

Himmelev Bryggerlaug

Alias Himmelev Bryghus...

[Hjem](#) [Om](#) [Beregnere](#) [Om Øl](#) [Vores Øl](#) [Vores Bryggeri](#) [Diverse](#)

[Øllets historie](#) [Om øltyper](#) [Om maltning](#) [Om malt](#) [Om humle](#) [Om mæskning](#) [Om enzymer](#)

[Om urtseparation](#) [Om gær og gæring](#)

Om Enzymer

Bragt med tilladelse fra Bjarke Bundgaard, tabeldata sakset fra "[Trin-mæskningens videnskab](#)" af Dave Green

Enzymer

Selvom enzymer ofte beskrives som aktive, inaktive og ligefrem 'angribende', er de som sådan ikke levende. Et enzym er et protein der - modsat de strukturelle proteiner vi kender fra vores negle, hår, muskler osv. - har et såkaldt aktivt center. Dette center fungerer som katalysator ved kemiske reaktioner.

Enzymer indgår i så godt som alle biologiske processer og kan have rollen som konstruktør såvel som dekonstruktør. Det der er helt unikt ved enzymer er, at de er ekstremt specifikke og pålidelige i hvad de foretager sig. Det vil sige at de altid foretager den samme biokemiske proces, når de miljømæssige faktorer ellers tillader det. Fælles for alle enzymatiske aktiviteter er, at der skal være adgang til et substrat som de kan være aktive på, men derudover skal faktorer såsom tilgangen til vand (og dermed bevægelighed), temperatur, surhedsgrad (pH) og koncentration være indenfor det rette spektrum. Er der uorden i nogle af faktorerne inaktiveres enzymerne i første omgang. Er surhedsgraden, temperaturen og koncentrationen for høj eller lav, kan det meget vel resultere i at enzymerne nedbrydes. Overordnet set spiller enzymerne ind i brygning af øl i tre faser: I maltning, i mæskning og i gæring.

Enzymerne i Maltningen

De vigtigste enzymer der fremkommer under maltning er b-glucanase, protease og a-amylase. Under støbningen aktiveres en enzymsyntese i frøets skal. Noget af det første der dannes er enzymet b-glucanase, der straks går i gang med at nedbryde cellevæggen omkring endospermet som består af polysaccharidet b-glucan. Dernæst dannes forskellige proteaser der - så og sige - skræller proteinlaget omkring det oplagrede stivelse væk. Således er der direkte adgang til stivelsen og a-amylase og b-amylase kan påbegynde omdannelsen af stivelsen til maltose og glukose. Det er en krævende proces, for stivelse er faktisk svært omsætteligt, især hvis de forekommer i relativt store korn som det f.eks. gør i byg.

Det er dog vigtigt at pointere at hovedformålet med maltning først og fremmest er at oplagre høje koncentrationer af de rette enzymer. Derfor er det vigtigt at stoppe spiringsprocessen i rette tid. Lader man de enzymatiske reaktioner forløber frit vil bygfrøet begynde at bruge af maltosen og glukosen.

Når malten i nogle tilfælde ristes, er det for at give farve. Det har ikke noget med enzym inaktivering at gøre. Faktisk ødelægger ristning enzymer. Derfor er der grænser for hvor meget farvemalt der kan bruges i et bryg.

Enzymerne i Mæskningen

Mæskning indledes typisk ved 45-50°C således at bl.a. b-glucanase og protease får chancen for at færdiggøre deres arbejde. Hvor de under spiringen sikrede tilgangen til stivelsen, er deres vigtigste funktion nu at nedbryde de lange og 'tunge' proteinkæder der flyder rundt i urten, til mindre kæder af aminosyrer. Derved sikrer man en bedre skumstabilitet og reducere uklarheder i øllet. Derudover har de mindre proteinkæder en positiv betydning for øllets fylde.

De vigtigste enzymer under mæskningen er dog de stivelsesnedbrydende a-amylase og b-amylase.

For at sikre dem optimale arbejdsbetingelser hæver man temperaturen til omkring 65°C, hvor byggens stivelse begynder at gelatinesere, d.v.s. mister sin krystalline struktur. Derefter er der frit spil for amylaserne og omdannelsen til gærbare sukkerstoffer kan forløbe langt hurtigere end hvis man ikke opvarmede. Begge typer amylase er specialiseret i at nedbryde de lange stivelseskæder til mindre suktermolekyler. a -amylase virker ved at klippe stivelsemolekylet over på midten. Mens det mere raffinerede b-amylase klipper mindre og mere nøjagtige stykker af stivelseskædens ender. Sammen kan de to typer amylase nedbryde 80% af stivelsen til gærbart maltose og glukose. Men der vil i en naturlig brygningsproces altid være rester af ugærbare dextriner. Disse dextriner er bland andet med til at give øllet fylde og viskositet.

Enzymerne i Gæringen

Ligesom mennesker og dyr er gær afhængig af glukose til sit stofskifte (glukolyse). Men selv i en urt med et højt indhold af glukose, er der stadig mange andre former for sukkerstoffer. Heldigvis er det gær det bruges i brygning af øl, udrustet med et enzymsyntese apparat, der danner enzymer der både kan virke inde og uden for gærcellen. De vigtigste af disse er b -amylase, som også bruges til at ned-bryde glykogen som en del af stofskiftet, samt maltase, invertase og a-galactosidase (melibiase) som kan arbejde uden for gærcellen med at nedbryde de mere avancerede sukkerstoffer til glukose.

			Denaturerer	Virkning
--	--	--	-------------	----------

Enzymer ved mæskning	Optimalt temperatur-interval	Maksimering af enzymet		
Phytase	30-53 °C	35 °C	60 °C	<p>Syrepause Syrepause har to funktioner; at sænke mæskens pH til en passende værdi og at nedbryde de frygtede glukosefibre, som kan lave mæsken om til en "dej". Phytaseenzymet nedbryder phytin molekyler og frigør phytinsyre, som sænker mæskens pH-værdi. Phytase er meget følsom overfor varme og de fleste af disse enzymer vil blive ødelagt ved forlænget mæskningstid, så phytase vil kun være tilstede i ret letkøllet malt.</p>
Beta-glukanase	35-55 °C	45 °C	60 °C	<p>Syrepause – fortsat Det andet og mere vigtige formål med en pause i dette temperaturinterval er at tage hånd om hovedparten af glukosefibre også kaldet byggummi. Beta-glukosefibre er en form for kulhydrater, der findes i det proteinlag, der omgiver stivelsesmolekyler i korn og beta-glukanase er et enzym, der vil nedbryde disse molekyler. Forskellige glucanaser er aktive hele vejen op til omkring 60° C, men det mest vigtige glucanaseenzym, 1,4 betaglukanase, har en optimal temperatur lige omkring 45° C. Den højeste koncentration af beta-glukosefibre findes i rug, hvede, havre og undermodificerede malte. Betaglucosefibre er også kendt for at føre til dis i øl, hvis de ikke nedbrydes ordentligt. I en fuldt modificeret malt burde niveauet af beta-glucosefibre ikke være et problem, mens hvis der er problemer ved urtudvindingen (lauteringen) eller dis ved anvendelse af malt, kan der forsøges med en 15 minutters temperaturpause i syrepauseintervallet</p>
Peptidase	45-53 °C	50 °C	63 °C	<p>Proteinpause Peptidase enzymer bryder de mellemlange proteinkæder op i korte kæder og nedbryder dem til deres grundbestanddele. Mange bryggere vil gerne bevare de mellemlange proteinkæder, fordi de er fordelagtige for en øls krop og skumbevarelse. Med mindre der er god grund – f.eks. ved brug af malt med et højt proteinindhold – er det fornuftigt at undgå en pause i 45 – 53°C intervallet, for derved kan potentielt undgås problemer med skumkronens holdbarhed.</p>
Protease	50-59 °C	58 °C	68 °C	Proteinpause - fortsat

				<p>Protease (d.s.s. proteinase) er en gruppe af proteinspaltende enzymer (inklusive Peptidase), der bearbejder langkædede proteiner og omdanner dem til mellemlange kæder.</p> <p>Bryggere ønsker ikke en masse langkædede proteiner i deres urt. Et højt niveau af store proteiner kan føre til tåge og ustabilitet i øllet. Men mange bryggere vil gerne have mellemlange proteinkæder, fordi de er fordelagtige for en øls krop og skumbevarelse.</p> <p>Brygges der med undermodificeret malt, kan der med fordel holdes en pause i 55 – 58°C intervallet, da det vil nedbryde noget uønsket glukosefiber i maltens cellevægge.</p>
Beta-amylase	54-66 °C	64 °C	71 °C	<p>Stivelsesomdannelse</p> <p>Beta-amylase angriber enderne af stivelsesmolekylerne og "nipper" de to sidste sukkerrester af og producerer maltose. Et bemærkelsesværdigt aspekt af dette er, at stivelsesmolekyler kan være meget lange.</p> <p>Hvis der ønskes betaamylase som primær stivelsesomdannelse, skal der holdes en lang pause i dennes optimale temperaturinterval. En 1 – 2 timers pause i 60 – 63°C intervallet er en måde, at opnå en stærkt forgærbar urt til tørre øltyper.</p>
Alfa-amylase	66-71 °C	70 °C	77 °C	<p>Stivelsesomdannelse - fortsat</p> <p>Alfaamylase angriber stivelsesmolekyler tilfældige steder langs deres kæder. Det er så tykt at det ikke er i stand til at angribe stivelsesmolekylerne omkring deres forgreningspunkter. En pause i den højere ende af alfaintervallet vil resultere i en mindre forgærbar urt og dermed i en sødere øl med mere fyldig krop.</p> <p>I særdeleshed vil en kort (20 minutter) pause ved 70 – 72° C i en kraftig mæsk (omkring 2 liter vand pr. kg malt) frembringe en meget kraftig øl med en fyldig krop. Dette er især tilfældet for øl brygget med malt med et lavt enzymindhold, såsom engelske pale ale malte.</p>

Generelt

Alfa-amylase anvendes sædvanligvis i sammenhæng med beta-amylase for at fremstille øl med en moderat til fyldig krop. Den grundlæggende idé er, at de tilfældige alfa-amylase angreb åbner op for nye stivelses-ender, som betaamylaserne kan arbejde på. Gennem samarbejde i 66 – 67°C intervallet danner disse enzymer en moderat forgærbar urt og dette er et populært interval ved enkel indgydning af mæsken, som er populær hos mange håndbryggere.

Hæves temperaturen til 68°C vil dette resultere i mere fyldighed i øllet, men ikke så "kraftig" eller "tyk", så den bliver for sød eller kvalmende. Den typiske pause er på 60 minutter, men ved mange malte sker omdannelsen meget hurtigere end dette. For en moderat til fyldig øl, kan man begynde at tømme urten af så snart en jodtest viser et negativt resultat (dvs. intet farveskifte, der angiver at testen ikke viser nogen væsentlig mængde af stivelse). Alfa-amylase er mindre aktiv og mindre stabil i urt med et lavere antal kalk-ioner. Denne ustabilitet øges i en tynd mask og mæske, der har en pH-værdi, der ligger over de anbefalede pH 5,4. For enhver øl hvor der ønskes fyldighed anbefales en 5 minutters pause ved afmæskningstemperaturen, 76 – 77°C ("mash-out"). Det bør også sikres, at mæsk holder denne temperatur ved at opvarme eftergydningsvand (spargevand) til den rette temperatur – hvilken afhænger af det varmetab, ens system har under urtudvindingen. Dette vil sikre at amylase-enzymernes aktivitet nedsættes på grund af denatureringen af enzymerne. Som sådan vil urts forgærlighed ikke, i kraft af fortsat enzymaktivitet, øges væsentligt under urtudvindingen. At udføre en afmæskning øger også urtens viskositet og gør urtudvindingen lettere.

Vi brygger i Himmelev ved Roskilde.

Kontakt Himmelev Bryggerlaug via info@himmelev-bryggerlaug.dk