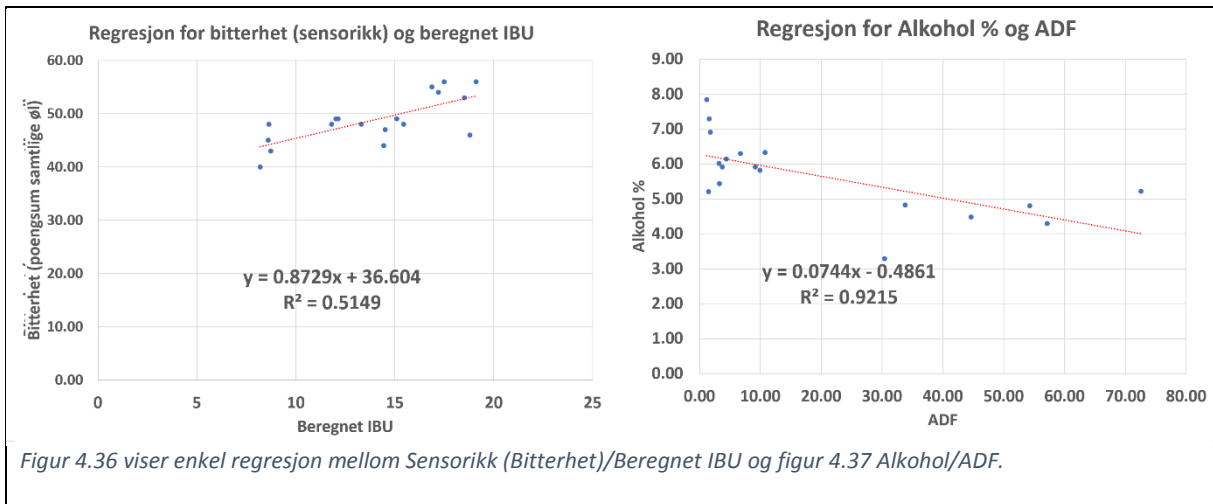
Fig 4.27-4.35 viser enkel regresjon og korrelasjon mellom de forskjellige parameterne av samtlige tre paralleller av Domen og Varde, og én prøve fra Weyermann. «Proteininnhold-Umodifiserte korn» samt «Beta-glukan(malt)-Umodifiserte korn» viser høy korrelasjon. «Vanninnhold-Proteininnhold» samt «Friabilitet-Umodifiserte korn» viser noe korrelasjon.



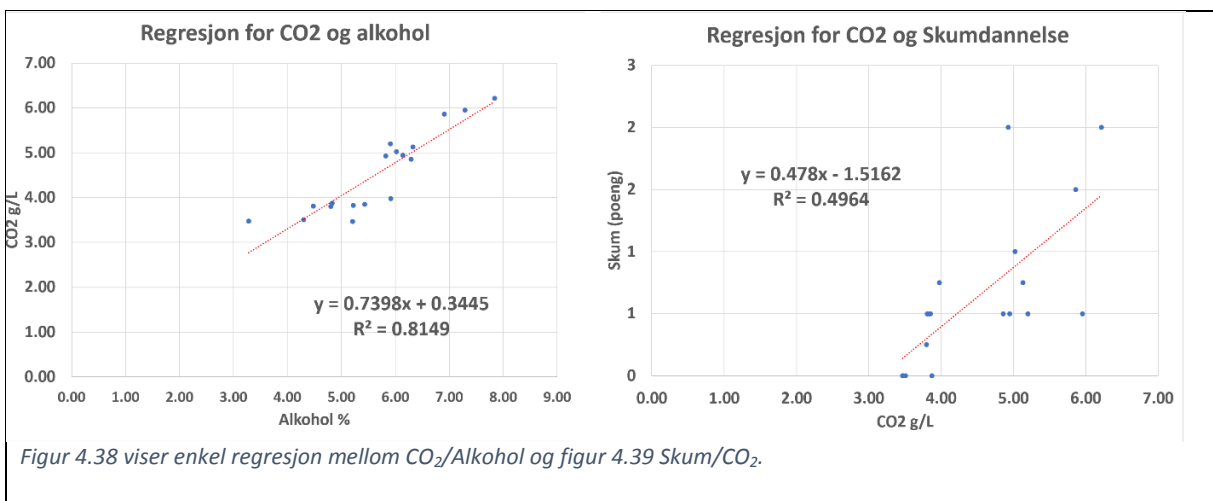


4.6.6 Regresjon øl

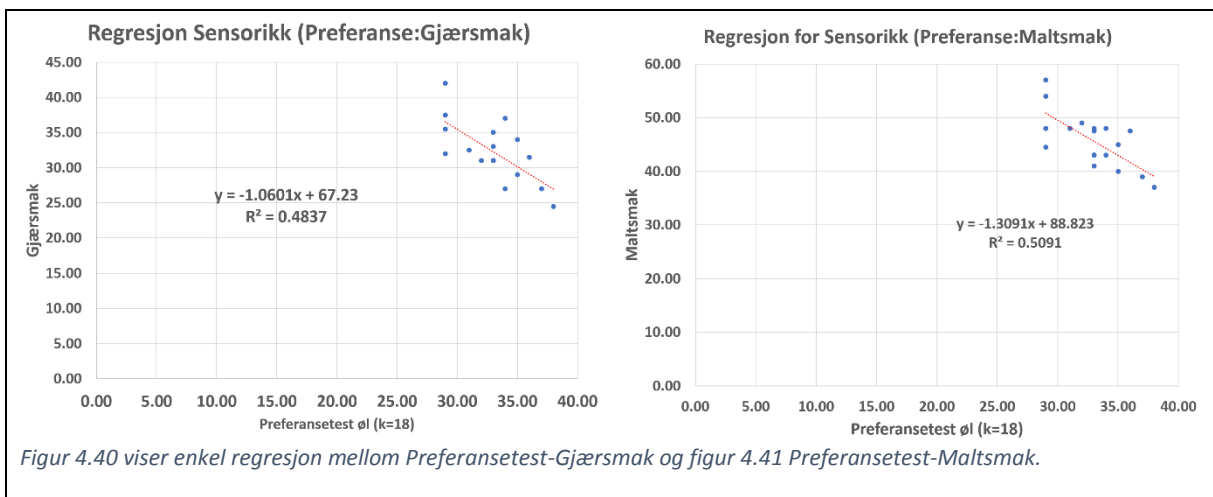
Fig 4.36-4.41 viser enkel regresjon og korrelasjon noen av de forskjellige parametrene til 18 øl. «Alkohol-ADF» viser høyest korrelasjon sammen med «Alkohol-CO₂». «Preferanse-Maltsmak», «Preferanse-Gjærsmak», «Bitterhet-Beregnet IBU» og «CO₂-skumdannelse» viser noe korrelasjon.



Figur 4.36 viser enkel regresjon mellom Sensorikk (Bitterhet)/Beregnet IBU og figur 4.37 Alkohol/ADF.



Figur 4.38 viser enkel regresjon mellom CO₂/Alkohol og figur 4.39 Skum/CO₂.



Figur 4.40 viser enkel regresjon mellom Preferansetest-Gjærsmak og figur 4.41 Preferansetest-Maltsmak.

4.6.7 Korrelasjon

Tabell 4.13 viser korrelasjon mellom forskjellige parametere. Korrelasjonsverdien er oppgitt i r^2 .

	Korrelasjon - r^2				
	Humlemengde	Gjærtype	Alkohol	Beta-malt	Beta-vørter
Skumdannelse	0,21	0,38	0,44	0,03	0,04
	Lukt	pH	ADF		
Farge	0,87	0,18	0,49		
	CO ₂	Maltsort	Uklarhet	Gjærtype	
ADF	0,79	0,17	0,56	0,7	
	Ekstraktinnhold	Skum			
Protein	0,02	< 0,001			
	Gjærtype				
pH	0,57				
	Målt IBU	Beregnet IBU			
Humlemengde	0,68	0,86			
	Friabilitet	Beta-vørter			
Utbytte	0,57	0,57			
	Vanninnhold	Viskositet			
Forsukringstid	0,21	0,04			

5.0 Diskusjon

5.1 Bygg-, malt-, vørter-analyser

«Tukey's test» og «Variansanalyse» som nevnes i diskusjonsdel 5.1.1-5.1.14 (bygg-,malt- og vørteranalyser) tilsvarer statistikkresultater fra **tabell 4.10** for samtlige parametere.

5.1.1 Spireevne

Som nevnt i punkt 2.1 bør spireevnen til bygg være høy for at det skal bli benyttet til malting. EBC-metode 3.5.2 viser til resultater på spireevne i området 92 til 100 %. Resultatene på 93 % hos Domen og 97 % hos Varde kan derfor sies å være akseptable.

5.1.2 Protein bygg og malt

Teori punkt 2.1.4 nevner at proteininnholdet i bygg synker under malting ved at endospermen går igjennom en modifisering, samt at protease bryter ned proteinene i endospermen under malting (og mesking). Når det gjelder proteininnholdet fra bygg til malt har Domen-prøvene fra samtlige maltingsrunder økt med 0,17 til 0,64 % (for Domen 1-3). Dette påvirker ikke videre analyser, men kan føre til usikkerhet rundt presisjonen på Kjeldahl-instrumentet benyttet til analysen. Prøvene ble målt og beregnet flere ganger, noe som gjør at økningen i proteininnhold ikke kan skyldes homogeniteten i bygg- eller maltprøvene.

Som vist i tabell 2.1 er proteininnholdet varierende etter hvilken type malt man ønsker. Til Pale Ale-malt er det ønskelig med et proteininnhold under 10,6 %, noe som er innenfor hos samtlige prøver (8,67-10,52 % - vist i samhandlingsplot figur 4.14). Variansanalyse viser signifikant forskjell mellom maltsortene ($p < 0,01$), og Tukey's test hvor Domen i gruppe A har signifikant høyest proteininnhold, Weyermann i gruppe AB, og Varde gruppe B med signifikant lavest proteininnhold. Det er ikke funnet signifikant forskjell mellom maltingsrundene.

5.1.3 Vanninnhold bygg og malt

Vanninnhold ble ikke målt under støpning og spiring, men kun i bygg og ferdig malt. Tabell 4.1 viser at bygget hadde et vanninnhold på 11,1 og 10,6 % for henholdsvis Domen og Varde. Briggs (2004) nevner at vanninnhold opptil 12 % i bygg er normalt, selv om bygg med et vanninnhold på 10 % fører til et sikrere og mer stabilt produkt ved lagring.

Når det gjelder vanninnhold i malt viser tabell 4.2 at verdiene ligger mellom 3,5 og 5,9 % (vist i samhandlingsplot 4.13). Tabell 2.1 viser samtidig at ønskelig vanninnhold hos malt ligger på maksimum 5 % for Pale Ale malt, mens det hos Pilsner malt ligger på 4,5 %. Dette viser at de egenmalte sortene fra Domen og Varde ligger innenfor forventet område. Variansanalyse viser til signifikant forskjell mellom samtlige prøver med $p < 0,01$. Tukey's test viser også at

Domen og Varde er innenfor samme gruppe (B), mens Weyermann er signifikant forskjellig fra de to andre (gruppe A). Det ble derimot ikke funnet noen signifikant forskjell mellom maltingsrundene.

5.1.4 β -glukan bygg, malt og vørter

Beta-glukan i bygg for Domen og Varde ligger henholdsvis på 4,76 og 4,43 %. Megazyme-kit benyttet til utførelse av analysen viser en standard β -glukan-verdi som bør ligge på 4,1 %, mens kontroll av samme standardprøve målt under analysen viste en verdi på 4,45 %. Megazyme viser til et estimert standardavvik på ± 3 % ved utførelse av analysen, mens analyseutførelsen viser et avvik på 7,86 % (ved å sammenligne kontroll- og standardverdi). β -glukan-resultatene som er funnet kan derfor inneholde noe avvik.

Wang et al. (2003) har tidligere undersøkt at degradering av β -glukan under malting hos forskjellige byggsorter viste seg å være på rundt 80 % (punkt 2.1.3.1). Ved å se på β -glukan resultatene for malt (tabell 4.4), viser Domen en gjennomsnittlig degradering på 13 %, mens Varde har en gjennomsnittlig degradering på 32,5 % ved ferdig malting (se samhandlingsplot 4.17 og 4.18). Dette kan tyde på at Varde er mer modifisert enn Domen, men at begge maltsortene er undermodifiserte. Variansanalyse av β -glukan i samtlige maltsorter viser at det er signifikant forskjell med $p < 0,05$ mellom maltsortene. Tukey's test for beta-glukan malt viser samtidig at Domen hører til gruppe A, Varde i gruppe AB og Weyermann i gruppe B. Under punkt 2.2.3.1 nevnes det at β -glukan-innholdet er den største indikatoren på maltkvalitet, og sammenlignet med Weyermann som hadde tilnærmet 50 % av beta-glukan-innholdet til Domen maltingsrunde 3, tyder dette på at flere av maltingsrundene ikke var optimale (se punkt 5.2).

Ved å se på β -glukan-vørter i tabell 4.4 kan man se en drastisk degradering av β -glukan hos samtlige sorter. Ifølge tabell 2.1 skal innhold av beta-glukan i øl ligge på maksimum 200 mg/L, noe som viser at kun maltingsrundene 1 og 3 på Domen er utenfor ønskelig verdi. Samtidig kan man se at verdiene for Varde er noe høyere under de samme maltingsrundene (selv om de er innenfor ønsket verdi), og dette kan tyde på at dette var de minst optimale maltingsrundene. Teori (punkt 2.1.3.1) nevner at innhold av β -glukan kan være veldig varierende mellom byggsorter, noe som også gjenspeiles i resultatene hva gjelder byggsort maltingsrunder. Noe som også nevnes i teori (punkt 2.1.1) er at seks-radsbygg, slik som Varde har høyere andel av celleveggmateriale og dermed høyere innhold av beta-glukan. Dette samstemmer ikke med resultatene som er funnet i denne studien, da Domen (to-radsbygg) har ble funnet å ha signifikant høyere innhold enn Varde (seks-radsbygg) med $p < 0,05$ når det gjelder malt. Forskning rundt β -glukan i to- og seks-radsbygg utført av Lethonen og Aikasalo (1987), fant derimot at to-radsbygg har høyere innhold enn seks-radsbygg, noe som samstemmer bedre med funnene i denne oppgaven. Variansanalyse av beta-glukan i vørterprøvene viser ingen signifikant forskjell mellom sort eller maltingsrundene.

5.1.5 Løselig nitrogen & løselig nitrogen forhold (LNF)

Løselig nitrogen-verdiene ligger mellom 0,82 og 1,07 % (se samhandlingsplot figur 4.11), mens LNF-verdiene varierer mellom 49 og 71 %. Som vist i tabell 2.1 er det for Pale Ale ønskelig med løselig nitrogen mellom 0,64-0,72 %, og LNF mellom 40-45 %. Det viser derfor at ingen av disse prøvene er innenfor ønsket verdi. Høyest verdi på løselig nitrogen og LNF stammer fra Weyermann malt, som er en type pilsner malt. Spesifikasjonene for pilsner malt er også noe lavere, med en ønsket LNF-verdi på 38-42 %. Som nevnt i punkt 2.3.3 gjenspeiler løselig nitrogen i prosent hvordan proteinene løses ut i endospermen, samt degradingen av disse til peptider og aminosyrer, som er viktige for gjær. Et høyt innhold av løselig nitrogen vil derfor tyde på overmodifisert malt, da cellestrukturen er fullstendig degradert (Briggs, 1998). LNF indikerer grad av maltmodifisering, som ble analysert ved hjelp av friabilimeteret. Enkel regresjon av «LNF» og «Friabilitet» (figur 4.34) viser en korrelasjonsverdi på $0,47^2$, som indikerer en sammenheng mellom de to. Variansanalyse av løselig nitrogen og LNF viser at det er signifikant forskjell mellom sortene med p-verdi $< 0,05$, hvor Weyermann tilhører gruppe A, Varde tilhørende i både gruppe A og B, og Domen med lavest i gruppe B, både for løselig nitrogen og LNF. Det er derimot ikke funnet signifikante forskjeller mellom maltingsrundene til Domen og Varde. Resultatene kan tyde på at Domen 1, 2 og 3 er undermodifiserte, samt Varde (2) og 3.

5.1.6 Friabilitet

Friabilitetresultatene ble funnet å variere mellom 61 og 90 % (se samhandlingsplot 4.12). Som nevnt i punkt 2.1 skal friabilitet på Pale Ale helst ligge over 85 %. Blant de egenmalte sortene er det ingen som når opp til denne verdien, selv om Varde 2 ikke er langt unna ønskelig verdi med 84 %. Weyermann malt ble derimot målt til å ha en friabilitet på 90 %. E-malt (u.å.) spesifiserer samtidig at friabilitet under 65 % er utilstrekkelig, 65-70 % er middels, 71-80 % er bra og over 80 % er veldig bra. Blant de egenmalte sortene ligger Domen maltingsrunde 3 under 65 %, noe som er utilstrekkelig. Resterende Domen maltingsrunder kan defineres innunder middels friabilitet, Varde 1 og 3 defineres som bra, og Varde 2 og Weyermann-malt som har veldig bra maltfriabilitet.

Figur 4.27 viser at friabilitet og beta-glukan-innhold har veldig høy korrelasjon ($0,90^2$), noe som samsvarer med teori (punkt 2.2.4) om at friabilitet er knyttet til graden av cellevegg-modifisering. Dette tyder på at friabiliteten går ned ved økt beta-glukan-innhold, og indikerer grad av modifisering samt hvor enkelt enzymene kan slippe til under mesking (E-malt u.å.). Variansanalyse viser at det ikke er funnet signifikant forskjeller mellom maltingrundene eller maltsortene.

5.1.7 Umodifiserte korn

Ved å undersøke andel umodifiserte korn av maltprøvene, vil man se hvordan bygget har blitt modifisert under spiring (E-malt, u.å.). Tabell 4.3 viser at umodifiserte korn er varierende mellom 0,4 og 7,5 %, hvor maltingsrundene med Varde har lavest andel umodifiserte korn

mens Domen har størst andel umodifiserte korn. Ifølge E-malt (u.å.) vil alt fra 1 % og under være veldig bra, mens alt over 4 % er utilstrekkelig. Det tyder på at Varde og Weyermann har jevn modifisering samt homogenitet, mens Domen-malt er undermodifisert.

Undermodifisering fører som nevnt i punkt 2.2.4 til dårlig ekstraktutbytte, dårlig fermenteringsgrad og uklarhet.

Variansanalyse viser signifikant forskjell mellom maltsortene med $p < 0,001$. Tukeytesten viser at Domen tilhører gruppe A med signifikant høyest andel umodifiserte korn, mens Varde og Weyermann er i gruppe B. Ved å se på regresjon fig 4.30 kan man se at det er høy korrelasjon ($0,76^2$) mellom β -gukan (malt) og andel umodifiserte korn. Slik som ved friabilitet er det fordi celleveggen rundt endospermen ikke er nok modifisert, noe som fører til at malt med høy andel umodifiserte korn også er vanskeligere å knuse til fine partikler.

Variansanalyse av maltingsrundene mellom Domen og Varde viste ingen signifikante forskjeller.

Under mesking var det tydelig at Domen og Varde var vanskelig å røre på grunn av større partikler. Dette førte til en grøtaktig meske, som førte til at enzymer hadde vanskeligheter med å ekstrahere stivelsen til forgjærbart sukker, og dermed lavere fermenteringsgrad (E-malt u.å.).

5.1.8 Maltningstap

Maltningstapet ved malting av bygg er ifølge Kunze (2004) vanlig ved 20 %, mens Briggs (1998) nevner det til å være mellom 6 og 12 %. Ved å se på tabell 4.3 ser man at det under malting ble et tap mellom 6,1 og 24,6 %. Variansanalyse viser at maltingsrunde 2 er signifikant forskjellig fra runde 1 og 3 med $p < 0,01$. Maltingsrunde 2 har høyest maltningstap både for Domen og Varde, noe som tyder på høyere modifisering hos denne. Dette skyldes at temperaturen ble for høy i samtlige kammer under spiringen, noe som kan ha sørget for en utypisk spiring sammenlignet med de andre rundene.

5.1.9 Ekstraktinnhold

Ekstraktinnholdet blant maltsortene ble funnet å være mellom 77,6 og 83,7 % (se samhandlingsplot figur 4.16). Maltspesifikasjoner (punkt 2.2.7) viser at Pale Ale malt bør ha et ekstraktinnhold mellom 77-83 %. Resultatene er dermed innenfor spesifikasjonene og viser at de egenmalte sortene fra Domen og Varde har godkjent ekstraktinnhold, uavhengig av over/undermodifisering. Kongressmesken (EBC-analysen 4.5.1) utføres ved stegmesking, noe som kan være grunnen til at Domen og Varde hadde akseptabel verdi. Stegvis økning i temperatur gir viktige enzymer som beta-glukanase muligheten til å degradere celleveggen, slik at α/β har mulighet til å bryte ned stivelsen til forgjærbart sukker (nevnt i punkt 2.4.3). Variansanalysen viser ingen signifikant forskjell når det gjelder farge mellom hverken maltsort eller maltingsrunde. Punkt 2.2.4 i teori nevner at det ved lengre spiring (slik som maltingsrunde 2) vil gi dårligere ekstraktinnhold, noe som ikke er tydelig i noen av resultatene. Punkt 2.2.1 i teori nevner også at et høyt proteininnhold er negativt

korrelert med ekstraktinnhold. Som vist i tabell 4.13, er det lite korrelasjon mellom protein og ekstraktinnhold ($0,02^2$).

5.1.10 Vørterfarge

Variansanalyse av vørterfarge viser ingen signifikant forskjell hverken på maltingsrunde eller maltings-sort. Fargeverdien til Domen fra maltingsrunde 2 er likevel ca. tre ganger høyere enn alle de andre vørterne fra Domen og Varde (som vist i tabell 4.3). Ifølge punkt 2.3.4 kan dette skyldes økt modifisering, samt andel sukker og aminosyrer som fører til melanoider. Samtidig er kjølletemperatur avgjørende for fargen, men med tanke på at disse har gjennomgått samme varmebehandling, er det sannsynlig at høyere temperatur under spiring ha vært mest avgjørende for fargeverdien til Domen 2.

Når det gjelder fargespesifikasjonene (tabell 2.1) har maltsortene fra Domen og Varde høyere fargespesifikasjon enn det som er vanlig for Pale Ale malt. Vanlig fargespekter er fra 4-7 EBC for Pale Ale malt, og resultatene i tabell 4.3 hos Domen og Varde viser verdier mellom 10,89 og 29,05 EBC som tilsvarer mørkere vørterfarge enn det som er vanlig for Pale Ale malt.

5.1.11 Forsukringstid

Resultatene fra forsukringstid (tabell 4.4) viser at Domen fra maltingsrunde 2 brukte lengst tid (1 time), mens Weyermann hadde kortest forsukringstid med 15 minutter, som også nevnes å være maksimum for Weyermann Pilsner malt (vedlegg 7). Ved å se på resultatene i tabell 4.4 ser man at samtlige maltingsrunder fra Domen og Varde bruker over dobbelt så lang tid på denne analysen enn Weyermann-malt. Vanlig forsukringstid for Pale Ale malt er 15 minutter, noe som ikke er så kort hos de egenmalte sortene. Ifølge regresjonsfigur 4.28 så er det stor korrelasjon ($0,47^2$) mellom forsukringstiden og innholdet av beta-glukan i maltet. Ifølge teori (punkt 2.3.2) skyldes kort forsukringstid rask nedbrytning av stivelse ved høyt innhold av β - og α -amylaser. Resultatene til de egenmalte sortene tyder på at enzymene bruker lang tid fordi celleveggen er vanskeligere å trenge igjennom, noe som gjør at stivelsen frigjøres senere. Resultatene tyder derfor på at enzymene ikke bryter ned stivelsen slik man hadde forventet.

Som vist i tabell 4.10 er det ingen signifikant forskjell i forsukringstid mellom maltsort eller maltingsrunde.

5.1.12 Filtreringshastighet

Som vist i tabell 4.4 er filtreringshastigheten normal i de fleste prøvene, bortsett fra hos Domen 2 og Varde 2 (treg). Disse brukte over 1 time på filtreringen. Lang filtreringstid kan skyldes høy viskositet på grunn av høy andel beta-glukan (i undermodifisert malt), som nevnt i punkt 2.3.1. Samtidig kan overmodifisert malt danne mye støvpartikler som forsinker separering av vørter (punkt 2.2.4). Dette kan tyde på høyere modifisering i maltingrunde 2, enn -1 og -3. Variansanalyse viser heller ingen signifikante forskjeller mellom maltsort eller

maltringsrunder når det gjelder filtreringshastighetene.

5.1.13 Viskositet

Viskositeten hos samtlige vørtere ble målt til å være mellom 1,92 og 2,76 mPas (se samhandlingsplot figur 4.15). Ifølge spesifikasjonene for pale malt er det ønskelig med vørterviskositet på $< 1,55$ mPas, noe som betyr at ingen av disse er innenfor spesifikasjonene. Severa et al. (2009) fant varierende viskositet i Pilsner malt (1,75 og 2,05 mPas), dog ble disse målt ved en skjærhastighet på 34 (1/s), mens vørterresultatene i tabell 4.4 vises ved en skjærhastighet på 100 (1/s). Ved lavere skjærhastighet vil viskositeten derfor være betydelige lavere. Som nevnt i teori (punkt 2.3.1) avhenger viskositet av gelatinering av stivelsen, hvor høy gelatinering samt beta-glukaner og dekstriner gir høyere viskositet. Regresjonsfigur 4.31 av viskositet og beta-glukan i vørter viser noe korrelasjon ($0,45^2$), og viser derfor at viskositet og beta-glukan-innhold henger sammen. Variansanalyse viste ingen signifikante forskjeller i viskositet mellom hverken sort eller maltingsrunde.

5.1.14 Lukt

Som vist i tabell 4.4 er det kun Domen fra maltingsrunde 2 som utmerker seg fra de andre når det gjelder lukt. Sterkere aromaen og mørkere farge i denne vørteren kan tyder at det er en sammenheng. Tabell 4.13 viser høy korrelasjon ($0,87^2$) mellom farge og lukt, selv om dette også kan være en empirisk korrelasjon. Variansanalyse viser ingen signifikant forskjell mellom maltsort eller maltingsrunde.

5.2 Maltingsrunder og maltingsprosess

Under malting av Domen og Varde ble det benyttet samme støpnings-, spire- og kjølleprogram samt temperatur, som ble utarbeidet med en representant fra firmaet «Custom Laboratory Products» (Skilbrigt, 2016).

5.2.1 Støpning

Støpnings-programmet ser for det meste ut til å ha gått som ønsket, selv om analyseresultatene for det meste viser at Domen kommer dårligere ut enn Varde. Chandra et al. (1999) nevner at byggsorter med høyt innhold av cellevegg og protein påvirkes under støpning da det ikke er mulig å få til en jevn vannfordeling i endospermen. Dette fører derfor til mindre friabel endosperm som videre fører til problemer under mesking/brygging.

5.2.2 Spiring

Under maltingsrunde 2 og 3 ble det under spiringsfasen oppdaget høyere temperatur enn planlagt i samtlige kammer, selv om kammer 1 og 2 (30 °C) var noe høyere enn 3 og 4 (20-25°C). Det kan tyde på at dette kan ha hatt en effekt på maltkvaliteten, da Varde er mer modifisert enn Domen.

Resultatene mellom maltingsrundene viser at maltingstapet er størst under maltingsrunde 2 og 3 (tabell 4.3). Maltingsrunde 2 med høy temperatur har påvirket Domen mest, da med høy farge på grunn av større andel melanoider. Dessverre ble dette ikke oppdaget tidlig nok, og spiringen ble derfor holdt gående ved denne temperaturen. Samme temperaturproblemer oppsto under maltingsrunde 3, noe som førte til at spiringen ble avsluttet tidligere. Når det gjelder maltingsrunde 3 har Varde og Domen størst andel umodifiserte korn og β -glukan, som kan tyde på mer ujevn modifisering ved at spiringen ble avsluttet noe tidligere. Likevel ser Varde ut til å ha høyere grad av modifisering enn Domen under spiringsfasen, som gjenspeiles i mengde β -glukan, friabilitet og umodifiserte korn. Ifølge Skilbrigt (2016) ville maltingsrunder med kun en byggsort per maltingsrunde kanskje gitt bedre og jevnere kvalitet.

5.2.3 Kjølleprogram

Kjølleprogrammet som ble benyttet hadde en makstemperatur på 95 °C i to timer ved fjerde trinn, nemlig herdefasen. Temperatursjiktet benyttet skal sørge for enklere smuldring av maltet, samt føre til et mer stabilt produkt. Som nevnt i teori (punkt 2.2.7) er vanlig herdingstemperatur for Pale Ale mellom 95 og 105 °C. Dette temperaturområdet gir mindre innhold av enzymer i maltet enn hos Lager og Pilsner malt, men er nødvendig for å gi maltet høyere farge sammenlignet med Pilsner og Lager.

5.3 Ølanalyser

«Tukey's test» og «Variansanalyse» som nevnes i diskusjonsdel 5.3.1 - 5.3.6 (Ølanalyser) tilsvarer statistikkresultater fra **tabell 4.11 (Varians)** og **tabell 4.12 (Tukey)** for samtlige parametere.

5.3.1 Ekstraktutbytte

Ved måling av Plato° under separering av meske og vørterskylling, viste bryggene med egenmaltet norsk korn noe lavere Plato° enn forventet (Plato° på 12,5°). Disse ble derfor skylt og tilført mindre vann under vørterkoking. Dette ga et lavere utbytte ved ferdig vørterkoking hos Domen- og Varde-bryggene, sammenlignet med Weyermann. Hadde man ikke fokusert på Plato° ville man ha fått en mindre sukkerholdig vørter med flere polyfenoler og smakskomponenter, som ville ha gitt høyere utbytte, dog et annet sensorisk resultat.

Som vist i figur 4.1 (gjennomsnitt av gjentakene) så har Domen et utbytte på $44,4 \pm 2,6$ % til $42,1 \pm 1,7$ %, Varde har $46,8 \pm 2,1$ % til $45,8 \pm 2,2$ % og Weyermann har $52,5 \pm 1,8$ % til $57,8 \pm 9,7$ % i utbytte. Jin et al (2004) nevner β -glukan som en viktig faktor når det gjelder lavt ekstraktutbytte (punkt 2.1.3.1), dette ved at α/β -amylase-enzymene ikke når like godt inn i endospermen for å ekstrahere sukkeret, og som skyldes undermodifisert malt (punkt 2.4.3). Selv om maltingsrundene ble blandet, har ujevn modifisering hos Domen-malt sørget for klart lavest ekstraktutbytte. Blandingen av Varde-malt har større andel jevnere modifisert malt, men inneholder likevel mengder med undermodifisert materiale fra maltingsrunde 1 og 3. Hvis man sammenligner ekstraktinnholdet i kongressmesken, som ble utført ved stegmesking og ga gode ekstraktresultater, har en fast meskingstemperatur (65 °C) under brygging sørget for at enzymer nødvendig for nedbrytning av cellevegg ble inaktivert.

Variansanalyse viser at det er signifikant forskjell i utbytte mellom maltsortene, med en p-verdi på $< 0,001$. Tukeytesten viser at Weyermann gir signifikant høyere utbytte (gruppe A), enn Domen og Varde gruppe (B). Som nevnt i punkt 2.3.6, forteller Kunze (2004) at ekstraktutbytte vanligvis er på 75 og 80 %. Resultatene som ble funnet viser derimot mengde sukkerholdig vørter i forhold til tilsatt vannmengde og kan derfor ikke sammenlignes med Kunzes verdier, som er beregnet utfra mengde vørter ekstrahert fra maltet. Dette ble derfor grunnen til at humletilsetningen ble noe lavere hos noen av de egenmalte bryggene, men ble utført for å unngå at de batchene ble for bitre selv om det gjorde gjentakene forskjellige.

Tabell 4.13 viser korrelasjon mellom «friabilitet» og «utbytte» ($0,57^2$), og tyder på sammenheng mellom måten maltet knuses og mengde som er mulig å ekstrahere fra maltet. Samtidig er det funnet høy negativ korrelasjon ($0,57^2$) mellom Beta-glukan i vørter og ekstraktutbyttet (tabell 4.13), hvorav mengde utbytte går ned med økende innhold av beta-glukan. Det må likevel nevnes at resultatene fra beta-glukan i vørter ikke nødvendigvis viser et riktig bilde av mengde beta-glukan i ølet. Under kongressmesken ble det nemlig benyttet stegmesking, mens det under brygging ble mesket ved fast temperatur på 65 °C.

5.3.2 Anton Paar Alcoolyzer

5.3.2.1 Alkoholprosent

Samhandlingsplot 4.19 viser alkoholprosenten til de forskjellige ølsortene (gjennomsnitt av gjentakene) hvor Saison-øl har $6,0 \pm 0,3$ % til $7,4 \pm 0,5$ %, mens Safale har alkoholprosent fra $4,2 \pm 0,8$ % til $5,5 \pm 0,4$ %. Disse er funnet til å være signifikant forskjellige med $p < 0,001$ når det gjelder gjærtype (tabell 4.11). Samtlige Saison-øl har dermed signifikant høyere alkoholprosent enn ølene gjæret med Safale. Det er også funnet signifikant forskjell med $p < 0,001$, også når det gjelder maltsort. Som Tukeytesten viser har ølene brygget med Weyermann-malt (gruppe A) signifikant høyere alkoholprosent enn Domen og Varde (gruppe B). Det ble likevel ikke funnet signifikante forskjeller når det gjelder kombinasjonen Gjær:Malt. I teori 2.4 vises alkoholprosenten til forskjellige øltyper, og man ser at Bitter Pale Ale har en alkoholprosent mellom 3 og 7,5 %, og dermed at samtlige brygg er innenfor området. Ved å se på samhandlingsplot figur 4.19-4.20 for «Alkohol» og «ADF», samt regresjonsfigur 4.37 som viser høy korrelasjon på $(0,92^2)$ ser man at det er en sammenheng mellom disse. Som nevnt i punkt 2.5.4.1 er ADF andelen løselig ekstrakt i vørter som er mulig å fermentere, og jo høyere fermenteringsgrad desto høyere alkoholprosent. Derfor er både gjæren og gjærens næringsopptak viktig ved konvertering av alkohol, noe resultatene viser.

5.3.2.2 Farge EBC

I tabell 4.7 vises fargeresultatene til å være mellom $11,54 \pm 1,06$ EBC og $40,18 \pm 2,57$ EBC (se Samhandlingsplot figur 4.21). Som nevnt i punkt 2.5.4.6 er det flere faktorer som avgjør ølfargen, deriblant maltype, pH og gjær. Ved å se på fargenivåene til Domen- og Varde Saison, samt Domen- og Varde Safale tyder dette på at både gjæren og maltet har vært avgjørende for fargeverdiene. Variansanalyse beviser dette med p -verdi $< 0,001$. Under Tukey's test vises kombinasjonen Gjær:Malt som avgjørende, hvor Domen Safale og Varde Safale (gruppe A) er signifikant forskjellige fra Domen Saison og Varde Saison (gruppe B), mens Weyermann Saison og Safale er nokså like da disse tilhører samme gruppe (gruppe C). Gruppe A og B har høyere fargeverdi enn gruppe B som er forholdsvis like i farge og pH. Som nevnt i 2.5.4.6, vil det ved lavere pH skje en avfarging samt utfelling av forskjellige fargestoffer som er typiske egenskaper avhengig av gjærtype. Som vist i tabell 4.13 ble korrelasjon mellom farge og pH funnet til å være noe lav $(0,18^2)$, mens det ble funnet noe korrelasjon mellom farge og ADF $(0,49^2)$. Dette kan tyde på at høyere innhold av restsukker som ikke har blitt konvertert til alkohol, har vært med på å påvirke fargen i de forskjellige ølene.

Ved å sammenligne fargeresultatene med fargeskalaen i figur 2.14 vil man se at en klassisk Pale Ale vanligvis ligger på 12 EBC (American Pale Ale og India pale ale), noe som er innenfor ønsket verdi for Weyermann-sortene. Varde Saison er nærmere en Double India Pale Ale (26 EBC), mens Domen Saison ligger i området mellom Double IPA (26 EBC) og Amber Ale (33 EBC). Domen og Varde Safale ligger derimot nærmere en Brown Ale med 40 EBC.

Ved å sammenligne vørterfarge (tabell 4.3) mot farge i ferdig øl (tabell 4.7), så har

vørterkoking og tilsetning av gjær påvirkning på fargeverdien. De fleste prøvene fra kongressmesken (tabell 4.3) viser for det meste fargeverdier på under < 15 EBC. Med tanke på at maltingsrundene for Domen og Varde ble blandet, kokt og tilsatt gjær resulterte dette i høyere fargemålinger på ferdig øl. Varians viser at Gjær:Malt er mest signifikant med $p < 0,001$, selv om Weyermann-sortene ikke har store fargeforskjeller. Det skal likevel nevnes at Anton Paar-metoden som benyttes til fargemåling, måles ved 430 nm og passer derfor best til klare pilstyper.

5.3.2.3 Uklarhet EBC

Resultatene under uklarhetsmålingene fra Anton Paar, som vist i tabell 4.7, viser uklarhet fra $1,56 \pm 0,32$ til $61,34 \pm 9,83$ EBC (se samhandlingsplot figur 4.22). Selv om variansanalyse viser signifikant høyere uklarhet (p -verdi $< 0,001$) hos maltsortene Domen og Varde sammenlignet med Weyerman, ble det også funnet signifikans når det gjelder kombinasjonen Gjær:Malt, også med en p -verdi $< 0,001$. Tukeytesten viser at Varde Safale (gruppe A) har signifikant høyere uklarhet enn Domen Safale (gruppe B), mens Domen Saison, Varde Saison og Weyermann-typene har signifikant lavere uklarhet og tilhører gruppe C.

Som nevnt i teori punkt 2.5.4.5 er uklarhet uønsket i øl, og skyldes biologisk og/eller ikke-biologisk kontaminasjon. Selv om alt ble utført aseptisk så godt det lot seg gjøre, kan ikke kontaminasjon utelukkes. Det er likevel mest forventninger til at uklarheten skyldes protein-polyfenol interaksjonen samt beta-glukaner i ølet, som er de viktigste faktorene på uklarhet. Tabell 4.13 viser noe korrelasjon mellom uklarhet og ADF (negativ $0,56^2$), som kan tyde på at mengde restsukker som ikke har blitt konvertert til alkohol er med på å skape høy uklarhet. Dette skyldes gjærens manglende evne til å ta opp næring som vil gi klarere øl. Ved å sammenligne resultatene mot tabell 2.5 som viser EBC-skala på uklarhet, kan Weyermann-sortene klassifiseres som klare, Varde Saison som uklar, mens Domen Saison, Domen Safale og Varde Safale klassifiseres som veldig uklare.

5.3.2.4 CO₂

CO₂-analysene viser varierende nivåer mellom $3,71 \pm 0,18$ g/L til $6,01 \pm 0,18$ g/L (se samhandlingsplot figur 4.23). Variansanalyse viser at det er funnet signifikante forskjeller mellom både gjærtype og maltsort, samt kombinasjon Gjær:Malt med en p -verdi $< 0,001$. CO₂-nivåene til Weyermann-Saison (gruppe A) er signifikant høyere enn Domen-Saison og Varde-Saison (gruppe B), mens ølene med Safale-gjær har signifikant lavere CO₂-verdier enn de andre (Gruppe C). Dette tyder på at både malt og gjær er avgjørende for innholdet av CO₂.

Samtlige øl ble karbonert med 5 gram sukker/Liter øl, slik at karboneringssukkeret ikke nødvendigvis skal ha påvirket resultatene nevneverdig. Tabell 4.13 viser korrelasjon mellom CO₂ og ADF ($0,79^2$) og regresjonsfigur 4.37 viser høy korrelasjon mellom CO₂ og alkohol ($0,82^2$). Dette viser at gjærens evne til å utnytte forgjærbart sukker fra maltet under sekundærfermenteringen har blitt med på å avgjøre mengde CO₂ dannet i ferdig produkt. Samtidig er CO₂ sammen med alkohol et biprodukt fra fermentering slik at sammenhengen

innlysende.

5.3.2.4 pH

Samhandlingsplot av pH-verdi til ølsortene (figur 4.24) viser at Saison-øl har en noe lavere pH-verdi hos de egenmalte sortene fra Domen og Varde, mens Weyermann Saison og Safale ikke ser ut til å være påvirket av gjærtype. Variansanalyse viser at maltsort ikke har gitt signifikante forskjeller, selv om gjærtype og Gjærtype:Malt viser signifikante forskjeller med p-verdi $< 0,001$. Domen Safale og Varde Safale (Gruppe A) har signifikant høyere pH enn Weyermann Saison, Weyermann Safale, Domen Saison og Varde Saison som tilhører gruppe B. Ved å se på pH-området for øl (punkt 2.5.4.4) kan man konkludere at Domen- og Varde Safale har tilnærmet optimale pH-verdier, mens resterende kan sies å være surere selv om pH-verdiene ikke er uvanlige. Dette tyder på at Saison-gjæren omdanner flere stoffer i vørteren, og skiller ut flere H⁺-ioner som senker pH i ølet. Tabell 4.13 viser noe høy korrelasjon mellom gjærtype og pH ($0,57^2$), slik som teori 2.5.4.4 tilsier.

5.3.2.5 ADF

Resultatene i tabell 4.7 og samhandlingsplot figur 4.19 viser høyere fermenteringsgrad hos Saison- enn Safale-gjær. Variansanalyse viser at det er funnet signifikante forskjeller når det gjelder ADF både mellom gjærtype og maltsort, med en p-verdi $< 0,001$. Når det gjelder maltsort så har Weyermann (gruppe A) signifikant høyere fermenteringsgrad enn Domen og Varde (gruppe B), mens det ved gjærtype viser at Saison har signifikant høyere fermenteringsgrad enn Safale.

Analysebevisene til Belle Saison-gjær (vedlegg 5) opplyser om meget høy fermenteringsgrad, mens analysebevis Safale 05 (vedlegg 6) viser til en fermenteringsgrad på 81.

Fermenteringsgraden på 81 ble nådd i bryggene fra Weyermann Safale, selv om det hos Domen- og Varde Safale ble noe lavere fermenteringsgrad (62,82 og 68,64). Dette tyder på at Safale-gjæren ikke har klart å ta opp så mye forgjærbart sukker fra de egenmalte sortene. Ved bruk av Saison-gjær ble det oppnådd en meget høy fermenteringsgrad, som tilsier at Saison-gjær har klart å utnytte det meste av det forgjærbare sukkeret. Tabell 4.13 viser en høy negativ korrelasjon mellom gjær og ADF ($0,7^2$), og noe lavere korrelasjon mellom ADF og maltsortene ($0,17^2$), noe som viser at fermenteringsgraden er mer påvirket av gjærtypen enn næring fra maltet.

5.3.3 Skumdannelse

Ved å se på figur 4.2 (punkt 4.5.4) ser man de forskjellige poengene av de 18 ølene under skumdannelse-analysen. Samhandlingsplot figur 4.25 viser skumforskjellene mellom malt og gjærtype (gjennomsnitt av tre gjentak). Variansanalyse viser til signifikante forskjeller mellom gjærtypene med p-verdi $< 0,01$, mens Tukey viser Saison-gjær til å ha signifikant høyere skumpoeng. Ølene med best skumdannelse, med to poeng, er øl nr. 1 (Domen Saison) og øl nr. 13 (Weyermann Saison). Ifølge teori (punkt 2.5.5) er det flere faktorer som påvirker skumdannelse. Blant disse er iso- α -syrer fra humle, proteiner fra malt og lav pH.

Selv om teori sier at skum påvirkes av proteinene i malt viser tabell 4.13 at det er funnet liten korrelasjon mellom disse ($< 0,001^2$), noe som også kan skyldes små forskjeller mellom proteinverdiene (analysert med gjennomsnitt av proteinresultatene i malt). Tabell 4.13 viser noe lav korrelasjon mellom skum og humlemengde ($0,21^2$), og noe korrelasjon mellom skum og gjærtype ($0,38^2$). Når det gjelder skum og fermenteringsproduktene dannet av gjæren, er det funnet noe høyere korrelasjon mellom Skum:Alkohol ($0,44^2$), samt Skum:CO₂ ($0,50^2$) som er vist i figur 4.39. Resultatene viser dermed at skumdannelsen var mest påvirket av alkohol og CO₂-innhold dannet av gjæren. Blasco et al (2011) nevner at selv om skum skyldes proteiner fra maltet, spiller gjær en sekundær rolle i forsterkning av skummet ved at mannoproteiner fungerer som skumstabilisator. Det må likevel nevnes at skumanalysen som ble utført er en ganske subjektiv metode, og derfor ikke like pålitelig som en godkjent EBC-metode.

Det ble samtidig undersøkt om korrelasjon mellom beta-glukan i vørter påvirket skumdannelsen. Lignende forsøk har tidligere blitt utført av Lusk et al. (2001), som undersøkte effekten av beta-glukan som skumstabilisator. Det ble ikke funnet noen korrelasjon ($0,03^2$ og $0,04^2$) som tyder på at beta-glukan endrer skumegenskapene, som vist i tabell 4.13.

5.3.4 Internation Bitterness Unit (IBU)

I tabell 4.6 vises resultatene på målt- og beregnet IBU, som varierer mellom 9 og 19 ved beregnet IBU og 13 til 18 ved spektrofotometrisk metode. Varierende IBU-verdier var forventet da tilsatte humlemengder var forskjellige (50, 35 og 25 gram) i de egenmalte bryggene, noe som ble utført på grunn av lavere utbytte under første bryggedag (se punkt 3.2). Som nevnt i teori (punkt 2.5.6) er «IBU» en bitterhetsverdi som gjenspeiler andel iso- α -syrer i et gitt volum av øl. Til fastsetting av IBU ble det benyttet to forskjellige metoder som ga forskjellige verdier. EBC metode 9.8 IBU er en spektrofotometrisk metode, som måler absorbansnivå av mengde alfa-syrer fra resinene som har blitt isomerisert under vørterkoking, mens beregning av IBU tar stilling til humlemengden som ble tilsatt, og estimerer dermed mengde «isomerisering i forhold til koketid» overført i ferdig øl (beregnet ved hjelp av vedlegg 11). Under spektrofotometrisk IBU-metode ble resultatene påvirket av analyseutførelsen. Metoden ble derfor utført to ganger med grad av risting, noe som ga lavere verdier ved forsiktig risting, og høye verdier ved kraftig risting (punkt 3.5.5.1). Analysen er derfor noe unøyaktig i måten den kan utføres ved at resultatene lett kan påvirkes. Det ble derfor forsøkt å beregne ved hjelp av en metode utarbeidet av Palmer (u.å.). Som nevnt er denne kun en estimering som hovedsakelig tar stilling til humlemengde tilsatt, og viser derfor i større grad forskjellene i humleinnhold. Figur 2.13 viser IBU-verdier for forskjellige Ale-typer, blant annet Golden Ale 15-25 IBU, Belgian Style Ale 20-25 IBU, English Pale Ale 20-40 IBU, og American Pale Ale som ligger på 28-40 IBU. Ølene som ble produsert klassifiseres som pale ale på grunn av maltsort benyttet, type gjær og humlemengder. En Pale Ale har vanligvis en IBU fra 15, da verdier under 15 IBU vanligvis tilsvarer Lager-øl. Målt IBU-verdiene av øl nr. 5, 8, 11 og 13-18 kan dermed sammenlignes

med bitterhetsverdien til en Golden Ale, mens resterende tilsvarer IBU.

Selv om mengde iso- α -syre i de forskjellige batchene er signifikant forskjellige på grunn av tilsatt mengde humle, skal disse ikke være påvirket av gjær eller malt. Likevel ble det undersøkt om signifikante forskjeller mellom gjærtype og maltsort når det gjelder IBU-verdiene. Ved målt IBU ble det funnet signifikant forskjell mellom gjærtypene med en p-verdi $< 0,05$, hvor Safale (gruppe B) har signifikant høyere målt IBU enn Saison (gruppe B), mens maltsort ikke viser signifikans. Beregnet IBU viste ingen signifikante forskjeller på hverken malt eller gjær. Det ble samtidig sett på korrelasjon mellom mengde tilsatt humle i bryggene i forhold til de to IBU-analysene som ble benyttet. Tabell 4.13 viser høy korrelasjon mellom tilsatt humlemengde og målt IBU ($0,68^2$), samt humle og beregnet IBU ($0,86^2$). Høy korrelasjon var forventet hos begge, og man kan spekulere på hvilken målemetodikk som gir mest riktig bilde av de to. Beregnet IBU-verdiene har høyere korrelasjon med tilsatt humlemengde da den er avhengig av humlemengden, noe som også er tilfelle for spektrofotometrisk metode, men denne måler i motsetning iso- α -syrene som har overlevd koking som ser ut til å være varierende.

5.4.5 Flyktige komponenter – Headspace Gas Chromatography

De forskjellige flyktige komponentene målt i HS-GC ble funnet i varierende grad, hvorav noen øl hadde høye verdier, noen ble kun påvist hos noen enkelte paralleller og andre i ingen av gjentakene, som vist i tabell 4.8 (basert på gjennomsnitt av tre gjentak). De forskjellige smaks Komponentene har terskelverdier for når de er mulig å smake/lukte, og selv om de ikke når terskelverdi kan synergieffekt sørge for at de likevel kan smakes. Blant de viktigste flyktige komponentene som er målt er etyl acetat, 1-propanol, iso-butanol (2-methyl-propanol), iso-amyl alkohol (3-methyl-butanol), phenyl ethyl alcohol, DMS, acetaldehyd og ketonet diacetyl fra gjæren. Som nevnt i teori (punkt 2.5.1) stammer de fleste komponentene fra fermenteringsprodukter, selv om det også dannes ketoner fra humle. Metoden ble også utført slik at flyktige komponenter kan ha gått tapt under filtrering på kjølerom.

5.4.5.1 Estere

Estere som er påvist med høyt innhold i ølene inkluderer «Etyl acetat», som er et produkt fra nedbrytning av etanol og gir en fruktig, søt, ananas aroma. Denne komponenten er påvist i betydelig grad hos samtlige øl med Saison-gjær ($17,58 \pm 3,19$ til $26,35 \pm 2,72$ ppm), samt Weyermann Safale ($15,22 \pm 3,72$ ppm). Verdiene er altså under terskelverdi på 33 ppm (vist i tabell 2.3), selv om konsentrasjoner mellom 10-20 ppm også nevnes å være vanlig (punkt 2.5.1.1). Andre estere som er påvist i forskjellig grad er «Isoamyl acetat» og «Ethyl hexanoate». Tabell 4.8 viser at Saison-gjæren står for den største andelen av disse to, med isoamyl acetat-konsentrasjoner fra $0,77 \pm 0,2$ til $1,76 \pm 0,22$ ppm. Safale-gjær danner noe lavere konsentrasjoner av denne. Isoamyl acetat gir en aroma av banan ved konsentrasjoner på 1,2-2 ppm, noe som kun er tilfelle i Weyermann Saison. «Ethyl hexanoate» har en aroma av eple ved terskelverdi 0,23 ppm, men finnes i altfor lave konsentrasjoner i de fleste øl,

bortsett fra i Weyermann Saison med $0,3 \pm 0,04$ ppm.

5.3.5.2 Høyere alkoholer

Når det gjelder høyere alkoholer er det funnet høyest innhold av iso-amyl-alkohol (3-methylbutanol) i Saison-øl, med verdier mellom $113,50 \pm 10,53$ og $122,03 \pm 1,79$ ppm, mens Safale-øl viser verdier mellom $39,3 \pm 6,98$ og $47 \pm 1,22$ ppm (tabell 4.8). Iso-amyl alkohol gir en søt bananaroma ved verdier på 65 ppm, som kun er tilfelle for øl med Saison. Phenylethyl alkohol, som gir en aroma av roser ved verdier på 40 ppm, ble funnet i samtlige øl med konsentrasjoner mellom $39,97 \pm 8,28$ og $64,95 \pm 9,44$ ppm. Andre viktige høy-alkoholer som ikke nådde opp til terskelverdi er 1-propanol (800 ppm) som gir en søt alkohol aroma, iso-butanol (2-methyl-propanol) med en aroma av vin og løsemiddel, ved verdier på 200 ppm.

5.4.5.4 Svovelkomponenter

Blant svovelkomponenter som ble undersøkt oppstår DMS hovedsakelig under modning ved endringer av svovelkomponenter, med en aroma som kan beskrives som asparges. DMS har en terskelverdi fra 0,035-0,04 ppm. Terskelverdien ble derimot kun nådd hos ølene fermentert med Saison-gjær.

5.3.5.4 Aldehyder

Et av aldehydene som ble funnet er acetaldehyd, som oppstår under oksidering av etanol og som gir en karakteristisk ale-smak beskrevet som fruktig og grønne løv (terskelverdi 10 ppm). Konsentrasjoner av denne ble funnet i samtlige øl, med verdier fra $7,82 \pm 2,43$ til $13,15 \pm 5,52$ ppm. Det ble funnet høyest verdier hos Domen Saison ($10,53 \pm 1,69$), samt Weyermann-sortene ($13,15 \pm 5,52$ ppm i Saison og $12,36 \pm 8,20$ ppm i Safale).

5.3.5.5 Ketoner

Blant ketonene som ble undersøkt er diacetyl en noe uønsket komponent som skilles ut av gjæren under fermentering. Diacetyl har en karakteristisk smak av butterscotch ved verdier på 0,15 ppm. Som tabell 4.8 viser, ble det ikke funnet nevneverdige konsentrasjoner av denne i noen av ølsortene, kun detektert i noen av gjentakene til Domen Saison og Safale, og Weyermann Safale. Som vist i figur 2.13, er diacetyl en sidereaksjon under gjærmetabolismen, og de lave konsentrasjoner som ble funnet av denne skyldes at komponenten omdannes til acetoin.

Acetoin-verdiene er høyere hos de norske maltsortene gjæret med Saison, med en konsentrasjon på $8,06 \pm 0,36$ ppm hos Domen Saison og $7,85 \pm 1,22$ ppm hos Varde Saison. Konsentrasjonene er likevel under terskelverdien, som ved 50 ppm gir en smøraktig kremet aroma.

Den flyktige komponenten aceton har ved verdier på 200 ppm en aroma av epler. Verdiene i samtlige øl ble funnet til å være forholdsvis like mellom $0,25 \pm 0,03$ til $0,36 \pm 0,06$ ppm, som er for lavt til at acetonen kan være merkbar i noen av ølene. Blant andre viktige ketoner

finner man 2.3-pentandion som ble funnet i lave konsentrasjoner $< 0,04$ ppm, som er en konsentrasjon for lav til å bli oppdaget i noen av ølene.

5.3.5.6 Biplot Flyktige komponenter

Biplotet i figur 4.5 viser gjærens påvirkning i samtlige ølsorter ved dannelsen av de forskjellige smakskomponentene. Figuren viser hvilken ølsort som danner størst andel av en komponent, samt se hvor like/ulike de forskjellige ølsortene er fra hverandre. Ifølge biplotet er Domen Saison og Varde Saison forholdsvis like når det gjelder smakskomponenter, samtidig som de er veldig ulike Weyermann Safale. Varde Safale og Weyermann Saison er på hver side av plotet og har derfor få likheter med de andre sortene. Domen Safale og Weyermann Safale har noen likheter, mens Varde Safale er mer lik Domen Safale enn Domen Saison. Weyermann Saison er kanskje den med mest særegenhet ved at den er oppe i høyre hjørne, som plasserer den langt fra de andre ølsortene. Den danner størst andel acetaldehyd og esterene iso-amyl-acetat, etyl-acetat og etyl hexanoate, som er fruktige aromaer.

Samtlige Saison- og Safale-sorter er på hver sin side av plottet, noe som gjør det mulig å se hvilke komponenter de danner mest av. Saison-gjær danner størst andel esterkomponenter, samt har den høyere innhold av de høyere alkoholene iso-amyl-alkohol, 2-metyl-1-butanol som har banan aroma, DMS (asparges) og phenyletyl alkohol som gir aroma av roser. Analysebevis for Safale 05 (vedlegg 6) viser at den er i stand til å danne 40 estere samt 269 høy-alkoholer, mens Belle Saison er kjent for å danne mer sitrus- og pepperaktig aroma (vedlegg 5). Det kan også komme smakskomponenter fra humlen, men siden tilsatt humle ble forskjellige mengder på 50, 35 og 25 gram vil det være vanskelig å si hvilken grad humla har påvirket smaken i hver av ølene.

5.3.6 Sensoriske analyser

Med tanke på at det ikke var mulig å anskaffe et trent dommerpanel til de sensoriske analysene, ble det benyttet et panel bestående av semi-trente dommere fra Matvitenskap ved NMBU. De sensoriske analysene besto av deskriptiv analyse ($n=17$), preferansetest ($n=17$) og triangeltest ($n=8$).

Deskriptiv analyse og preferansetest ble utført på to runder á 9 øl hver. Med tanke på at det ble produsert 18 øl var det nødvendig at alle dommerne smakte alle sortene samt gjentakene. Selv om det hadde vært foretrukket å kun ta i bruk testpersoner med preferanse for Pale Ale, besto panelet av et fåtall som kun foretrakk vanlig Pilsner. Preferansetest ble utført for å se om det var preferanse blant bryggene og signifikante forskjeller mellom disse.

Det ble også utført to runder med triangeltester med et panel på $n=8$, hvor begge rundene besto av tre prøver bestående av to forskjellige øl. Runde 1 ble utført for å avdekke om det var signifikant forskjell mellom maltsortene, mens runde to ble utført for å se om det var signifikant forskjell mellom gjærtypene.

Resultatene fra deskriptiv analyse er vist som et «spider-plot» av samtlige ølsorter (Figur 4.6-4.8) og et biplot (fig 4.9 som viser gjennomsnitt av samtlige 6 ølsorter). Resultatene fra preferansetesten vises i figur 4.10, mens resultatene på triangeltesten vises i tabell 4.9. Hovedformålet med sensorikken var å finne ut om gjæren eller maltet var mest avgjørende for smaken. Dette kan man ikke konkludere med tanke på analysene som ble utført, se punkt 5.3.6.2 og 5.3.6.3.

5.3.6.1 Deskriptiv analyse

Panelet ble under deskriptiv analyse bedt om å bedømme attributter (lukt, fruktighet, bitterhet, malt, gjær og bismak) i samtlige 18 øl, på en poengskala fra 1-5. Det ble derfor avgitt poeng istedenfor beskrivelse av smak/lukt, men dommerpanelet fikk tilføre kommentarer hvis bestemte smaker/lukt ble oppdaget.

Lukt (aroma)

Som vist i biplot (figur 4.9) ble det av panelet beskrevet at de egenmalte ølene fra Domen og Varde sammenlagt hadde mer aroma enn ølene fra Weyermann, noe som kan skyldes større konsentrasjoner av 1-propanol (alkohol), phenylethyl alcohol (roser) og acetoin (smør). Dette kan også ha blitt forårsaket av humlekonsentrasjon, da ved bitteraroma. Øl nr. 13 ble beskrevet med sterk lukt av humle, mens øl nr. 6 ble beskrevet med lukt av halm.

Variansanalyse i tabell 4.11 fant likevel ingen signifikante forskjeller mellom ølene når det gjelder lukt.

Fruktighet

Biplot (figur 4.9) viser at Weyermann Saison og Weyermann Safale beskrives som fruktigere enn de egenmalte ølsortene, noe som også vises i spider plot figur 4.6-4.8. Variansanalyse i tabell 4.11 viser signifikant forskjell mellom maltsortene p-verdi < 0,05 når det gjelder fruktighet. Tukeytesten i tabell 4.12 viser at Weyermann-sortene har signifikant høyere fruktighetsresultater (gruppe A), Varde tilhører både gruppe A og B, mens Domen-sortene har signifikant minst fruktighet (gruppe B). Resultater fra HS-GC viser at det er funnet høyere innhold av isobutyl acetat, etyl acetat og acetaldehyd hos Weyermann Saison, som er komponenter som med fruktige aroma.

Bittherhet

Mengde humle i samtlige Domen- og Varde-sorter ble som nevnt tilsatt i forskjellig grad på grunn av utbyttet. Biplotet viser i figur 4.9 (gjennomsnitt av tre gjentak) at panelet har oppfattet Domen og Varde som bitrere enn Weyermann-sortene. Bamforth (2003) forteller at en smakers bitterhetsoppfatning vil endres etter første smaking og påvirke videre bedømmingsevne. En godt trent smaker vil merke smaksforskjeller når det gjelder bitterhet, mens utrente dommere kan forstyrres av de andre smakene i ølet, hovedsakelig søthet (Bamforth, 2003). Sammenlagt ble øl nr. 1, 5, 11, og 13 nevnt til å være mest bitre. Dette gjenspeiler også deres humleinnhold, som er på 50 gram. Ved å undersøke korrelasjon mellom bitterhetsrangeringen som ble utført av panelet mot IBU og humleinnhold, ble det

funnet noe korrelasjon ($0,52^2$ – Beregnet IBU og Sensorikk: Bitterhet) vist i figur 4.36, og noe korrelasjon når det gjelder humleinnhold og bitterhet ($0,35^2$), vist i tabell 4.13. Dette tyder på at panelet har klart å merke noen av forskjellene i sensorisk bitterhet. Variasjonsanalyse (tabell 4.11) viser signifikant forskjell i bitterhet når det gjelder maltsortene ($p < 0,01$), og humlemengde ($p < 0,001$). Tukeytesten tabell 4.12 viser med 95 % sikkerhet at 35 og 50 gram humle gir signifikant høyere bitterhetsresultater enn 25 gram, men kan ikke med 95 % sikkerhet peke ut noen av maltsortene som bitrere enn de andre.

Gjærsmak

Blant de egenmalte sortene ble øl nr. 4 (Domen Safale) og nr. 12 (Varde Safale) under kommentarer beskrevet å ha for mye gjærsmak. Sammenlagt poengskala tilsier at nr. 1 har klart mest gjærsmak, mens nr. 12 og nr. 2 er like bak. Variasjonsanalyse (tabell 4.11) og Tukeytesten (tabell 4.12) viser med en p-verdi $< 0,01$ at det er signifikant mindre gjærsmak i Weyermann-sortene (gruppe B), sammenlignet med Domen og Varde (gruppe A). Dette kan skyldes høyere konsentrasjon av fruktige komponenter hos Weyermann-sortene, som dermed er mer fremtredende enn selve gjærsmaken. Biplot figur 4.9 viser at Domen Safale og Domen Saison (gjennomsnitt av tre gjentak) scorer høyest på gjærsmak. Det ble ikke funnet signifikante forskjeller mellom gjærsmak og gjærtypene.

Maltsmak

Ifølge panelet har det vært høyest innhold av maltsmak i de egenmalte ølene fra Domen og Varde, med en signifikans $p < 0,001$. Tukey's test viser at Weyermann (gruppe A) har signifikant mindre maltsmak enn Domen og Varde (gruppe B). Tabell 2.3 viser 3-metylbutanal til å gi en distinkt maltsmak med terskelverdi på 0,6 ppm. Biplot av aromakomponenter (figur 4.5) viser at Varde Safale har størst innhold av denne, og at den er nærmere de egenmalte bryggene enn Weyermann Saison og Safale. Dette kan også tyde på at den har vært avgjørende for høyere maltsmak hos Domen og Varde, som vist i biplot 4.9. Selv om dette til en viss grad stemmer med at de egenmalte ølene har mer maltsmak, må det nevnes at maltsmaken kan være vanskelig å peke ut for utrente dommere. Resultatene kan derfor ha blitt påvirket av mørkere ølfarge hos Domen og Varde, da smakingen ble utført ved bruk av gjennomsiktige kopper, noe som kan ha fått dommerne til å tenke at maltet var mer fremtredende.

Bismak

Generell bismak ble ført opp som attributt da et semi-trent dommerpanel ville hatt vanskeligheter med å peke ut alle de forskjellige aromaene som finnes. Bismak inngår dermed som et vidt smaksspekter og innebærer derfor alle aromaer som ikke ble etterspurt i dommerskjemaet (vedlegg 9) under den deskriptive analysen. Variasjonsanalyse (tabell 4.11) viser med p-verdi $< 0,001$ at Saison-gjær (gruppe A) står for signifikant høyere andel bismak enn Safale (gruppe B), som vist i Tukeytesten (tabell 4.12). Biplotet (figur 4.9) viser også at bismak er mer fremtredende hos de egenmalte sortene. Man kan se i tabell 4.8 samt figur 4.5 (biplot aromakomponenter) at Saison-sortene har større andel DMS enn Safale, som gir en aspargesaroma med lav terskelverdi på 0,035-0,04 ppm (som vist tabell 2.3), som kan ha

blitt oppdaget som bismak. Andre aromakomponenter som er funnet i større konsentrasjoner hos Saison (~30 ppm) er 2-metyl-1-butanol som gir løsemiddel/medisin- aroma ved 70 ppm. Selv om Saison ikke når opp til terskelverdien, kan synergieffekter mellom forskjellige smakskomponenter føre til at denne kan ha blitt oppdaget (Pires et al. 2014).

5.3.6.2 Preferansetertst

Til preferansetesten av øl ($k=18$) ble det benyttet det samme semi-trente dommerpanelet med preferanse for øl ($n=17$), for å minske uønsket påvirkning på resultatene så godt det kunne la seg gjøre.

Resultatene i figur 4.10 viser at de fleste ølsortene som ble produsert inneholder minst en øl som kan betegnes som «helt OK» (øl nr. 2, 7, 11, 15, 16, 17, 18), med unntak av Domen Safale. Selv om øl nr. 18 scoret høyest av alle (2,24), er det ingen av ølene som er i nærheten av å bli betegnet som «ikke god» eller «veldig god». Variansanalyse av preferansetesten (tabell 4.11) viser signifikant forskjell mellom maltsortene med en p -verdi $< 0,05$. Samtidig kan Tukey's test (tabell 4.12) vise at Weyermann har signifikant høyest poengsum (Gruppe A), Varde tilhører både gruppe A og B, og Domen tilhører gruppe B med signifikant lavere poengsum. Det ble ikke funnet signifikante forskjeller hva gjelder gjær eller Gjær:Malt. Enkel regresjon mellom «Preferanse:Gjærsmak» og «Preferanse:Maltsmak» (figur 4.40-4.41), viser at økende gjær- og maltsmak er negativt korrelert med preferanse. Begge figurene har høy negativ korrelasjon, Preferanse:Gjærsmak ($0,48^2$) og Preferanse:Maltsmak ($0,51^2$). Dette tyder at økende smak av disse fører til lavere preferanse. Med tanke på at det er forskjellige humlemengder i samtlige brygg, er det teknisk sett ingen «gjentak», og dermed ikke mulig å si om malt eller gjær er viktigere enn den andre. Preferansetesten kan også ha blitt utført med lavere skala enn det som er vanlig, men dette ble utført med hensyn til dommerpanelet.

5.3.6.3 Triangeltest

Triangeltesten som ble utført i runde 1 (tabell 4.9) mellom maltsortene Domen og Varde viste ikke noen signifikant forskjell mellom maltsortene, og dermed vil nullhypotesen som sier «det merkes ikke forskjell mellom maltsortene» beholdes. I runde 2 kan man forkaste nullhypotesen, ved at gjæren akkurat ble signifikant forskjellig med 95 % sikkerhet. Selv om dette viser tendenser til at panelet kjente forskjeller mellom gjærtypene, kunne det vært behov for å gjennomføre flere triangeltester. Med flere triangeltester kunne man dermed sett om dommerne greide å gjenta resultatene før man eventuelt konkluderte med at Saison og Safale smaker forskjellig.

5.4 Bryggeprosess

Bryggeplanen ble bestemt i samråd med veilederne og lagt opp i mest mulig grad slik at

utførelsen av de forskjellige batchene ikke skulle bli påvirket av studentens manglende bryggeerfaring. Bryggingen ble derfor gjennomført på én uke med 3 og 4 brygg per dag (se vedlegg 10). Dette var ikke beste alternativ for å minske støypåvirkning, men færre dager hadde blitt for tidkrevende.

5.4.1 Mesking

Det ble allerede under den første bryggedagen tydelig at de egenmalte sortene fra Domen og Varde var noe vanskeligere å røre, noe som skyldtes en mer grøtete konsistens og hydrerte partikler, som kan skyldes ujevn modifisering i maltet og mindre enzymer til å løse opp stivelsen. Dette gjenspeiler samtidig resultatene fra Friabilimeteret som påviser modifiseringsgraden på de forskjellige maltingsrundene. Med tanke på at maltingsrundene inneholder undermodifisert malt sørget dette for dårligere meskeforhold. Samtidig sørger kjøllingsfasen ved produksjon av pale ale-malt for mindre enzymaktivitet sammenlignet med pilsner malt, på grunn av høyere kjølletemperatur (95 °C).

På grunn av et høyere innhold av β -glukan i de egenmalte sortene sammenlignet med Weyermann, ville det derfor ha vært mer lønnsomt å benytte seg av stegmesking. Ved å starte bryggingen ved 45°C og la β -glukanase virke på β -glukanene, som ville ha ført til større ekstraksjon av stivelse under brygging, mindre uklarhet og lavere viskositet. Som nevnt i punkt 2.1.3.1 sier Jin et al (2004) at lavt ekstraktutbytte skyldes høy andel β -glukaner. Stegmesking ville samtidig ha ført til mindre uklarhet som skyldes proteiner, da protease ville ha brutt ned en større andel av disse ved å meske på 52 °C i 20 minutter. Mesketemperatur på 65 °C inaktiverer nemlig disse viktige enzymene, som nevnt i punkt 2.4.3. Dette i kombinasjon med undermodifisering er trolig årsakene til at utbyttet har vært noe lavere hos de egenmalte sortene.

5.4.2 Separering av malt og ekstrakt

Under separering av meske og vørter ble silingen tregere hos Domen og Varde, som kan skyldes at mesken tettet igjen hullene i bunnen av sila. Lavere Plato° etter siling hos samtlige brygg fra Domen og Varde førte til at mindre vann ble tilsatt under dette steget, da for å forhindre utvanning av vørter med enda lavere Plato°.

5.4.3 Vørterkoking/humleinnhold

Med mindre vørterliter hos Domen og Varde, ble det vedtatt at humlemengden burde reduseres. Utbyttefaktoren samt bitrere smak i vørter med 50 gram humle (smakt under brygging), vises også i tukeytesten (tabell 4.12) ved at Domen (50 gram humle) er signifikant bitrere enn Varde og Weyermann med lik mengde humle. Figuren viser også at redusert humlemengde (25 og 35 gram) hos Domen og Varde sørger for større likheter med Weyermann-batchene, selv om dette sørget for at gjentakene ble forskjellige.

5.4.4 Fermentering

Mindre enn en uke etter tilsetning av gjæren, ble det oppdaget mindre aktivitet i flere av bryggene, hovedsakelig hos brygg med Safale-gjær. To av bryggene ble derfor tilsatt både én og to ekstra gjærposer (øl nr. 8 og nr. 11). Dette endret ikke gjæraktiviteten nevneverdig, og påvirket heller ikke større grad av gjærsmak i de respektive ølene sensorisk sett. Det ble i første omgang undersøkt om dette kunne skyldes ustabil temperatur ved pilotanlegget eller lekkasje i lokket, som ikke er uvanlig problemstilling under hjemmebrygging. Bamforth (2003) nevner at pale ale gjæres ved høyere temperaturer og dermed er i stand til å fermentere i løpet av få dager, mens lager-øl kan ta opptil to uker da denne fermenteres ved lavere temperatur. Noe som kan ha vært grunnen til mindre aktivitet hos Safale-gjær. Alle bryggene fikk likevel stå i to uker for at alt skulle gjøres likt. Analysebevis for Belle Saison (vedlegg 5) viser til at denne ved optimale temperaturer kan være ferdig iløpet av 4 dager, mens analysebevis for Safale 05 (Vedlegg 6) tilsier at denne har opererer best ved temperaturer mellom 15 og 22 grader og har medium grad av flokkulering. Selv om Safale hadde mindre aktivitet i gjærlåsen, kan resultatene tyde på at temperaturen ved piloten var optimal, og at det kun er slik at Safale har roligere fermentering enn Saison.

5.4.5 Karbonering/Modning

Samtlige ølet ble stukket om og flasket på dagen etter to uker. Flaskene ble deretter ettergjæret (karbonert) i to uker, før de ble satt til modning på kjølelager. Samtlige øl ble testet i Anton Paar AlcoLyzer på dagen etter ferdig modning. Samtlige bryggeprosesser ble utført aseptiske og med samme tidsrom for å hindre uønskede forskjeller i bryggene samt kontaminasjon.

6.0 Konklusjon

Malt- og vørter-resultatene viser signifikante forskjeller i 6 av 15 parametere mellom maltsortene fra Domen, Varde og Weyermann. Når det gjelder maltingsrunde 1, 2 og 3 (Domen og Varde) er det kun funnet signifikant forskjell i 1 av 16 parametere, hvor «Maltingstap» under samtlige maltingsrunder ble funnet å være signifikant forskjellig fra hverandre. Spireprosessen under maltingsrundene påvirket maltkvaliteten, med tanke på forskjellig grad av modifiering. Tidligere avsluttet spiring under maltingsrunde 3 gjenspeiles i resultatene for både Domen og Varde, da høyere andel Umodifiserte korn og β -glukaninnhold kan tyde på ujevn modifiering.

Mellom maltsortene har Weyermann Pilsner malt signifikant høyere verdier av «Vanninnhold», «Løselig nitrogen» og «LNF», og signifikant lavere andel «Beta-glukan» og «Umodifiserte korn». Domen-malt har signifikant høyest «Proteininnhold», dog innenfor akseptabel verdi, «Umodifiserte korn» beregnet som utilstrekkelig og «Beta-glukan», mens Varde-malt hadde signifikant mindre «Proteininnhold» og «Umodifiserte korn». Det ble ikke funnet signifikante forskjeller når det gjelder ekstraktinnholdet utført ved stegmesking under Kongressmesken. Samtidig er alle innenfor akseptable verdier når det gjelder ekstraktinnhold. Øl-resultatene viser signifikante forskjeller hos samtlige 17 parametere, hvor «Gjærtypen» viser signifikante forskjeller mellom 9 av disse, «Maltsort» viser signifikante forskjeller i 13 av 17 parametere, kombinasjonen «Gjær: Malt» viser signifikante forskjeller i 4 av 6 parametere, og «Humlemengde» viser variasjoner i 4 av 10 parametere.

Beta-glukan påvirket de egenmalte sortene negativt da lav degradering under malting og mesking sørget for betydelig lavere ekstraktutbytte under bryggeprosessen, samt høye fargeverdier og uklarhet i ferdig øl. Dette kan tyde på at selv om maltingsrundene ikke var optimale med tanke på høye temperaturer under spiring, som førte til undermodifisert malt med høy andel beta-glukaner, har mesking ved fast temperatur (65 °C) under bryggeprosessen påvirket utbyttet negativt og ført til høyere farge og uklarhet i ferdig øl (på grunn av høyere andel protein og beta-glukaner).

Sensoriske analyser viser at Domen- og Varde-malt også kan gi smakrike øl, selv om preferansetesten viser at Weyermann ble foretrukket samtlige maltsorter. Likevel er det vanskelig å ta stilling til de sensoriske analysene med tanke på at gjentakene er forskjellige når det gjelder humleinnhold. Det vil derfor

Hadde spiringstemperatur under maltingen vært stabil på 16 °C, ville dette sørget for bedre modifiering hos Domen, noe som ville ha gitt et bedre utgangspunkt for bryggingen. Varde-malt hadde større modifieringsgrad enn Domen, selv om den også ble påvirket meskingen.

Norskdyrket bygg kan likevel sies å ha mange gode egenskaper som egner seg til ølproduksjon, både når det gjelder smak, ekstrakt- og proteininnhold, men optimal malting- og bryggeprosess er nødvendig for å utnytte råvaren på riktig måte.

7.0 Referanser

Andersen, E. S. (2015) Utvikling av Glutenfritt Øl ved Bruk av Mais og et Redusert Maltinnhold

Anderson, I. W. (1996). The Cambridge Prize Lecture 1995: Indirect and direct contributions of barley malt to brewing. *Journal of the Institute of Brewing*, 102, 409–413.

Bamforth, (2003) Beer: Tap into the Art and Science of Brewing, *Second Edition* Oxford University Press, Inc, ISBN 0-19-515479-7

Bamforth, C. W., (2006) Brewing – New Technologies Woodhead Publishing limited, ISBN 978-1-84569-003-8

Bamforth, C. W. (1985) *J. Inst. Brewing*, 91, 370

Bamforth, C. W. & Kanauchi, M. (2003) Interactions between polypeptides derived from barley and other beer components in model foam systems, *J Sci Food Ag* 83(10)

Blasco, L., Viñas, M., Villa, T. G. (2011) Proteins influencing foam formation in wine and beer: The role of yeast.

Brewenthusiast.com

[<http://www.thebrewenthusiast.com/ibus/>]

Brown, D. G. W., Clapperton, J. F., Meilgaard, M. C. (1978) *J. Amer. Soc. Brewing Chemists*, 36, 73.

Bjaanes, M. (1960) Forsøk med byggsorter. Rådet for jordbruksforskning, melding nr. 21.

Briggs, D. E. (1998) Malting and Brewing. Blackie Academic & Professional. ISBN 0-412-29800-7

Briggs, D. E., Brookens, P. A., Stevens, R., Boulton, A. C., 2004, Brewing: Science and Practice, Woodhead Publishing Limited, ISBN 1-85573-906-2

Briggs, D. E., Hough, J.S., Stevens, R., Young, T. W. 1981, Malting and brewing science, Vol I, Malt & Sweet wort (2nd edn). Chapman & Hall, London 387pp

Chandra, G. S., Proudlove, M. O., Baxter, E. D. (1999) The structure of barley endosperm – An important determinant of malt modification. Brewing research international. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.

Dalgliesh, C. E. (1977). Flavour stability. Proceedings of the European Brewery Convention Congress, 623–659.

De Cooman, L., Aerts, G., Overmeire, H og De Keukeleier, D. (2000) *J. Inst. Brewing*, 106, 169. EBC-metoder [www.analytica-ebc.com]

Egi, A., Speers, R. A. and Schwarz, P. B. (2004) 'Arabinoxylans and their behavior during malting and brewing', *MBAA Tech Q* 41(3), 248-267.

E-malt (u.å.)

[www.e-malt.com/specifications/en_specifications.htm]

Evans, D. E., Robinson, L., Sheehan, M., Tolhurst, R., Hill, A., Skerritt, J. S. & Barr, A. (2003) Application of immunological methods to differentiate between foam-positive and haze-active protein originating from malt, *J Am Soc Brew Chem* 61(2)

Evans, D. E, Oberdieck, M., Redd K. & S, Newman, R. (2012). Comparison of the Rudin and NIBEM Methods for Measuring Foam Stability with a Manual Pour Method to Identify Beer Characteristics That Deliver Consumers Stable Beer Foam.

Expotechusa.com (u.å) – *A guide to Kjeldahl Nitrogen Determinations Method and Apparatus* - [<http://www.expotechusa.com/catalogs/labconco/pdf/KJELDAHLguide.PDF>]

Grønnevik, H., Falstad, M. & Narvhus, J.A. (2011). Microbiological and chemical properties of Norwegian kefir during storage. *International Dairy Journal*, Volume 21, Issue 9, September 2011, Pages 601-606

Hollerová, I., Kubizniaková P. (2001) Monitoring Gram positive bacterial contamination in Czech breweries. *J Inst Brew* 107:355–358

Hough, J. S, Briggs, D. E., Stevens, R., Young, T. W. (1982), *Malting and Brewing Science - Volume II Hopped Wort and Beer, Second edition*, Chapman and Hall Ltd, ISBN 0-412-16590-2

Jin, Y. L., Speers, R. A., Paulson, A. T og Stewart, R. J. (2004) Barley β -glucans and their degradation during malting and brewing. *MBAA Tech Q* 41(3), 231-240.

Kunze, W. (2004) *Technology Brewing and Malting – Third international edition* Die Deutsche Bibliothek, ISBN 3-921690-49–8

Kunze, W. (2007) *Technologie Brauer und Maelzer*, 9. Auflage, VLB Berlin

Lethonen, M., Aikasalo, R. (1987) Beta-glucan in two- and six-row barley. *Cereal Chemistry* 64. 191–192.

Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). *Sensory evaluation of food: principles and practices* (2 ed.). New York: Springer.

Lewis, M. J., Young T. W. (2001) – *Brewing - Second edition*
Springer Science+Business Media, ISBN 0-306-47274-0

Linko, M., Haikara, A., Ritala, A., Penttila, M. (1998) Recent advances in the malting and brewing industry. VTT Biotechnology and Food Research, P.O. Box 1500, FIN-02044 VTT, Espoo, Finland

Lusk, L. T., Duncombe, G. R., Kay, S. B., Navarro, A., Ryder, D. (2001) Barley Beta-glukan and beer foam stability

McFarland, A., Kapp, C., Freed, R., Isleib, J., Graham, S. (2014) Malting Barley production in Michigan

Meilgaard, M. C. (1975) Technical Quarterly of the Master Brewers Association of the Americas, 12

Midkansasbeer.com (u.å.)

[http://www.midkansasbeer.com/wp-content/uploads/2013/01/beer_profile_chart.gif]

Narziss, L. (2005) Prof. Dr.-Ing. habil. Werner Back, *Abriss der Bierbrauerei*, Technische Braukraiser

Norman, E. (u.å.)

[http://resource.npl.co.uk/optical_radiation/ormclub/member/content/jun07/norman.pdf]

Noguerol-Pato, R., González-Barreiro, C., Cancho-Grande, B., Martínez., M. C., Santiago J. L., Simal-Gándara, J. (2012) Floral, spicy and herbaceous active odorants in Gran Negro grapes from shoulders and tips into the cluster, and comparison with Brancellao and Mouratón varieties.

O' Rourke, T. (2000) *Brewers' Guard.*, 129 (2), 29

Palmer, J. (u.å.) How to brew

[<http://howtobrew.com/book/section-1/hops/hop-bittering-calculations>]

Pires, E. J. Teixeira, J. A., Brányik, T. og Vicente, A. A., (2014) Yeast: the soul of beer's aroma—a review of flavour-active esters and higher alcohols produced by the brewing yeast.

Rodrigues, J. A., Barros, A. S., Carvalho, B., Brandao, T., Gil, A. M. (2011) Probing beer aging chemistry by nuclear magnetic resonance and multivariate analysis. *Anal Chim Acta* 702:178–187

Rødbotten, M. (1997). Metoder i sensorisk analyse. In E. W. m. Berg, U. Dyrnes, & s. Sensorisk (Eds.), *Sensorisk analyse* (2 ed., pp. book). Oslo: Universitetsforlaget.

Sadosky, P., Schwartz, P. B og Horley, R. D., (2002) *J. Amer. Soc. Brew. Chem.*, 60, 153

Saison, D., De Schutter D. P., Uyttenhove, B., Delvaux, F., Delvaux F. R. (2009) Contribution of staling compounds to the aged flavour of lager beer by studying their flavour thresholds. *Food Chem* 114:1206–1215

Sakamoto, K., Konings, W. N. (2003) Beer spoilage bacteria and hop resistance

Schwarz, P. B. and Han, J-Y. (1995) Arabinoxylan content of commercial beers, *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 53: 157-159.

Severa, L., Los, J., Nedomová, Š., Buchar, J., 2009, *On the rheological profile of malt wort during processing of substrate for lager beer*, *Journal of Food Physics* 2009

Skilbrigt, E. (2016) Malting av norskdyrket bygg

Skog og landskap (u.å.)

[<http://www.skogoglandskap.no/Artsbeskrivelser/domen>]

Straight to the pint (u.å.)

<http://www.straighttothepint.com/specific-gravity-brix-plato-conversion-calculators/>

Stuart, I. M., Loi, L., Fincher, G. B. (1988) Varietal and environmental variations in (1 → 3,1 → 4)-β-glucan levels and (1 → 3,1 → 4) β-glucanase potential in barley: relationships to malting quality. *Journal of Cereal Science*, 7, pp. 61-71

Sundgren, T. et al. (u.å.)

[http://www.bioforsk.no/ikbViewer/Content/111813/010_NorskMaltHumbleOgUrter.pdf side 101]

Tan, Y., Siebert K. J. (2004) Quantitative structure – Activity relationship modeling of Alcohol, Ester, Aldehyde, and Ketone Flavor thresholds in Beer from molecular Features

Vanderhaegen, B., Neven, H., Verachtert, H., Derdelinckx, G. (2006) The chemistry of beer aging—a critical review. *Food Chem* 95:357–381

Viëtor, R. J., Voragen, A. G. J., Angelino, S. A. G. F. and Pilnik, W. (1991) Non-starch

polysaccharides in barley and malt: a mass balance of flour fractionation, *Journal of Cereal Science*, 14: 73-83.

Waldenstrøm, L. (2016) Beskrivende sensoriske metoder

Wang, J., Zhang, G., Chen, J., Wu, F. (2003) The changes of b-glucan content and b-glucanase activity in barley before and after malting and their relationships to malt qualities.

Wentz, M. J., Horsley, R. D., Schwarz, P. B. (2004). Relationships among common malt quality and modification parameters. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 62, 103–107.

Wiki.org

[https://en.wikipedia.org/wiki/Standard_Reference_Method]

Ye, D-Q., Zheng, X-T., Xu Q-X., Wang, Y-H., Duan, C-Q., Liu, Y-L. (2016) Evolutions of volatile sulfur compounds of Cabernet Sauvignon wines during aging in different oak barrels

Zhang, G., Li, C., Liu, X. (2012) *Advances in Barley Science Springer Science+Business* ISBN 978-94-007-4681-7

Åssveen M., og Eltun, R. (2015) Bioforsk

[http://www.bioforsk.no/ikbViewer/Content/117862/Bioforsk_FOKUS_10-2_Bfk15_side%2054.pdf]

Figur Amylose-amylopektin

[https://www.researchgate.net/profile/Visakh_PM/publication/260175287/figure/fig1/AS:341333299482624@1458391608973/FIGURE-111-Chemical-structure-of-starch-with-amylose-and-amylopectin-units.ppm]

Figur bygg [https://pixabay.com/p-1499961/?no_redirect]

Figur Bryggeprosess

[<http://sketchybrew.com/images/Brewing-Process-b+w.jpg>]

Figur malt

[<http://www.fawcett-maltsters.co.uk/range.html>]

Figur vørter

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/98/2008-09-20_Wort_first_run-off_3.jpg]

Figur Øl

[https://foundersbrewing.com/wp-content/uploads/2012/03/taproom_beer_inpints_header_1000x200.jpg]

Vedlegg 1

Øl	Malt	Gjær	Alkohol%	Tetthet g/cm3	Farge EBC	Haze EBC	CO2 g/l	Er %	Plato %	Ea %	pH	ADF
1	Domen	Saison	5.82	1.00441	28.92	9.96	4.93	3.4	12.23	1.26	3.9	89.51
2	Domen	Saison	5.91	1.004215	29.4	9.19	5.2	3.4	12.34	1.21	3.9	90.17
3	Domen	Saison	6.3	1.003645	31.02	6.75	4.86	3.4	12.91	1.09	4	91.58
4	Domen	Safale	3.29	1.020735	36.69	30.45	3.47	6.7	11.67	5.54	4.3	52.55
5	Domen	Safale	4.48	1.017015	38.26	44.64	3.81	6.2	12.9	4.58	4.3	64.61
6	Domen	Safale	4.83	1.01328	39.07	33.83	3.87	5.4	12.66	3.63	4.1	71.31
7	Varde	Saison	6.02	1.00286	24.79	3.26	5.02	3.1	12.24	0.88	4	92.86
8	Varde	Saison	6.33	1.003635	27.75	10.78	5.13	3.3	12.95	1.07	4	91.76
9	Varde	Saison	6.14	1.00278	26.45	4.43	4.95	3.1	12.45	0.87	3.9	93.02
10	Varde	Safale	4.3	1.0600305	40.61	57.14	3.51	6.5	12.88	4.9	4.2	61.96
11	Varde	Safale	5.22	1.015055	42.51	72.57	3.83	5.9	13.75	4.08	4.3	70.33
12	Varde	Safale	4.81	1.011685	37.42	54.31	3.8	5	12.24	3.23	4.2	73.63
13	Weyermann	Saison	7.84	0.9994	12.38	1.21	6.21	2.7	14.52	-0.1	4.1	100.8
14	Weyermann	Saison	7.29	0.99969	11.7	1.65	5.95	2.6	13.66	-0	4.1	100.2
15	Weyermann	Saison	6.91	0.99918	11.16	1.83	5.86	2.4	12.89	-0.2	4.1	101.2
16	Weyermann	Safale	5.21	1.009045	10.44	1.49	3.47	4.5	12.34	2.57	4.1	79.14
17	Weyermann	Safale	5.92	1.00652	12.55	3.77	3.98	4	12.97	1.89	4.1	85.43
18	Weyermann	Safale	5.44	1.009555	11.63	3.32	3.85	4.6	12.84	2.68	4	79.15

Vedlegg 2

ØI	Maltsort	Gjærtype	Rangering	Lukt	Fruktighet	Bitterhet	Maltsmak	Gjærsmak	Bismak
1	Domen	Saison	1.71	2.94	2.24	3.29	2.82	2.47	2.29
2	Domen	Saison	2	276	2.71	2.82	2.82	2.18	2.06
3	Domen	Saison	1.71	2.71	2.65	2.88	3.18	1.88	1.88
4	Domen	Safale	1.82	2.88	2.74	2.82	2.82	1.91	1.97
5	Domen	Safale	1.94	2.59	2.65	3.24	2.53	1.94	1.76
6	Domen	Safale	1.71	2.65	2.41	2.65	3.35	2.09	2
7	Varde	Saison	2.06	2.59	2.47	2.82	2.65	2	1.88
8	Varde	Saison	1.94	3	2.59	3.12	2.82	1.82	2.06
9	Varde	Saison	1.88	2.59	2.76	2.35	2.88	1.82	2.06
10	Varde	Safale	2.12	2.18	2.76	2.53	2.79	1.85	1.65
11	Varde	Safale	1.94	2.88	2.59	3.29	2.79	2.06	1.88
12	Varde	Safale	1.71	2.53	2.71	2.88	2.62	2.21	1.88
13	Weyermann	Saison	1.94	2.82	2.76	3.18	2.53	1.82	1.88
14	Weyermann	Saison	1.94	2.76	2.94	2.88	2.41	1.82	1.88
15	Weyermann	Saison	2	2.65	3.18	2.82	2.53	1.59	1.88
16	Weyermann	Safale	2.06	2.65	2.76	2.71	2.35	1.71	1.44
17	Weyermann	Safale	2.18	2.29	2.76	2.76	2.29	1.59	1.35
18	Weyermann	Safale	2.24	2.47	3.06	2.59	2.18	1.44	1.5

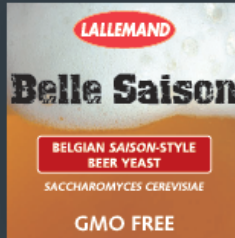
Vedlegg 3

Tabell benyttet for omregning fra Brix til Plato – Brix til SG. (Straight to the pint, u.å)

Brix	Plato	SG	Brix	Plato	SG	Brix	Plato	SG
0.0	0.0000	1.0000	13.4	13.4027	1.0543	26.8	26.7948	1.1140
0.2	0.1970	1.0008	13.6	13.6028	1.0551	27.0	26.9944	1.1150
0.4	0.3970	1.0016	13.8	13.8029	1.0560	27.2	27.1940	1.1159
0.6	0.5970	1.0024	14.0	14.0030	1.0568	27.4	27.3936	1.1168
0.8	0.7970	1.0031	14.2	14.2030	1.0577	27.6	27.5932	1.1178
1.0	0.9970	1.0039	14.4	14.4031	1.0586	27.8	27.7928	1.1187
1.2	1.1970	1.0047	14.6	14.6031	1.0594	28.0	27.9924	1.1197
1.4	1.3971	1.0054	14.8	14.8032	1.0603	28.2	28.1919	1.1206
1.6	1.5971	1.0062	15.0	15.0032	1.0611	28.4	28.3915	1.1216
1.8	1.7971	1.0070	15.2	15.2033	1.0620	28.6	28.5910	1.1225
2.0	1.9972	1.0078	15.4	15.4033	1.0628	28.8	28.7905	1.1235
2.2	2.1972	1.0086	15.6	15.6033	1.0637	29.0	28.9901	1.1244
2.4	2.3973	1.0094	15.8	15.8034	1.0646	29.2	29.1896	1.1254
2.6	2.5973	1.0101	16.0	16.0034	1.0654	29.4	29.3891	1.1263
2.8	2.7974	1.0109	16.2	16.2034	1.0663	29.6	29.5886	1.1273
3.0	2.9975	1.0117	16.4	16.4034	1.0672	29.8	29.7880	1.1282
3.2	3.1975	1.0125	16.6	16.6034	1.0680	30.0	29.9875	1.1292
3.4	3.3976	1.0133	16.8	16.8034	1.0689	30.2	30.1870	1.1302
3.6	3.5977	1.0141	17.0	17.0034	1.0698	30.4	30.3864	1.1311
3.8	3.7977	1.0149	17.2	17.2034	1.0706	30.6	30.5859	1.1321
4.0	3.9978	1.0157	17.4	17.4034	1.0715	30.8	30.7853	1.1330
4.2	4.1979	1.0165	17.6	17.6034	1.0724	31.0	30.9847	1.1340
4.4	4.3980	1.0173	17.8	17.8034	1.0733	31.2	31.1841	1.1350
4.6	4.5981	1.0181	18.0	18.0033	1.0741	31.4	31.3835	1.1359
4.8	4.7982	1.0189	18.2	18.2033	1.0750	31.6	31.5829	1.1369
5.0	4.9983	1.0197	18.4	18.4033	1.0759	31.8	31.7823	1.1379
5.2	5.1984	1.0205	18.6	18.6032	1.0768	32.0	31.9817	1.1389
5.4	5.3985	1.0213	18.8	18.8032	1.0777	32.2	32.1810	1.1398
5.6	5.5986	1.0221	19.0	19.0031	1.0785	32.4	32.3804	1.1408
5.8	5.7987	1.0229	19.2	19.2030	1.0794	32.6	32.5797	1.1418
6.0	5.9988	1.0237	19.4	19.4030	1.0803	32.8	32.7791	1.1428
6.2	6.1989	1.0245	19.6	19.6029	1.0812	33.0	32.9784	1.1437
6.4	6.3990	1.0253	19.8	19.8028	1.0821	33.2	33.1777	1.1447
6.6	6.5991	1.0261	20.0	20.0027	1.0830	33.4	33.3770	1.1457
6.8	6.7992	1.0269	20.2	20.2026	1.0839	33.6	33.5763	1.1467
7.0	6.9994	1.0277	20.4	20.4025	1.0848	33.8	33.7756	1.1477
7.2	7.1995	1.0285	20.6	20.6024	1.0857	34.0	33.9749	1.1487
7.4	7.3996	1.0294	20.8	20.8023	1.0866	34.2	34.1741	1.1497
7.6	7.5997	1.0302	21.0	21.0021	1.0875	34.4	34.3734	1.1507
7.8	7.7998	1.0310	21.2	21.2020	1.0884	34.6	34.5727	1.1516
8.0	7.9999	1.0318	21.4	21.4018	1.0892	34.8	34.7719	1.1526
8.2	8.2000	1.0326	21.6	21.6017	1.0901	35.0	34.9711	1.1536
8.4	8.4002	1.0334	21.8	21.8015	1.0911	35.2	35.1703	1.1546
8.6	8.6003	1.0343	22.0	22.0014	1.0920	35.4	35.3695	1.1556
8.8	8.8004	1.0351	22.2	22.2012	1.0929	35.6	35.5687	1.1566
9.0	9.0005	1.0359	22.4	22.4010	1.0938	35.8	35.7679	1.1576
9.2	9.2006	1.0367	22.6	22.6008	1.0947	36.0	35.9671	1.1586
9.4	9.4007	1.0376	22.8	22.8006	1.0956	36.2	36.1663	1.1596
9.6	9.6009	1.0384	23.0	23.0004	1.0965	36.4	36.3655	1.1606
9.8	9.801	1.0392	23.2	23.2002	1.0974	36.6	36.5646	1.1617
10.0	10.0011	1.0400	23.4	23.4000	1.0983	36.8	36.7638	1.1627
10.2	10.2012	1.0409	23.6	23.5997	1.0992	37.0	36.9629	1.1637
10.4	10.4013	1.0417	23.8	23.7995	1.1001	37.2	37.1620	1.1647
10.6	10.6014	1.0425	24.0	23.9992	1.1011	37.4	37.3612	1.1657
10.8	10.8015	1.0434	24.2	24.1990	1.1020	37.6	37.5603	1.1667
11.0	11.0016	1.0442	24.4	24.3987	1.1029	37.8	37.7594	1.1677
11.2	11.2017	1.0450	24.6	24.5984	1.1038	38.0	37.9585	1.1688
11.4	11.4018	1.0459	24.8	24.7982	1.1047	38.2	38.1576	1.1698
11.6	11.6019	1.0467	25.0	24.9979	1.1057	38.4	38.3566	1.1708
11.8	11.8020	1.0475	25.2	25.1976	1.1066	38.6	38.5557	1.1718
12.0	12.0021	1.0484	25.4	25.3972	1.1075	38.8	38.7548	1.1728
12.2	12.2022	1.0492	25.6	25.5969	1.1084	39.0	38.9538	1.1739
12.4	12.4023	1.0501	25.8	25.7966	1.1094	39.2	39.1529	1.1749
12.6	12.6024	1.0509	26.0	25.9963	1.1103	39.4	39.3519	1.1759
12.8	12.8025	1.0518	26.2	26.1959	1.1112	39.6	39.5509	1.1770
13.0	13.0026	1.0526	26.4	26.3956	1.1122	39.8	39.7500	1.1780
13.2	13.2027	1.0534	26.6	26.5952	1.1131	40.0	39.9490	1.1790

Vedlegg 4

Sample Id	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Acetaldehyde	ppm	12,33	10,3	8,96	8,76	9,64	5,06	10,63	5,65	9,24	6,82	11,21	6,27	19,26	11,67	8,53	21,74	8,77	6,56
Acetone	ppm	0,38	0,27	0,25	0,23	0,36	0,24	0,29	0,23	0,24	0,23	0,47	0,26	0,33	0,42	0,31	0,5	0,28	0,24
Dimethylsulfide	ppm	0,04	0,05	0,06	0,02	0,02	0,02	0,05	0,06	0,05	0,03	0,04	0,03	0,05	0,06	0,04	0,01	0,03	0,04
2-methyl-propanal	ppm	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
1-propanol	ppm	28,18	30,49	36,11	22,93	31,05	32,14	36,8	31,9	35,47	31,49	38,96	33,56	22,5	21,04	21,81	32,54	33,21	30,85
Diacetyl	ppm	0,01	n.d	n.d	0,05	0,06	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	0,05
2-butanone	ppm	n.d	0,01	0,01	n.d	n.d	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	n.d	0,01	0,01	n.d	0,01
2-butanol	ppm	n.d	n.d	0,04	0,04	0,05	0,02	0,03	n.d	0,03	0,02	0,02	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Ethylacetate	ppm	14,96	16,65	21,12	5,28	7,11	10,28	19,73	17,74	20,27	8,12	10,48	9,65	27,81	28,04	23,21	10,94	17,68	17,05
2-methyl-1-propanol	ppm	44,08	42,86	36,28	27,45	38,07	32,52	36,59	39,07	29,87	39,86	29,39	32,26	30,13	29,07	48,36	37,22	39,99	39,99
Phenylethyl alcohol	ppm	41,56	69,52	74,12	49,12	33	37,8	60,6	75,45	51,99	49,66	45,89	44,11	55,33	56,31	31,65	41,93	49,51	49,51
Beta-citronellol	ppm	0,13	0,13	0,13	0,26	0,09	0,12	0,15	0,3	0,07	0,32	0,12	0,15	0,06	0,5	0,59	0,1	0,08	0,1
3-methyl-butanol	ppm	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
2-methyl-butanol	ppm	n.d	n.d	n.d	n.d	0,01	0,02	n.d	n.d	n.d	0,02	0,02	0,03	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
2,3-pentadione	ppm	n.d	n.d	n.d	n.d	0,04	n.d	n.d	0,01	n.d	n.d	0,03	0,01	n.d	n.d	0,04	n.d	0,05	n.d
Acetoin	ppm	7,73	8,44	8,02	0,6	3,37	0,39	7,68	9,14	6,73	0,73	3,73	n.d	4,22	2,88	3,17	3,29	1,18	n.d
3-methyl-1-butanol	ppm	116,18	120,39	120,76	31,95	40,12	45,84	123,22	119,97	122,89	39,22	45,94	41,58	125,39	110,92	104,2	46,58	48,37	46,04
2-methyl-1butanol	ppm	35,17	34,85	31,34	9,72	11,58	11,7	31,41	33,27	31,71	12,34	14,42	12,18	31,83	28,43	27,01	15,83	13,91	14,15
Isobutyl acetate	ppm	0,03	0,03	0,03	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,01	0,03	0,01	0,04	0,05	0,04	0,02	0,03	0,03
trans-2-hexen-1-al	ppm	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
1-hexanol	ppm	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,04	0,03	0,03
Isomyl acetate	ppm	0,64	0,67	1	0,09	0,16	0,22	0,95	0,72	0,95	0,11	0,29	0,18	1,63	2,01	1,64	0,18	0,63	0,49
Ethyl hexanoate	ppm	0,06	0,07	0,12	0,04	0,07	0,11	0,12	0,07	0,12	0,07	0,08	0,09	0,29	0,34	0,27	0,08	0,11	0,11



TECHNICAL DATA SHEET

BELLE SAISON BELGIAN SAISON-STYLE YEAST

Belle Saison is a Belgian-style ale yeast selected specifically for its ability to create Saison-style beers. Belle Saison lets brewers create Saison-styles easily and with all the expected characteristics noted for this classic style. Designed for warm-temperature fermentation true to traditional production methods, beers brewed with Belle Saison exhibit the "Farmhouse" flavors and aromas making for fruity, spicy and refreshing beer.



MICROBIOLOGICAL PROPERTIES

Classified as a *Saccharomyces cerevisiae* var. *diastolicus*, a top fermenting yeast.

Typical Analysis of Belle Saison yeast:

Percent solids 93% - 97%

Living Yeast Cells $\geq 5 \times 10^9$ per gram of dry yeast

Wild Yeast < 1 per 10^6 yeast cells

Bacteria < 1 per 10^6 yeast cells

Finished product is released to the market only after passing a rigorous series of tests

*According to the ASBC and EBC methods of analysis



BREWING PROPERTIES

In Lallemand's Standard Conditions Wort at 20°C (68°F) Belle Saison yeast exhibits:

Vigorous fermentation that can be completed in 4 days

High Attenuation and Low Flocculation

Aroma and flavor is traditional of Saisons with citrus and pepper notes.

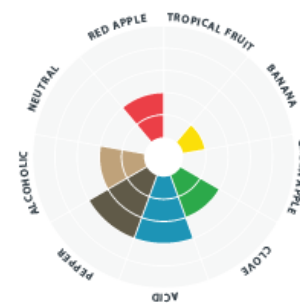
The optimal temperature range for Belle Saison yeast when producing traditional styles is 15°C(59°F) to 35°C(95°F)

Saccharomyces cerevisiae var. *diastolicus* strains are capable of utilizing some types of dextrans. Extra care should be taken to ensure proper cleaning procedures are in place to avoid any cross-contamination with other brews.

Fermentation rate, fermentation time and degree of attenuation are dependent on inoculation density, yeast handling, fermentation temperature and nutritional quality of the wort. *If you have questions please do not hesitate to contact us at brewing@lallemand.com*



FLAVOR & AROMA



QUICK FACTS

BEER STYLES

Saison

AROMA

citrus, pepper

ATTENUATION

high

FERMENTATION RANGE

15 - 35°C (59 - 95°F)

FLOCCULATION

low

ALCOHOL TOLERANCE

14% ABV

PITCHING RATE

50 - 100g/hL to achieve a minimum of 2.5 - 5 million cells/mL



Safale US-05

Ingredients : Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*), emulsifier E491

FERMENTIS

American ale yeast producing well balanced beers with low diacetyl and a very clean, crisp end palate. Forms a firm foam head and presents a very good ability to stay in suspension during fermentation.

TOTAL ESTERS



ppm at 18°F at 20°C in EBC tubes

TOTAL SUPERIOR ALCOHOLS



ppm at 18°F at 20°C in EBC tubes

RESIDUAL SUGARS



* corresponds to an apparent attenuation of 81%

FLOCCULATION



FERMENTATION TEMPERATURE: 12-25°C (53.6-77°F) ideally 15-22°C (59-71.6°F)

DOSAGE INSTRUCTIONS: 50 to 80 g/hl

REHYDRATION INSTRUCTIONS

Sprinkle the yeast in minimum 10 times its weight of sterile water or wort at 27°C ± 3°C (80°F ± 6°F). Leave to rest 15 to 30 minutes.

Gently stir for 30 minutes, and pitch the resultant cream into the fermentation vessel.

Alternatively, pitch the yeast directly in the fermentation vessel providing the temperature of the wort is above 20°C (68°F). Progressively sprinkle the dry yeast into the wort ensuring the yeast covers all the surface of wort available in order to avoid clumps. Leave for 30 minutes, then mix the wort using aeration or by wort addition.

TYPICAL ANALYSIS:

% dry weight:	94.0 - 96.5
Viable cells at packaging:	> 6 x 10 ⁹ /g
Total bacteria*:	< 5 / ml
Acetic acid bacteria*:	< 1 / ml
Lactobacillus*:	< 1 / ml
Pediococcus*:	< 1 / ml
Wild yeast non <i>Saccharomyces</i> *:	< 1 / ml
Pathogenic micro-organisms:	in accordance with regulation

*when dry yeast is pitched at 100 g/hl i.e. > 6 x 10⁹ viable cells / ml

STORAGE

During transport : The product can be transported and stored at room temperature for periods of time not exceeding 3 months without affecting its performance.

At final destination: Store in cool (< 10°C/50°F), dry conditions.

SHELF LIFE

24 months from production date. Refer to best before end date printed on the sachet.

Opened sachets must be sealed and stored at 4°C (39°F) and used within 7 days of opening. Do not use soft or damaged sachets.

Fermentis dry brewing yeasts are well known for their ability to produce a large variety of beer styles.

In order to compare our strains, we ran fermentation trials in laboratory conditions with a standard wort for all the strains and standard temperature conditions (Safalger: 12°C for 48h then 14°C / Safale & Safbrew : 20°C). We focused on the following parameters: Alcohol production, residual sugars, flocculation and fermentation kinetic.

Fermentis Division of Silesaffre
BP 3029 - 137 Rue Gabriel Péri
59703 Maroquin Baroeul Cedex France
Tel. : +33(0)3 20.81.62.75
e : fermentis@silesaffre.fr

A LESAFFRE DIVISION

Vedlegg 7



**WEYERMANN®
SPECIALTY MALTING COMPANY**

Andreas Richter - Quality Manager
Brennerstraße 17-19 D-96052 Bamberg, Germany
phone: +49 (0)951 93220-22 fax: +49 (0)951 93220-922
email: andreas.richter@weyermann.de homepage: www.weyermannmalt.com



Product Specification

Product: Weyermann® Pilsner Malt

Crop: 2016

Produced from quality two-row spring barley. Perfect foundation grist for all lagers. Excellent modification and favorable protein and glucan levels. Excellent lautering properties. Provides finished beer with substantial body and mouthfeel, as well as good foam development and head retention. Very flexible grain with high extract efficiency for reliable lager-making in any brew house, including pub ale systems. Yields optimum results for any process from single-step to multi-step infusion, to decoction. Flavor: malty-sweet and gentle notes of honey

Raw Material: Two-row spring barley

Raw Material Source: Germany

Ingredients: Barley
Water

Recommended Brewery up to [%]: 100

Quantities: Food Industry as required

Beer Style: alcohol-reduced Beer; all other beer types; Pils; non-alcoholic Beer;

The following values are subject to harvest-specific variations. All analyses are performed by independent, certified laboratories according to MEBAK "Brew-Technical Analysis Methods."

Parameter:	Minimum:	Maximum:	Unit:
Moisture content		5	%
Extract (dry substance)	80.5		%
Colour (EBC)	2.5	4.5	EBC
Colour (Lovibond)	1.5	2.2	Lovibond
Boiled wort colour	4	5.5	EBC
Boiled wort colour (Lovib)	2.1	2.6	Lovibond
Protein (dry substance)	9.5	11.5	%
Kolbach Index	36	42.5	%
Hartong Index 45°C	35	41	%
Saccharification time		15	min
Viscosity (8.6%)		1.58	m Pa s
Friability	84		%
Glassy Kernels		2.5	%

Triangeltest

Runde:

Navn:

Du har nå fått utdelt tre prøver, hvor to er like og én er ulik.

Finn den ulike og sett kryss der det passer. Selv om du ikke merker forskjell, MÅ du velge én av disse til å være den ulike.

Øl (nummer)	763	849	238
Den som er ulik er:			
Kommentar			

Vedlegg 10

Bryggeoversikt

Dag 1	1 Domen Saison	8 Varde Saison	14 Weyermann Saison	
Dag 2	16 Weyermann Safale	5 Domen Safale	11 Varde Safale	
Dag 3	7 Varde 7 Saison	15 Weyermann Saison	3 Domen Saison	4 Domen Safale
Dag 4	6 Domen Safale	10 Varde Safale	17 Weyermann Safale	12 Varde Safale
Dag 5	9 Varde Saison	2 Domen Saison	15 Weyermann Saison	18 Weyermann Safale

Vedlegg 11

Viser Gravity/Brix:Time Noe redigert Palmer (u.å)

Gravity	Brix	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
1,030	7,6	0	0,055	0,1	0,137	0,167	0,192	0,212	0,229	0,242	0,253	0,263	0,27	0,276
1,040	10,4	0	0,05	0,091	0,125	0,153	0,175	0,194	0,209	0,221	0,232	0,24	0,247	0,252
1,045	11,4	0	0,048	0,087	0,122	0,1495	0,171	0,1895	0,205	0,216	0,226	0,23	0,242	0,241
1,047	11,8	0	0,047	0,0865	0,119	0,146	0,1675	0,185	0,2	0,2115	0,22	0,224	0,2365	0,236
1,049	12,1	0	0,0465	0,085	0,117	0,143	0,1637	0,181	0,1955	0,2068	0,216	0,2215	0,231	0,2335
1,050	12,4	0	0,046	0,084	0,114	0,14	0,16	0,177	0,191	0,202	0,212	0,219	0,226	0,231
1,051	12,65	0	0,0455	0,083	0,113	0,1385	0,1583	0,1751	0,194	0,2	0,2097	0,217	0,2235	0,2285
1,052	13	0	0,045	0,082	0,112	0,137	0,1567	0,1732	0,197	0,198	0,2075	0,215	0,221	0,226
1,055	13,7	0	0,044	0,08	0,111	0,1355	0,1551	0,17	0,185	0,196	0,205	0,21	0,2185	0,221
1,056	13,8	0	0,0439	0,0792	0,11	0,134	0,1535	0,1695	0,183	0,1935	0,203	0,2095	0,216	0,22
1,057	14	0	0,0434	0,0786	0,109	0,1325	0,1517	0,1676	0,181	0,1913	0,2	0,207	0,2135	0,2175
1,058	14,15	0	0,0429	0,0778	0,108	0,131	0,15	0,1657	0,179	0,189	0,1985	0,205	0,211	0,215
1,059	14,4	0	0,0425	0,0772	0,107	0,1295	0,1486	0,164	0,177	0,187	0,1962	0,2023	0,2085	0,213
1,060	14,8	0	0,042	0,076	0,105	0,128	0,147	0,162	0,175	0,185	0,194	0,2	0,206	0,211

 E1885 – 04 (2011)

TABLE A1.2 Number of Correct Responses Needed for Significance in a Triangle Test (10)

NOTE 1—Entries are the minimum number of correct responses required for significance at the stated α level (that is, column) for the corresponding number of assessors, n (that is, row). Reject the assumption of “no difference” if the number of correct responses is greater than or equal to the tabled value.

NOTE 2—For values of n not in the table, compute the missing entry as follows: Minimum number of responses (x) = nearest whole number greater than $x = (n/3) + z \sqrt{2n/9}$, where z varies with the significance level as follows: 0.84 for $\alpha=0.20$; 1.28 for $\alpha=0.10$; 1.64 for $\alpha=0.05$; 2.33 for $\alpha=0.01$; 3.10 for $\alpha=0.001$.

n	α										
	0.20	0.10	0.05	0.01	0.001	n	0.20	0.10	0.05	0.01	0.001
6	4	5	5	6	...	32	14	15	16	18	20
7	4	5	5	6	7	33	14	15	17	18	21
8	5	5	6	7	8	34	15	16	17	19	21
9	5	6	6	7	8	35	15	16	17	19	22
10	6	6	7	8	9	36	15	17	18	20	22
11	6	7	7	8	10	37	16	17	18	20	22
12	6	7	8	9	10	38	16	17	19	21	23
13	7	8	8	9	11	39	16	18	19	21	23
14	7	8	9	10	11	40	17	18	19	21	24
15	8	8	9	10	12	41	17	19	20	22	24
16	8	9	9	11	12	42	18	19	20	22	25
17	8	9	10	11	13	43	18	19	20	23	25
18	9	10	10	12	13	44	18	20	21	23	26
19	9	10	11	12	14	45	19	20	21	24	26
20	9	10	11	13	14	46	19	20	22	24	27
21	10	11	12	13	15	47	19	21	22	24	27
22	10	11	12	14	15	48	20	21	22	25	27
23	11	12	12	14	16	54	22	23	25	27	30
24	11	12	13	15	16	60	24	26	27	30	33
25	11	12	13	15	17	66	26	28	29	32	35
26	12	13	14	15	17	72	28	30	32	34	38
27	12	13	14	16	18	78	30	32	34	37	40
28	12	14	15	16	18	84	33	35	36	39	43
29	13	14	15	17	19	90	35	37	38	42	45
30	13	14	15	17	19	96	37	39	41	44	48
31	14	15	16	18	20	102	39	41	43	46	50



Norges miljø- og biovitenskapelig universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway