

Kristoffer Berg  
Per Kristian Johansen  
Sondre Larsen Bjørgård

# KVERNINGSGRAD AV MALTS OG MESKETIDS PÅVIRKNING PÅ VØRTER

Mai 2020

**NTNU**

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.  
Fakultet for naturvitenskap  
Institutt for bioteknologi og matvitenskap

**Bacheloroppgave**

**2020**





Kristoffer Berg  
Per Kristian Johansen  
Sondre Larsen Bjørgård

# **KVERNINGSGRAD AV MALTS OG MESKETIDS PÅVIRKNING PÅ VØRTER**

Bacheloroppgave  
Mai 2020

**NTNU**

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.  
Fakultet for naturvitenskap  
Institutt for bioteknologi og matvitenskap



Kunnskap for en bedre verden





NTNU - Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Institutt for bioteknologi og matvitenskap

BACHELOROPPGAVE 2020

20 studiepoeng

KVERNINGSGRAD AV MALTS OG MESKETIDS PÅVIRKNING PÅ  
VØRTER

utført av

Kristoffer Berg  
Per Kristian Johnsen  
Sondre Larsen Bjørgård

Dette arbeidet er gjennomført som ledd i bachelorutdanningen i matteknologi ved Institutt for bioteknologi og matvitenskap, NTNU. Bruk av rapportens innhold skjer på eget ansvar.

## Sammendrag

Denne oppgaven har som formål å legge til rette for en praktisk gjennomførelse av et prosjekt som skal undersøke påvirkningen av kverningsgrad og mesketemperatur på innholdet av løst, gjærbart sukker i en vørter.

Teoridelen i oppgaven har som funksjon å kartlegge informasjon som kan hjelpe å heve utbyttet av en meskeprosess. Informasjonen som innhentes i teoridelen blir brukt til å designe en meskeprosess. Prosessen vil basere seg på å fremme meskeutbyttet, noe som blir gjort ved å tilrettelegge for  $\alpha$ - og  $\beta$ -amylase. Enzymene  $\alpha$ - og  $\beta$ -amylase har som funksjon å bryte ned stivelse til gjærbart sukker. Utbyttet av gjærbart sukker fra malt vil være faktoren som beskriver utbyttet av meskingen. Temperatur og pH hvor  $\alpha$ - og  $\beta$ -amylase har høyest enzymatisk aktivitet ble valgt for å oppnå større mengder løst gjærbart sukker i vørteren. En temperatur på 65,5 °C og en pH på 5,3 under meskeprosessen ble valgt ettersom teorien tilsier at dette vil gi den høyeste enzymatiske aktiviteten. Andre enzymer ble også vurdert, men ettersom disse ikke har noen innvirkning på økt dannelse av gjærbart sukker ble de ikke tilrettelagt for. Ettersom pH og temperatur under meskeprosessen vil påvirke enzymaktiviteten til  $\alpha$ - og  $\beta$ -amylase, ble disse standardisert.

Teorien legger grunnlag for en praktisk utførelse hvor maltets kverningsgrads og mesketids påvirkning på vørter kan undersøkes. Det ble satt opp et forslag til gjennomførelse av dette prosjektet. Kverningsgraden på maltet ble valgt til å være mellom 0,8 mm og 1,6 mm, og mesketiden ble valgt til å være mellom 30 minutter og 120 minutter. Det ble sett på hvordan prosjektet kan benyttes for å fastslå hvilke kombinasjoner av mesketid og kverningsgrad som gir det beste resultatet. Verdiene for kverningsgrad og mesketid ble bestemt etter hva som vanligvis blir brukt innen hjemmebrygging, og hva som teoretisk sett vil gi det beste utbyttet. En kverningsgrad på 0,8 mm kan føre til redusert drenering gjennom maltet, men mindre kverningsgrader vil også gjøre den totale overflaten til maltet større. En større overflate vil gi enzymene større tilgang på stivelsen, noe som hever utbyttet. Det ønskes å hydrolysere så mye av stivelsen i maltet som mulig på en tidseffektiv måte, og derfor ønskes kort mesketid. Det ble lagt til rette for et prosjekt for å undersøke muligheten for å benytte 30 minutter som mesketid, men om denne tiden gir et dårlig utbytte blir den forkastet. Prosjektet vil også undersøke om en mesketid på 120 minutter er nødvendig, ettersom det kan undersøkes om all stivelsen er brutt ned etter kortere tid. Dermed kan mesketiden reduseres til for eksempel 90 minutter.

Utførelsen av meskeprosessene kan baseres på resultatet fra to forprosjekter. Det første forprosjektet kan benyttes for å teste meskeegenskapene til en mesk hvor det benyttes kverningsgrad på 0,8 mm og 1,6 mm. Det andre forprosjektet kan undersøke hvilken mesketid som skal benyttes. En jod-test kan benyttes for å kartlegge hvor lang tid det tar å bryte ned stivelsen i maltet. Informasjonen som anskaffes i forprosjektene kan benyttes for å definere hvilke parametere som kan benyttes under utførelsen av prosjektet. Det vil ikke være nødvendig å gjennomføre flere meskinger med parametere som ikke vil gi gode resultater.

Resultatene fra denne oppgaven er ment å bli benyttet til videre utførelse og undersøkelser av meskeprosessen og meskeutbyttet.



## Summary

The objective of this thesis is to set the foundation for a project where the effect of degree of milling and mash temperature on the amount of soluble fermentable sugar in a wort.

The theoretical parts function is to find information to help raise the yield of the mashing process. The information gathered in the theoretical part is used to design a mashing process. The process will be based on raising the yield of mashing, which will be done by facilitating the conditions for  $\alpha$ - and  $\beta$ -amylase. The function of the enzymes  $\alpha$ - and  $\beta$ -amylase, is to break down starch to fermentable sugars. The yield of fermentable sugars from malt will be the factor from which the result of the mashing will be measured. The temperature and pH of which  $\alpha$ - and  $\beta$ -amylase has the highest enzymatic activity was chosen to achieve highest amounts of fermentable sugars in the wort. A temperature of 65,5 °C and a pH of 5,3 during the mashing process was chosen as the theoretical research shows that this will lead to the highest enzymatic activity. Other enzymes were also considered, but as they do not lead to a higher formation of fermentable sugars in wort, they were not chosen to facilitate for. Because the pH and temperature during the mashing process will affect the enzymatic activity of  $\alpha$ - and  $\beta$ -amylase, these were standardized.

The theoretical research set the foundation for a project, for which the degree of mashing's and mash temperatures effect on wort may be researched. A suggestion of a plan for this project was made. Degree of milling was set between 0,8 mm and 1,6 mm, whilst mash temperatures were set between 30 and 120 minutes. How the project may be used to define what combination of mash temperature and degree of milling leads to the best result was looked at. The values of degree of milling and mash temperature was set after what is mainly used in home brewing, and what is defined in the theoretical research. A degree of milling of 0,8 mm may lead to reduced drainage in the malt but will also lead to an increased surface. A bigger surface will lead to increased access for enzymes, which will raise the yield. It is wished to hydrolyse as much of the starch as possible in a time effective way, which is why short mash time is desired. The foundation for a project to see if a mash time of 30 minutes leads to desired results was set. This project will also be able to tell if mash times of 120 minutes is necessary, as the results may show that all the starch is broken down in less time. Hence, the mash time may be reduced to 90 minutes, for instance.

Conduction of the mashing process may be based on the results of 2 test projects. The first test project may be used to examine the mashing properties of a mash where a degree of mashing of 0,8 mm and 1,6 mm is used. The second test project may be used to examine what mash time that may be used. An iodine test may be used to map the time it takes to break down the starch in the malt. The information gathered in the test projects may be used to define which parameters that may be used during the conduction of the project. It will not be necessary to conduct any mashing with parameters that does not lead to good results.

The result from this thesis is meant to be used for further research regarding the mashing process and the yield from mashing.

## Forord

Denne bacheloroppgaven er skrevet i samarbeid med Bonsak Gårdsmaleri. Vi som har jobbet med denne oppgaven er takknemlige for å få muligheten til å arbeide med dette prosjektet. Derfor har vi lyst til å gi en takk til Tyson Weaver som har bistått med oppgaven og retningslinjer for prosjektet.

Arbeidet med denne oppgaven har vært spennende, men ikke uten utfordringer. Oppgaven har gitt oss muligheten til å jobbe med en interessant problemstilling og gå dypt inn på den. Bacheloroppgaven har vært utfordrende med tanke på hvor mye innsatts som må legges inn, men gir også mye tilbake. Hele gruppen har samlet inn mye kunnskap som vil komme til nytte for oss ved en senere anledninger.

Vi er takknemlige til veilederne vi har hatt under denne oppgaven, Åse Strand og Trond Viggo Pettersen. De har bistått både med å rettlede oss på hvordan oppgaven skal bli best mulig og tips til godkjente og relevante kilder. Vi vil også takke familie og nære kjente som har vært støttende gjennom hele bachelorperioden.

## Innholdsfortegnelse

1	Innledning.....	1
1.1	Formål og bakgrunn .....	1
1.2	Problemstilling .....	1
1.3	Presisering og definisjoner .....	2
1.4	Oppgavens oppbygning .....	2
2	Fra korn til øl.....	4
2.1	Behandling av korn for tillagning av malt.....	4
2.2	Kverning av malt for brygging av øl – Hvilke metoder som benyttes og redskaper som benyttes?.....	8
2.2.1	Kverningsgrad – Hvordan påvirker kverningsgraden utbyttet fra meskingen?.....	8
2.2.2	Kverningshastighet og dens effekt på maltet.....	9
2.3	Hvorfor reguleres pH ved brygging, og hvordan gjøres dette? .....	10
2.4	Mesking - hvordan optimaliseres forholdene for prosessen og hvilke reaksjoner må det tas hensyn til? .....	10
2.4.1	Forklaring av stivelse ved varmebehandling .....	11
2.4.2	Hvilke enzymatiske prosesser finner sted under mesking? .....	12
2.4.3	Viktige egenskaper hos amylase – Hva fører til høy enzymaktivitet? .....	14
2.4.4	Hvorfor er proteaser viktig for dannelse av løselige nitrogenholdige stoffer og hva har dette å si på det endelige produktet?.....	14
2.4.5	Forbindelser som fører til usmak i øl og hvordan unngå disse.....	15
2.5	Viktigheten av riktig og konsekvent skylning av vørter .....	16
2.5.1	Bestemmelse av mengde skyllevann ved tillagning av to vørtere.....	16
2.6	Koking og hvilken effekt dette har på vørteren.....	17
2.6.1	DMS – hva er det og hvordan fjerne det fra vørteren? .....	17
2.6.2	Fargestoffer – Hvordan produseres disse og hvordan reguleres farge på øl?.....	18
2.7	Nedkjøling og måling av specific gravity.....	18
2.8	Hva er gjæring? - Prosessens forløp.....	18
2.9	Modning – hvordan karboneres ølet? .....	19
2.10	Bryggeutstyr – Ulike typer og hvordan en maskin fungerer .....	19
2.10.1	I prosjektet benyttes en Speidel Braumeister – Hvordan virker denne?.....	20
2.11	Målemetoder og hvordan de utføres.....	21
2.11.1	Jod-test for indikasjon av tilstedeværelse av stivelse .....	21
2.11.2	Måling av sukkerinnhold ved brix-måling .....	22
2.11.3	Måling av sukkerinnhold ved specific gravity-måling .....	23
2.11.4	Hvordan måles pH? .....	23
3	Praktisk utførelse av bryggeprosessen.....	25

3.1	Hva skal skje i bryggeprosessen.....	25
3.1.1	Hvorfor benytte standardisert temperatur og pH i meskeprosessen .....	26
3.1.2	Overblikk over den praktiske utførelsen av bryggeprosessen .....	26
3.2	Praktisk gjennomførelse av bryggeprosessen.....	27
3.2.1	Rengjøring av Nødvendig utstyr .....	28
3.2.2	Klargjøring av Råvarer .....	28
3.2.3	Klargjøring av speidel / programmering av speidel .....	28
3.2.4	Innmesking – og hvordan den skal gjennomføres .....	28
3.2.5	Skylling av mesken og måling av pre boil gravity .....	28
3.2.6	Koking av vørter.....	29
3.2.7	Måling av specific gravity og brix-måling .....	29
3.3	Påvisning av stivelse ved bruk av jod .....	29
3.3.1	Utstyrliste for gjennomføring av jod-stivelsestest .....	30
3.3.2	Gjennomføring av jod-stivelsestesten .....	30
4	Resultat, diskusjon og konklusjon.....	31
4.1	Hvor mye malt må benyttes i forhold til meskevann, og bestemmelse av skyllevann .....	31
4.2	Kartlegging av mengde stivelse og løst gjærbart sukker i vørter .....	31
4.3	Fastsettelse av standardiserte parametere.....	32
4.3.1	Fastsetting av temperatur som vil gi god nedbryting av stivelse.....	32
4.3.2	Fastsettelse av riktig pH i forhold til den standardiserte temperaturen .....	33
4.4	Diskuter mesketid, kverningshastighet og kverningsgrad .....	33
4.4.1	Optimal kverningsgrad og kverningshastighet .....	33
4.5	Forslag til praktisk utførelse av produksjon av vørter .....	34
4.5.1	Potensielle feilkilder.....	35
4.5.2	Forprosjekt.....	35
4.5.3	Gjennomføring av mesking med ulike parametervariasjoner.....	37
4.6	Videre arbeid med oppgaven.....	37
5	Referanseliste .....	38
5.1	Tekst .....	38
5.2	Bilder.....	40

## Vedlegg 1 Bryggeoppskrift for vørter

# 1 Innledning

## 1.1 Formål og bakgrunn

Om det investeres i råstoff for å produsere et produkt er det ønsket å få så mye ut av investeringen som mulig. Når det kommer til brygging, er det ønsket å få så høyt utbytte som mulig fra maltet, men for å heve utbyttet er det nødvendig å tilrettelegge for det. Hos både hjemmebryggere og industribryggere er det ønsket å få et høyt utbyttet. Hos en hjemmebrygger vil et dårlig utbytte medføre en svak øl og hos en industribrygger vil det medføre økonomiske tap. Formålet med denne oppgaven er å finne ut hvordan det kan ekstraheres større mengder gjærbart sukker fra malt under mesking, og hvordan denne informasjonen kan brukes til å gjennomføre en bryggeprosess.

Utgangspunktet for denne oppgaven var å finne ut hvorfor hjemmebryggere ikke fikk det ønskede utbyttet da de benyttet malt fra Bonsak Gårdsmalteri. Her skulle det gjennomføres flere meskinger der parameterne kverningsgrad og mesketid varierte. Effektiviteten til meskingene skulle kartlegges med forskjellige målemetoder. Etter situasjonen med covid-19 ble det ikke lengre mulig å utføre de praktiske delene av bacheloren. Det ble bestemt å gjøre et litteraturprosjekt i stedet, med et forslag til praktisk gjennomførelse.

I oppgaven er det ønsket å vise hva som forbedrer utbyttet ved en bryggeprosess, men flere faktorer kan gjøre en forskjell i hva utbyttet blir. Oppgaven vil omhandle hvordan en endring i kverningsgraden og mesketiden har på utbyttet fra maltet. Parametere som mesketemperatur og pH vil være fastsatt. Oppgaven vil ha søkelys på hvordan meskeprosessen er for en hjemmebrygger, det vil bli brukt bryggkjeler på 25 liter. Ved å ikke bruke det samme utstyret som ville blitt brukt i en industriell sammenheng er det ikke sikkert at resultatene kan overføres til en større produksjon.

Formålet med denne oppgaven er å tilrettelegge for videre undersøkelser av meskeeffektivitet. Den praktiske utførelsen er et resultat av hva som ble funnet ut i den teoretiske delen. Utførelsen skal fungere som et forslag til hva som kan gjøres i en senere bacheloroppgave. Studentene som bruker informasjonen fra denne oppgaven, vil ha et godt grunnlag for videre praktisk utførelse.

## 1.2 Problemstilling

*Hvordan vil maltets kverningsgrad og mesketid påvirke utbyttet av gjærbart sukker i en meskeprosess ved standardisert temperatur og pH?*

Denne oppgaven har som funksjon å si noe om hvordan endring i parameterne kverningsgrad og mesketid påvirker utbyttet til en meskeprosess. Problemstillingen ble valgt siden den tillater å endre på håndfaste parametere som gir endringer i vørterens egenskaper som kan måles med utstyr som er tilgjengelig.

### 1.3 Presisering og definisjoner

Det fins begreper innenfor brygging som ikke er allmenn viten, denne delen av innledningen har definisjoner for begreper innenfor brygging.

Malt – Korn som er spiret og tørket for å aktivere enzymer som kan hydrolysere blant annet stivelsen i kornet.

Mesking – En prosess der varmt vann blir tilsatt knust malt for å trekke ut sukker og farge. Væsken som blir igjen etter at maltrestene er fjernet kalles en vørter.

Kverningsgrad – Beskriver hvor stor avstand det er mellom valsene som maltet blir sendt gjennom for å knuse det.

Meskevann – Meskevann er vannet som til slutt skal bli til vørter, her vil det være nødvendig å ha en pH som er gunstig for enzymene i maltet.

Skyllevann – Vannet som blir brukt for å vaske maltet før det blir tatt ut av meskeprosessen.

Vørter – væsken som skilles fra maltet etter meskeprosessen, vørteren inneholder for eksempel gjærbart sukker og fargestoffer.

Mesk – Blanding mellom malt og vann

Batch – Begrep som benyttes for bryggerunde

### 1.4 Oppgavens oppbygning

Denne oppgaven er delt inn i tre deler; teoridelen, der informasjon blir innhentet, en utførelsesdel der informasjonen fra teoridelen blir brukt for å designe en bryggeprosess og en diskusjonsdel der forskjellige deler av både teorien- og utførelsesdelen blir diskutert. Kapittel 2, «Fra korn til øl», inneholder teorien, her beskrives hva som skal til for å gå fra råstoff til et produkt. Det blir forklart i kapittel 2.1 og 2.2 hva som skal til for å produsere et malt og hvilken effekt kverningsgraden har på maltet. Kapittel 2.3 til kapittel 2.4.5 går inn på det bryggetekniske, regulering av pH i meskingen, enzymatiske prosesser, hvordan usmak i øl forekommer og hvordan disse fjernes eller reduseres. Kapittel 2.5 beskriver hvordan mengden skyllevann innvirker på brygget. Kapittel 2.6 beskriver kokeprosessen og hvordan det for eksempel reduserer usmak i brygget samt hvordan fargestoffer dannes. Kapittel 2.7 beskriver hvordan måling av specific gravity utføres og hva funksjonen til dette er. Kapittel 2.8 og kapittel 2.9 beskriver gjæringsprosessen og hva modningen av ølet medfører. Kapittel 2.10 går inn på hvilket utstyr som benyttes i bryggeprosesser og variasjoner innen disse. Kapittel 2.11 beskriver målemetoder som brukes for å teste egenskapene til den ferdige vørteren.

Kapittel 3 beskriver en bryggeprosess som baserer seg på informasjonen i teorien. Kapittel 3.1 – 3.2.2 beskriver hvilke parametere som blir benyttet, og et overblikk over utførelsen. Kapittel 3.3 beskriver den praktiske utførelsen, der selve bryggeprosessen er delt opp i flere mindre prosesser slik som klargjøring av utstyr og målinger.

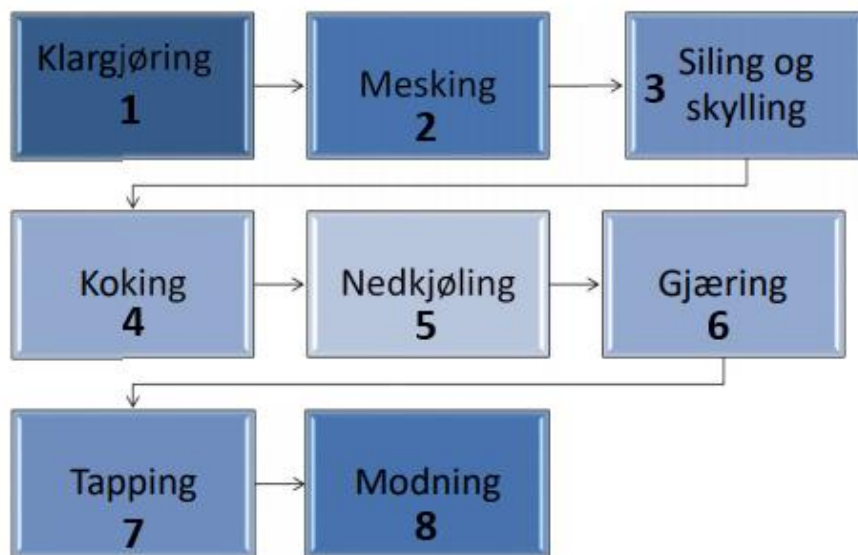
Kapittel 4 er en diskusjonsdel som omtaler hva oppgaven har kommet frem til. I diskusjonsdelen vil det bli omtalt hva som kan gjøres videre med tanke på en senere utførelse. Kapittel 4.1 omhandler hvor bryggeoppskriften ble laget og forslag til andre tester som kan

gjennomføres. Kapittel 4.2 er en vurdering av jod-testen og hvordan stivelse blir skilt ut i vørteren. Kapittel 4.3 beskriver hvordan verdien på mesketemperatur og pH ble valgt. Kapittel 4.5.3 omtaler hvorfor liten kverningsgrad er gunstig og de negative sidene ved liten kverningsgrad. Kapittel 4.5 beskriver forslag til den praktiske utførelsen og hvordan et forprosjekt kunne blitt utført. Kapittel 4.5.3 Beskriver hvordan paralleller gjennomføres i hoveddelen av utførelsen og hvordan resultatene skal håndteres. Kapittel 4.6 beskriver hvordan videre arbeid av oppgaven og noen forslag til hva som kan gjøres.

## 2 Fra korn til øl

Øl fremstilles av 4 hovedingredienser; maltet korn (malt), humle, gjær og vann. Frem til 1993 var bryggeriindustrien i Norge pålagt å følge den tyske renhetsloven fra 1516. Denne loven hadde som mål å definere hva øl skal innhold, ifølge loven kan øl kun brygges på malt, humle og vann (SNL 2019). Opphevingen av denne loven førte til større frihet for bryggere ved at den nye lovgivningen gjorde det mulig å tilsette andre kornsorter. Kornslag som mais og ris og tilsetning av sukker ble innført. Likevel må fortsatt malt være hovedbestanddel av de ekstraktgivende korntypene som benyttes. (Øystå 2018)

I kapittel 2 blir den teoretiske bakgrunnen til ulike deler av ølproduksjonen forklart. Kapitlet vil omhandle teori knyttet til produksjonens ulike områder, og hvordan det kan oppnås et ønsket produkt, spesielt tilknyttet mesking og kverning av malt. Metodikken for en generell bryggeprosess vil bli sett på, samt hva som er nødvendig for å kunne lage et produkt som samsvarer med hva som ønsket. En tradisjonell bryggeprosess består av 8 steg som hver har en innvirkning på det endelige produktet. (se Figur 1)



Figur 1 - Stegvis oversikt over tradisjonell bryggeprosess (NTNU 2018)

Brygging av øl er en prosess som krever kunnskap knyttet til flere områder av produksjonen for å gi et tilfredsstillende produkt, men før brygging kan settes i gang må malt produseres.

### 2.1 Behandling av korn for tillagning av malt

Før behandlingen av kornet vil enzymene som trengs for produksjonen av øl være inaktive. For å aktivere og starte disse prosessene må spiring av kornene settes i gang. Spiring er en prosess som skjer med alle typer korn, samt frø, poteter og belgfrukter, når de blir tilført vann. Spiring innebærer utviklingen fra frø til kimplante, altså vil kornene utvikle spirer og dermed produseres enzymer som er ønskelige i produksjon av øl (Kunze 2004 s. 126, 136).

Spiring av korn gjennomføres med en prosess som heter støping. Prosessen går ut på å tilføre kornet vann som tas opp, samtidig blir maltet tilført nødvendig oksygen (Kunze 2004 s. 126).



Prosessen renser også kornet ved at vannet skiftes ut minst en gang for å få fjernet urenheter. Etter støpingen blir kornet overført fra støpekaret til et kjølig og fuktig miljø slik at kornet kan fortsette spiringen. Kornet omrøres periodisk for å forhindre at korn gror sammen. Når kornet har nådd ønsket grad av spiring, blir det sendt videre til tørking. (Briggs m.fl. 2004 s. 1)

Spiringen er en prosess som kan skje med både døde og levende frø, når det blir tilført vann. Ved tilførsel av vann til protoplasmaet i cellen vil enzymene aktiveres, og stoffomsetningen vil settes i gang. Dette fører til nedbryting av energilagret i frøet. For det meste er energien lagret som stivelse, men også i mange planter lagres energi som fett eller proteiner. Stivelse brytes ned til sukker, fett til glyserol og fettsyrer, og protein til aminosyrer. (Berner jr. 2009)

Ut av de mange forskjellige enzymene som aktiveres under spiringen er det enkelte som har betydning for resten av produksjonen (disse blir det sett mere på i *kapittel 2.4*):

- $\alpha$ -amylase og  $\beta$ -amylase er enzymer som er viktige for nedbryting av stivelse til mindre komponenter (Kunze 2004 s. 137).
- $\alpha$ -glukanase og  $\beta$ -glukanase er cytolytiske enzymer som katalyserer nedbrytingen av glukaner til glukose ved hydrolyse av glukosidbindinger (Sahay 2019 s. 73-92).
- Proteinnedbrytende enzymer som protease bryter ned større proteiner til peptidkjeder (UiO 2020). Peptidaser er en viktig gruppe proteaser som bryter ned aminosyrekjeder til frie aminosyrer (UiO 2020).
- Lipaser er fettnedbrytende enzymer, spesielt lipoksygenase og fosfataser som fytase er viktige her. Lipoksygenase kan føre til usmak i øl, i tillegg ble fytase tidligere brukt for å redusere pH i mesken.

I slutfasen av støpingen vil kornet danne spirer som blir synlige ved enden av kornet. Etter to dager vil det ha vokst to til fire små utvekster som varierer i lengde, disse blir fjernet etter tørkingen og vil resultere i tap av kornets masse. For å holde tapet så lavt som mulig blir spiringen gjennomført på så lav temperatur og tid som mulig, gitt at dette ikke gir uønskede endringer i sluttproduktet. Vanligvis er tap av masse fra spiring på 4 %. (Kunze 2004 s. 136)

I tillegg vokser det en acrospire under spiringen. Acrospiren vokser på innsiden av skallet fra bunnen av kornet til toppen. Den kan bli sett som svelling av kornet og siden den ikke vokser ut av kornet blir den ikke fjernet etter tørkingen, og fører derfor ikke til massetap hos kornet. Acrospiren vokser nesten parallelt med den enzymatiske produksjonen, og kan derfor benyttes som en indikasjon på når kornet har nådd ønsket grad av spiring. Lengden på acrospiren bør være på  $\frac{3}{4}$  av kornets lengde for pilsnermalt og  $\frac{3}{4}$  til samme lengde som kornet for mørkt malt. Grunnen til dette er forskjellen på mengden nedbrytbare produkter som ønskes i de forskjellige typene malt. Hvis acrospiren er lengre enn kornet, slik at det kan ses på tuppen av kornet, viser det til at det har vært for høy temperatur under spiringen. (Kunze 2004 s. 136)

I tillegg til dannelse av enzymer, er proteinnedbryting også en viktig prosess som skjer ved spiring. I løpet av spiringen blir 35 % til 40 % av proteinet i frøet brutt ned til vannløselige stoffer. Forholdet mellom det løselige proteinet og det totale proteininnholdet pleier for vanlig malt å ligge over 40 %, men under 45 %. Hvis forholdet ligger over 45 % vil nedbryting av protein vært for høy og dette kan virke negativt på for eksempel maltets smak. (Fix 1999 s. 39)

Etter at støping og spiring er gjennomført, blir kornet tørket i en tørkeprosess, også kalt kjølling. Prosessen går ut på å tilføre varm luft til kornet slik at det tørker. Dette har som hensikt:

- Å redusere vannprosenten, som ble økt til over 40 % under støpningen, ned til 5 %.
- Å stoppe spiringen og all enzymaktivitet.
- Å utvikle ønskede smak- og fargestoffer. (Kunze 2004 s. 158)

Prosessene foregår gjennom 3 steg. Det første steget er vekstfasen, har som hensikt å få tørket overflatevannet fra kornet uten å forårsake nedbryting av enzymene, og foregår på en temperatur rundt, men lavere enn 40 °C. Det andre steget er enzymfasen innebærer å videre tørke kornet slik at det når det ønskede vanninnholdet på 5 %, og skjer ved en temperatur rundt, men lavere enn 70 °C. Det siste steget som skjer i løpet av de siste timene med tørkingen er den kjemiske fasen, som øker temperaturen til over 80 °C for å stoppe de enzymatiske prosessene og danne fargeendringer via maillardreaksjoner. Temperaturen varierer i denne fasen ettersom hvilken type malt som skal lages. (NTNU 2018)

Spiringen og enzymaktiviteten stopper når vannet blir tørket ut av kornet, og kornet vil stoppe å gro utvekster. Kornet vil så vidt kunne respirere etter tørkingen fordi mesteparten dør i løpet av prosessen (Kunze 2004 s. 159). I løpet av tørkingen blir smaken og fargen utviklet gjennom en maillardreaksjon, en reaksjon hvor aminosyre reagerer med sukker ved høyere temperaturer og produserer maillardprodukter, disse er ønskede farge- og smaksstoffer. Mengden maillardprodukter bestemmer hvilken type malt som dannes. For mørke malttyper er det viktig å produsere mye av disse produktene, mens for lyse malttyper ønskes lite eller ingen. Ulike typer malt benyttes for å lage ulike typer øl (se Tabell 1). Grad av maillardreaksjon i produkter er bestemt av tid og temperatur på tørkingen. Mesteparten av fargestoffene som dannes via maillardreaksjonen dannes i løpet av den siste fasen, den kjemiske fasen, der temperaturen er høyest. Når kornet er spiret og tørket vil det ha gjennomgått malteprosessen og kan dermed lagres. (Fix 1999 s. 42)

Tabell 1 - Oversikt over ulike typer malt som kan benyttes i kombinasjon for produksjon av ulike typer øl og fargen på disse (basert på figur fra Kunze 2004 s. 186-187)

Øltype	EBC farge*	Malttype
Pilsner	6-7	Pilsner malt, Cara-pils
Pale (Hell)	8	Pale malt, Cara-hell
Export	12	Pale malt, Pilsner malt, Cara-cara malt
Dark (Dunkel)	50-60	Dark malt, Pale malt, Coloured malt, Dark malt, Cara-dunkel, Brumalt
March beer (Märzen)	30	Vienna malt, Pale malt, Cara-Hell, Dark malt, Brumalt
Wheat	12	Wheat malt, Pale malt, Cara-malt, Cara-hell, Dark malt
Wheat	40	Pale wheat malt, Dark malt, Colourd malt, Dark wheat malt
Alt	35	Pale malt, Colourd malt, Dark malt, Cara-Dunkel, Brumalt
Kölsch	10	Pale malt, Cara-hell, Vienna malt
Alkoholfri (7,2 % sukker)	8,5	Pale malt, Dark malt, Cara-hell
Alkoholfri (cont'd)		Dark malt, Cara-Hell, Vienna malt, Acid malt, Pale malt, Cara-Dunkel

\* EBC-skala: En standardisert fargeskala for øl, denne beskriver hvor lyst eller mørkt øllet er. Høyere tallverdier indikerer mørkere farge, hvor 79 i praksis er svart

Etter at maltet har gjennomgått tørkeprosessen blir det kjølt ned og renset. Nedkjølingen gjøres ved å enten blåse kald luft på maltet til det når en temperatur på 35 til 40 °C, eller å kjøle det ned med å bruke en kjølebeholder (Kunze 2004 s. 172). Etter at maltet er nedkjølt blir det renset for utvekstene som oppstod under spiringen. Ettersom at maltet har blitt tørket kan disse utvekstene lett fjernes ved bruk av avløpsutstyr og avfallet kan bli solgt som dyrefor. Maltet kan på dette stadiet lagres til det skal benyttes. (Mallet 2014 s. 132).

Maltet lagres i en periode på minst tre til fire uker. Dette gjøres fordi malt som brukes med en gang kan føre til fermenteringsproblemer. I løpet av lagringen vil vanninnholdet til kornet øke fra 4 til 5 %, som gjør at videre prosessering blir lettere. Maltet blir lagret tørt og mørkt, siden mesteparten av maltet ikke lenger er levende, og videre respirasjon vil kunne gi uønskede effekter, er ikke ventilasjon av maltet ønsket. (Kunze 2004 s. 173)

## 2.2 Kverning av malt for brygging av øl – Hvilke metoder som benyttes og redskaper som benyttes?

For at maltenzymene skal få tilgang til å bryte ned maltet under mesking, knuses og åpnes det opp for å øke overflaten for tilgang for enzymer. Denne prosessen kalles kverning og er en mekanisk prosess hvor maltet går gjennom en maskin som benytter minimum to metallvalser for å knuse maltet. Maltet brytes ned i mindre biter og overflatearealet øker for større tilgang for enzymatisk angrep, slik brytes innholdet i maltet enklere ned. Denne kverningen kan gjøres tørt eller bløtt, etter hvilket utsyr som benyttes og maltets bruksområde. Kverningen fører til at kornets endosperm ikke lenger beskyttes av skallet. Dette reduserer maltets holdbarhet, og er grunnen til at malt som oftest kvernes like før det benyttes til brygging. (Mallet 2014 s. 311)

Tørrkverning er den mest brukte formen for kverning og det benyttes for det meste to til seks valser som tørt malt kvernes gjennom. Den enkleste av tørrkverningsmetodene er kverning med to valser. Valsene er ikke fleksible og er mest egnet kun for godt modifiserte malttyper og spesialmalt. Som regel benyttes disse i små sammenheng, som for eksempel i pubbryggerier eller i bedrifter som kverner malt for hjemmebryggere. Avstanden mellom valsene er i dette tilfelle som regel mellom 0,6 mm og 1,0 mm. Kverning med fire valser benyttes for det meste i tradisjonelle ølbryggerier. I tilfeller hvor det benyttes flere enn 4 valser, vil maltet gjennomgå to omganger med kverning. Den første omgangen med en avstand på 1,3 mm – 1,9 mm, og den andre med en avstand på 0,3 mm – 1,0 mm. Avstanden mellom valsene kan reguleres. Kverner med 4 valser er mer robuste og passer bedre for å kverne modifiserte malttyper med forskjellige kornstørrelser. Kverning med 6 valser brukes ofte av store bryggerier, ettersom de har behov for å kverne malt med varierende modifisering. (Briggs 2004 s. 179)

Valsene som benyttes er som regel sentrifugalstøpt, noe som gir en hard overflate. Valsene har ofte en lengde mellom 0,4 m og 1,5 m, og har en diameter på 250 mm, men dette kan variere. Valsene bør ikke være noe mindre enn dette, ettersom at vinkelen for å få tilført korn da vil være for liten, og kan potensielt føre til redusert kverningsutnyttelse. Moderne kverner har som regel valser hvor det er små tagger som går inn og ut. Det er som regel mellom 600 og 900 av disse taggene på valsene, som sørger for at kornene blir revet opp for optimal kverning. Taggene på valsene ødelegges lett om det skulle med uhell tilføres noe hardt, som for eksempel et metallfragment eller steiner, derfor er det viktig at maltet blir rensset godt før kverning. (Kunze 2004 s. 205)

I tillegg til tørrkverning benyttes i noen grad hammerverning, hvor maltet blir kvernet av repeterte slag av små hammere, og bløtkverning. Ved bløtkverning skjer støpningen av maltet like før kverning og maltet kvernes med vannet, noe som resulterer i mindre skader på stivelsen enn ved tørrkverning.

### 2.2.1 Kverningsgrad – Hvordan påvirker kverningsgraden utbyttet fra meskingen?

Hvor mye maltet blir kvernet bestemmes av avstanden mellom valsene. Som nevnt tidligere er mellomrommet mellom valsene alt fra 0,3 mm til 1,9 mm. Kverningen vil ikke føre til en

homolog blanding og resultatet fra kverningen kan derfor deles inn i 4 grupper: skall, grovt gryn, fint gryn og mel. Det optimale forholdet mellom disse er det mange ulike meninger om, og forskjellige bryggerier har forskjellige meninger om hva som gir det beste utbyttet, samt egne metoder for å oppnå den ønskede sammensetningen. Det er mulig å tenke at finere kverningsgrad gir et bedre resultat, ettersom målet med kverningen er å gi enzymene tilgang på stivelsen i maltet under meskingen, det har seg ikke slik. Om maltet blir kvernet for fint, kan det resultere i en deigdannelse i mesken som kan hindre dreneringen under meskingen. Kverningsgraden må være så fin som mulig, men samtidig grov nok til å unngå at systemet tettes. Dette kan føre til vanskeligheter med å skille maltet fra vørteren etter mesking. Begge disse problemene er løsbare med det riktige utstyret. En god del bryggekjeler er bygd opp på en måte som gjør at de har vanskelig for å tettes. Det benyttes et filter med små hull, og det tilføres nok kraft til at vørteren presses gjennom. Utstyret er vanlig å benytte for industriell produksjon, men ikke for hjemmebrygging. (Briggs 2004 s. 175)

I teorien er det lavest mulig kverningsgrad som vil gi høyest konsentrasjon av gjærbart sukker og fargestoffer i vørteren, så lenge dette ikke fører til dreneringsproblemer. Som eksempel i et forsøk av Mausia m.fl blir det testet hvilken effekt forskjellige kverningsgrader har på hydrolyse av stivelse i kvernet malt. Denne testen ble gjennomført for kverningsgrader mellom 0,1 mm og 0,8 mm, på 50 g malt kvernet på en kverningshastighet på 300 rpm. Det ble testet for glukose- og maltosekonsentrasjoner i vørteren med HPLC analyse etter 2, 5, 20, 40 og 60 minutter av meskingen. (Mausia m.fl. 2004 s. 2213-2219)

HPLC (high performance liquid chromatography) er en instrumentell analysemetode innen kromatografi. Kromatografi er en separasjons- og analysemetode basert på stoffene som skal separeres i et produkt. HPLC er en av de mer krevende væskrokromatografimetodene og benytter separasjonsprinsippene absorpsjon, fordeling, ionebytting og eksklusjon for å finne ut konsentrasjonen av løselige stoffer. (Egeland 2018)

Resultatet fra forsøket viste at konsentrasjonen av oppløste stoffer som ble oppnådd etter 60 minutter ved kverningsgrad 0,8 mm, nådde samme konsentrasjon etter 35 minutter ved kverningsgrad 0,1 mm. Dette viser dermed direkte sammenheng mellom kverningsgrad og mengde løst stoff under mesking etter gitt tid. Problemet med dette forsøket er derimot at ikke kvaliteten på mesken og vørteren er blitt vurdert, og det blir heller ikke nevnt om lav kverningsgrad har ført til dreneringsproblemer. (Mausia m.fl. 2004 s. 2213-2219)

### 2.2.2 Kverningshastighet og dens effekt på maltet

Hastigheten på valsene varierer i stor grad, men det benyttes ofte en omdreiningshastighet på 250 til 500 rpm. I tillegg kan valsene bevege seg i ulik hastighet, hvor den ene roterer med en omdreiningshastighet 1,25 ganger raskere enn den andre. Dette fører til rivning av malten i tillegg til kverningen, noe som viser seg å gi et malt som er bedre egnet for mesking. (Briggs 2004 s. 178)

I det samme forsøket av Mausia ble det også testet for hvor mye tilgjengelig stivelse som oppnås ved ulike kverningshastigheter. Det ble undersøkt forskjellen på omdreiningshastigheter på 50 rpm, 300 rpm og 700 rpm på 50 g malt. Samme målemetode som i det andre forsøket, HPLC analyse, ble benyttet. Resultatet viste en

glukosekonsentrasjon på 3,67 mg/L i løpet av 60 minutter ut i meskingen med malt kvernet med en hastighet på 50 rpm. Testen for malt kvernet med kverningshastighet på 300 rpm nådde den samme konsentrasjonen på 50 minutter, og ved omdreiningshastighet på 700 rpm ble det oppnådd samme konsentrasjon på 40 minutter. Dette viser at høyere omdreiningshastighet på valsene fører til raskere nedbryting av stivelse. (Mausia m.fl. 2004 s. 2213-2219).

### 2.3 Hvorfor reguleres pH ved brygging, og hvordan gjøres dette?

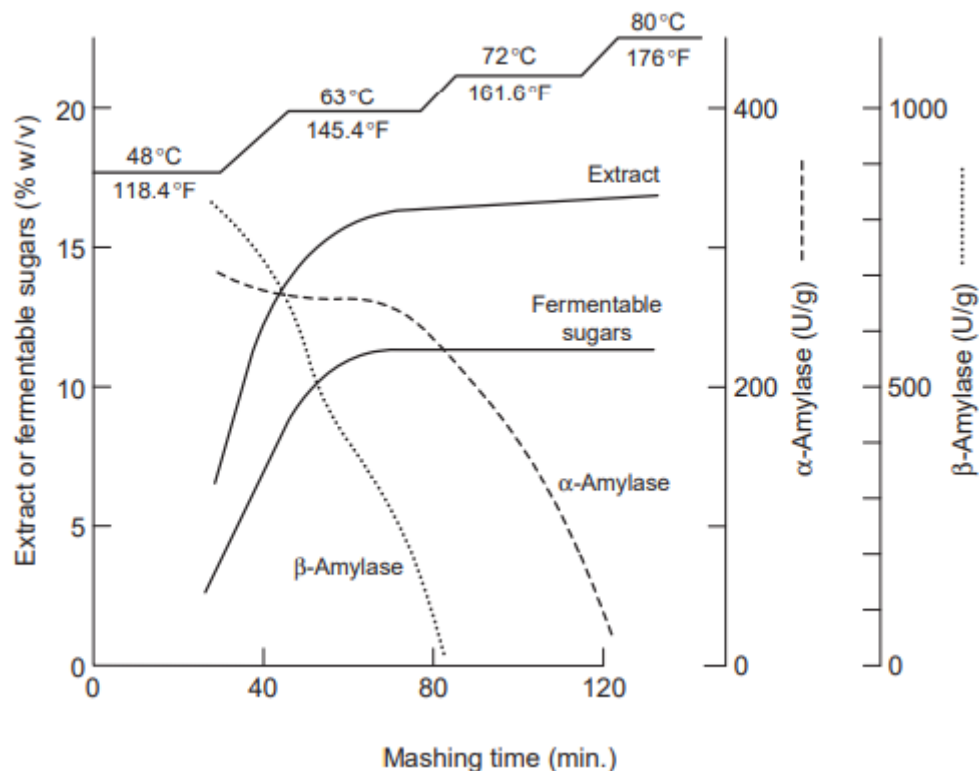
Regulering av pH gjøres for å stabilisere pH-verdien for å sikre gode forhold for utvalgte enzymer, ettersom enzymaktivitet er sterkt påvirket av pH-verdi. Naturlig i vørter vil det være forbindelser som påvirkes av temperatur, for eksempel vann som vil dissosiere mer ved økt temperatur, og dermed vil pH på vørter være lavere ved høyere temperatur. For å oppnå ønsket pH-verdi under hele prosessen benyttes ofte tilsetning av kalsiumsalter. For brygging der det benyttes store mengder mørk malt tilsettes kalsiumkarbonat,  $\text{CaCO}_3$ , for å motvirke uønsket endring i pH (Fix 1999 s. 8). Generelt vil væskeinnhold, ekstraherbare stoffer og pH reduseres med økt farge på maltet, samt antioksidativ aktivitet vil være høyere. (Coghe m.fl. 2004 s. 81). For lyse malttyper benyttes ofte syrer for å senke pH til ønsket verdi, noe som gjøres ved tilsetning av for eksempel fosforsyre eller melkesyre sammen med kalsiumkarbonat. Også sterke syrer som svovelsyre kan benyttes i storskala produksjon på grunn av økonomiske fordeler (Fix 1999 s. 10). Disse tilsetningene øker bufferkapasiteten til vørteren og forhindrer dermed i større grad forandringer av pH under oppvarming og nedkjøling. (Briggs m.fl. 2004 s. 113-116)

### 2.4 Mesking - hvordan optimaliseres forholdene for prosessen og hvilke reaksjoner må det tas hensyn til?

Å meske beskriver prosessen der stivelsen i malt blir enzymatisk hydrolysert til sukkerarter i en væske, denne væsken kalles en vørter. Prosessen i seg selv er konkret, men basert på hvilke betingelser meskingen blir utført under vil egenskapene til produktet variere. Under meskingen vil det bli benyttet flere temperaturer basert på hvilke egenskaper som er ønsket fra vørteren. Ved å legge fokus på de enzymatiske funksjonene til maltet basert på temperatur, kan ønskede egenskaper bli tilført vørteren. Enzymene som aktiveres i kornet under malting har flere funksjoner enn kun å omdanne stivelse til gjærbart sukker. (Øystå 2019)

Ulike faktorer som er med på å påvirke utbyttet av meskingen inkluderer; mesketemperatur, kverningsgrad av malt, mesketid og hvilken type malt som blir benyttet. Under meskingen ønskes det å frigi løselige stoffer fra maltet. I tillegg ønskes det for det meste å gjennomføre meskingen så hurtig som mulig uten at dette endrer resultatet fra prosessen. Under mesking vil enzymaktiviteten reduseres ettersom konsentrasjonen av gjærbart sukker øker, og når all stivelse er spaltet vil konsentrasjonen av gjærbart sukker være stabil (Briggs m.fl. 2004 s. 135-137). *Figur 2* viser forholdet mellom gjærbart sukker og enzymaktivitet. Som vist vil konsentrasjonen av gjærbart sukker etter hver stagnere. Dette skjer når det ikke lenger er noe stivelse tilgjengelig og enzymaktiviteten reduserer derfor sterkt. Figuren viser at ved omtrent 65 minutter stopper dannelsen av gjærbare sukker. Tiden dette tar avhenger for eksempel type

malt, kverningsgrad, mesketemperatur og pH, men ligger som oftest rundt 60 til 90 minutter. Dette er grunnen til at mesketid ofte er 60 minutter som standard. I disse tilfellene er det gunstig å meske på en temperatur mellom 63 °C og 68 °C, ettersom dette vil ligge rundt temperaturoptimumet for de ulike enzymene som fører til dannelsen av løst gjærbart sukker (SNL 2019). Om mesketemperaturen reduseres vil det kunne føre til at det ikke oppnås ønsket mengde løst gjærbart sukker i løpet av mesketiden. Helt ideelt vil meskingen gjennomføres så hurtig som mulig og avsluttes når alt ønsket løselig stoff er blitt løst. (NTNU 2018)



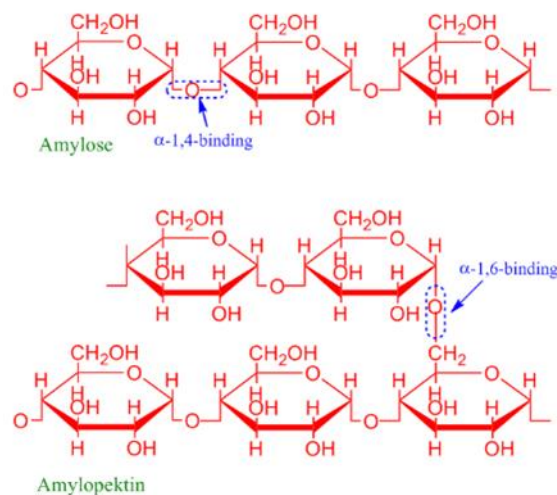
Figur 2 - Forhold mellom konsentrasjon av gjærbart sukker og enzymaktivitet, samt konsentrasjon av ekstrakter, under en stegvis meskeprosess (Briggs m.fl. 2004 s. 136)

Mekseprosessen starter med en innmesking, hvor maltet befinner seg i meskevannet. Her skal stivelsen hydrolyseres av enzymene som befinner seg i maltet. Dette skal gjøres ved en konstant temperatur ettersom det her ønskes å tilrettelegge for høy enzymaktivitet av  $\alpha$ - og  $\beta$ -amylase. Etter at maltet tilføres meskevannet vil det skje en temperatursenkning som følge av temperaturforskjellen mellom maltet og meskevannet. Etter at denne temperaturen har stabilisert seg kan det tilsettes pH-stabilisatorer, som for eksempel melkesyre, om nødvendig. Om dette tilsettes gjennomføres tester med pH-meter for å kontrollere at ønsket pH er oppnådd. (Wicklund 2019)

#### 2.4.1 Forklaring av stivelse ved varmebehandling

Stivelse er polysakkaridkjeder bestående av amylose og amylopektin. Sammen danner de stivelseskorn, hvis størrelse og form avhenger av hvilken plante stivelsen opprinner fra.

Amylopektin er et greinet molekyl og inneholder både  $\alpha$ -1,6-bindinger og  $\alpha$ -1,4-bindinger, mens amylose er en ugreinet kjede sammensatt av glukosemolekyler bundet i  $\alpha$ -1,4-bindinger (se Figur 3 - Amylose og amylopektin struktur og indikasjon på ulike bindingstyper (UiO 2020) Figur 3) og former en heliks. Ved oppvarming absorberes vann og heliksstrukturen løser seg opp, sammen med amylopektin skjer det en svelling og det dannes nye strukturer (UiO 2018). Stivelse fra ulike planter reagerer derfor forskjellig på varmebehandling. (UiO 2020)



Figur 3 - Amylose og amylopektin struktur og indikasjon på ulike bindingstyper (UiO 2020)

Ved varmebehandling over 70 °C og med minst 30 % vann til stede vil stivelseskornene ødelegges og det skjer en forklistring av stivelsen, eller geldannelse (Lande og Svihus 2019). Denne temperaturen gjelder for cereale stivelser hvor amylose og lipider forhindrer forklistring. For stivelse fra bygg ved temperaturer over 60 °C derimot, vil amylose og lipider kun virke som fortynnende og vil i mindre grad hindre geldannelse. Ved sammenlikning av bygg med ulikt innhold av amylopektin ble det bestemt at amylopektin trolig er en definerende faktor for forklistringstemperatur. Bygg med høyere innhold av amylopektin førte til geldannelse ved lavere temperatur. Selv for bygg med lavt innhold av amylopektin oppstod forklistring ved temperaturer på rundt 60 °C, men grad av geldannelse reduseres sterkt ved reduksjon av amylopektin. (Tester og Morrison 1990 s. 551-557)

#### 2.4.2 Hvilke enzymatiske prosesser finner sted under mesking?

Enzymatiske prosesser påvirkes av pH og temperatur i en væske. Et enzym fungerer på den måten at et område på overflaten, kalt det aktive setet, vil endre form basert på miljøet enzymet befinner seg i. Som følger av dette vil effektiviteten til enzymet variere enten positivt eller negativt basert på en endring i pH og temperatur. (Hauge m.fl. 2020)

Det er sju store enzymgrupper (se Tabell 2) som benyttes i meskeprosessen, disse har funksjoner som proteinspaltning, stivelsesløsning og spaltning av lengre peptidkjeder til fritt aminonitrogen for å nevne noe.



Tabell 2 - Oversikt over ulike enzymeres funksjon, pH-optimum og temperaturoptimum

Enzym	Funksjon	pH-optimum	Temp-optimum
<b>Fytase</b>	Reagerer med fytinsyre og frigjør fosfat	4,5 – 5,2	30 °C – 45 °C
<b>β-glukanase</b>	Bryter ned β-glukan	4,5 – 5,5	40 °C – 48 °C
<b>α-Amylase</b>	Hydrolyserer α-1,4-bindinger langs stivelsesmolekylene	5,6 – 5,8	65 °C – 70 °C
<b>β-Amylase</b>	Hydrolyserer α-1,4-bindinger på enden av stivelsesmolekylet	5,4 – 5,5	55 °C – 65 °C
<b>Isoamylase</b>	Hydrolyserer α-1,6-bindinger, hydrolyserer amylopektin	5,5 – 6,0	45 °C – 55 °C
<b>Proteaser og peptidaser</b>	Enzymer med evnen til å bryte ned proteiner til korte kjeder.	5,5 – 7,3	45 °C – 55 °C

Den første gruppen kalles fytase, denne har som funksjon å senke vørterens pH ved å katalysere nedbrytingen av fytat. Ved å bryte ned dette stoffet vil det frigis uløselig fosfor, kalsium og magnesium samt en svak syre som kalles fytinsyre (Palmer 2017 s. 243). Fytase har en optimumstemperatur på 30 °C – 52 °C. For å senke pH ved hjelp av fytase er det nødvendig å la vørteren hvile ved optimumstemperaturen til fytase over en lengre periode. Med tanke på optimalisering av bryggeprosessen er dette ikke en gunstig måte å optimalisere pH i vørter på. Ettersom kunnskap om mineraltilsetning i øl er blitt bedre og måter å senke pH på har blitt oppdaget, er ikke dette enzymet like nødvendig i moderne bryggeri. (Briggs m.fl. s. 163-164)

Korn inneholder β-glukan, dette er en form for polysakkarid som består av β-glukose med β-1,4-bindinger og β-1,3-bindinger. β-glukan har opphav i celleveggen til korn, sopp og bakterier, og har flere funksjoner basert på hvilken organisme det befinner seg i. I øl vil β-glukan bli hydrolysert til oligosakkarider, også kjent som glukan, men ikke dextriner. Disse oligosakkaridene vil videre bli hydrolysert av amylase for å danne gjærbart sukker. (Mallett 2014 s. 234; Palmer 2017 s. 249)

### 2.4.3 Viktige egenskaper hos amylase – Hva fører til høy enzymaktivitet?

Når maltet blir tilsatt meskevannet, vil mesteparten av karbohydratet i kornet være stivelse. I denne formen har ikke gjæret evnen til å fermentere det, derfor er det nødvendig å spalte stivelsen til glukose. Det eksisterer to former for amylase,  $\alpha$ -amylase og  $\beta$ -amylase, disse påvirker stivelse på forskjellige måter. Enzymer har vanligvis spesifikke funksjoner, i dette tilfellet vil enzymene kun katalysere bestemte områder på stivelsestråden.  $\alpha$ -amylase har som funksjon å spalte  $\alpha$ -1,4-bindinger langs stivelsestråden, mens  $\beta$ -amylase vil bare spalte  $\alpha$ -1,4-bindinger mellom to glukoseenheter fra enden av stivelsestråden. Basert på temperaturen i miljøet enzymene befinner seg i, vil typen sukker som blir dannet variere. Om temperaturen heves til 75 °C vil det dannes dekstriner av stivelsen. Dekstrin er ikke et gjærbart sukker og vil derfor ikke kunne benyttes i gjæringsprosessen. (Briggs m.fl. 2004 s. 47, 89; Palmer 2017 s. 249)

Temperaturoptimumet for  $\alpha$ -amylase defineres ulikt, men i samme område i ulike kilder: 68 °C – 72 °C (Mallett 2014 s. 255), 60 °C – 75 °C (Palmer 2017 s. 249), 65 °C – 70 °C (Briggs m.fl. 2004 s. 47). Området kan derfor med forbehold begrenses til 65 °C – 70 °C.  $\alpha$ -amylase defineres med pH-optimum på 5,3 til 5,7.  $\beta$ -amylase har et temperaturoptimum på 55 °C – 65 °C og et pH-optimum på 5,0 til 5,5. Ved å heve temperaturen til 75 °C vil aktiviteten til  $\beta$ -amylase reduseres, noe som fører til mindre dannelse av gjærbart sukker. Om en vørter blir tillaget på denne temperaturen vil sammensetningen av karbohydrater inneholde mindre gjærbare sukkerarter, og det dannes et øl med lav alkoholprosent. Ved brygging av øl er det ofte ønsket å danne så mye gjærbart sukker som mulig, derfor vil temperaturen ligge på optimumet for  $\alpha$ -amylase og  $\beta$ -amylase. Isoamylase eksisterer også i malt, dette er en annen form for amylase som kan hydrolyserer  $\alpha$ -1,6-bindinger på molekyler av amylopektin, men denne er i mindre grad aktiv under brygging. (Briggs m.fl. 2004 s. 47, 89; Palmer 2017 s. 249)

### 2.4.4 Hvorfor er proteaser viktig for dannelse av løselige nitrogenholdige stoffer og hva har dette å si på det endelige produktet?

Blandingen av ulike maltensymer som inngår i den hydrolytiske nedbrytingen av proteiner under mesking er kompleks. De store endo-peptidasene, eller proteasene, angriper flere ulike spesifikke områder på polypeptidkjedene. Dette skjer ved både frie og bunnede enzymer. De viktigste proteasene som står for 90 % den protolytiske aktiviteten er tiol-avhengige. (Briggs m.fl. 2004 s. 145)

Cystein, som finnes i mange typer proteiner, inneholder tioler som ofte deltar i enzymatiske prosesser som en nukleofil. Proteiner kan modifiseres av tioler og endre struktur ved at det dannes disulfidbindinger mellom svovel hos to tiolgrupper innad i et protein. Når det tiolmodifiserte proteinet er et enzym blir proteinets katalytiske funksjon endret. Enten som en konsekvens av endringer i proteinstrukturen, ved at strukturen blir mer åpen for påvirkning av enzymer, eller på grunn av at reststoffet fra tiol er direkte involvert i enzymkatalysen. (Corso m.fl. 1994 s. 745-747)

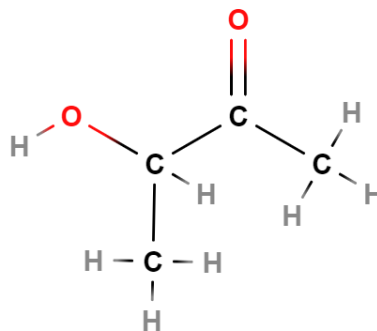
Tilgang på nitrogen er også viktig for gjærvekst under fermentering, ettersom at mange av gjærens vekstfaktorer er nitrogenholdige stoffer. Gjæren er avhengig av umettede fettsyrer og

steroler, samt vitaminer, for anaerob vekst. Mange av disse stoffene finnes bundet i malten og frigis under meskingen. Det er også en del vitaminer som finnes i korn og brytes ned eller forsvinner i prosessen, for eksempel vitamin C som brytes ned under tørking av korn i maltproduksjon. Likevel er det fortsatt noen vannløselige vitaminer og vekstfaktorer som er blitt observert i komplekse brygg, og disse er trolig ansvarlige for forbedrede vekstforhold for gjæren. (Briggs m.fl. 2004 s. 149–151)

I korn befinner det seg en rekke proteiner, for eksempel glutenin og gliadin. I et ferdig produkt vil disse proteinene fremme produksjonen av skum, men dette kan ikke forekomme med proteiner i lange kjeder. Malt inneholder protease, som består av om lag 40 forskjellige enzymer, dette er en enzymgruppe som står for spaltingen av proteiner. Hovedsakelig er det ikke ønsket å benytte malt med et høyt innhold av protein ettersom dette fremmer dårlige kvaliteter i sluttproduktet. Lange proteinkjeder vil gjøre ølet mindre klart. Ved å bryte ned de lengre proteinkjedene vil ølet fremstå som klarere. Dette kan også oppnås ved å tilsette et klaringsmiddel til ølet. (Briggs m.fl 2004 s. 49; Palmer 2017 s. 249, 482)

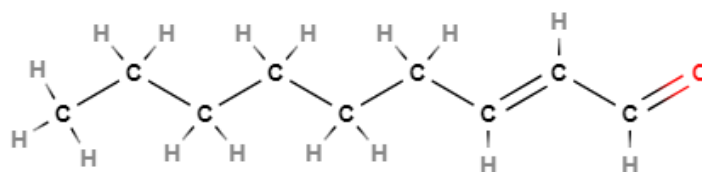
#### 2.4.5 Forbindelser som fører til usmak i øl og hvordan unngå disse

Enzymet  $\alpha$ -acetolaktat dekarboksylase kan tilsettes øl for å bryte ned substratet til karbondiksid og 3-hydroksybutanon (se Figur 4). Dermed kan det unngås dannelse av diacetyl som sikres en mer stabil smak. (Fix 1999 s. 137-139)



Figur 4 - Strukturformelen til 3-hydroksybutanon

Generelt blir lipaser og lipoksygenase sett på som uønskede forbindelser i øl (Briggs m.fl. 2004 s. 49; Fix 1999 s. 138). Dette er viktige enzymer i forhold til dannelse av Trans-2-nonenal (T-2-N) (se Figur 5), som har en kraftig papirliknende smak. Tilstedeværelsen av dette umettede aldehydet anses å være en kvalitetsfeil. Ulikt andre forbindelser er andelen øldrikkere som er smaksblinde til T-2-N svært lav. I tillegg kreves det kun 0,00010mg/L for å kunne oppfatte smaken av forbindelsen, noe som gjør at tilstedeværelse av T-2-N lett oppdages av forbrukeren. (Fix 1999 s. 137-139)



Figur 5 - Strukturformel til trans-2-nonenal

## 2.5 Viktigheten av riktig og konsekvent skylling av vørter

Etter meskingen vil det være en blanding av vann med både oppløste og uoppløste stoffer. Det som ønskes å ta vare på her for videre brygging av øl er vørteren, væsken med de oppløste stoffene. Den må derfor skilles fra mesken, de uoppløste stoffene. Disse skilles i en separeringsprosess, også kalt «lautering» på engelsk, hvor mesken først separeres fra vørteren og deretter skylles med skyllevann. Med denne metoden vil det bli dannet to vørtere. Den første kommer fra separering av vørteren og mesken, og gjøres med en sil. Den andre vørteren blir dannet ved tilførsel av skyllevann til mesken. På denne måten blir mesken drenert for resterende løst stoff. Vannmengden som benyttes til skylling vil påvirke ølets totale konsentrasjon, og derfor er det viktig at det blir tilført lik mengde vann i hver bryggeprosess. Dette gjør at vørterens konsentrasjon av ønskede oppløste stoffer blir den samme hver gang. (Kunze 2004 s. 255)

For bryggekjeler, slik som Speidel Braumeister, skjer skylling av mesken i direkte i bryggekjelen før den separeres fra vørteren (*se kapittel 2.10.1 for mer*). Siden mesken og vørteren ikke skilles vil kun en vørter dannes. Det er vanlig i utstyr for hjemmebryggere at vørterene ikke separeres, men befinner seg i samme beholder. Skyllevannet kan her enkelt regnes ut ved å benytte digitale brygge kalkulatorer. (Kristianiabrygg 2011 s. 12)

### 2.5.1 Bestemmelse av mengde skyllevann ved tillagning av to vørtere

Som nevnt tidligere vil mengde skyllevann endre vørterens konsentrasjon av oppløste stoffer. Om det benyttes større mengde vann ved skylling vil denne konsentrasjonen i stor grad reduseres. Mengden vann som benyttes er derfor basert på man må bruke på skyllingen baseres ut på hvor høy konsentrasjonen av oppløste stoffer det er i den første vørteren. Mengden vann som benyttes er derfor basert på hvor høy konsentrasjon av løst stoff som ønskes i vørteren. Det anbefales at den første vørteren har 4 % – 6 % høyere innhold av oppløste stoffer enn i den ferdige vørteren. *Tabell 3* viser en prosess hvor det blir dannet to vørtere, og forholdet mellom volumet av den første vørteren og hvor mye vann som skal benyttes i skyllingen av den andre vørteren. Dette på grunnlag av hvor mye vann som må tilsettes den første vørteren for å få dannet en vørter med 12 % løst sukker. Altså hvis konsentrasjonen i den første vørteren er på 16 %, så bør det være 1,2 enheter med vann per 1 enhet av den første vørteren. Dette viser at mengden skyllevann blir større om konsentrasjonen er høyere. (Kunze 2004 s. 256)

Tabell 3 - Oversikt over forskjellige ratioer med første vørter til skyllevann ved forskjellige konsentrasjoner i første vørteren for å oppnå 12 % vørter. (Basert på tabell fra Kunze 2004 s. 256)

<b>Følgende er gjeldene for å få en 12 % vørter</b>	
Konsentrasjon av den første vørteren (%)	Forhold mellom første vørter og skyllevann
14	1 : 0.7
16	1 : 1.2
18	1 : 1.2
20	1 : 1.5
22	1 : 1.9

## 2.6 Koking og hvilken effekt dette har på vørteren

Koking av vørteren blir gjort for å stoppe enzymaktiviteten og for å drepe mikroorganismer, noe som sikrer et trygt produkt. I tillegg vil vann fordampe ved koking og føre til en oppkonsentrasjon av vørteren, samt at uønskede komponenter kan fordampe. I kokingen tilsettes humle på ulike tidspunkter, avhengig av hvilken smaksprofil man ønsker på det endelige produktet. Ofte benyttes også flere typer humle som tilsettes på ulike tidspunkter i kokingen. Eksempelvis er det vanlig å tilsette bitterhumle i starten av kokingen og aromahumle på slutten. Ulike typer humle inneholder ulike komponenter, hvor de viktigste er  $\alpha$ -syrer,  $\beta$ -syrer og iso- $\alpha$ -syrer, som reagerer ulikt på varmebehandling ved at de for eksempel har ulikt kokepunkt (Taniguchi m.fl. 2015 s. 10181). Stoffene vil derfor ha ulik fordampningshastighet og det risikeres at noen forbindelser forsvinner ved høy varmebehandling. Hele kokeprosessen tar som regel 60 til 90 minutter. (NTNU 2018)

### 2.6.1 DMS – hva er det og hvordan fjerne det fra vørteren?

Dimetylsulfid (se Figur 6), DMS, er et stoff som forekommer i øl ved nedbrytingen av S-metyl metionin (SMM). Øl som inneholder DMS vil ha en ubehagelig smak som kan minne om kokte grønnsaker (Hough m.fl. 1982 s. 869). Forekomsten av DMS baserer seg i stor grad på hvilket malt som blir benyttet. Etersom at DMS er et produkt av nedbryting av SMM vil det dannes mer DMS fra et malt som inneholder mer protein. Kornslag med et høyt innhold av protein, slik som bygg, vil derfor ha potensialet til å skille ut store mengder DMS. DMS forekommer ved en metabolsk metylering av SMM, under oppvarmingen av maltet. For å redusere innholdet av DMS i et øl er det nødvendig å koke det ut. Kokepunktet til DMS er på 35 °C – 41 °C, derfor vil mesteparten fordampe under koking. DMS kan oksidere til det mindre flyktige stoffet DMSO, som ikke vil fordampe under koking, men kan bli redusert av gjær under gjæringsprosessen tilbake til DMS. (Briggs m.fl. 2004 s. 165)



Figur 6 - Illustrasjon av oppbygningen til dimetylsulfid

### 2.6.2 Fargestoffer – Hvordan produseres disse og hvordan reguleres farge på øl?

Fargen på vørteren er avhengig av dannelse av fargestoffer i to prosessstrinn; ved tørking av malt, hvor det dannes reduserbare sukker, og ved koking av vørter. Under koking av vørteren vil det forekomme en kompleks serie interaksjoner mellom de reduserbare sukkerartene og aminer som er til stede i vørteren. Karamellisert sukker og melanoidiner fra malten, eller andre tilsetninger, vil i hovedsak være forbindelser som gir vørteren farge under kokingen (Briggs m.fl. 2004 s 695). I amerikansk øl estimeres det at omtrent en tredel av fargen kommer fra tørking av malt, mens to tredeler produseres under koking av vørteren. (Hough m.fl. 1982 s. 462)

Små justeringer av fargen kan gjøres ved tilsetning av karamellfargestoff, gjerne kalt sukkerkulør (Uggerud 2018), til vørteren. I øl er sukkerkulør i form av kaustisk sulfittert karamell og ammonisert karamell lovlig (Forskrift om tilsetningsstoffer til næringsmidler 2011 Forordning 1333/2008 Kapittel VI Vedlegg II Del E punkt 14.2.1). Kaustisk sulfittert karamell (E150b) dannes ved tilsetning av svoveloksid ved brenning av sukker, mens ammonisert karamell (E150c) dannes ved tilsetning av ammoniakk eller ammoniumsalt (Uggerud 2018). Andre forbindelser som bidrar til farge på øl er oksiderte polyfenoler, noe som spesielt skjer om det er metallsporer til stede. Den gule fargen i lys øl er sterkt tilknyttet innhold av riboflaviner. (Briggs m.fl. 2004 s. 695)

## 2.7 Nedkjøling og måling av specific gravity

Etter koking av vørter ønskes det en rask nedkjøling til gjæringstemperatur. Den viktigste grunnen til dette er at vørteren her er svært utsatt for kontaminasjon. I tillegg er varm vørter mer utsatt for oksidasjon, noe som ikke er ønsket, sammenliknet med avkjølt vørter. Etter avkjøling kan specific gravity (SG) måles (*se Kapittel 2.11.3*). Her måles mengde løst stoff i vørteren. SG er et mål på væskens tetthet som et resultat av oppløste stoffer. Tettheten gir et bilde over utbyttet fra meskingen. (NTNU 2018)

## 2.8 Hva er gjæring? - Prosessens forløp

Gjær blir tilsatt for å omdanne det gjærbare sukkeret, som dannes under mesking, til etanol og CO<sub>2</sub>. Selve gjæringsprosessen deles inn i 4 faser; (NTNU 2018)

- Lagfasen (0-15 timer), hvor gjæren tilpasser seg det nye miljøet.
- Eksponentiell fase (4 timer – 4 dager), hvor gjæren forbruker oksygen og dermed produserer CO<sub>2</sub>.

- Fermenteringsfasen (3-10 dager), hvor gjæren danner CO<sub>2</sub> og etanol, samt aromastoffer og smaksstoffer. Denne fasen inntreffer når det ikke er noe mer oksygen tilgjengelig.
- Sedimentering, hvor gjæren synker til bunns.

Ved starten av gjæringen ønskes tilgang til oksygen ettersom dette fører til at gjæren kan formere seg. Når prosessen er i gang, er det viktig at det ikke er tilgang på oksygen, slik at det ikke forekommer en feilaktig gjæring. Viktige faktorer ved gjæringen er temperaturkontroll og at gjæren har rikelig med næring. (NTNU 2018)

## 2.9 Modning – hvordan karboneres ølet?

Når gjæringsprosessen er ferdig, tappes ølet på flaske og det kan tilsettes sukker for ettergjæring. Dette gir gjæren tilgang på enkle sukkerarter og vil føre til smaksendring, samt økt alkoholinnhold i produktet. Flaskene ølet tappes på må være desinfiserte for å unngå kontaminasjon. Ettergjæringen fører til dannelse av CO<sub>2</sub> og dermed gir dette et karbonert produkt, noe som tar 1 til 2 uker. Karbonering kan også ved å beholde ølet på fat som trykkes til det oppnås en likevekt, og CO<sub>2</sub> blir tilført produktet. Karbonering kan også gjøres ved å beholde ølet på fat som trykkes til det oppnås en likevekt, og CO<sub>2</sub> blir tilført produktet. (NTNU 2018)

## 2.10 Bryggeutstyr – Ulike typer og hvordan en maskin fungerer

I alle former for bryggeutstyr vil utstyret gjenspeile at to hovedprosesser skal gjennomføres; mesking og gjæring. Om øl skal produseres på en industriell skala er det nødvendig å ha utstyr som gjør meskeprosessen og gjæringen mulig. Tradisjonelt innen store bryggerier benyttes fire beholdere under en meskeprosess, disse er:

- Et meskekar, hvor vann og malt blir varmet
- Det første kokekar, hvor deler av væsken blir kokt
- En «lauter tun» eller separeringskar, hvor mesken og vørteren blir skilt
- Et andre kokekar, hvor vørteren blir kokt

For mindre bryggerier, slik som hobbybryggere og småbryggeri, vil det være bedre egnet å benytte et eget gjæringskar, samt et meskekar som er sammensatt med et kokekar. (Kunze 2004 s. 331-334)

For nye moderne bryggeprosesser vil det ofte bli lagt til en beholder til. Denne beholderen virker som en buffer slik at den ferdige vørteren kan forflyttes fra meskekaret, og en ny meskeprosess kan starte. Fordelen med å gjøre dette er å kunne utføre flere brygg på en dag og dermed heve produksjonen til bryggeriet. (Kunze 2004 s. 331-332)

Det har lenge blitt benyttet kobberkjeler for å produsere øl, men kobber vil irre og danne et brunt belegg som blir grønt ved dårlig vedlikehold. Om en kobberkjel blir vedlikeholdt med rengjøring og polering regelmessig, vil problemer med irr forsvinne. Rundt 1965 ble det innført kjeler laget av nikkeltromstål, disse har en rekke egenskaper som gjør de mer egnet til industriell brygging. Bryggekjeler laget av nikkeltromstål er billigere og enklere å produsere,

rustet ikke og de kan trykt bli rengjort ved hjelp av «Clean in Place» (CIP). Som følger av disse egenskapene blir bryggekjeler av nikkeltromstål benyttet hos de fleste store bryggerier. (Kunze 2004 s. 332-334)

#### 2.10.1 I prosjektet benyttes en Speidel Braumeister – Hvordan virker denne?

I gjennomføringen av bryggeprosessen vil det benyttes en Speidel Braumeister. Dette bryggeapparatet har et digitalt display for programmering og temperaturinnstilling. Dette vil si at kjelen kan programmeres til å varmes opp og kjøles ned tidsbestemt, noe som sørger for at tiden en mesk befinner seg i et temperaturområde blir opprettholdt.

En Speidel Braumeister er satt sammen av en rekke enkle deler som til sammen utfører en kompleks prosess (*se Figur 7*). Ved første øyekast består bryggekjelen av en metallkjele med et display som står på 3 ben, dette huser hele konstruksjonen som får bryggeapparatet til å fungere. Speidel Braumeister benytter et maltrør som holder på kornet. Røret er laget av rustfritt stål som sørger for en korrosjonsfri overflate. Funksjonen til røret er å holde på maltet under mesking, dette gjøres ved å sette inn en perforert plate, og deretter et metallnett, i bunnen av røret. Dette holder på plass maltet og lar vann drenere gjennom. Mange bryggeapparater lar vann drenere gjennom malten, men på dette bryggeapparatet blir meskevannet ført gjennom maltet fra undersiden og opp. Om dette har en effekt på resultatet i forhold til å la vannet drenere gjennom maltet er uvisst.

Når maltet er tilført maltrøret, vil det bli påført et metallnett og en perforert metallplate, likt som det i bunnen av røret, men motsatt. Ved å sette sammen maltrøret på dette viset dannes det et kammer der meskevannet kan drenere gjennom maltrøret, mens maltet forblir i maltrøret. Maltrøret er plassert på en trekkstang som har flere funksjoner. Det er på denne sentrerte stangen stigbøylen blir skrudd fast for å holde på maltrøret under mesking, men den fungerer også som en nivåmåler for væske. Rundt maltrøret befinner det seg en varmespiral. Denne blir det sendt 2000 Watt gjennom for å varme opp mesken til den valgte temperaturen. Valg av temperatur blir gjort gjennom displayet hvor bryggekjelen blir programmert. Under meskeapparatet er det en pumpe, dette er pumpen som fører vørteren gjennom maltet. Når meskingen er ferdig, er det nødvendig å løfte maltrøret ut av vørteren, deretter vil maltrøret bli plassert over vørteren, og mesken blir tilført skyllevann. Maltrøret blir holdt over vørteren ved hjelp av støttebøylen som legges under støttebolten. Etter skyllingen blir vørteren kokt, og deretter føres den ut av bryggekjelen gjennom tappekranen. (Kristianiabrygg 2011 s. 4)





Figur 7 - Oppbygning av Speidel Braumeister med navn på komponenter (Kristianiabrygg 2011 s. 4)

Måten denne maskinen er bygd opp på har som formål å gjøre meskeprosessen så effektiv og så lett å rengjøre som mulig. Dette gjenspeiles i hvordan bryggekjelen er bygd opp av modulære deler som kan plukkes fra hverandre, noe som gjelder for maltrøret, pumpen og festeanordningene. Når Speidelen skal rengjøres er det viktig å gjennomføre dette hurtig etter mesking, grunnet meskens evne til å klebe seg til innsiden av kjelen. Dermed kan det oppstå vanskeligheter med å fjerne innholdet med tilegnet vaskemiddel. Det bør ikke benyttes skuremidler og redskaper som sliter overflaten på innsiden av kjelen, ettersom slitasje på kjelen fører til en vanskeligere rengjøringen senere. Pumpen og rørene bør spyles gjennom grundig og ofte, dette gjøres ved å pumpe rent vann gjennom systemet. Pumpen åpnes og rengjøres på innsiden, men det må tas hensyn til at elektronikken ikke blir påført vann. Delene av kjelen som ikke skal være i kontakt med mesken skal støvtørkes. Viktigheten av godt renhold gjenspeiles i kvaliteten på det ferdige produktet. (Kristianiabrygg 2011 s. 4-5)

## 2.11 Målemetoder og hvordan de utføres

Det å produsere en vørter vil ikke kunne gi mye informasjon i seg selv, det er nødvendig å utføre målinger som kan si noe om egenskapene til produktet. I dette kapitlet blir det forklart hvilke tester som vil bli gjennomført, hvordan de utføres og hva disse indikerer.

### 2.11.1 Jod-test for indikasjon av tilstedeværelse av stivelse

Reagensen består av en blanding av jod og kaliumjodid løst i vann. Ettersom jod ikke er lett vannløselig er det ikke mulig å lage en jod-vannløsning, det er nødvendig å tilsette et annet stoff som gjør jod løselig. Ved å lage en blanding av jod og kaliumjodid blir det tilrettelagt en

reaksjon mellom  $I_2$  og  $I^-$ , dette danner et linjert trijodid som har en ubalansert ladning (Kofstad m.fl. 2019). Ettersom dette molekylet ikke lengre er nøytralt ladet vil løseligheten heves. Trijodid vil kunne befinne seg i samme løsning som stivelsen, men reaksjonen som skjer mellom disse to stoffene er ikke direkte kjemisk. Fargeendringen forekommer av trijodid som binder seg til amylopektins  $\alpha$ -heliks (Mallett 2014 s. 101). Ettersom absorpsjonen av lys blir endret vil løsningens farge endres fra lys gul til mørk blå, eller sort. Omsider vil ikke denne reaksjonen kunne forekomme for noen andre polysakkarider, slik som cellulose og amylopektin, ettersom deres tertiære strukturer ikke tillater denne reaksjonen. (Kofstad m.fl. 2019).

### 2.11.2 Måling av sukkerinnhold ved brix-måling

Når en væske blir tilsatt sukker, vil løsningens evne til å bryte lys endres. Dette kan utnyttes til en metode for å måle mengden løste stoffer i en væske, også kjent som brix-måling ( $^{\circ}Bx$ ). Når lys beveger seg fra et medium til et annet, vil det skje en lysbrytning grunnet endingen i tettheten til de to stoffene. Fenomenet kan utnyttes til å beregne mengden løste stoffer i løsninger, som for eksempel glukose i vørter. For å gi en pålitelig måling er det nødvendig å opprettholde standardforhold eller benytte en korreksjonstabell. (Skaar 2018)

For å måle  $^{\circ}Bx$  benyttes et refraktometer. Et refraktometer er et redskap som benytter en lyskilde der lyset brytes av en prøve. Når prøven bryter lyset, vil graden av lysbrytningen kunne observeres i objektivet. Objektivet er enten digitalt eller optisk. Basert på hvilket instrument som benyttes vil påføringsmetoden variere. De små, analoge måleinstrumentene vil ha et påføringspunkt på fremsiden slik som vist i Figur 8. (Skaar 2018)



Figur 8 - Analogt, håndholdt refraktometer (Bryggol 2020)

Et analogt refraktometer (se Figur 8) anvendes på det viset at væsken som skal måles påføres objektivet på fremsiden (til venstre i figuren). Brytningen av lyset vil deretter kunne bli målt ved å se gjennom objektivet.

### 2.11.3 Måling av sukkerinnhold ved specific gravity-måling

Om tettheten til en væske skal måles er det mulig å benytte en kalibrert flottør, dette kalles en oecslepekt. Om et volum vann blir tilsatt sukker vil væskens massetetthet stige. Om en oecslepekt blir plassert i et kar med rent vann og en sukkerløsning vil den flyte høyere i karet med sukkerløsning enn karet med vann ettersom sukkerløsningen ikke tillater oecslepekten å fortrenge like mye væske. (Spedding 2016 s. 131)

Når en oecslepekt blir plassert i væsken som skal måles, vil den stabilisere seg et sted i væsken. Om det er tilstrekkelig med væske vil den flyte på et punkt basert på tettheten til løsningen. Når verdien skal leses av, benyttes den oppmerkede delen av oecslepekten (*se den øvre delen av Figur 9*). Det lages en tenkt linje hvor væskeoverflaten krysser oppmerkingene. Den verdien som er merket av hvor væskeoverflaten ligger er resultatet, altså væskens tetthet. (Spedding 2016 s. 131)



*Figur 9 - Oecslepekt med oppmerking for specific gravity (homebrew 2020)*

### 2.11.4 Hvordan måles pH?

Surhetsgraden i en løsning, eller pH i en løsning er en beskrivelse på hvor mange frie  $H^+$ -ioner som befinner seg i en løsning. I enzymatiske prosesser vil pH ha en innvirkning på enzymets effektivitet. Effekten til et enzym vil variere basert på hva pH-verdien er, men det vil eksistere et eller flere punkter hvor effekten er høyere. (Pedersen 2015)



*Figur 10 - Digital pH-måler til bruk i væsker (Maxsievert 2020)*

For å måle pH i en væske er det nødvendig å benytte et pH-meter. *Figur 10* viser en digital pH-måler, denne typen instrument benytter to elektroder hvor spenningsforskjellen mellom dem er proporsjonal med væskens pH. På figuren befinner elektrodene seg nederst på bildet i form av en metall-del og en glass- og plastdel, disse føres ned i væsken for å utføre målingen. Måleresultatet vil bli oppgitt på displayet på den øvre delen av instrumentet. (Pedersen 2015)

### 3 Praktisk utførelse av bryggeprosessen

Den praktiske utførelsen er en beskrivelse av hvordan informasjonen som er innhentet i teoridelen kan benyttes for tillagning av en vørter med det beste utbyttet av gjærbart sukker og fargestoffer. Bryggeoppskriften (se vedlegg 1) som benyttes er optimalisert for å produsere en vørter som gir det største utbyttet av gjærbart sukker. Kapittelet går stegvis gjennom hvordan bryggeprosessen og ulike skal utføres.

#### 3.1 Hva skal skje i bryggeprosessen

Prosessen skal undersøke hvilken effekt kverningsgrad og mesketid har på en meskeprosess, hvor mesketemperatur og pH er standardisert. Her skal det beskrives hvordan meskeprosessen skal utføres, dette innebærer de ulike parameterne, utstyr og prosedyre som skal benyttes. Det er benyttet både teori og meddelelser fra erfarent personell for å fastsette innenfor hvilket område de ulike variable parameterne skal undersøkes, samt for hvilke verdier de standardiserte parameterne er satt til. Kildene blir benyttet for å gi et saklig grunnlag for hvilke verdier som blir benyttet under praktisk utførelse. Prosessbeskrivelsen skal gi et innblikk i hvilket utstyr som benyttes og hvordan disse fungerer. Det vil bli brukt en Speidel Braumeister i utførelsen, en allsidig bryggekjele med mulighet for innprogrammert operasjon. Utførelsen skal bestå av flere trinn som beskriver forskjellige deler av prosessen. Det skal utføres et forprosjekt med formål å gi et innblikk i meskeprosessen, forventede verdier, testene som skal utføres og utstyret som skal benyttes.

Det skal totalt bli utført 2 forprosjekter, hvor det første prosjektet har som funksjon å gi et innblikk i variasjoner mellom kverningsgrad. Her skal det utføres to meskinger med samme type malt med ulike kverningsgrader. Det vil måles utbytte, samt mengde stivelse som har blitt frigitt fra maltet og i hvilken grad dette er spaltet. Målingen av stivelsen i væsken vil bli gjort ved hjelp av en jod-test. Dette innebærer å benytte et spektrofotometer som måler absorpsjonen av lys i løsningen med jod-stivelseskompleks. Basert på resultatene på det første forprosjektet vil parameterne for forprosjekt 2 bli satt. Formålet med det andre forprosjektet er å benytte parameterne som ga det beste resultatet i forprosjekt 1 og se om de kan replikeres. Her vil sammenlikningene gjøres basert på jod-testen og grafen den beskriver, samt måling av SG.

Hoveddelen av utførelsen vil være en prosess hvor det produseres flere batcher vørter som sammenliknes. Disse vil ha mesketemperatur og pH som er bestemt fra en teoretisk vurdering, men har variable mesketider og kverningsgrad på maltet. Prosessen for å produsere denne vørteren vil være den samme som ble utført i forprosjektene. Alle meskingene vil ha en unik kombinasjon av kverningsgrad og mesketid, hvor det på hver av disse vil bli gjennomført tre paralleller. Snittverdien til parallellene vil bli sammenliknet mellom alle prosessene. Dette gir et bilde over hvilken kverningsgrad og mesketid som gir det beste utbyttet av løst gjærbart sukker. I alle meskeprosessene skal det utføres tester for løst stoff, både måling av SG og brix-måling. Denne informasjonen skal benyttes for å anslå utbyttet for prosessene. Resultatet skal bli vurdert og konklusjonen skal beskrive hvilken kombinasjon av parametere som gir det beste utbyttet.

### 3.1.1 Hvorfor benytte standardisert temperatur og pH i meskeprosessen

For å besvare problemstillingen «Hvordan vil maltets kverningsgrad og mesketid påvirke utbyttet av gjærbart sukker i en meskeprosess ved standardisert temperatur og pH?» er det ønsket å gjøre en praktisk gjennomførelse av prosjektet. Planen er å gjøre en praktisk gjennomførelse hvor mesketemperaturen og pH er bestemt, dette kommer av hvordan enzymer reagerer på endring i pH og temperatur. Det er flere grunner til at disse to parameterne har blitt satt til å være konstante. For det første ville det blitt for mange parametere å teste om kverningsgrad, mesketid, mesketemperatur og kverningsgrad skulle blitt undersøkt. Dette ville gjort utførelsen av prosjektet unødvendig langt og komplekst å gjennomføre. Den andre grunnen baserer seg på hvordan effektiviteten til et enzym fungerer. Et enzym vil ha variabel effekt basert på hvilken pH og temperatur det er i miljøet det plassert i. Som følge av dette vil det være ulogisk å teste for disse parameterne da det trolig kun vil vise at pH- og temperaturoptimumet er det mest gunstige.

### 3.1.2 Overblikk over den praktiske utførelsen av bryggeprosessen

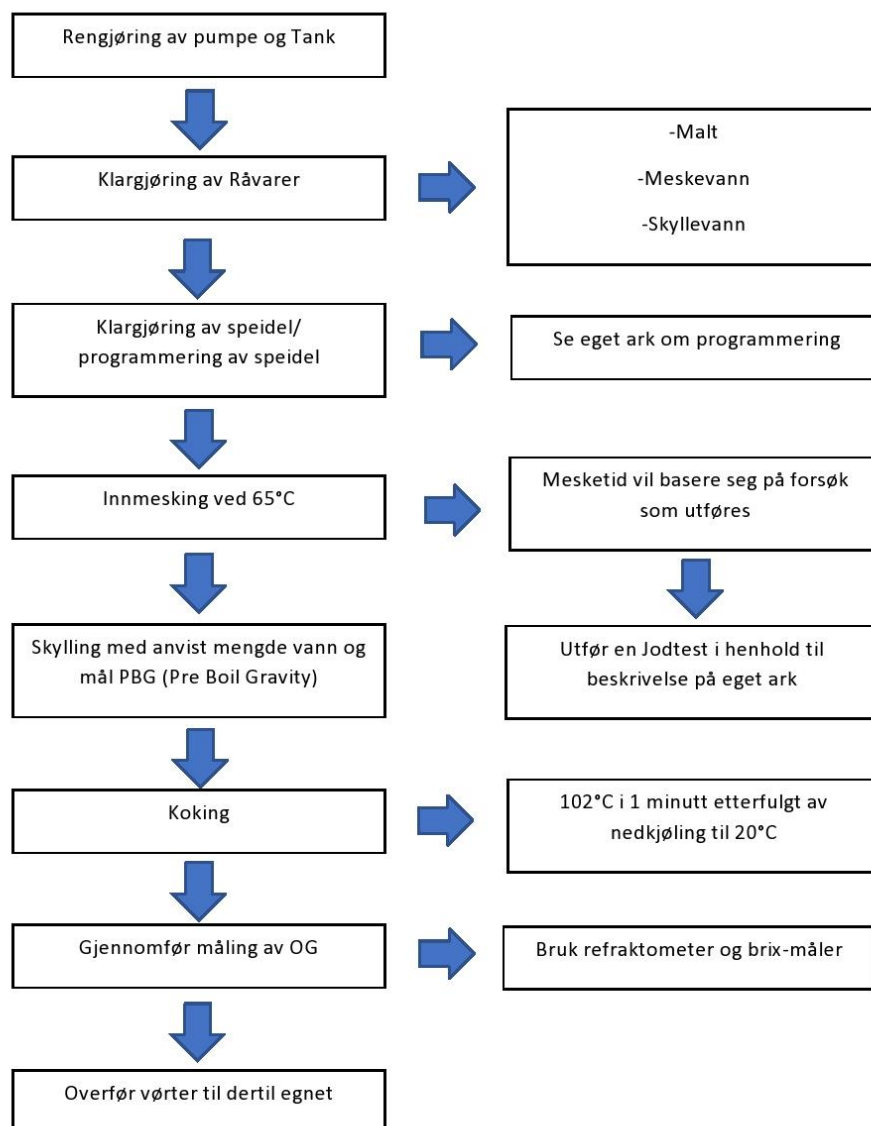
Den praktiske utførelsen vil bli delt inn i to hoveddeler, hvor den første delen vil være et «forprosjekt» der metoden for utførelsen blir gjennomgått og den andre delen vil ha som formål å innhente data oppgaven etterspør. Denne delen vil basere seg på resultatene fra forprosjektet i flere sammenhenger. Funksjonen til forprosjektet er å anskaffe data som er nødvendige for å gå videre i prosjektet. Ettersom det er to parametere som skal testes for er det nødvendig å peile seg inn på hvilke verdier disse skal ha. Hvor fint malt er knust vil ha en positiv effekt på hurtigheten til de enzymatiske reaksjonene ettersom det er et høyere areal å virke på ved mindre partikkelstørrelse. Problemet med en finere kverning er fare for at maltrøret tettes grunnet forklistring av stivelse samt fine kornpartikler. Ettersom disse faktorene er en realitet vil forprosjektet ha som funksjon å peile inn hvilken kverningsgrad som vil bli benyttet i hoveddelen av oppgaven. I forprosjektet vil det bli testet for to ytterpunkter med tanke på kverningsgrad; en grov kverning og en fin kverning. Dette vil ha som funksjon å konkludere om det vil ha noen mening å benytte en kverningsgrad med små eller store partikler, noe som vil vurderes gjennom resultatene som anskaffes gjennom jod-test, måling av SG og brix-måling.

Mesketiden som blir benyttet vil kort sagt påvirke tiden enzymene har for å katalysere stivelsen i maltet, men hvor mye tid som skal dedikeres til dette kartlegges under forprosjektet. Under meskingen vil stivelse bli løst opp og ført inn i meskevannet hvor det blir katalysert. Teoretisk sett vil all stivelsen bli ført inn i meskevannet hvor det reagerer med enzymene. Ved for kort mesketid vil det etterlates stivelse i meskevannet. I en meskeprosess er det ettertraktet å få all stivelsen katalysert. Ved å utføre et forprosjekt hvor mesketiden heves og det blir gjort en jod-test med gitte intervaller, er det mulig å produsere en graf som viser nedbrytingen av stivelse og ved hvilket tidspunkt stivelsen er brutt ned (*se kapittel 2.11.1 for utførelse av jod-test*).

### 3.2 Praktisk gjennomførelse av bryggeprosessen

Ved gjennomføring av denne meskeprosessen er det ønsket å benytte en prosess med så få trinn som mulig, og som enkelt kan repliseres mange ganger. Ettersom det er ønsket å finne ut hvordan mesketid og kverningsgrad påvirker vørteren, vil det være ønsket å tilrettelegge forholdene for disse. Om andre parametere blir lagt inn i meskeprosessen er det ikke umulig at disse nye parameterne fører til et resultat som ikke gjenspeiler effekten av kverningsgrad og mesketid.

Bryggeprosessen vil foregå på måten som blir beskrevet på flytskjemaet (se Figur 11), ettersom resultatene fra hver prøve skal kunne sammenliknes er det nødvendig at gjennomføringen er uniform. Rengjøring av utstyr må gjennomføres effektivt fordi vørter er utsatt for kontaminering. En kontaminering trenger ikke å være en faktor som endrer på resultatet, men det er ønsket å holde alle testene like og derfor vil det bli utført en grundig rengjøring av utstyret.



Figur 11 - Fremgangsmåte for bryggeprosessen

### 3.2.1 Rengjøring av Nødvendig utstyr

Det utføres en generell rengjøring av utstyret som skal benyttes, dette innebærer bryggekjele, pumpe og redskaper. Ettersom at vørteren gjennomgår en oppkoking vil det være tilstrekkelig å skylle bryggeutstyret mellom prosessene. Rengjøring av bryggekjelen blir beskrevet i egen del om rengjøring (*se kapittel 2.10.1*)

### 3.2.2 Klargjøring av Råvarer

Råvarene som skal benyttes er i all hovedsak malt, mengden som skal benyttes blir beskrevet i bryggeoppskriften (*se vedlegg 1*). For å gi en pH som fører til best effekt hos enzymene vil det bli benyttet en melkesyreløsning. Denne vil bli tilsatt etter at maltet har blitt tilført meskevannet. Måling av pH gjøres med et pH-meter for å nøyaktig måle pH og mengden melkesyreløsning blir tilsatt deretter.

### 3.2.3 Klargjøring av speidel / programmering av speidel

Bryggekjelen som skal bli tatt i bruk under dette prosjektet er programmerbar, noe som hjelper med å automatisere prosessen slik at mulige menneskelige feil unngås og bedre kontroll over temperaturen på vørteren oppnås. Programmeringen for denne meskeprosessen vil være vesentlig enklere ettersom hvordan prosessen foregår. Vørteren skal kun befinne seg på én temperatur gjennom hele prosessen, 65,5 °C (*se kapittel 4.3*).

### 3.2.4 Innmesking – og hvordan den skal gjennomføres

Basert på hvilken mesketid som skal benyttes vil det være variasjoner på hvor lang tid en mesking kommer til å foregå. Det er ønsket at mesketiden påvirkes så lite som mulig på grunn av regulering av pH. For å sikre at denne reguleringen blir gjennomført så effektivt som mulig vil det bli gjort et anslag på hvor mye melkesyre som skal tilsettes for å gi ønsket surhet. Melkesyrekalkulatoren fra Brewfather vil bli benyttet for å gi en retningslinje på hvor mye melkesyre som skal tilsettes. Det skal ikke stoles blindt på denne kalkulatoren, og det skal gjennomføres tilsettelse av syren under kontrollerte forhold og pH skal testes regelmessig for å opprettholde nøyaktighet.

### 3.2.5 Skylling av mesken og måling av pre boil gravity

Etter at meskingen er fullført skal maltrøret skylles, noe som gjøres ved at røret heves og monteres i den hevede posisjonen. Skyllervannet skal drenere gjennom maltrøret i et konstant tempo, tiden dette tar vil ikke ha noen vesentlig innvirkning på hva som skal testes og dermed er dette steget ikke tidsbestemt. Etter skyllingen skal det utføres en måling av PBG, pre boil gravity, dette gjøres da etter at maltrøret er fjernet og skyllervannet er tilført. PBG er måling av special gravity før koking av vørteren.



### 3.2.6 Koking av vørter

Etter at måling av PBG er utført skal vørteren kokes, dette stilles inn på displayet til bryggekjelen. Temperaturen stilles opp til 102 °C og lokket settes tilbake på bryggekjelen. Vørteren skal koke i ett minutt, men før kokingen begynner skal en kjølespiral plasseres i bryggekjelen. Kokingen har som funksjon å sterilisere vørteren og kjølespiralen, samt fjerne uønskede stoffer fra ølet. Kjølespiralen skal ha gjennomstrømning av kaldt vann, dette akselererer kjøleprosessen.

### 3.2.7 Måling av specific gravity og brix-måling

Etter nedkjølingen blir det tatt ut en prøve til måling av specific gravity ved hjelp av oekselvekt, samt gjennomføring av brix-måling. Disse to målingene beskriver konsentrasjonen av løste stoffer i vørteren, noe som i dette tilfellet fungerer som en måling på hvor mye gjærbart sukker vørteren inneholder. Begge testene har samme funksjon i den forstand at de skal gi et innblikk i mengden sukker som er løst i vørteren. Selv om begge prøvene beskriver den samme egenskapen, er det ønsket å benytte begge for å gi en mer styrket observasjon. Måling av SG med økselvekt blir gjennomført ved å helle en prøve i en målesylinder. Det er nødvendig å ha en stor nok prøve slik at økselvekten ikke treffer bunnen av målesylinderen. Når prøven tas ut av bryggekjelen, er det nødvendig å benytte et redskap som har blitt sterilisert for ikke å kontaminere vørteren. For å beregne sukkerinnhold tas en prøve ut av bryggekjelen og plasseres på brix-måleren. Det er mulig å konvertere en brix-målingen til massetetthet, dette skal gjøres for deretter å sammenlikne resultatene. Om det forekommer to resultater som har vesentlig stor variasjon skal det gjennomføres nye prøver med begge metodene.

## 3.3 Påvisning av stivelse ved bruk av jod

Gjennomføringen av meskeprosessen vil i stor grad basere seg på tiden det tar å bryte ned stivelsen fra maltet. Ved å benytte en jod-test på vørteren under meskeprosessen er det mulig å fastslå hvor lang tid det er nødvendig å bruke på meskingen. Det er ikke mulig å fastslå innhold av stivelse i en løsning kun basert på utseendet alene, det er derfor nødvendig å gjennomføre en test som kan påvise innhold av stivelse. Når jod og stivelse kommer i kontakt, vil det skje en reaksjon hvor det dannes et mørkeblått fargekompleks som følge av plasseringen av jod i  $\alpha$ -heliks.

I dette forsøket skal jod-testen ha som funksjon å vise ved hvilket tidspunkt det er gunstig å stoppe meskeprosessen, dette vil fremme effektiv bruk av tid og potensielt vise hvilken effekt kverningsgraden har på mesketiden.

### 3.3.1 Utstyrliste for gjennomføring av jod-stivelsestest

- Stålkurv
- Reagensrør
- Reagensrørstativ
- Pipette
- Spektrofotometer
- Kyvette
- Kyvettstativ
- Jodløsning

### 3.3.2 Gjennomføring av jod-stivelsestesten

Gjennomføringen av denne testen bygger på at meskeprosessen har begynt. For å kunne danne en graf over nedbrytingen av stivelse skal det bli gjort prøvetakning hvert femte minutt etter at meskeprosessen er startet. Antallet tester vil variere basert på varierende mesketid.

- Benytt et reagensrørstativ med nummerering 1, 2, 3, 4 ... frem til det antallet tester som skal utføres.
  - Her vil den første målingen være for 0 minutter, det vil si øyeblikket mesketiden starter, måling 2 vil være etter 5 minutter og måling 3 vil være etter 10 minutter osv.
- Det skal tas ut 3,0 ml vørter som tilføres et reagensrør, prøven blir deretter satt i et isbad.
- Den nedkjølte prøven blir så tilsatt 2 dråper jodløsning
  - Det blir observert om en fargeendring
- Løsningen blir plassert i en kyvette
- Kyvetten plasseres i spektrofotometeret og verdien leses av
  - Verdien skal leses av ved 595 nm
- Resultatet settes deretter inn i en tabell for tid og absorpsjon

## 4 Resultat, diskusjon og konklusjon

Dette kapittelet beskriver hvordan informasjonen fra tidligere i oppgaven kan tas nytte av for videre arbeid. Diskusjonsdelen vil også ta for seg forskjellige synspunkter, slik at et komplett bilde av situasjonen kan fremstilles. Det blir satt opp et forslag til videre utførelse av en praktisk oppgave knyttet til informasjonen som er gitt tidligere i oppgaven. Kilder blir knyttet mot hverandre for å legge teoretisk grunnlag for gjennomførelse av et forsøk.

### 4.1 Hvor mye malt må benyttes i forhold til meskevann, og bestemmelse av skyllevann

Mengden malt som benyttes i en meskeprosess skal samsvare med hvor mye gjærbart sukker og andre løste stoffer som er ønsket. Mengden som blir benyttet i bryggeoppskriften (*se vedlegg 1*) er bestemt etter anbefaling fra Brewfathers brygge kalkulator. Dette blir bestemt basert på hvilke egenskaper ølet skal ha, for eksempel smaksprofil eller alkoholinnhold. Om resultatet fra testene ikke gir gode resultater, er det mulig å teste for andre parametere enn mesketid og temperatur. Mengde malt i mesken kan også varieres for å undersøke om utbyttet heves.

Mengden malt og skyllevann som bli benyttet i bryggeprosessen er beregnet slik som Brewfathers brygge kalkulator tilsier, men det er ikke nødvendigvis dette som fører til det beste resultatet med tanke på mengde meskevann og skyllevann. Ved å gjennomføre meskinger der forholdet mellom skyllevann og meskevann varierer er det mulig å finne ut hvilken innvirkning dette vil ha på utbyttet.

### 4.2 Kartlegging av mengde stivelse og løst gjærbart sukker i vørter

Jod-stivelsestesten skal benyttes for å kartlegge endringen i mengde stivelse som befinner seg i vørteren under meskeprosessen. Som følger av dette er det viktig at det eksisterer stivelse i vørteren til å begynne med. Det er ikke nødvendigvis slik at all stivelsen blir løst i væska fra starten av uten at noe blir spaltet, dette kan gjøre resultatene noe ustabile. Ettersom all stivelsen ikke befinner seg i løsningen fra starten av meskeprosessen er det ikke sikkert at mengde blir registrert ved første stivelsestest. Dette betyr at første prøve ikke trenger å korrespondere til det sterkeste utslaget av stivelsestestene. Ved gjennomføring av meskeprosessen må relativ mengde stivelse vurderes kontinuerlig gjennom hele forsøket for å se om det bidrar til økt kunnskap om stivelsens utvikling i meskeprosessen.

Ettersom vørteren ikke er tiltenkt produksjon av øl med noen spesifikk karakter (slik som IPA) er det ikke nødvendig å legge til noen avanserte meskeprosedyrer. Utbyttet fra denne meskeprosessen kan derfor defineres som mengden gjærbart sukker som finnes i vørteren etter en ferdig mesking. Ved å definere utbyttet på denne måten er det mulig å utføre en mesking med enkle parametere hvor et godt utbytte enkelt kan bekreftes eller avkreftes. Det benyttes både brix-måling og måling av SG for måling av mengde løst sukker i vørteren, noe som vil gi større sikkerhet med tanke på resultatet. Begge målingene er enkle å gjennomføre og lite tidkrevende.

### 4.3 Fastsettelse av standardiserte parametere

For å sikkert kunne undersøke innvirkning av ulike kverningsgrader av malt og mesketider på vørteren, er det nødvendig å standardisere de andre parameterne. I dette tilfellet må derfor mesketemperatur og pH standardiseres. Dermed vil det være mulig å isolere og gå dypere inn på de parameterne som ønskes å bli undersøkt. For å kunne oppnå gode resultater må det derfor i dette forsøket vurderes hvilke verdier for pH og mesketemperatur som fører til lavest mulig uønsket innvirkning på de variable parameterne, innen deres gitte intervaller.

#### 4.3.1 Fastsetting av temperatur som vil gi god nedbryting av stivelse

Det velges å benytte en meskeprosess med konstant temperatur, istedenfor å ta i bruk en såkalt stegvis meskeprosess. Dette grunnet at en stegvis meskeprosess ofte benytter høyere temperaturer i slutten av meskingen. Ved høyere temperaturer vil det bli dannet mer komplekse sukkerarter, og temperaturer høyere enn 75 °C vil føre til dannelse av dekstriner (Briggs m.fl. 2004 s. 47, 89). Ved å gjøre dette kan bryggeren oppnå andre, mer komplekse smaksprofiler i et endelig produkt. Ettersom målet i dette prosjektet er å oppnå høyst mulig konsentrasjon av gjærbart sukker i vørteren, er disse forbindelsene uønsket. Meskingen bør derfor gjennomføres ved en konstant temperatur hvor disse forbindelsene dannes i mindre grad.

Prosessene som blir beskrevet i utførelsesdelen tillater at små kverningsgrader blir benyttet, men disse kan medføre utfordringer. Det er hovedsakelig to ting som kan skje ved for liten kverningsgrad; små partikler kan gå sammen og danne en tett masse som vann ikke kan dreneres gjennom, eller høye temperaturer kan føre til forklistring av stivelse, noe som også fører til at vann ikke kan føres gjennom mesken. Forskjellige typer stivelse vil forklistre på forskjellige temperaturer (UiO 2020). For de fleste typer byggmalt, som står for 100 % av maltet i dette prosjektet, vil forklistring kunne starte ved temperaturer ned mot 60 °C (Tester og Morrison 1990 s. 551-557). Dette betyr derimot ikke at det vil skje en forklistring av stivelsen på disse temperaturene, men det må bli tatt hensyn til når det planlegges å fastsette en standardisert temperatur. Forklistringsgraden vil, også etter at temperatur er satt, være avhengig av maltets kverningsgrad (Mausia m.fl. 2004 s. 2213-2219), og det vil derfor bli mer sikkert etablert i forprosjektet om det i det heletatt skjer en forklistring. Forprosjektet har som funksjon å kartlegge i hvilken grad maltet i maltrøret forklistrer eller mister dreneringsevnen. Ved å utføre forprosjektet med kverningsgrad på 0,8 mm er det mulig å undersøke om denne størrelsen er for lav. Det vil være gunstig å ikke sette en for høy temperatur, ettersom dette vil redusere muligheten for forklistring (Lande og Svihus 2019).

Enzymer vil være mest effektiv ved en spesifikk temperatur, men de vil også bli mindre effektiv lengre vekk fra den optimale temperaturen. Som følger av denne informasjonen ble det bestemt at mesketemperaturen skulle være konstant ved 65 °C. Temperaturen ble bestemt etter hva  $\alpha$ -amylase og  $\beta$ -amylase har høyest effekt. Ved standardforhold (20 °C, 1 atm trykk) er optimumstemperatur for  $\alpha$ -amylase rundt 65 °C – 70 °C, og for  $\beta$ -amylase 55 °C – 65 °C (Briggs m.fl. 2004 s. 47, 89; Mallett 2014 s. 255; Palmer 2017 s. 249). Ettersom  $\beta$ -amylase hovedsakelig er ansvarlig for nedbryting av stivelse til mindre komponenter blir det tatt hensyn til  $\beta$ -amylase fremfor  $\alpha$ -amylase når det blir satt en standardisert temperatur. Det ønskes likevel høy aktivitet av begge enzymer, og det ble derfor først valgt å sette

temperaturen til 65 °C. Denne temperaturen er innenfor temperaturoptimumet for  $\alpha$ -amylase, og for  $\beta$ -amylase.

#### 4.3.2 Fastsettelse av riktig pH i forhold til den standardiserte temperaturen

I utførelsen av meskingen ble det valgt en pH på 5,3 (*se kapittel 2.4.3*). Verdien ble valgt etter hvilke forhold  $\alpha$ - og  $\beta$ -amylase har høyest enzymaktivitet ved. Grunnen til at pH ikke ble valgt som en varierende parameter kommer av hvordan et enzym reagerer på endring i pH. Endring i pH fra enzymets optimum vil gjøre hele prosessen mindre effektiv og det ble derfor valgt å fastsette denne. Behovet for en varierende pH vil ikke være nødvendig ettersom all teori tilsier at dette ikke vil føre til et høyere utbytte (*se kapittel 2.4.3*). Som følger av dette ble det konkludert med å fastsette pH til en verdi som tilrettelegger for  $\alpha$ - og  $\beta$ -amylase. En pH-verdi på 5,3 er innenfor pH-optimumet for både  $\alpha$ - og  $\beta$ -amylase ved en temperatur på 65,5 °C (Briggs m.fl. 2004 s. 113-115) (*se Tabell 4*), og det ble derfor bestemt å standardisere temperaturen på dette, istedenfor 65 °C, for å gjøre mer sikkert at meskingen foregår på en optimal pH.

Tabell 4 - Optimal pH for ulike enzymer ved mesketemperatur 65,5 °C (Briggs m.fl. 2004 s. 114)

Enzym	Optimal pH ved mesketemperatur 65,5 °C
$\alpha$ -amylase	5,3
$\beta$ -amylase	5,1 - 5,3
Protease	4,3
Fytase	5,2
Karboksyptidase	4,8 - 5,7

#### 4.4 Diskuter mesketid, kverningshastighet og kverningsgrad

Mesketiden som vil gi den beste meskeeffekten vil komme frem under den praktiske utførelsen. Basert på den teoretiske delen er det mulig å spekulere på hva som vil gi det beste resultatet, men også hva som er mest tidseffektivt.

For meskeprosessen er det ønsket å trekke så mye gjærbart sukker ut av maltet som mulig, men dette bør gjennomføres på så kort tid som mulig. Siden mesketiden er en av trinnene i prosessen som krever mye tid, er det ønsket å redusere denne så mye det kan gjøres. Poenget med å teste for stivelse i vørteren er for å vite ved hvilket tidspunkt det er gunstig å stoppe meskingen. Om for eksempel 120 minuttet ikke gir en signifikant forskjell på utbyttet er det mulig å droppe de ekstra minuttene og dermed spare tid.

##### 4.4.1 Optimal kverningsgrad og kverningshastighet

Teoretisk vil det være høyest utbytte av å benytte en lavest mulig kverningsgrad (Mausia m.fl. 2004 s. 2213-2219). Dette vil gi mest utbytte av maltet under meskingen ettersom større overflate gir mer tilgang på innholdet i maltet, samt redusere maltets holdbarhet (Mallet 2014 s. 311). Problemet med å ha en for fin malt kan være at det som nevnt tidligere skjer en forklustering av stivelse, og det blir dannet en deig med meskevannet (Briggs m.fl. 2004 s.

175). Denne deigen kan føre til tettelse av maltrøret i bryggekjelen eller at det blir vanskelig å skille vørteren fra mesken etter meskingen.

Bryggerimester ved E.C. Dahls bryggeri, Wolfgang Lindell, opplyser at finere malt gir bedre utbytte, men om maltet blir for fint, og om dreneringshullene for separeringen av vørter ikke er små nokk, kan systemet tetter seg. Han mener at å starte med kverningsgrad på 0,8 mm og se på utbytte kan være gunstig for hjemmebryggere. (pers. med. 2020)

Teoretisk vil høy kverningshastighet være gunstig for kverning av malt (Briggs 2004 s. 178; Mausia m.fl. 2004 s. 2213-2219). Problemet med høy kverningshastighet er derimot at det dannes mye finkvernet malt, noe som ikke er ønsket ved ølbrygging. Lindell ved E.C. Dahls bryggeri påstår at en for rask kverningshastighet kan medføre skader på kvernen, ved at deler blir ødelagt eller at motoren slites ut (pers. med 2020). Man kan også se for seg at en rask kverningshastighet kan føre til at noe av maltet som blir for fint kvernet forsvinner under kverningen i form av støv hvis ikke kvernen er bygget for å fange det opp, noe som kan føre til tap av maltmengde og eventuelt ødelagt utstyr på grunn av støv.

På grunn av dette er det altså best å benytte lavest mulig kverningsgrad, men ikke så lav at maltet blir helt omgjort til mel. Kverningsgrad som gir det beste resultatet kan variere på malttype og kverningsutstyr. Vanligvis pleier mellomrommene mellom valsene å være mellom 0,3 mm og 1,9 mm (Briggs 2004 s. 175), men dette er avhengig av utstyr og kverningsprosess. Etter samtale med Brewshop ble kverningsgradområdet definert fra 0,8 mm til 1,6 mm. Disse verdiene er basert på deres kverningsutstyr og deres erfaring med dette utstyret, både med tanke på deres personlige erfaringer og basert på hva som selger best av deres produkter. Kverningsgradområdet tar hensyn til at ekstremalpunktene for laveste og høyeste kverningsgrad trolig vil gi dårlige resultater. Ved å utføre forprosjekter kan det undersøkes om denne påstanden er korrekt.

#### 4.5 Forslag til praktisk utførelse av produksjon av vørter

Den praktiske gjennomførelsen av bryggeprosessen beskriver hvordan prosessen skal utføres, men prosessen er basert på teori og har ikke blitt utprøvd. I alle praktiske utførelser av en prosess vil det være avvik mellom den teoretiske prosessen. Det er mulig at noen punkter i utførelsen ikke vil stemme eller gi mening i en praktisk utførelse, ved slike tilfeller må andre løsninger vurderes.

Her blir melkesyre benyttet for å regulere pH på meskevannet ned til 5,3. Grunnen til at melkesyre benyttes er fordi det er en godt etablert metode innen brygging for å regulere pH til ønsket verdi (Briggs m.fl. s. 115). Melkesyre er en svak syre som vil føre til en buffereffekt i meskevannet slik at pH holder seg stabil.

Under mesking er det i hovedsak 4 parametere som kan endres på. Disse er mesketemperatur, mesketid, kverningsgrad av malt og pH. Det skal her bli undersøkt variasjoner i mesketid og kverningsgrad, derfor er mesketemperatur og pH blitt standardisert. Gjennomføring av mesking er tidkrevende, og det må derfor vurderes hvor mange ulike variasjoner hver av parametere skal bli undersøkt for. Det vil bli satt 6 variasjoner i mesketid og 5 variasjoner i kverningsgrad (se Tabell 5).

Tabell 5 - Oversikt over ulike variasjoner som skal benyttes for mesketid og kverningsgrad

<b>Variasjoner i mesketid og kverningsgrad</b>	
<b>Mesketid</b>	30 min
	45 min
	60 min
	75 min
	90 min
	120 min
<b>Kverningsgrad</b>	0,8 mm
	1,0 mm
	1,2 mm
	1,4 mm
	1,6 mm

For kverningsgrad er det viktig å kunne sammenlikne alle ulike varianter og disse vil alle benyttes så lenge de ikke fører til tetting av maltrør. Mesketiden er valgt ned mot 30 minutter for å undersøke om det er mulig å oppnå respektable resultater på så kort tid. Om alt løst stoff fra maltet er løst etter for eksempel 90 minutter, vil det være unødvendig å gjennomføre meskingen i 120 minutter. Det er derfor mulig å justere de variable parameterne etter resultatene som blir funnet i forprosjektene.

#### 4.5.1 Potensielle feilkilder

Gjennom bryggeprosessen er det flere punkter som har potensiale til å skape problemer, disse er for eksempel gjennomføring av tester, oppmåling av riktige mengder malt, riktig oppmåling av skyllevann og riktig stabilisering av pH for å nevne noen. Oppmåling av ingredienser går under menneskelig feil og kan alltid skje i en prosess. Mellom hvert steg i bryggeprosessen er det et tidsrom som ikke er blitt tatt stilling til i flytskjemaet. Dette er for eksempel tiden det tar å skylle maltet etter at mesketiden er over. Under forprosjektene er det nødvendig å tenke på i hvor stor grad disse avbrekkene har innvirkning på det endelige produktet.

#### 4.5.2 Forprosjekt

Forprosjektene skal kartlegge hvordan meskingene skal gjennomføres, poenget med å innføre slike prosjekter er for å lære hvordan prosessen gjennomføres, fastsette hvilke parametere som fungerer og finne ut hvilke parametere som skal benyttes i hovedforsøket. Ved å gjennomføre forprosjektene vil det bli testet for hvilke kverningsgrader og mesketider som skal benyttes, denne informasjonen vil kunne bli benyttet i hoveddelen.

### **Forprosjekt 1**

Gjennomføringen av det første forprosjektet skal vise om det skjer forklistring eller dreneringsproblemer i maltrøret. Om problemer forekommer under meskeprosessen vil det bli

plukket opp i forprosjektet og kan rettes opp før arbeidet med hovedoppgaven begynner. Forprosjektet vil benytte en mesketemperatur og pH basert på informasjonen oppgitt i teorien. Mesketemperaturen vil ligge på 65,5 °C, og pH vil ligge på 5,3.

Det første prøveprosjektet har som funksjon å undersøke mesking med malt som har høy og lav kverningsgrad. Ved å gjennomføre en meskeprosess med ytterpunktene for kverningsgrad vil det være mulig å fastslå hvilke kverningsgrader som skal benyttes i hovedoppgaven.

Parametere:

- Kverningsgrad 0,8 mm/1,6 mm
- Mesketemperatur 65,5 °C
- pH 5,3
- Mesketid 60 minutter

Her skal det skje en meskeprosess hvor mesketemperaturen skal ligge på 65,5 °C, pH på 5,3 og mesketid på 60 minutter. Mesketiden som ble valgt er basert på tiden som vanligvis brukes i en hjemmebryggersetting, samt dette er ofte nok tid til å løse det meste av gjærbart sukker (NTNU 2018; Briggs m.fl. 2004 s. 135-137). Det eneste som vil bli endret under disse to meskingene er kverningsgraden, hvor den ene batchen har en kverningsgrad på 0,8 mm og den andre har en kverningsgrad på 1,6 mm.

Om en feil skjer under utførelsen av forprosjekt 1 er det nødvendig å gjennomføre forprosjektet på nytt. Ettersom resultatet fra prøveprosjektene vil inngå i hvilke parametere som benyttes i hoveddelen.

## **Forprosjekt 2**

Parametere:

- Kverningsgrad En vanlig kverningsgrad/ En grad som ønskes å testes
- Mesketemperatur 65,5 °C
- pH 5,3
- Mesketid Avsluttes når jod-test er negativ

For forprosjekt 2 er det tenkt å skape et bedre bilde av hvordan stivelse brytes ned under meskingen. Derfor er det her planlagt å gjennomføre stivelsestest hvor det tas prøver hvert femte minutt under meskingen Disse vil bli tatt ved meskingens start og deretter hvert femte minutt frem til stivelsen i mesken er brutt ned. Prøvene vil bli analysert ved hjelp av et spektrofotometer.

For denne gjennomførelsen er et viktig å benytte en kverningsgrad hvor det ikke skjer en forklstring av stivelse, og det kan derfor benyttes en høyere kverningsgrad enn hva som kanskje gir mest oppløst stoff. I samtale med Brewshop vil kverningsgrad 1,4 mm gi et godt resultat (pers. med. 2020), mens Speidel selv anbefaler en kverningsgrad på 1,6 mm (Speidel 2020). Kverningsgrad benyttet vurderes ut fra resultatet fra det første forprosjektet, om forprosjekt 1 gir et godt resultat for kverningsgrad 1,6 mm vil det være gunstig å benytte denne. Om det viser seg at dette ikke fører til et godt resultat vil kverningsgrad på 1,4 mm benyttes. Ettersom det skal utføres en stivelsestest skal mesketiden være helt til det ikke påvises stivelse i vørteren. Resultatene kan benyttes for å lage en graf som viser hvor lang tid det tar å oppnå ønsket nedbryting av stivelse.



#### 4.5.3 Gjennomføring av mesking med ulike parametervariasjoner

Som vist i *Tabell 6* vil det bli utført 30 meskeprosesser hvor de forskjellige parameterne blir testet. Dette vil gi et innblikk i hvilken innvirkning kverningsgraden og mesketiden har på mengden oppløst sukker i vørter. Dette er med forbehold at forprosjektet for kverningsgrad på 0,8 mm ikke forårsaker dårlig drenering gjennom maltrøret.

*Tabell 6 - Forslag til paralleller for praktisk gjennomføring*

Tid/ Kverningsgrad	0,8 mm	1,0 mm	1,2 mm	1,4 mm	1,6mm
<b>30 min</b>	30 min 0,8 mm	30 min 1,0 mm	30 min 1,2 mm	30 min 1,4 mm	30 min 1,6 mm
<b>45 min</b>	45 min 0,8 mm	45 min 1,0 mm	45 min 1,2 mm	45 min 1,4 mm	45 min 1,6 mm
<b>60 min</b>	60 min 0,8mm	60 min 1,0 mm	60 min 1,2 mm	60 min 1,4 mm	60 min 1,6 mm
<b>75 min</b>	75 min 0,8 mm	75 min 1,0 mm	75 min 1,2 mm	75 min 1,4 mm	75 min 1,6 mm
<b>90 min</b>	90 min 0,8 mm	90 min 1,0 mm	90 min 1,2 mm	90 min 1,4 mm	90 min 1,6 mm
<b>120 min</b>	120 min 0,8 mm	120 min 1,0 mm	120 min 1,2 mm	120 min 1,4 mm	120 min 1,6 mm

For hver av variasjonene skal det gjennomføres 3 paralleller hvor det vil bli regnet gjennomsnittet av resultatet fra brix-målingene og måling av SG. Flere paralleller gir et forsterket resultat, men er tidkrevende. Det ønskes derfor å utelukke kverningsgrader som gir dårlige resultater, samt mesketider som er unødvendige eller medfører lav konsentrasjon av løst gjærbart sukker, ved forprosjektene. Resultatet kan benyttes videre for å eventuelt vurdere andre parametere for å optimalisere prosessen.

#### 4.6 Videre arbeid med oppgaven

Resultatene fra denne oppgaven vil legge grunnlaget for utførelsen av en mer praktisk rettet oppgave. En fortsettelse på denne oppgaven vil i all hovedsak baseres på å gjennomføre de praktiske delene som ble beskrevet i kapittel 3 og hva som kan gjøres for å utvide den.

Når en gjennomførelse av bryggeprosessen blir utført er det nødvendig å finne ut om prosessen gir et tilfredsstillende resultat. Her er det nødvendig å se at utbyttet fra maltet samsvarer eller er bedre enn det som blir oppgitt av produsenten. Det kan også være gunstig å sammenlikne utbyttet fra bryggeprosessen som blir beskrevet i kapittel 3 med en annen prosess der andre parametere blir benyttet, samt en annen type malt. Ved å gjennomføre tester på utbyttet mellom forskjellige malttyper er det mulig å undersøke om meskeprosessen må forbedres.

Det er mulig å innføre en del om sensorik og hvordan egenskapene til vørteren spiller inn på de sensoriske egenskapene. I den sensoriske delen kunne det vært gunstig å utføre en preferansetest, hvor øl brygget på malt med forskjellige kverningsgrader blir satt opp mot hverandre. I en preferansetest ville det vært interessant å se om det er signifikant forskjell mellom disse øltypene. Det er også mulig gjennomføre sensoriske tester basert på bryggeteknikk, hvor innvirkning av variasjoner på også mesketid sammen med kverningsgrad blir undersøkt.

## 5 Referanseliste

### 5.1 Tekst

- Berner jr. E (2009) *spiring* [snl.no] [<https://snl.no/spiring>] [Lastet ned 080520]
- Braumeister (2011) *Bruksanvisning og bryggeinstruksjoner for Speidel's Braumeister* [kristianiabrygg.no] [<https://kristianiabrygg.no/wordpress/wp-content/uploads/2017/07/speidel-braumeister.pdf>] [Lastet ned 040520]
- Briggs DE, Boulton CA, Brookes PA, Stevens R (2004) *Brewing Science and practice* 1.utgave Woodhead Publishing Limited ISBN 1 85573 906 2
- Coghe S, Adriaenssens B, Leonard S, Delvaux FR (2004) *Fractionation of Colored Maillard Reaction Products from Dark Specialty Malts* Journal of the American Society of Brewing Chemists ISSN 0361-0470
- Corso AD, Cappiello M, Mura U (1994) *THIOL DEPENDENT OXIDATION OF ENZYMES: THE LAST CHANCE AGAINST OXIDATIVE STRESS I*: Parsons M (red.) *International Journal of Biochemistry* 6. utgave Elsevier ISSN: 0020-711X
- Egeland ES (2018) *kromatografi* [snl.no] [<https://snl.no/kromatografi>] [lastet ned 070520]
- Fix G (1999) *Principles of Brewing Science* 2. utgave brewers publications ISBN 0-937381-74-8
- Forskrift om tilsetningsstoffer til næringsmidler (2011) FOR-2011-06-06-668 *Forskrift om tilsetningsstoffer til næringsmidler*
- Hauge JG, Vaaje-Kolstad G, Kierulf P (2020) *Enzymer* [Snl.no] [<https://snl.no/enzymer>] [Lastet ned 130520]
- Hough JS, Briggs DE, Steavens R og Young TW (1982) *Malting and brewing science: Volume II Hopped Wort and Beer*. 2.utgave Campman and Hall ISBN 0-412-16590-2
- Kofstad PK, Haraldsen H, Pedersen B (2019) *jod* [snl.no] [<https://snl.no/jod>] [Lastet ned 270520]
- Kunze W (2004) *Technology Brewing and Malting* 3. utgave VLB Berlin ISBN-3-921690-49-8
- Lande B og Svihus B (2019) *stivelse* [sml.snl.no] [<https://sml.snl.no/stivelse>] [Lastet ned 110520]
- Mallet J (2014) *Malt: A Pratical Guide from the Filed to Brewhouse* 1. Utgave Kristi Switzer ISBN-13: 978-1-938469-12-1
- Mausia Z, Balkin RC, Pandiella SS, Webb C, (2004) *The effect of milling parameters on starch hydrolysis of milled malt in the brewing process I*: Boudrant J, Zhong JJ (red.) *Process Biochemistry* Volum 39, 12. Utgave Elsevier ISSN 1359-5113

- NTNU (2018) *TMAT2005 Produktutvikling og sensorisk analyse - brygging av håndverksøl 2. studieår Høst 2018* 3 Brygging Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet  
NTNU Studieprogram for Matteknologi
- Palmer J (2015) *How to brew* 4. utgave Brewers Association ISBN 9781938469350
- Pedersen B (2015) *pH-meter* [Snl.no] [[snl.no/pH-meter](https://snl.no/pH-meter)] [Lastet ned 240520]
- Sahay S (2019) *Chapter 6 - Wine Enzymes: Potential and Practices I*: Kuddus M (red.)  
*Enzymes in Food Biotechnology: Production, Applications, and Future Prospects*  
Elsevier ISBN 978-0-12-813280-7
- Skaar J (2018) *refraktometer* [Snl.no] [[snl.no/refraktometer](https://snl.no/refraktometer)] [lastet ned 130520]
- Spedding G (2016) *Alcohol and its measurement I*: Bamforth C (red.) *Brewing Materials and Processes* 1. utgave Elsevier ISBN 978-0-12-799954-8
- Speidel (2020) *Tips and Tricks* [speidels-braumeister.de] [<https://www.speidels-braumeister.de/en/beer-brewing/tips-and-tricks.html>] [Lastet ned 270520]
- Store norske leksikon SNL (2019) *renhetsloven* [snl.no] [<https://snl.no/renhetsloven>] [Lastet ned 200520]
- Taniguchi Y, Yamada M, Taniguchi H, Matsukara Y, Shindo K (2015) *Chemical Characterization of Beer Aging Products Derived from Hard Resin Components in Hops (*Humulus lupulus* L.) I*: Hofmann TF (red.) *Journal of Agricultural and Food Chemistry* American Chemical Society ISSN 1520-5118
- Tester RF and Morrison WR (1990) *Swelling and gelatinization of cereal starches. I. Effects of amylopectin, amylose, and lipids I*: Copeland L (red.) *Cereal Chemistry*. 6. utgave Cereal Chemistry ISSN 0009-0352
- Uggerud E (2018) *karamell - fargestoff* [snl.no] [<https://snl.no/karamell - fargestoff>] [Lastet ned 130520]
- Universitetet i Oslo UiO (2018) *Stivelsegelatinisering* [mn.uio.no] [<https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/s/stivelsegelatinisering.html>] [Lastet ned 110520]
- Universitetet i Oslo UiO (2020) *peptidase* [mn.uio.no] [<https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/p/peptidase.html>] [Lastet ned 080520]
- Universitetet i Oslo UiO (2020) *protease* [mn.uio.no] [<https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/p/protease.html>] [Lastet ned 080520]
- Universitetet i Oslo UiO (2020) *Stivelse* [mn.uio.no] [<https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/s/stivelse.html>] [Lastet ned 110520]
- Øystå Ø (2016) *øl* [snl.no] [<https://snl.no/%C3%B8l>] [Lastet ned 200520]

Øystå Ø (2019) *mesking* [snl.no] [<https://snl.no/mesking>] [Lastet ned 250520]

## 5.2 Bilder

Briggs DE, Boulton CA, Brookes PA, Stevens R (2004) *Brewing Science and practice* 1. utgave Woodhead Publishing Limited ISBN 1 85573 906 2

Bryggol (2020) *Refraktometer* [Bryggol.no] [[www.bryggol.no/products/refraktometer](http://www.bryggol.no/products/refraktometer)] [lastet ned 120520]

Homebrew (2020) *Oechslepekt* [Homebrew.no] [<https://homebrew.no/product/159165/hydrometer-oechslepekt-0-1200oechsle>] [lastet ned 120520]

Kristianiabrygg (2011) *Bruksanvisning og bryggeinstruksjoner for Speidel' Braumeister* [Kristianiabrygg.no] [<https://kristianiabrygg.no/wordpress/wp-content/uploads/2017/07/speidel-braumeister.pdf>] [Lastet ned 040520]

Maxsievert (2020) *Digital pH-måler* [Maxsievert.no] [<https://maxsievert.no/testo-206-ph-2-instrument>] [lastet ned 240520]

NTNU (2018) *TMAT2005 Produktutvikling og sensorisk analyse - brygging av håndverksøl 2. studieår Høst 2018* 3 Brygging Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet NTNU Studieprogram for Matteknologi

Universitetet i Oslo UiO (2020) *Stivelse* [mn.uio.no] [<https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/s/stivelse.html>] [Lastet ned 110520]

Generated 2020-03-10T17:08:24+01:00 - Brewfather - <https://web.brewfather.app>

## BO brygg - 4.6%

Author: Per Kristian Johnsen

Type: All Grain

IBU : 0 (Tinseth)  
Color : 8 EBC  
Carbonation : 2.4 CO2-vol

Pre-Boil Gravity : 1.042  
Original Gravity : 1.046  
Final Gravity : 1.011

Fermentables (4.3 kg)  
4.3 kg - Fairytale ALE 5 EBC (100%)

### Miscellaneous

Mash - 4.5 ml - Lactic Acid 80%

### Speidel Braumeister 20L

Batch Size : 21 L  
Boil Size : 25.42 L  
Post-Boil V.: 22.92 L  
Boil Time : 1 min

Mash Water : 23 L  
Sparge Water: 5.86 L  
Total Water : 28.86 L

Brewhouse Efficiency: 74%  
Mash Efficiency : 77.5%

### Mash Profile

High fermentability  
65.5 °C - 60 min - Temperature



8 EBC

### Measurements

Mash pH:

Boil Volume:

Pre-Boil Gravity:

Post-Boil Kettle Volume:

Original Gravity:

Fermenter Volume:

Final Gravity:

Bottling Volume:

Recipe Notes