Bier

Gerst

Geschiedenis van gerst

Vroeger gebruikte men alle graansoorten voor de bierbereiding. Tegenwoordig wordt hoofdzakelijk gerst gebruikt. De belangrijkste redenen hiervoor zijn dat gerst zich gemakkelijk mechanisch laat vermouten omdat het kafje het kiempje beschermt, de kieming van gerst gelijkmatig verloopt en gemakkelijk te sturen is en omdat gerst goedkoper is als andere granen.

Lang niet alle gerstrassen zijn geschikt voor de bierbereiding. Daarom zijn er voor de bierbereiding speciale gerstrassen veredeld. Aangezien gerst het best groeit in een gematigd subtropisch klimaat was er vroeger (voor 1930) geïmporteerd gerst nodig uit midden Europa. Maar uiteindelijk heeft men het Deense ras Kenia veredeld. Hier zijn de rassen Balder, Cambrinus en Zephyr uit voort gekomen welke gerst leveren dat goed bruikbaar is voor de bierbereiding.

De bouw van de gerstkorrel

Gerst bestaat uit de volgende onderdelen.

1. **het omhulsel**

Het omhulsel bestaat uit drie laagjes, namelijk:
- het kafje;
- de vruchtwand;
- de zaadhuid.

2. **het embryo**

Het embryo bestaat uit:
- het jonge gerstplantje met blad-, stengel- en wortelaanleg;
- het schildje dat het jonge plantje scheidt van het endosperm.

3. **het endosperm**

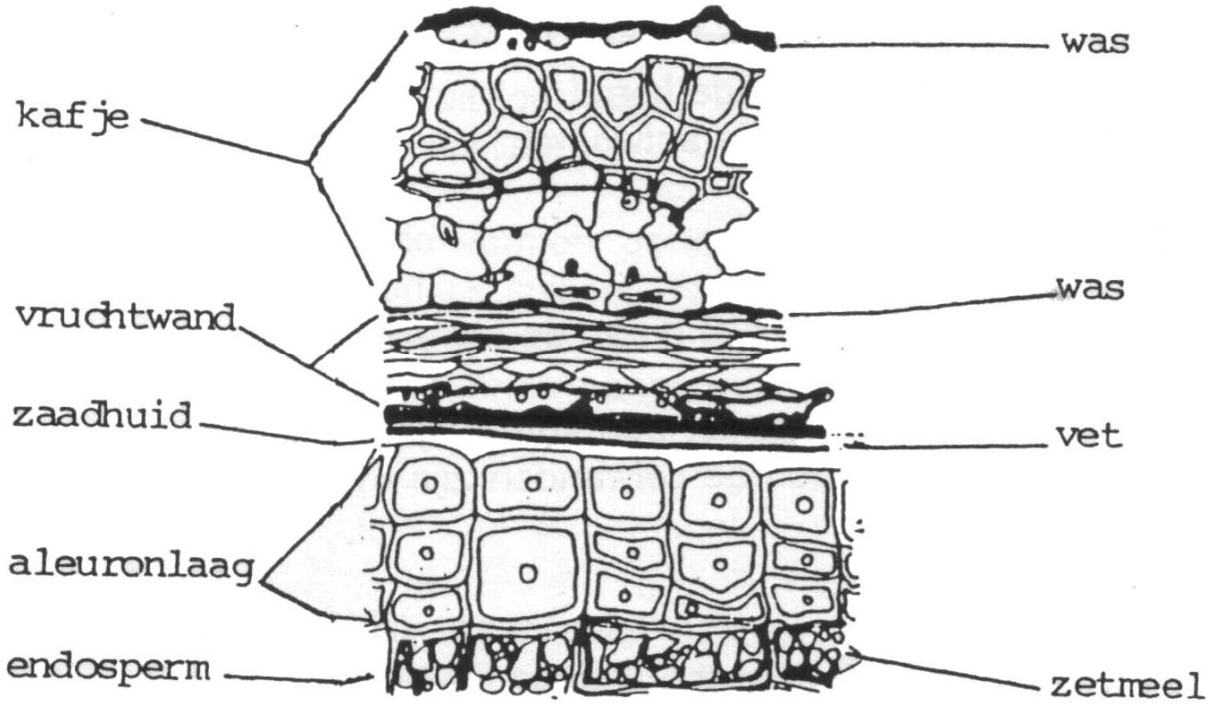
Het endosperm bestaat uit:
- de aleuronlaag, die doorloopt in het schildje;
- het meellichaam.

Het omhulsel

Het omhulsel bestaat uit drie laagjes, namelijk:

Het kafje;
de vruchtwand;
de zaadhuid.

Figuur 1 geeft een doorsnede van de buitenkant van de gerstkorrel. Hierin zijn de verschillende laagjes van het omhulsel duidelijk in te onderscheiden.



Figuur 1

Belangrijke stoffen in het omhulsel

De belangrijkste stoffen in het omhulsel zijn:

cellulose;
looistofvormende stoffen;
De belangrijkste groep hiervan zijn de anthocyanogenen (kleurstoffen afkomstig van de buik- en rugkafjes);
vetachtige stoffen (onder andere waslaagjes)

Het kafje

Het kafje bestaat uit verhoutte cellen, waardoor het stevig is. Hierdoor fungeert het kafje dan ook als bescherming voor de gerstkorrel. Onderaan de korrel is er een kleine opening in het kafje op de plaats waar de korrel verbonden is geweest met de stengel. Deze opening noemen we de microporie. Aan de buikzijde zijn het kafje en het meellichaam met elkaar vergroeid.

De vruchtwand

De vruchtwand is ontstaan uit de wand van de stamper van de gerstbloem. Bij het uitgroeien van de stamper tot een korrel zijn de cellen van de wand van de stamper samengedrukt. Alleen de celwanden zijn overgebleven.

De zaadhuid

De zaadhuid bestaat uit verschillende lagen cellen. De zaadhuid is semi-permeabel (selectief doorlaatbaar). Dit wil zeggen dat deze wel water doorlaat maar niet de daarin opgeloste stoffen.

Functie van het omhulsel

Het omhulsel beschermt de gerstkorrel tegen:
micro-organismen;
Vooral looistofvormende stoffen zorgen hiervoor.

binnendringen van water;
Vooral de was- en vetlaagjes verhinderen het binnendringen van water. Het water kan eigenlijk alleen maar binnenkomen via de microporie.

binnendringen van zuurstof;
Tot ongeveer 3 tot 8 weken na de oogst is het omhulsel niet doordringbaar voor lucht. Dit is één van de redenen waarom gerst in die periode niet wil kiemen. Men noemt dit de kiemrust of dormancy (engels voor winterslaap).

Het embryo

Het embryo bestaat uit de blad-, wortel- en stengelaanleg van het nieuwe gerstplantje en uit het schildje.

Rondom het nieuw te vormen gerstplantje bevindt zich voedsel, zoals vetten, eiwitten en enkelvoudige suikers. Het jonge gerstplantje leeft, maar groeit nog niet. Het is in een rusttoestand. Om in leven te blijven moet het (een zeer kleine hoeveelheid) voedsel kunnen opnemen. De ademhaling in rusttoestand nomen we de basale ademhaling.

Het schildje dient als opslagplaats voor voedingsstoffen. Tijdens het kiemen groeit het jonge gerstplantje. Het voedsel dat daar voor nodig is, haalt het plantje uit het schildje.

De voorraad voedingsstoffen wordt vervolgens onder invloed van groeihormonen weer aangevuld. Deze hormonen worden door het zich ontwikkelende gerstplantje afgescheiden.

Als de voorraad voedsel in het schildje slinkt, geven gibberellinezuren de aanzet tot activering en vorming van enzymen. Deze enzymen zijn in staat om voedingsstoffen in het meellichaam af te breken. Deze voedingsstoffen worden dan vervolgens opgeslagen in het schildje.

Het endosperm

Het endosperm bestaat uit:

het meellichaam;
de aleuronlaag.

Het meellichaam

In het meellichaam zijn de stoffen opgeslagen, die het belangrijkst zijn voor de bierbereiding. Deze stoffen zijn opgeslagen in de cellen van het meellichaam.

De celwanden van deze cellen bestaan uit de zogenaamde celwandkoolhydraten, zoals bijvoorbeeld β-glucanen en cellulose. Dit zijn moeilijk afbreekbare stoffen.

In de cellen bevindt zich vooral zetmeel, opgeslagen in de vorm van grote en kleine zetmeelkorrels. Deze zetmeelkorrels liggen ingebed in een netwerk van eiwitten.

Bij de groei van het gerstplantje worden stoffen uit het meellichaam door enzymen oplosbaar gemaakt en afgevoerd naar het schildje.

Het meellichaam bestaat uit:
zetmeel ca. 75 %;
celwandkoolhydraten ca. 12,5 %;
eiwitten ca. 10 %.

De aleuronlaag

De aleuronlaag bestaat voornamelijk uit eiwitten.

Hoewel de aleuronlaag maar uit een dunne laag cellen bestaat, bevindt zich hier ongeveer $1/3^{e}$ deel van de totale hoeveelheid eiwit van de gerstkorrel.

De aleuronlaag is verder rijk aan vetachtige stoffen.

De celwanden van de cellen in de aleuronlaag zijn veel steviger en moeilijker afbreekbaar dan de celwanden in het meellichaam.

De stoffen in de gerstkorrel

De belangrijkste stoffen in de gerstkorrel zijn:
koolhydraten (± 82% van de droge stof);
eiwitten (± 11% van de droge stof);
vetachtige stoffen (± 3% van de droge stof);
mineralen (± 2% van de droge stof);
looistofvormende stoffen (± 2% van de droge stof).

Eisen gesteld aan gerst

Gerst is een natuurproduct. Daarom kan de samenstelling van gerst van jaar tot jaar verschillen.

De belangrijkste eisen, die aan brouwgerst worden gesteld, zijn de volgende

Vochtgehalte :: 12 – 15%

Het vochtgehalte van de gerst moet minimaal 12% zijn, anders sterft het embryo. Bij een vochtgehalte boven de 15% treden er te veel ademhalingsverliezen op en is er een grote kans op schimmelgroei. Als het vochtgehalte te hoog is, moet de gerst vóór opslag gedroogd worden.

Goede mout- en brouweigenschappen

Niet alle gerstsoorten zijn geschikt om bier van te maken. Daarom zijn er speciale brouwgersten ontwikkeld. Een commissie van telers, mouters en brouwers beoordeelt en selecteert de ontwikkelde brouwgersten.

Raszuiverheid

De te verwerken gerst moet uit één ras bestaan. Als een partij gerst bestaat uit meerdere rassen, zullen het vermouten en brouwen niet gelijkmatig verlopen.

Kiemkracht en snelle kieming

Het is voor de mouter van belang dat zoveel mogelijk korrels binnen dezelfde (korte) tijd tot kieming gebracht kunnen worden.

Hoog zetmeelgehalte en laag eiwitgehalte

Als de gerst een hoog eiwitgehalte heeft, is het zetmeelgehalte naar verhouding laag. Er kan dan tijdens de vergisting minder alcohol gevormd worden. Hoge eiwitgehaltes kunnen bovendien leiden tot problemen met de helderheid van het eindproduct.

Even grote, dikke korrels met een dun kafje

Dikke korrels met een dun kafje bevatten veel zetmeel. Om een gelijkmatige weking en kieming te krijgen moeten de korrels even dik zijn. De korreldikte van de gerst, die vermout wordt, ligt tussen 2,2 en 2,5 mm.

Afwezigheid van veel verontreinigingen

Het kost veel geld en moeite om verontreinigen te verwijderen. Bovendien is het de vraag of alle verontreinigen verwijderd kunnen worden.

Mouten

Vermouten is een proces waarbij granen, meestal gerst, geschikt gemaakt worden om te brouwen. Na het vermouten spreekt men van mout.

De stoffen uit de gerstkorrel (met name zetmeel) moeten in de brouwerij in oplossing worden gebracht. Dit gebeurt door deze stoffen af te breken tot oplosbare stoffen. Om dit te kunnen bereiken moet aan de volgende waarden voldaan zijn:

Er moeten voldoende actieve enzymen aanwezig zijn voor de afbraak van stoffen. In de gerstkorrel zitten te weinig actieve enzymen.

Het zetmeel moet toegankelijk zijn voor de enzymen en voor water. Daarom is het nodig dat de celwanden en het eiwitnetwerk in het meellichaam afgebroken zijn. Afbreken van celwanden tijdens het brouwproces duurt te lang.

Men bereikt bovenstaande door de gerst te vermouten.

Opslag en sorteren

Als de gerst bij de mouterij aankomt wordt deze zoveel mogelijk gesorteerd van vreemde bestanddelen. Vervolgens wordt deze opgeslagen in silo’s. Pas geoogste gerst is

namelijk nog niet geschikt om te vermouten. Dit komt omdat de korrels dan nog niet kiemen, dit onder andere omdat het celmembraan dan nog geen zuurstof doorlaat.

Na de opslag wordt de partij gesorteerd. Halve korrels worden verwijderd en de partij wordt opgedeeld in 3 maten. De kleinste maat wordt weggegooid, de andere twee partijen worden apart vermout.

Weken, kiemen en eesten

Tijdens het weken laat men de gerstkorrels water opnemen, zodat ze kunnen gaan ontkiemen.

Tijdens het kiemen ontwikkelt het embryo zich.

Hierdoor maakt het embryo groeihormonen aan. Onder invloed van deze hormonen worden de in de korrel aanwezige enzymen geactiveerd en worden er nieuwe enzymen aangemaakt.

De enzymen maken de celwanden in het meellichaam doorlaatbaar en ze breken het eiwitnetwerk gedeeltelijk af. Dit is nodig om tijdens het brouwen het zetmeel voldoende snel te kunnen afbreken.

Als men het kiemproces ongehinderd laat verlopen, zal het zich ontwikkelende embryo al het reservevoedsel uit het meellichaam gebruiken voor zijn groei. Daarom stopt men de kieming op een gegeven moment. Dit gebeurt door middel van het eesten. Hierbij droogt men de korrels met warme lucht. Het kiempje zal hierdoor sterven. Er vinden tijdens het eesten ook belangrijke chemische reacties plaats (onder andere Maillardreacties)

Poetsen en opslag

Na het eesten verwijdert men de kiemworteltjes. Dit noemen we poetsen. De mout is direct na het vermouten niet geschikt voor de bierbereiding. Deze moet eerst nog 4 tot 6 weken opgeslagen worden.

Gewenste veranderingen door het vermouten

De hoofdbewerking van het vermouten zijn: weken, kiemen en eesten.

Tijdens deze bewerkingen veranderen er een aantal zaken, die gunstig zijn voor de bierbereiding:

Weken :: Verdwijnen ongewenste stoffen

Tijdens het weken verdwijnen er stoffen, die bij de bierbereiding ongewenst zijn.
Dit zijn onder andere verontreinigingen en stoffen uit het kafje. Deze lossen op in het weekwater en worden daarmee afgevoerd.

Kiemen :: Activering en vorming van enzymen

Tijdens het brouwen moeten stoffen in het meellichaam afgebroken worden, zodat ze op kunnen lossen in water.
In de gerstkorrel zijn enzymen aanwezig, maar niet voldoende om de gewenste reacties tijdens het brouwen voldoende snel te laten verlopen. Tijdens het kiemen worden de aanwezige enzymen geactiveerd en worden nieuwe enzymen aangemaakt.

Kiemen :: Zetmeel ‘bevrijden’

Tijdens het kiemen vindt gedeeltelijke afbraak van celwanden en het eiwitnetwerk rondom de zetmeelkorrels plaats. Dit is nodig om zetmeelafbraak tijdens het brouwen mogelijk te maken.

Kiemen :: Verdwijnen ongewenste stoffen

Tijdens het kiemen verdwijnen er stoffen, die bij de bierbereiding ongewenst zijn.

Het kiempje neemt tijdens zijn groei afgebroken celwanden op.

Eesten :: Vorming kleur- en aromastoffen

Omdat eesten plaatsvindt bij een hoge temperatuur treden er Maillardreacties op.
Hierdoor krijgt de mout zijn specifieke kleur en aroma.

Eesten :: Verdwijnen ongewenste stoffen

Tijdens het eesten verdampen er stoffen, die bij de bierbereiding ongewenst zijn.

Ongemout

Behalve mout gebruikt men in brouwerijen nog andere grondstoffen om het extractgehalte (de hoeveelheid opgeloste stof) van de wort te verhogen.
Deze grondstoffen noemt men *ongemout*.

In Nederland is als ongemout toegestaan:
Gerst, tarwe, rijst, maïs of maïsproducten;
kristalsuiker, invertsuiker, dextrose en glucosestroop.

De storting mag maximaal voor 40% uit ongemout bestaan.

Voordelen aan ongemout

Verbetering van de fysische stabiliteit en de smaakstabiliteit van het bier
Onder fysische stabiliteit verstaan we de tij dat het bier helder blijft.
Smaakstabiliteit is de tijd dat het bier dezelfde, gewenste smaak behoudt.
Aanpassen van het bier aan de gewenste smaak
Verbeteren van de schuimstabiliteit
Schuimstabiliteit is de tijd dat een schuimkraag in een glas bier aanwezig blijft.
De schuimstabiliteit wordt met name verbeterd door het gebruik van tarwe als ongemout.
Op eenvoudige wijze verhogen van het extractgehalte
Het verhogen van het extractgehalte kan nodig zijn om te kunnen voldoen aan de eisen van een bepaalde klasse bier, bijvoorbeeld klasse S.
Kostenoverwegingen
Ongemout kan goedkoper zijn dan mout.

Nadelen aan ongemout

Gebruiken van ongemout vraagt speciale opslagvoorzieningen
Het vereist extra bewerkingen in het brouwhuis.
De afbraak van zetmeel uit ongemout tot suikers is moeilijker. Dit komt doordat de celwanden niet enzymatisch zijn afgebroken.
De mout moet meer enzymen bevatten.
Dit is nodig om binnen de beschikbare tijd toch een goede zetmeelafbraak te verkrijgen.
Ongemout bevat namelijk niet (genoeg van) de gewenste enzymen.
Problemen bij het klaren.
Door de afwezigheid van kafjes in het ongemout en door eventueel onvoldoende zetmeelafbraak kunnen bij het klaren problemen ontstaan.
Vervlakking van de biersmaak

Maïs als ongemout

In Nederland maakt men vooral gebruik van maïsproducten.
Het aandeel van ongemout in de storting ligt in ons land meestal tussen 20 en 25%. Er is een sterke tendens om steeds minder maïs te gebruiken.

Maïs kan, ook in verkleinde vorm, niet zonder meer als ongemout gebruikt worden. Het vetgehalte van de maïs is namelijk te hoog en de zaadhuid is te hard om in de brouwerij verwerkt te kunnen worden.
In Nederland gebruikt men daarom vaak maïsgries, maïsmeel of voorverstijfselde maïsvlokken. Dit zijn bijproducten van de maïsolie-industrie.

De voordelen van het gebruik van maïsproducten zijn:
Verbetering van de fysische stabiliteit;
eenvoudig te verwerken;
gunstige prijs.

Als de kiem (30% vet) en de zaadhuid verwijderd zijn, blijft het endosperm over. Dit kan, na verkleining, als ongemout gebruikt worden. Het vetgehalte van dit product is ca. 1,0%. Door het relatief hoge gehalte aan vetten, is de kans op oxidatie (ranzige smaak) groot en moet de partij binnen korte tijd verwerkt worden.

Kwaliteitseisen voor maïsproducten

Bij gebruik van maïsproducten stelt men eisen aan:
het vetgehalte;
het vochtgehalte;
de korrelgrootteverdeling.

Vetgehalte

Het vetgehalte van maïsgries moet kleiner zijn dan 1,0%.
In Nederland gebruikt men ook het duurdere, vetarme maïsgries. Het vetgehalte hiervan mag maximaal 0,4% zijn.

Vochtgehalte

Het vochtgehalte van maïsgries mag nooit hoger dan 16% zijn. Het gewenste vochtgehalte is ca. 12%
Bij hoge vochtgehaltes kunnen problemen ontstaan bij het legen van de voorraadsilo's en kan groei van micro-organismen optreden.

Korrelgrootteverdeling

Grote korrels (>2 mm) zijn moeilijk te ontsluiten.
Onder ontsluiten verstaan we het vrij maken van de zetmeelkorrels uit de cellen van het endosperm door kapot maken van de celwanden. De celwanden gaan kapot door koken.
Bij grote korrels worden de celwanden niet voldoende kapot gemaakt. Het zetmeel uit deze korrels wordt tijdens brouwen onvoldoende afgebroken. Er blijft dus zetmeel achter.
Kleine korrels (< 0,2 mm) geven problemen bij de klaringskuip-filtratie. Er ontstaat ook veel stof.
Om bovengenoemde problemen te voorkomen stelt men de eis dat 70-90% van de korrels een afmeting moet hebben tussen 0,6 en 1,3 mm.

Toepassing van andere ongemoutsoorten

Tarwe en tarweproducten worden in toenemende mate als ongemout toegepast. Dit gebeurt bijvoorbeeld in ale, geuze lambic en witbier.
Suiker kan worden toegepast om de eindvergistingsgraad te verhogen. Suiker is helemaal vergistbaar. Op deze manier blijft er maar een kleine hoeveelheid onvergistbaar restextract over. Dit past men bijvoorbeeld toe bij lightbieren. Men gebruikt ook suiker om brouwsels te maken met een hoog extractgehalte (categorie S) en voor navergisting op de fles.

Schroden en inmaischen van mout

Schroden

Onder schroden verstaan we het verkleinen van de mout.
Door het verkleinen ontstaat oppervlaktevergroting. Hierdoor kunnen de enzymen tijdens het maischen beter inwerken op de stoffen uit de mout.
Door oppervlakte vergroting en enzymwerking zullen de stoffen uit de mout tijdens het maischen beter en sneller oplossen.

De eerste gedachte zou zijn om de mout zo fijn mogelijk te vermalen. Maar dit is niet de bedoeling. De mout bevat namelijk verschillende bestanddelen met verschillende eigenschappen en functies voor het brouwproces.

Het *meellichaam* levert het extract voor de wort. Het bestaat vooral uit zetmeel en eiwithoudende bestanddelen. Als het meellichaam goed verkleind wordt, zullen de enzymatische afbraak en het oplossen in water sneller verlopen. Het meellichaam moet daarom zo goed mogelijk verkleind worden.

Het *omhulsel* bevat stoffen, die een negatieve invloed hebben op de kleur en de smaak van het bier. Deze stoffen moeten daarom zo weinig mogelijk oplossen. Dit kan men bereiken door het omhulsel zo weinig mogelijk te verkleinen.

Bovendien hebben de delen van het omhulsel een functie bij het klaren. Ze vormen namelijk de filterlaag. Als de omhulseldeeltjes te ver verkleind worden, ontstaan er problemen bij het klaren. Te fijne deeltjes geven namelijk te kleine poriën. Hierdoor raakt het filterbed te snel verstopt.

Uit het bovenstaande kunnen we de volgende conclusie trekken dat het verkleinen van de mout gescheiden moet gebeuren en wel zodanig dat:
het meellichaam zo goed mogelijk verkleind wordt;
het omhulsel zo goed mogelijk heel blijft.

Niet alle delen van het meellichaam zijn tijdens het vermouten even goed opgelost. Met name in de top van de korrel kunnen minder goed opgeloste delen voorkomen. Bij het schroden ontstaat *meel* uit de goed opgeloste delen en *gries* uit de minder goed opgeloste delen.

Het verkleinen van de moutkorrels, het schroden, gebeurt meestal met een schroodmolen. Men kan het schroden met een schroodmolen op verschillende manieren uitvoeren.
Men kan:
droogschroden (zonder bevochtiging);
geconditioneerd schroden (de mout wordt vóór het schroden bevochtigd met stoom of water);
natschroden (de mout wordt eerst “geweekt”).

Bij het schroden ontstaan nooit deeltjes van gelijke grootte. Het omhulsel moet zoveel mogelijk heel blijven. Het meellichaam valt uiteen in grovere en fijnere deeltjes, afhankelijk van hoe goed de mout opgelost is.

Na het schroden hebben we de volgende fracties:
poedermeel; }
meel; } samen ± 35%;
fijngries ± 30%;
grofgries ± 20%;
kafjes (omhulsel) ± 15%.

Zo’n 50% van het extract is afkomstig van de meelfractie, 33% is afkomstig van de fractie fijngries.

Geconditioneerd schroden

Het omhulsel moet tijdens het schroden zoveel mogelijk heel blijven. Om deze reden past men geconditioneerd schroden toe.

Bij geconditioneerd schroden bevochtigt men de moutkorrel voordat men gaat schroden. Hierdoor wordt het omhulsel taaier en zal het beter heel blijven. Het vochtgehalte van het omhulsel stijgt tijdens conditioneren tot ca. 20%

Het is belangrijk dat het omhulsel vocht opneemt en het meellichaam niet. Het meellichaam moet juist wel goed verkleind worden. Als het teveel vocht opneemt, zal het versmeren op de walsen.

Het conditioneren kan uitgevoerd worden in een gesloten vijzel, waarin de mout gedurende korte tijd in contact wordt gebracht met water van ca. 30°C of stoom van ca. 0,8 bar.

Geconditioneerd schroden gebeurt met dezelfde schroodmolens als droogschroden.

Natschroden

Bij een natschroodmolen wordt de mout geweekt in warm water totdat de hele moutkorrel een vochtgehalte heeft van ca. 30%.
De korrel is dan zo zacht geworden, dat men kan volstaan met één walsenpaar. De gladde walsen persen het meellichaam uit het omhulsel.

Men werkt wel eens met twee walsenparen om de capaciteit te vergroten.

De voordelen van natschroden zijn:
er worden minder snel agglomeraten (klonten) gevormd;
de kafjes blijven beter heel;
de schroodapparatuur is eenvoudiger;
er is geen inmaischer nodig;
er is minder stofontwikkeling.

De nadelen zijn:
het beslag moet snel verwerkt worden in verband met infectiegevaar;
als er storingen zijn in de proceslijn na het schroden, blijft het beslag staan. Er kan dan al (ongecontroleerde) enzymwerking optreden.

Inmaischen

Onder inmaischen wordt verstaan het mengen van schrood met warm water zodat het geheel een temperatuur van ca. 50°C krijgt. Hierbij maakt men vaak gebruik van een zogenaamde voormaischer (zie figuur 9.4).

Tijdens het mengen mogen geen klonten ontstaan. Klonten zijn van binnen droog. Waar geen water is, kunnen geen enzymen werken en kunnen ook geen stoffen oplossen.
Daarom verdient het inmaischen de nodige aandacht.

Maischen

Het doel van maischen is het maken van wort met een bepaalde samenstelling.

De wort moet een zeker extractgehalte hebben én in dat extract moeten een aantal stoffen in een bepaalde verhouding voorkomen.

Belangrijk hierbij is dat het rendement van de gebruikte grondstoffen zo hoog mogelijk is.

Men verkrijgt wort van een gewenste samenstelling door het oplossen (en extraheren) van stoffen uit mout en eventueel ongemout. Deze stoffen lossen op door:
het maken van een beslag met water;
het roeren van het beslag;
het verhogen van de temperatuur;
de werking van enzymen.

Om het oplossen van stoffen te bevorderen maakt men een beslag met een bepaalde verhouding water:vaste stof en met een bepaalde pH.
Dit beslag krijgt een warmtebehandeling. Hierbij brengt men het beslag achtereenvolgens op verschillende temperaturen om de verschillende enzymen zo optimaal mogelijk te laten werken. Tijdens de warmtebehandeling wordt geroerd.
Vooral de werking van enzymen heeft een grote invloed op het oplossen van stoffen, want enzymen breken stoffen af tot kleinere, oplosbare moleculen.
Er treedt ook extractie van stoffen uit de mout op.

De warmtebehandeling, die het beslag krijgt, noemen we maischen. Dit kan op verschillende manieren uitgevoerde worden. Als het hele beslag een warmtebehandeling in één ketel krijgt, spreken we van de *infusiemethode*.
Men kan ook werken met een deelbeslag en een hoofdbeslag. Men brengt dan een gedeelte van het beslag (het deelbeslag) aan de kook, terwijl de rest van het beslag (het hoofdbeslag) "rust". Het deelbeslag wordt na verloop van tijd weer teruggepompt bij het hoofdbeslag. Hierdoor stijgt de temperatuur van het hoofdbeslag. Dit kan men één of meerdere keren doen. Dit noemen we de *decoctiemethode*.
Er komen ook combinaties van beide methoden voor.

Tijdens maischen vinden, behalve het oplossen van stoffen, ook chemische reacties plaats. Een voorbeeld hiervan is oxidatie. Men gaat er vanuit dat enige oxidatie, met name van looistofvormende stoffen, gewenst is. Overmatige oxidatie moet men voorkomen. Vooral de oxidatie van vetten is ongewenst.

Gewenste samenstelling van wort

Tijdens het maischen lossen er een aantal stoffen op in de vloeistof. Een deel van deze stoffen verdwijnt tijdens het verdere verloop van het proces, bijvoorbeeld doordat de gist ze opneemt of doordat ze verdampen of uitvlokken. Een ander del van de stoffen blijft aanwezig. Deze stoffen vinden we dan ook terug in het eindproduct.
Voor alle stoffen geldt dat ze in een bepaalde, gewenste verhouding tot elkaar moeten voorkomen.

Extractgehalte van wort

De wort moet een bepaald extractgehalte hebben om er de gewenste kwaliteit bier van te kunnen maken. Bier is in te delen in verschillende categorieën (S, I, II, en III)

Belangrijk in dit verband is de term stamwortgehalte.
Stamwort is de wort die naar de gistkelder gaat voor de vergisting. Het extractgehalte van deze wort is belangrijk omdat dit extractgehalte in feite bepaalt welke categorie bier men krijgt (zie figuur 2).

Categorie	Stamwortgehalte in °P
S	15,5 of hoger
I	11 tot 15,5
II	7 tot 11
III	1 tot 7

Figuur 2

Het extractgehalte van de stamwort noemt men dan ook het stamwortgehalte. Het stamwortgehalte wordt bepaald na het koken van de wort. Dit noemt men ook wel de uitslagwort. Het gehalte van deze uitslagwort kan daarna nog verlaag worden door het toevoegen van water, zodat het stamwortgehalte daalt.

Bij het maken van het beslag moet men al rekening houden met het stamwortgehalte dat men wil krijgen. Als men een beslag maakt met veel water, heeft men minder water beschikbaar voor het uitwassen van de bostel tijdens het klaren. Dit leidt tot rendementsverlies.

Men moet er ook rekening mee houden dat er water nodig is om leiding en ketels mee na te spoelen. Daarom moet men, om de gewenste categorie bier te kunnen maken, het

extractgehalte van uitslag circa 1°P hoger instellen. Men brouwt dan "zwaarder" dan noodzakelijk.

Men past "zwaar brouwen" ook toe als men met een bepaalde installatie meer eindproduct wil maken. Het extractgehalte van uitslagwort ligt dan 3 á 4°P hoger dan het uiteindelijke stamwortgehalte. Verdunnen tot het gewenste stamwortgehalte kan plaatsvinden in de warme wort, in de koude wort of in het bier.

Factoren van invloed op oplosbaarheid op stoffen in de wort

Als men een stof (bijv. suiker) wil oplossen in water, dan gaat dit sneller als:
het water warm is;
men roert;
de hoeveelheid op te lossen stof niet groot is;
de op te lossen stof fijn verdeeld is.

Voor het oplossen van stoffen uit mout en ongemout geldt hetzelfde.
De volgende factoren zijn tijdens het maischen van invloed op de hoeveelheid stoffen die oplossen èn op de soort stoffen die oplossen:
de werking van enzymen;
de verhouding water:vaste stof (storting);
de intensiteit van de warmtebehandeling;
de intensiteit van roeren tijdens het maischen;
de tijd.

De punten 2 t/m 5 zijn niet alleen van invloed op het oplossen van stoffen, maar ook op de werking van enzymen.

Werking van enzymen

Als men tijdens het maischen de temperatuur niet hoger zou maken dan 35°C, dan zou in 3 uur tijd circa 35% van de mout oplossen. Dit komt omdat de temperatuur en de enzymen dan maar een kleine invloed kunnen uitoefenen op het oplossen van stoffen.

Een normaal extractrendement voor mout in het brouwhuis is 77%. Dit betekent dat 77% van de gestorte mout oplost in de wort.
Ongeveer de helft van alle stoffen in de wort lost op door enzymwerking tijdens het maischen. Dit gebeurt bij verschillende temperaturen.

Enzymwerking

De werking van enzymen is afhankelijk van:
de pH;
de temperatuur;
het substraat;
de tijd;
de verhouding water:substraat;
de aanwezigheid van bepaalde stoffen (bijvoorbeeld bepaalde zouten uit het water);
de intensiteit van roeren.

De invloed van de pH

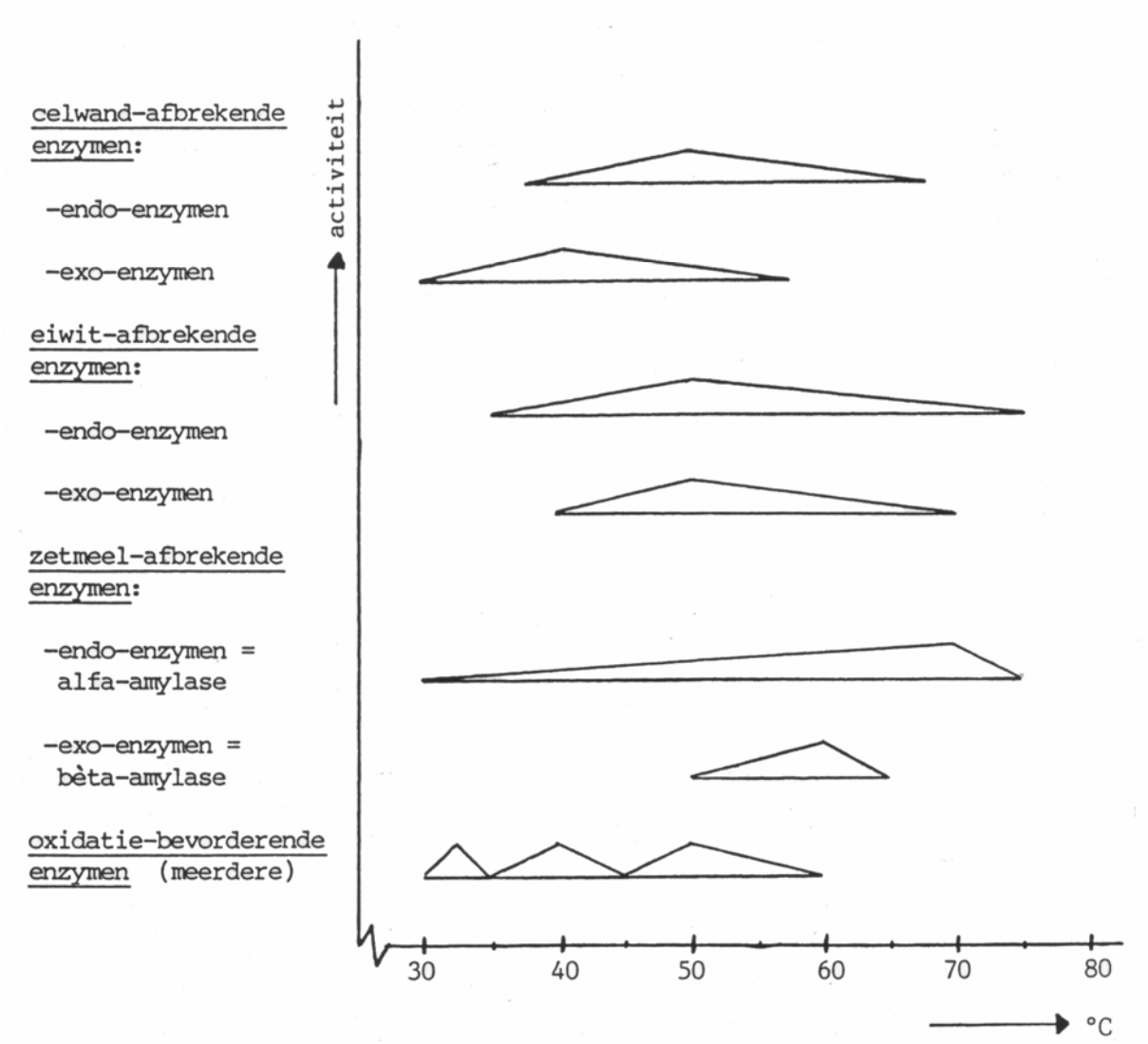
Elk enzym heeft een pH waarbij het, het beste werkt.
Het zou dus het beste zijn om elke enzym bij zijn eigen optimum-pH gedurende een bepaalde tijd te laten inwerken op zijn substraat.

Om dit te kunnen realiseren, zou men het beslag steeds op een andere pH moeten brengen. Dit is praktisch vrijwel niet uitvoerbaar. Daarom brengt men het beslag op de pH, waarbij de zetmeelafbrekende enzymen optimaal kunnen werken.

In de praktijk werkt men met een pH tussen 5,2 en 5,6.

De invloed van de temperatuur

In figuur 3 zijn de, voor de bierbereiding, belangrijkste enzymen weergegeven met hun globale temperatuurtrajecten. De grafiek geeft ook een indruk van de samenhang tussen de werking van de verschillende enzymen. Als men tijdens het maischen een bepaalde temperatuur aanhoudt, kunnen verschillende enzymen soms gelijktijdig werken.



Figuur 3

De invloed van het substraat

Om de invloed van het substraat op de enzymwerking duidelijk te kunnen maken, nemen we zetmeel als voorbeeld.

Om zetmeel zo volledig mogelijk af te kunnen breken, moeten α- en β-amylase op het zetmeel inwerken. Beide enzymen werken natuurlijk pas goed als er voldoende substraat aanwezig is.

De α-amylase is een endo-enzym. Het verbreekt verbindingen midden in het molecuul. Er ontstaan dextrinen, die een substraat vormen voor β-amylase.

De β-amylase is een exo-enzym. Het werkt vanaf de uiteinden van moleculen. Als er veel dextrinen aanwezig zijn, zijn er veel uiteinden. Er wordt vooral maltose gevormd.

We kunnen hieruit het volgende concluderen:
Om een snelle, volledige afbraak van zetmeel te krijgen èn om de verhouding dextrinen:maltose goed te kunnen sturen, zou men het beslag eerst op de optimumtemperatuur van α-amylase (ca. 70°C) en daarna op de optimumtemperatuur van β-amylase (ca. 60°C) moeten brengen.

Dit is echter niet mogelijk omdat β-amylase bij 70°C geïnactiveerd wordt.

Men kan dit probleem oplossen door het beslag op een compromistemperatuur te brengen, waarbij beide enzymen werken. Dit gebeurt bij de infusiemethode.
Bij de decoctiemethode krijgt een deel van het beslag een temperatuurbehandeling, die gunstig is voor de werking van α-amylase.

De invloed van de tijd

Hoe langer men het beslag op de optimale omstandigheden van een bepaald enzym houdt, hoe meer omzettingen dat enzym kan doen. Men kan de samenstelling van de wordt dus beïnvloeden door de tijdsduur dat het beslag op een bepaalde temperatuur wordt gehouden in te stellen.

De invloed van de verhouding water:substraat

In de meeste brouwerijen mengt men bij het inmaischen 100 kg storting met 300 l water (verhouding 1:3).
Als men minder water gebruikt, ontstaat er een dikker beslag. Dit heeft de volgende gunstige gevolgen:
de enzymen werken sneller omdat de ontmoetingskans tussen een enzym en zijn substraat groter is;
er is minder kans op inactivering van enzymen.
Het gebruik van een dik beslag heeft ook nadelen:
de bevochtiging van het zetmeel gaat moeilijker;
(bevochtiging is noodzakelijk voor de afbraak van zetmeel)
in een dik beslag lossen stoffen moeilijker op.

In de praktijk is de hoeveelheid water, die men gebruikt voor het maken van het beslag, afhankelijk van het stamwortgehalte dat men wil bereiken en van de hoeveelheid water die men gebruikt voor het uitwassen van de bostel bij het klaren en het nadrukken van leidingen.
Bij de decoctiemethode kan men het deelbeslag, dat een aparte temperatuurbehandeling, dikker maken dan het hoofdbeslag.

De invloed van de roerintensiteit

Door roeren wordt de ontmoetingskans tussen een enzym en zijn substaart groter. Te intensief roeren is echter weer nadelig.
Nadelen:
enzym en substraat kunnen alweer van elkaar gescheiden worden voordat er een reactie heeft kunnen plaatsvinden;
door meer zuurstofinslag treedt meer oxidatie op;
er kunnen problemen ontstaan tijdens klaren omdat er deeltjes verkleind zijn.

Methodes van maischen

De infusiemethode

Bij de infusiemethode werkt men met één ketel.
Deze methode is oorspronkelijk gebaseerd op één temperatuur. Men koos dan een temperatuur waarbij zowel α-amylase als β-amylase redelijk goed werken.
Bij een temperatuur van circa 60°C werkt β-amylase optimaal. Men moet deze temperatuur wel lang aanhouden, omdat α-amylase dan maar langzaam werkt. De α-amylase moet immers eerst voldoende dextrinen kunnen vormen voordat β-amylase goed kan gaan werken. Men kan de werking van α-amylase versnellen door een iets hogere temperatuur te kiezen. Er is dan sprake van een compromistemperatuur.
De totale temperatuur van maischen wordt hierdoor bekort.
Bij de Engelse infusiemethode, welke in Nederland **niet** wordt toegepast, maischt men dan ook in bij een temperatuur van 62-63°C. Deze temperatuur houdt men aan tot het beslag joodnormaal is.

Als het beslag joodnormaal is, kan men het beslag meteen klaren of (als men beschikt over een ketel met verwarmingselementen) de temperatuur op 68°C brengen. Tijdens een korte rust op 68°C worden de laatste resten zetmeel afgebroken. Daarna klaart men het beslag.

De voordelen van de Engelse infusiemethode zijn:

het is een eenvoudige manier van maischen;

er treedt weinig oxidatie op door weinig of niet overpompen van het beslag;

het beslag is goed te klaren omdat er door weinig of niet overpompen geen deeltjes verkleind zijn;

het energieverbruik is relatief laag.

De nadelen van de Engelse infusiemethode zijn:

een lager extractrendement;

Het maximale rendement van deze methode is 70%, terwijl bij de decoctiemethode rendementen worden gehaald van 75-80%.

het bier schuimt minder omdat de eiwitafbrekende enzymen bij de toegepaste temperaturen minimaal werken.

Aangepaste infusiemethoden

Men kan de Engelse infusiemethode op verschillende manieren aanpassen. Zo zijn er talloze manieren van infusiebrouwen ontstaan.

De meest voor de hand liggende aanpassing is om meer temperatuurstappen toe te passen. Hierdoor kunnen meer enzymen goed werken. Men kan dit bereiken door het beslag op een lagere temperatuur in te maischen en de temperatuur trapsgewijs te verhogen. Na iedere temperatuursverhoging vindt er een rust plaats.

De aanpassingen op de Engelse infusiemethode hebben de volgende voordelen:

een hoger extractrendement;

(het extractrendement blijft wel lager dan dat van de decoctiemethode)

men kan de samenstelling van de wort beter beïnvloeden.

Dit door het kiezen van bepaalde temperatuurrusten en duur daarvan te variëren. Hierdoor heeft men invloed op de afbraak van stoffen door enzymen.

De aanpassingen hebben de volgende nadelen:

de methode is ingewikkelder;

er is kans op een minder snelle klaring;

(Om een gelijkmatige opwarming te krijgen moet men gaan roeren. Dit kan leiden tot ongewenste verkleining van deeltjes.)

grotere kans op oxidatie.

Het roeren en de gekozen temperaturen geven meer kans op zuurstof inslag en de werking van oxidatiebevorderende enzymen.

De decoctiemethode

Zoals eerder vermeld zou het in verband met de zetmeelafbraak gunstiger zijn om het beslag eerst op 70°C te brengen en daarna op 60°C. Op deze manier zou α-amylase eerst (vooral) dextrinen vormen. Dextrinen zijn een goed substraat voor β-amylase omdat er veel uiteinden zijn. Dit is helaas niet mogelijk omdat β-amylase bij 70°C permanent geïnactiveerd wordt.

Bij de decoctiemethode maakt men daarom gebruik van twee ketels.

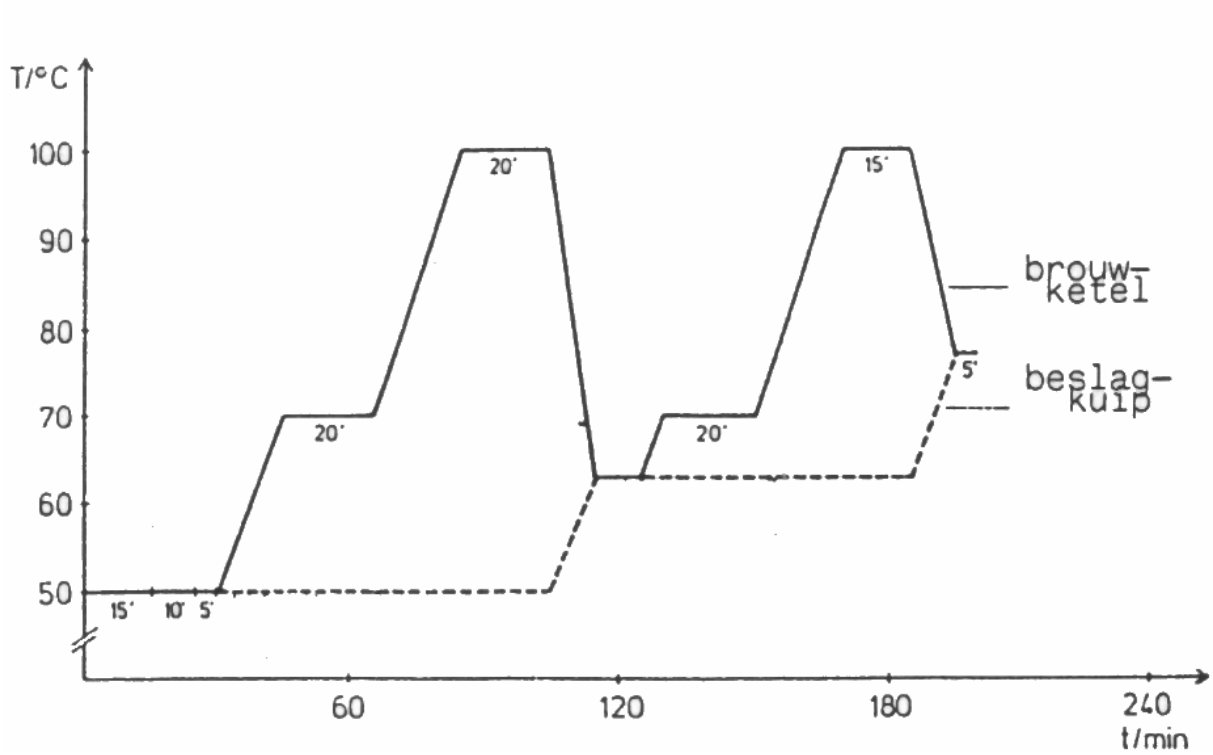
In de brouwketel warmt men gedeelte van het beslag (het deelbeslag) met een bepaalde snelheid (bijvoorbeeld 1°C per minuut) op tot 100°C. Tijdens het opwarmen is vooral α-amylase actief. Er worden nu veel dextrinen gevormd.

Na enige tijd koken wordt het deelbeslag bij het hoofdbeslag in de beslagkuip gepompt. De β-amylase uit het hoofdbeslag heeft nu voldoende substraat. Het koken van het deelbeslag is nodig om het zetmeel dat nog niet verstijfseld is (uit de maïs) te verstijfselen en om eventueel nog aanwezige celwanden (bij niet goed opgeloste mout) af te breken.

De temperatuur van het beslag na terugpompen van het deelbeslag is een compromistemperatuur, waarbij zowel α-amylase als β-amylase werken. beide enzymen hebben door deze werkwijze voldoende substraat.

Tweetraps decoctiemethode

Er zijn verschillende manieren om de decoctiemethode uit te voeren. Hier wordt de tweetraps-decoctiemethode beschreven. Figuur 4 geeft het principe van de werkwijze weer. De stippellijn geeft het temperatuurverloop van het hoofdbeslag in de beslagkuip weer. De doorgetrokken lijn is het temperatuurverloop van het deelbeslag in de brouwketel.



Figuur 4

De werkwijze bij de tweetraps-decoctiemethode in figuur 4 is las volgt.

Het moutschrood en de benodigde hoeveelheid water worden in de beslagkuip gebracht. Men kiest de temperatuur van het water zodanig, dat het beslag op een temperatuur komt van 50°C. Het inmaischen duurt 15 minuten. Daarna roert men 10 minuten en laat men de vaste deeltjes in het beslag gedurende 5 minuten enigszins bezinken.

Men trekt nu een dik deelbeslag uit de beslagkuip en pompt het over naar de brouwketel. Het deelbeslag is ongeveer 1/3 deel van het totale beslag.
Men kan de dikte van het deelbeslag aanpassen door een langere of kortere bezinktijd.

Het deelbeslag wordt nu langzaam (1°C/minuut) opgewarmd. Vervolgens laat men het deelbeslag 20 minuten bij 70°C rusten zodat α-amylase beter kan inwerken en veel dextrinen aanmaken vanuit het zetmeel. Hierdoor worden meer lange zetmeelketens gesplitst waardoor de viscositeit van het deelbeslag daalt. Dit is zeer prettig bij de eerste decoctie, aangezien door verstijfseling van het toegevoegde maïsgries de viscositeit juist toeneemt. Na deze rust volgt een kooktijd van 20 minuten. Na koken pompt men het deelbeslag terug naar het hoofdbeslag in de beslagkuip. Daarbij moet men voorkomen dat het hoofdbeslag plaatselijk een te hoge temperatuur krijgt.
Na een rust van circa 15 minuten bij 62°C wordt een tweede (dik) deelbeslag getrokken, waarna het hierboven beschreven proces zich herhaalt. Je kunt dit in de grafiek van Figuur 4 volgen. Het hoofdbeslag krijgt telkens een hogere temperatuur doordat het deelbeslag erbij komt.

Tijdens het langzaam opwarmen van het deelbeslag werken vooral de endo-enzymen. Men trekt een dik deelbeslag om te voorkomen dat er tijdens het koken teveel enzymen geïnactiveerd worden. Bovendien is de enzymwerking in een deelbeslag beter.

Men kookt het deelbeslag om resterende celwanden af te breken en om zetmeel te verstijfselen. Verstijfseld zetmeel is namelijk beter enzymatisch afbreekbaar.

De voordelen van de decoctiemethode zijn:

de enzymen kunnen optimaal inwerken op hun substraten;

het zetmeel wordt goed bevochtigd;

de eventueel nog aanwezige celwanden worden kapot gekookt;

het rendement is veel hoger dan bij de infusiemethode.

(dit is een gevolg van de eerste drie genoemde voordelen)

De nadelen van de decoctiemethode zijn:

de werkwijze is ingewikkeld (meer kansen op fouten en storingen);

doordat het beslag een aantal keren verpompt wordt, kan er verkleining van deeltjes optreden. Het klaren gaat hierdoor moeilijker;

door het koken worden enzymen geïnactiveerd;

hoger energieverbruik.

Voorwaarde om de tweetraps-decoctiemethode toe te kunnen passen is het gebruik van een enzymrijke mout. Door 2x koken worden namelijk veel enzymen geïnactiveerd. Ook moet de mout goed opgelost zijn.

Enzymwerking bij decoctiemethode

Bij de tweetraps-decoctiemethode vinden er temperatuurrusten plaats op 50°C, circa 62°C en 75°C.

Bij 50°C vindt vooral afbraak van eiwitten plaats. Daarom noemt men deze temperatuurrust ook wel de eiwitrust.

Zoals je in figuur 3 kunt zien, werken zowel de endo- als de exo-enzymen optimaal rond 50°C. Dit betekent dat men de totale hoeveelheid eiwit, die in oplossing gaat, kan regelen door de duur van de rust. Het is veel moeilijker om de samenstelling van het opgeloste eiwit te regelen. Met de samenstelling bedoelen we: de verhouding tussen de hoeveelheid grote eiwitmoleculen (door werking van endo-enzymen) en de hoeveelheid kleine eiwitmoleculen en aminozuren (door werking van exo-enzymen).

Bij 62°C wordt hoofdzakelijk zetmeel afgebroken door de gecombineerde werking van α-amylase en β-amylase. Er ontstaat vooral maltose (vergistbare suikers).

Daarom noemt men deze rust ook wel versuikeringsrust.

Bij 75°C wordt het resterende zetmeel door α-amylase afgebroken tot dextrinen (onvergistbare suikers). Men noemt deze rust de afmaischserust of tweede versuikeringsrust.

Men houdt deze rust aan tot het beslag joodnormaal is.

Klaren

Tijdens het maischen vinden reacties plaats, waardoor in water oplosbare stoffen ontstaan. Zo ontstaat er een beslag met in water opgeloste stoffen, maar ook met niet-opgeloste delen. Door het klaren van de wort wint men zoveel mogelijk gewenste oplosbare stoffen, terwijl de niet-oplosbare ongewenste stoffen verwijderd worden.

Hierbij ontstaan:

de wort: een min of meer heldere vloeistof;

de bostel, met daarin de niet-opgeloste bestanddelen en zo weinig mogelijk restvloeistof.

Het doel van het klaren is het verkrijgen van een heldere wort, met daarin zoveel mogelijk opgeloste stoffen die voor de verder bereiding van het bier gewenst zijn.

De niet-opgeloste stoffen moeten om de volgende redenen verwijderd worden:

Ze hebben een slechte invloed op het eindproduct;

Met name de vetzuren in de wort hechten zich aan troebelingen (niet opgeloste deeltjes). Door de troebelingen te verwijderen worden ook de vetzuren verwijderd.

Vetzuren, die in de wort achterblijven, zijn namelijk erg schadelijk voor het eindproduct.

Niet opgelost stoffen hechten zich aan de gisten, waardoor deze belemmerd worden in hun stofwisseling.

Uit de niet-opgeloste stoffen kan bij verdere verwerking uitloging van ongewenste stoffen optreden.

Het eigenlijke klaren van de wort bestaat uit 2 bewerkingen:
het filtreren van de hoofdwort;
het uitwassen (extraheren) van de achtergebleven vaste stof.

Door water over de achtergebleven vaste stof (de bostel) te sproeien, wordt de bostel uitgewassen. Hierbij wast men extract uit, dat in de bostel is achtergebleven. Maar er vindt ook nog extractie van oplosbare stoffen uit de bostel plaats.

De vloeistof, die bij het uitwassen ontstaat, noemen we nawort.

Factoren van invloed op het klaren

Gebruikte apparatuur

De klaring kan uitgevoerd worden met:
een klaringskuip;
een maischefilter;
een strainmaster.

De klaringskuip wordt het meest toegepast.

De mate waarin de mout is opgelost

Bij slecht opgeloste mout zijn de celwanden niet goed afgebroken. Daardoor is het meellichaam niet goed toegankelijk voor water. Het uitwassen van de bostel gaat dan minder goed, waardoor het rendement afneemt.

Grootte niet-opgeloste deeltjes

Tijdens het schroden kan men de fijnheid en de fractieverdeling van het schrood instellen. De fractieverdeling van het schrood speelt een belangrijke rol bij het klaren.
De brouwer zoekt dus een evenwicht tussen een optimale extractie (waar kleine deeltjes voor nodig zijn) en een optimale filtratie (waar grotere deeltjes, vooral kafjes, voor nodig zijn).

Viscositeit van het te klaren beslag

Hoe viskeuzer het beslag, hoe moeilijker het te klaren is.
De viscositeit van het beslag is hoger als er meer grote moleculen in voorkomen, zoals slijmerige stoffen (afkomstig van de celwanden, o.a. β-glucanen) en dextrinen.
Ook de temperatuur heeft invloed op de viscositeit van het beslag.
De hoedanigheid van de mout en toegepaste brouwmethode bepalen groten deels het soort en de hoeveelheid moleculen in het beslag en dus ook de viscositeit.

Manier van uitwassen

Het extraheren van stoffen uit de de filterkoek gaat beter als het waswater minder opgelost stoffen bevat.
Het is dus beter om de filterkoek uit te wassen met steeds weer vers water (zonder opgeloste stof). Dit gaat beter dan al het waswater in één keer te gebruiken (vergelijk dit met het schoonmaken van een verfkwast). Men kan dit bijvoorbeeld doen door het waswater in porties toe te voegen.

Temperatuur beslag en waswater

De temperatuur heeft invloed op de viscositeit van het te klaren beslag. Hoe lager de temperatuur, hoe viskeuzer het beslag.

Daarnaast heeft de temperatuur invloed op de extractie bij het uitwassen. In warm water lossen stoffen beter en sneller op dan in koud water.

Verder mag het waswater ook niet te warm zijn. Dit kan namelijk inactivering van enzymen tot gevolg hebben. Ook kunnen hierdoor vele ongewenste stoffen oplossen wanneer de temperatuur boven 78°C komt.

Mate van oxidatie

Met name door oxidatie en vervolgens polymerisatie (vormen van lange ketens) van looistofvormende stoffen ontstaan zeer grote moleculen.
Hierdoor neemt de filtratiesnelheid af.

Toegepaste werkwijze bij vullen

Bij het vullen van de klaringskuip moet men erop letten dat er een zo homogeen mogelijke bostellaag (filterlaag) ontstaat.

De klaringskuip

De klaringskuip is een ronde ketel met een dubbele bodem. De bovenste bodem (de zeefbodem) bestaat uit platen met sleufjes.
In de onderste bodem zitten de afvoerbuizen voor de heldere wort.

De sleufjes in de zeefbodem zijn te groot om alle vaste deeltjes uit het beslag tegen te houden. De zeefbodem heeft dan ook de functie van filterdrager. Door bezinking van de grotere vaste deeltjes ontstaat op de zeefbodem een filterkoek. Deze filterkoek vormt het filter en houdt ook de kleine deeltjes tegen.

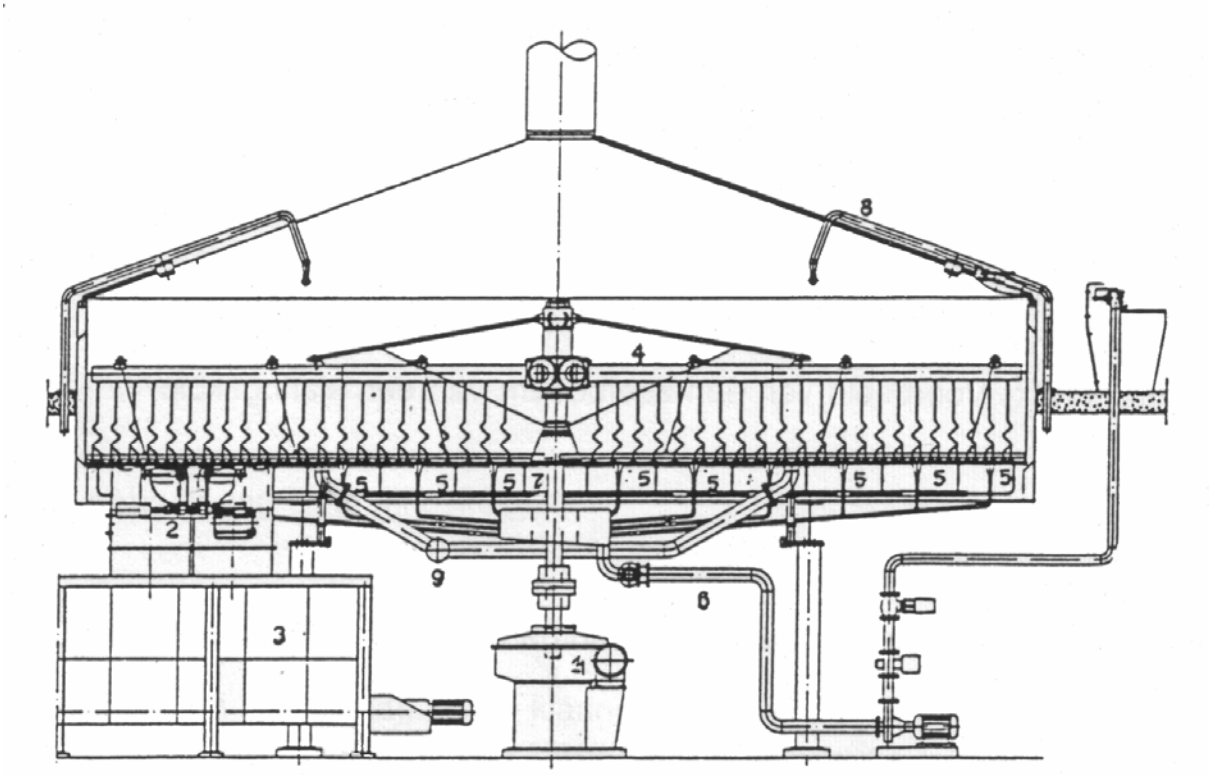
De grote vaste deeltjes in het beslag zijn vooral afkomstig uit het omhulsel. Daarom moet het omhulsel tijdens het schroden zo goed mogelijk heel gehouden worden. Verder probeert men zoveel mogelijk deeltjes van gelijk grootte te verkrijgen.

De filterkoek, die na bezinking op de zeefbodem ontstaat, bevat poriën. Deze poriën staan met elkaar in verbinding en vormen zo afvoerkanaaltjes voor de wort.

Deze afvoerkanaaltjes zijn smal en hebben vele bochten. Kleine vaste deeltjes blijven in deze kanaaltjes steken.
Door filtratie verkrijgt men een heldere hoofdwort, die via de afvoerbuizen in de onderste bodem van de klaringskuip afgevoerd kan worden.

Na het filtreren volgt het uitwassen van de filterkoek.

Zie figuur 5 voor een schematische weergave van een klaringskuip.



Figuur 11.2.: De klaringskuip

1 = aandrijving omhakker
2 = bostelluik
3 = opvangbak bostel
4 = omhakker (armen met messenbalk)
5 = leidingen voor wortafvoer
6 = centrale wortafvoer
7 = sproeileiding onder zeefbodem
8 = sproeileiding voor waswater
9 = beslagtoevoer

Figuur 5

Wort koken

Na het klaren kookt men de wort onder toevoeging van hop. Tijdens het koken van de wort vinden er reacties plaats. Een aantal van deze reacties is gewenst, sommige zijn ongewenst.

Tijdens het koken van wort samen met hop gebeurt het volgende:

Er vlokken eiwitten uit;

de enzymen worden onwerkzaam;

er worden micro-organismen gedood;

er lost een aantal stoffen uit de hop op en enkele daarvan worden omgezet (isomerisatie);

er vinden Maillardreacties plaats;

zwavelverbindingen worden afgebroken tot vluchtige en niet-vluchtige stoffen;

er verdampt water;

er verdampen aroma's en andere vluchtige stoffen;
de pH daalt.

Uitvlokken eiwitten

Vóór het koken is de wort nagenoeg helder. Tijdens het koken wordt de vloeistof troebel. Dit komt omdat de natuurlijke eigenschappen van de aanwezige eiwitten veranderen. Ze worden onoplosbaar. De onoplosbare eiwitdeeltjes gaan verbindingen met elkaar en met andere stoffen (looistoffen) aan. Hierdoor ontstaan vlokken.

De eiwitten in de wort zijn in opgeloste toestand omdat ze zijn omgeven door een watermantel.

Sommige eiwitten in de wort denatureren door verhitting. Denatureren houdt in dat de kluwen zich ontvouwt. De moleculen strekken zich dan, zodat ook zij een ketenvorm krijgen. Deze denaturatie begint al bij ca. 80°C.

Deze eiwitmoleculen verliezen dan hun watermantel door de hoge temperatuur. Hierdoor zijn ze in staat om bindingen met elkaar en met andere stoffen (looistoffen) aan te gaan. Als eiwitmoleculen bindingen aangaan, ontstaan er grotere moleculen, die zichtbaar worden als vlokken. We spreken dan ook van uitvlokken.

De neiging van de eiwitten om verbindingen aan te gaan met looistoffen hang af van:
de temperatuur;
Hoe hoger de temperatuur, hoe minder neiging tot reacties (meer beweging).
de grootte van de eiwitdeeltjes;
Grote eiwitmoleculen reageren gemakkelijker aan looistoffen dan kleine. De grote eiwitmoleculen hebben namelijk meer bindingsmogelijkheden.
de samenstelling van de eiwitten en looistoffen.

Direct na het koken zullen dus vooral de grotere eiwitmoleculen verbindingen aangaan met looistoffen. Er ontstaan grote vlokken, de zogenaamde hittedrab of breuk.
Deze vlokken zijn compact en hebben een hoge dichtheid. Hittedrab bestaat dan ook uit grote, vrij gemakkelijk te verwijderen vlokken.

Als de temperatuur daalt, zullen ook de kleinere eiwitmoleculen verbindingen aangaan met looistoffen. Dit is koudedrab. Koudedrab begint zicht te vormen vanaf 70-80°C. Deze koudedrab bestaat uit kleinere, minder compacte vlokken. Hij valt gemakkelijk uiteen door mechanische krachten, zoals bijvoorbeeld verpompen. De koudedrab is daarom moeilijker te verwijderen.

Hittedrab en koudedrab worden uit de wort en dus uit het bier verwijderd. Hierdoor daalt het gehalte aan opgelost eiwit in de wort. Dit heeft een aantal gevolgen namelijk:
verbetering van de smaak van het bier;
verbetering van de fysische stabiliteit van het bier (minder kans op natroebeling);
vermindering van de schuimkwaliteit van het bier.

Niet alle eiwit mag tijdens het koken uit de wort verdwijnen. Een klein deel van de eiwitten moet in de wort opgelost blijven. Eiwitten in bier zijn van belang voor:
de smaak van het bier;
de schuimhoudendheid van het bier;
de groei van de gist.

Hoeveel eiwitmoleculen er denatureren en uitvlokken hangt af van:
de kookduur;
Hoe langer men kookt, hoer meer eiwitmoleculen zullen denatureren en uitvlokken.
de pH;
Door een lagere pH zullen eiwitten gemakkelijker denaturen en uitvlokken.
heftigheid van koken;
Als men heftig kookt, ontstaan er veel kleine dampbellen. Deze zorgen ervoor dat eiwitmoleculen elkaar eerder ontmoeten en gaan uitvlokken.
de kookbeweging
Kookbeweging wordt veroorzaakt door heftig koken en door de vorm van de ketel. Beide veroorzaken een bepaalde stroming in de vloeistof. Hoe meer vloeistof in beweging is,

hoe groter de kans dat eiwitmoleculen elkaar ontmoeten en gaan uitvlokken. Wanneer de kookbeweging te heftig is, kunnen deze verbinding echter weer gemakkelijk verbroken. Worden.

Onwerkzaam worden enzymen

Tijdens het maischen hebben de enzymen een aantal stoffen afgebroken. Verder, ongecontroleerde afbraak van stoffen door enzymen is ongewenst.

Omdat enzymen opgebouwd zijn uit eiwitten, zullen ze door verhitting denatureren en zo onwerkzaam worden. De eiwitsplitsende enzymen en β-amylase zijn al gedenatureerd (maischen en klaren). De α-amylase en het vetoxidatie-bevorderende lioxygenase denatureren tijdens het koken.

Doden micro-organismen

Wort is een uitstekende voedingsbodem voor micro-organismen. Het bevat koolhydraten, aminozuren, mineralen, enz.
De eventueel in de brouwerij aanwezige micro-organismen, zoals gisten, schimmels en melkzuurbacteriën kunnen dus uitstekend groeien in wort.

Tijdens de vergisting is groei van andere micro-organismen dan de speciaal gekweekte giststammen ongewenst. Er zou een ander eindproduct ontstaan. Tijdens het koken worden alle aanwezige micro-organismen gedood.

Oplossen stoffen uit hop

Tijdens het koken met hop lossen de volgende stoffen op:

hopbitterstoffen;

Door koken worden hopbitterstoffen omgezet in isozuren. Deze zijn veel beter in water oplosbaar als hopbitterstoffen. Dit gebeurt echter alleen als er voldoende lang gekookt wordt. Te lang koken geeft echter weer afbraak van isozuren en dus verlies van bitterwaarde.

hoparoma;

De aromastoffen in de hop zijn vluchtig. Ze lossen goed op in de warme wort, maar verdampen ook gemakkelijk. De meeste aromastoffen uit de hop verdwijnen dan ook tijdens het koken. Soms voegt men aan het einde van het koken aromatische hop toe om het gewenste hoparoma te verkrijgen.

looistoffen.

Teveel looistoffen geven het bier een onedel bittere smaak. De hoplooistoffen gaan na het koken een verbinding aan met gedenatureerde eiwitten. Deze verbindingen vlokken uit.

Er lossen natuurlijk ook ander stoffen, zoals mineralen, uit de hop op in de wort.

Maillardreacties

Tijdens het maischen worden lange koolhydraatketens afgebroken tot kortere koolhydraten waaronder suikers (vooral maltose). Sommige suikers, de zogenaamde reducerende suikers (bijv. glucose), reageren tijdens het koken van de wort met aminozuren tot donkergekleurde verbindingen, die een bepaald aroma geven. Deze Maillardreacties mogen niet teveel plaatsvinden. Er ontstaan namelijk teveel kleur- en aromastoffen. Bovendien zijn deze Maillardreactieproducten anders als de stoffen die tijdens het eesten zijn ontstaan (door andere reactieomstandigheden zoals pH en Aw) en geven een slechtere smaak aan het bier.

De donkerder kleur van de wort na het koken wordt ook veroorzaakt door oxidatie van looistoffen, caramellisatie en indampen.

Afbraak van zwavelverbindingen

In wort en bier komen zwavelverbindingen voor. Ze worden in de brouwerij vaak mercaptanen genoemd (een ouderwetse naam). Ze zijn afkomstig uit de grondstoffen.

De zwavelverbindingen hebben invloed op de smaak en de reuk van het bier. Lage zwavelgehaltes zijn normaal, hoge zwavelgehaltes zijn ongewenst. Zij geven het bier een "rotte eierenlucht" of een "kooksmaak". Kleine verschillen in hoeveelheden zwavelverbindingen hebben al een grote invloed.
Pilsener heeft, vergeleken met andere biersoorten, een relatief hoog zwavelgehalte.

In het aminozuur methionine zit zwavel. Door het koken, maar ook tijdens de vergisting, wordt methionine omgezet in vluchtige en niet-vluchtige verbindingen.

De vluchtige verbindingen verdampen tijdens het koken van de wort. De niet-vluchtige verbindingen worden tijdens de vergisting gedeeltelijk omgezet in vluchtige verbindingen, die dan met koolzuurgas uitgewassen worden.

Hoe intensiever het wortkoken, hoe meer van deze zwavelverbindingen verwijderd worden.

Het verdampen van water

Pilsener bieren hebben een stamwort van ca. 12°P.
Een wort van 12°P (= 12 massa %) bevat ongeveer 10 massa % vergistbare suikers. Hieruit ontstaat 4 massa % (= 5 volume %) alcohol.

Na het klaren is het extractgehalte van de wort ca. 10°P (afhankelijk van de gebruikte hoeveelheden water bij het inmaischen, klaren en nadrukken van leiding). Tijdens het koken verdampt er water uit de wort. Hierdoor stijgt het extractgehalte. Bij conventioneel koken verdampt er ca. 7% water per uur uit de wort.
Men moet voorkomen dat men te lang moet koken. Dit heeft namelijk verschillende nadelen, zoals ontstaan van ongewenste smaakstoffen en afbraak van bitterstoffen…
Daarom moet de hoeveelheid water, die men gebruikt bij inmaischen, klaren en nadrukken van leidingen goed berekend worden.

Verdamping van vluchtige stoffen

Er komen allerlei aromastoffen in de wort voor. Sommige hiervan zijn gewenst voor het bieraroma, zoals bijvoorbeeld de hoparomastoffen. Andere aromastoffen, zoals zwavelverbindingen en sommige Maillardverbindingen zijn ongewenst.

Door het koken verdwijnen zowel gewenste als ongewenste aromastoffen uit de wort. De ontweken aromastoffen kunnen weer oplossen in het condenswater in de afvoerpijp van de kookketel. Om te voorkomen dat ongewenste aromastoffen op deze manier weer terugstromen in de kookketel, is er een opvanggootje in de afvoerpijp aangebracht. Via dit gootje wordt condenswater met aromastoffen afgevoerd.

pH daling

Tijdens het koken van de wordt daalt de pH. Dit wordt vooral veroorzaakt doordat er een aantal stoffen (onder andere calcium en fosfaat) neerslaan en dus verdwijnen uit de vloeistof.

Een lager pH heeft een aantal voordelen:
er zullen meer eiwitten uitvlokken;
de Maillardreacties verlopen langzamer;
er lossen minder onedel bitter smakende stoffen op.

Men voegt vaak zuur toe om de pH te verlagen tot ± 5,4. Door koken daalt de pH verder tot ± 5,2.

Uitvoering wortkoken

De wortketel is uitgevoerd in koper of (meestal) in roestvrijstaal. Koper geleidt de warmte beter.
De ketels zijn meestal rond met een schootsteen voor de dampafvoer. Per 100 kg gestorte mout moet de wortketel een inhoud hebben van ± 800 l.

De diameter van de ketel is ongeveer 2x de vloeistofhoogte. Hierdoor ontstaat een groot verdampend oppervlak.

Sommige brouwerijen verhitten de wortketels nog direct met olie- of gasbranders. Over het algemeen worden de ketels echter verhit met stoom. Hierdoor is de kans op plaatselijke oververhitting kleiner.

De verhittingszones kunnen bestaan uit een dubbele wand of uit stoombuizen in de wortketel. Hierin condenseert de stoom en geeft zijn warmte af.

De verhittingszones in het midden van de ketel worden vaak verhit met stoom van een hogere druk (en temperatuur).

Hierdoor ontstaat in de ketel een sterke stroming, waarbij de wort in het midden opstijgt en langs de zijkant weer terugstroomt. Zo zal ca. 7% water per uur verdampen. Het duurt dan 1 tot 1½ uur tot het gewenste eindresultaat bereikt is.

Aan het einde van het wortkoken stopt men de warmtetoevoer. De wort komt dan tot rust. Men bepaalt nu het aantal hectoliters wort en het extractgehalte van de wort.

Het aantal hectoliters is eenvoudig te bepalen met een geijkte peilstok of met behulp van een geijkte schaalverdeling op de wortketel.

Het extractgehalte bepaalt men met een saccharometer, een densimeter of met een DMA-cel. Bepaling van het extractgehalte met een saccharometer en een densimeter gaat precies hetzelfde. Op een densimeter leest men de dichtheid (= soortelijke massa) af, op een saccharometer °P. Via een tabel kan de dichtheid omgerekend worden naar extractgehalte.

Met de verkregen gegevens controleert men:
de sterkte van de wort;
het brouwhuisrendement.

Samenstelling van een volmoutwort met een stamwortgehalte van 12°P

Koolhydraten

fructose	1 – 2%
glucose	8 – 9%
sacharose	2 – 3%
maltose	46 – 50%
maltotriose	8 – 10%
laag moleculair dextrinen	7 – 10%
hoog moleculair dextrinen	19 – 22%

Ruw celstof

β-glucanen	0,2 – 0,4%
pentosanen	3 – 4%

Eiwitstoffen

totaal stikstof	950 – 1200 mg/l
hoog moleculair stikstof	200 – 270 mg/l
hiervan coaguleerbaar	15 – 25 mg/l
midden moleculair stikstof	150 – 200 mg/l
laag moleculair stikstof	550 – 750 mg/l
hiervan formolstikstof	320 – 400 mg/l
vrij aminozuur	200 – 260 mg/l

Looistoffen

totaal polyfenolen	180 – 300 mg/l
anthocyanogenen	70 – 140 mg/l
tannoïden	60 – 100 mg/l

Bitterstoffen

EBC bitterwaarde	35 – 50 mg/l
α-zuren	3 – 15 mg/l

iso-α-zuur 25 – 40 mg/l

Mineralen

fosfaten 600 – 850 mg/l
silicaten 30 – 40 mg/l
chloriden 50 – 200 mg/l
sulfaten 4 – 250 mg/l
nitraten 0 – 50 mg/l
calcium 20 – 60 mg/l
magnesium 50 – 100 mg/l
kalium 500 – 550 mg/l
natrium 5 – 20 mg/l
zink 0,05 – 0,2 mg/l

Schijnbare eindvergistingsgraad 79 – 85%
Werkelijke eindvergistingsgraad 64 – 70%
Kleur8 – 10 EBC
pH 5,0 – 5,4

De wortbehandeling

Onder wortbehandeling verstaan we de behandelingen, die de uitslagwort krijgt vóór de vergisting.

De uitslagwort is niet geschikt om meteen te worden vergist. Dit komt door de volgende oorzaken:

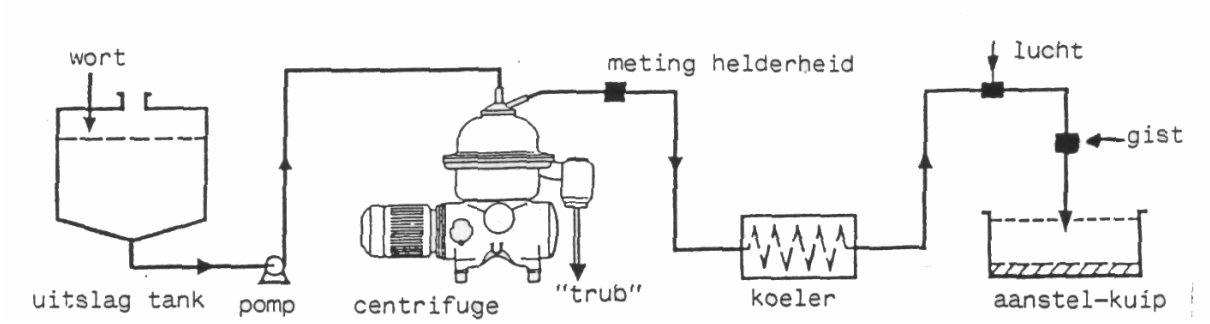
de temperatuur is te hoog;
Als men gist toevoegt aan de hete wort (ca. 100°C), sterft deze direct.

bijna geen zuurstof;
Door het koken is de meeste zuurstof uit de wort verdwenen. De gist heeft zuurstof nodig om zich te kunnen vermeerderen.

De wort is niet helder.
Tijdens het koken zijn troebelingen ontstaan (hittedrab). De hittedrab moet verwijderd worden omdat deze later problemen kan veroorzaken.

De wortbehandeling bestaat uit:
verwijderen van de troebelingen;
koelen van de wort;
beluchten van de wort.

Zie figuur 6 voor een schematisch overzicht van deze bewerking. In plaats van een centrifuge kan men ook een whirlpool gebruiken.



Figuur 6

Verwijderen van troebelingen

Hittedrab is de neerslag, die ontstaat door het koken van de wort. De hittedrab moet zo volledig mogelijk verwijderd worden om de volgende redenen:

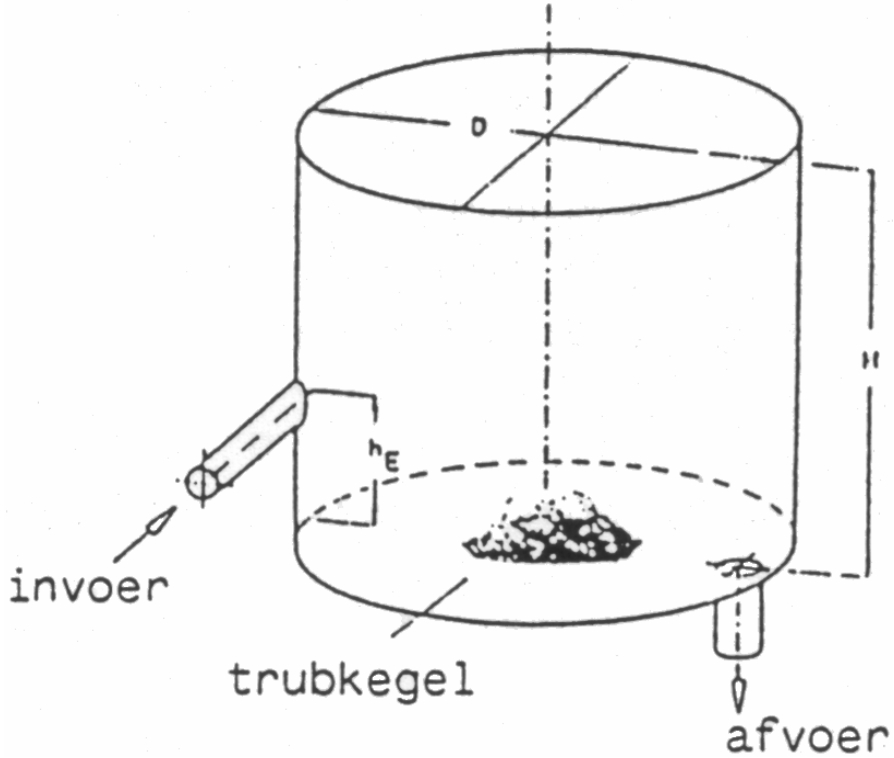
Hittedrab kan storend werken bij de vergisting.
De hittedrab kan zich hechten aan de celwanden van de gistcellen. Hierdoor wordt de stofwisseling van de gist belemmerd. Opname en afgifte van stoffen gaat namelijk via de celwand.
Tijdens de lagering kan de hittedrab weer in oplossing gaan (lage temperatuur, lagere pH).
Dit heeft een slechte invloed op de smaak en op de schuimvorming van het bier.
Hittedrab kan verstoppingen veroorzaken in een platenwarmtewisselaar bij het koelen van wort.
Met name bij het gebruik van hoppellets kan dit gebeuren. Resten van natuurhop moeten verwijderd worden voordat men de hittedrab verwijderd.

De hoeveelheid hittedrab bedraagt ca. 200 – 400 gram natte hittedrab per hl. Per brouwsel en per brouwerij kan de hoeveelheid echter zeer verschillen.
Verwijdering van de hittedrab kan technologisch gezien het beste meteen nat het koken van de wort gebeuren omdat:
het afscheiden van de hittedrab dan gemakkelijker gaat.;
Dit komt omdat wort dan een hoge temperatuur en dus een lage viscositeit heeft.
bij verwijdering na koelen bijzondere hygiënische maatregelen genomen moeten worden. Eventuele infecties hebben dan ernstige gevolgen.

Men gebruikt de volgende apparatuur om hittedrab te verwijderen:
de whirlpool;
de centrifuge.

Whirlpool

De whirlpool is een geïsoleerde, cilindrische tank. Aan de zijkant, op een hoogte van ca. 1/3 vanaf de bodem van whirlpool zit een tangentiële invoer voor de troebele wort. De afvoer voor de heldere wort zit in de bodem (zie figuur 7) of in de zijwand.



Figuur 7

De wort komt de whirlpool binnen met een snelheid van ca. 10 m/s. De juiste invoersnelheid is belangrijk in verband met een goede afscheiding van de hittedrab.

Daarom zit er in de toevoerleiding, net vóór de whirlpool, een vernauwing. Deze geeft de wort de juiste snelheid.

Men moet zien te voorkomen dat de hittedrabdeeltjes verkleind worden. Hierdoor wordt het afscheiden moeilijker.

De toevoerleiding naar de whirlpool moet daarom zo kort mogelijk zijn, men moet de goede pomp gebruiken en de vernauwing moet de juiste constructie hebben.

Door de tangentiële invoer zal de wort langs de wand de whirlpool instromen en vervolgens gaan ronddraaien. Tijdens het draaien verzamelt de hittedrab zich in het midden op de bodem van de whirlpool.

Ongeveer 30 tot 40 minuten na het vullen kan men de heldere wort rustig afvoeren.

Een slechte afscheiding van de hittedrab in een whirlpool kan veroorzaakt worden door:

de samenstelling van de hittedrab;

Als de wort voor het koken niet helder is, kan dit een slechte afscheiding van de hittedrab tot gevolg hebben. Ook de hoeveelheid hop is van invloed. Zowel teveel als te weinig hop geven een slechtere afscheiding.

het ontstaan van wervelingen in de vloeistof door bijvoorbeeld een onjuiste invoersnelheid;

het verkleinen van de hittedrabdeeltjes tijdens verpompen van de wort naar de whirlpool.

Voordelen van de whirlpool zijn:

de eenvoudige constructie;

niet storingsgevoelig (geen bewegende delen);

niet gevoelig voor schommelingen in de hoeveelheid hittedrab in de wort;

de whirlpool is tevens een buffervat.

Nadelen aan de whirlpool zijn:

een groot verlies van wort met de hittedrab;

vrijwel niet regelbaar;

sterk afhankelijk van de samenstelling van de wort;

sterk afhankelijk van de invoersnelheid.

Centrifuge

Het type centrifuge, dat men voor de verwijdering van de hittedrab gebruikt, is de zelflossende klarificator (zie figuur 8). Het toerental bedraagt ca. 1500 – 3000 omw./min.

In de trommel bevinden zich een groot aantal trechtervormige schotels, die boven elkaar geplaatst zijn. Elke ruimte tussen de schotels kan men zien als een aparte separatieruimte.

Men voert de troebele wort centraal in. De wort komt dan onder invloed van de centrifugale kracht. De vloeistof wordt naar buiten geslingerd, en komt via de ruimtes tussen de schotels weer naar binnen en omhoog.

De zwaardere deeltjes (troebelingen) ondervinden de grootste centrifugale kracht. Ze worden naar buiten geslingerd en zetten zich in de slibruimte af tegen de wand van de trommel.

De heldere vloeistof wordt afgevoerd met behulp van een zogenaamde grijper.

De vaste deeltjes uit de wort hopen zich op tegen de wand van de centrifuge (in de slibruimte). Omdat de slibruimte vol raakt, moet de vaste stof van tijd tot tijd uit de centrifuge verwijderd worden.

Men kan het moment van slibverwijdering op verschillende manieren bepalen:

met vaste tussenposen;

aan de hand van de hoeveelheid slib in de slibruimte;

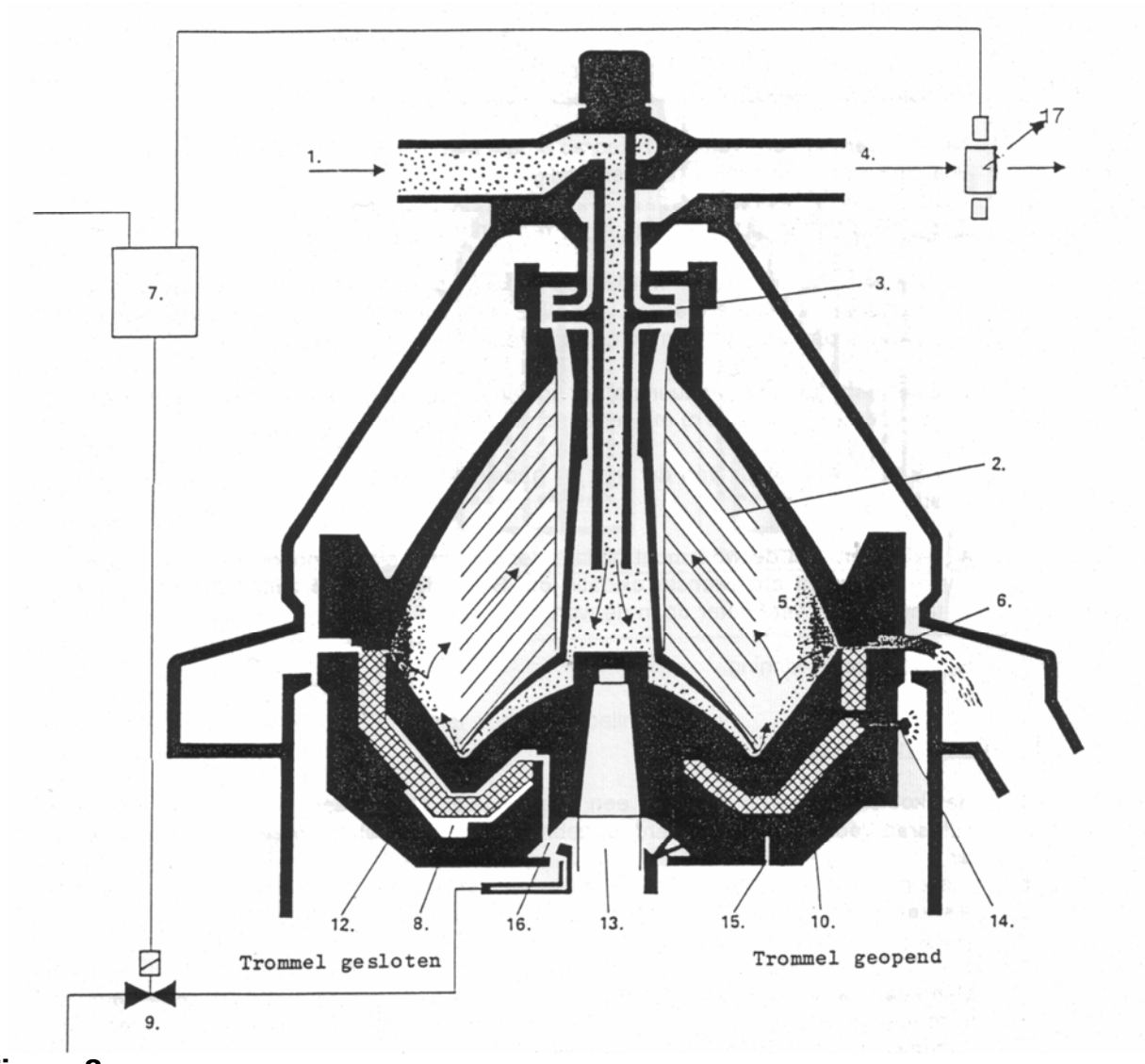
aan de hand van de helderheid van de afgevoerde wort.

Als de slibruimte vol is, gaan er vaste deeltjes met de heldere wort mee; een fotocel meet de helderheid van de uitgaande wort en geeft een signaal door aan de besturingseenheid wanneer de vloeistof troebel begint te worden.

Bij moderne zelflossende centrifuges gaat het lossen automatisch. De centrifuge blijft op volle snelheid draaien.

Voordelen van centrifuges zijn:
afscheiding van deeltjes vindt veel beter plaats;
minder afhankelijkheid van de samenstelling van de wort
minder afhankelijk van de vloeistof snelheid.

Nadelen van centrifuges zijn:
hoge investeringskosten;
hoge onderhoudskosten (storingsgevoelig);
de mechanische krachten in de centrifuge verkleinen de af te scheiden deeltjes. Hierdoor wordt het verwijderen van de deeltjes moeilijker. Bovendien kunnen hierdoor smaakafwijkingen ontstaan;
hoge energiekosten;
veel geluidsoverlast.



Figuur 8

1. toevoer
2. schotel
3. grijper
4. afvoer
5. slibruimte
10. openingskamer
11. fotocel
12. onderste schotel
13. as
14. uitloopboring

6. afschotopening
7. besturingskast
8. sluitkamer
9. stuurvloeistofventiel
15. overloopboring
openingskamer
sluitkamer
16. inspuitkamer

Koelen van wort

Redenen om te koelen

Na het verwijderen van de hittedrab koelt men de wort zo snel mogelijk. Snel koelen is om de volgende redenen nodig:

Bij hoge temperaturen vinden in de wort ongewenste chemische reacties plaats;

Door een lage temperatuur na het koelen krijgen ongewenste micro-organismen minder kans om zich te ontwikkelen;

Als de temperatuur van de wort bij aanstellen hoog is (>60°C), zal de gist sterven;

Beluchten van de wort moet bij lage temperatuur plaatsvinden. Bij hoge temperaturen treedt namelijk ongewenste oxidatie op. Bovendien lost de zuurstof bij een lage temperatuur veel beter op in de wort;

Energieterugwinning.

Platenkoeler

Het koelen kan gebeuren met een buizenkoeler of met een platenkoeler. Als de hittedrab vóór koelen verwijderd is, gebruikt men over het algemeen een platenkoeler.

Als koelmedia gebruikt men meestal brouwwater, vaak gecombineerd met glycol, ijswater of nortonwater.

Men koelt de wort gedeeltelijk met brouwwater, waarbij het brouwwater de gewenste temperatuur (bijvoorbeeld 78°C) krijgt. Daarna koelt men verder met glycol, ijswater of nortonwater tot de aansteltemperatuur (7°C – 9°C).

Tegenwoordig koelt men de warme wort ook wel in één keer met brouwwater tot de aansteltemperatuur. Het brouwwater is dan van te voren gekoeld tot ca. 2°C.

Beluchten van wort

Beluchten van de wort is nodig om de gistvermeerdering mogelijk te maken.

Luchtopname door hete wort kan schadelijke neveneffecten hebben. Er treedt dan sterke oxidatie op, waardoor de wort een te donkere kleur en het bier een afwijkende smaak krijgt.

Daarom moet zuurstofopname tijdens bewerkingen, zoals maischen, klaren, koken en afscheiden van hittedrab zoveel mogelijk vermeden worden.

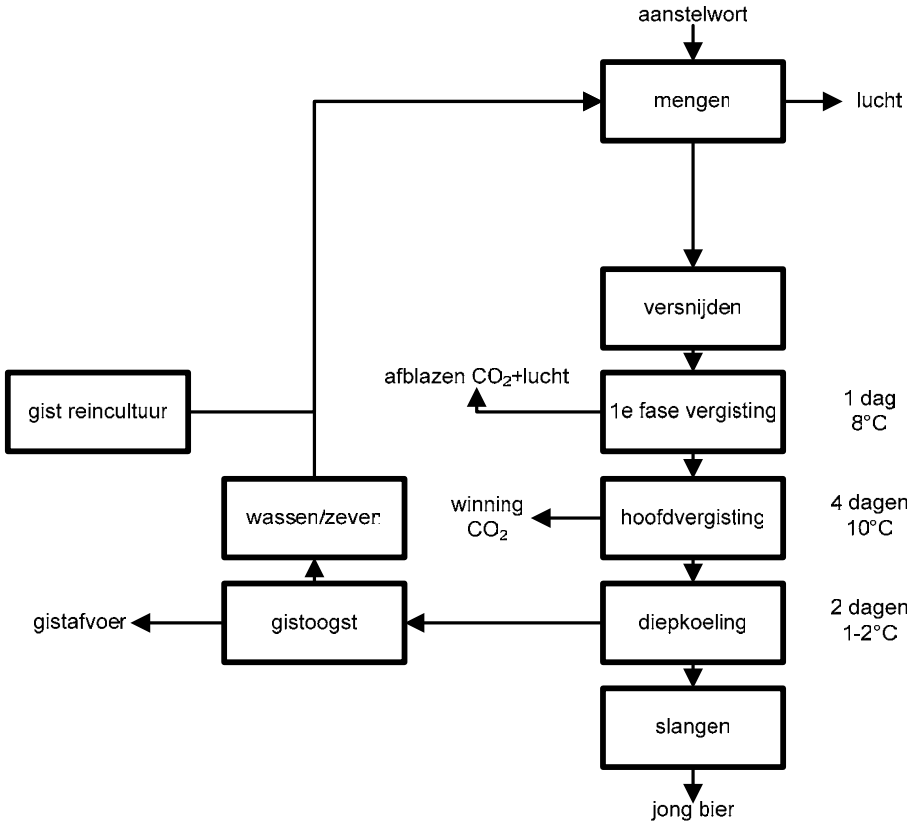
Als men de wort koelt vóór het beluchten, treedt er (vrijwel) geen oxidatie op. Bovendien lost de zuurstof beter op in koude wort. Hoe lager de temperatuur, hoe meer zuurstof er kan oplossen.

Voor de gistvermeerdering is ca. 6-8 mg zuurstof per liter wort nodig. Aangezien lucht niet alleen uit zuurstof bestaat, is er meer dan 6-8 mg/l lucht nodig.

De lucht wordt via een sterielfilter onder druk in de wortleiding geperst.

Vergisting

Tijdens de vergisting verander de wort in ongeveer één week tijd in jong bier. Figuur 9 geeft een blokschema van een veel gevolgde werkwijze bij de vergisting tot pilsener.



Figuur 9

De toegevoegde gist veroorzaakt een aantal veranderingen in de wort. Deze hebben tot gevolg dat de wort verandert in jong bier. De kwaliteit van jong bier is voor een groot deel afhankelijk van de veranderingen tijdens de vergisting.

Tijdens de vergisting vinden zowel chemische als fysische veranderingen plaats.

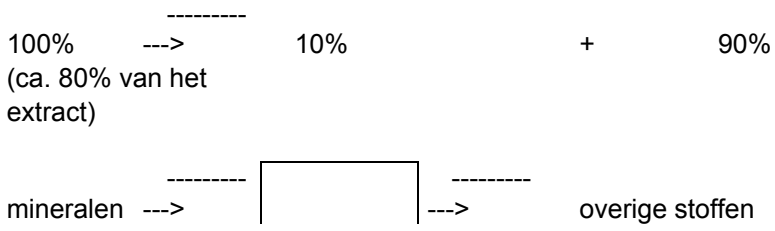
Chemische veranderingen

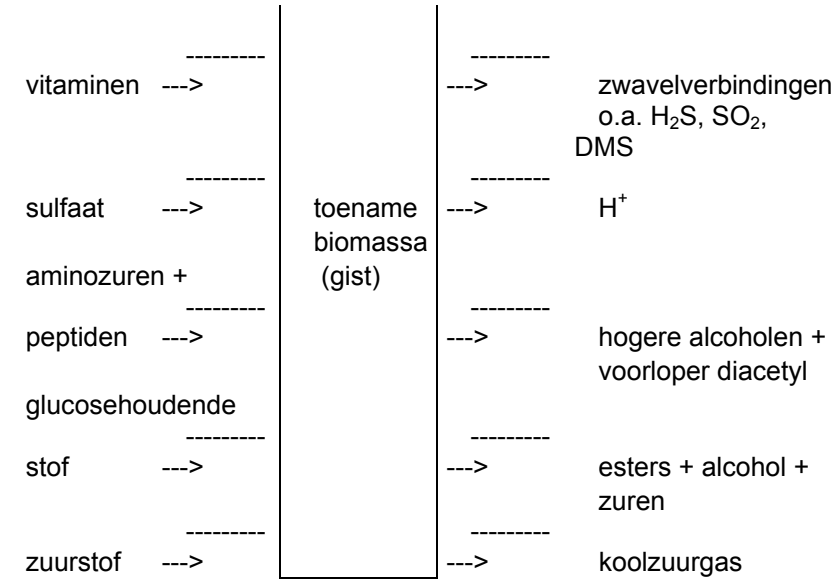
In het schema in figuur 10 zijn de belangrijkste chemische veranderingen weergegeven. Ze worden bijna allemaal veroorzaakt door enzymen, die afkomstig zijn van de gist. Er kunnen tijdens de vergisting zo'n 400 verschillende stoffen ontstaan.

Fysische/chemische veranderingen

Onder andere ten gevolge van de chemische veranderingen vinden er ook fysische veranderingen plaats.

a. de pH daalt;
b. de kleur wordt lichter (o.a. door de pH-daling);
c. de gevormde koolzuurgasbellen wassen de vergistende vloeistof uit;
d. adsorptie van stoffen aan de celwanden van de gistcellen;
e. er bezinken stoffen en er gaan stoffen boven drijven;
f. er lost CO_2 op in het jong bier;
g. er slaan eiwitten neer.

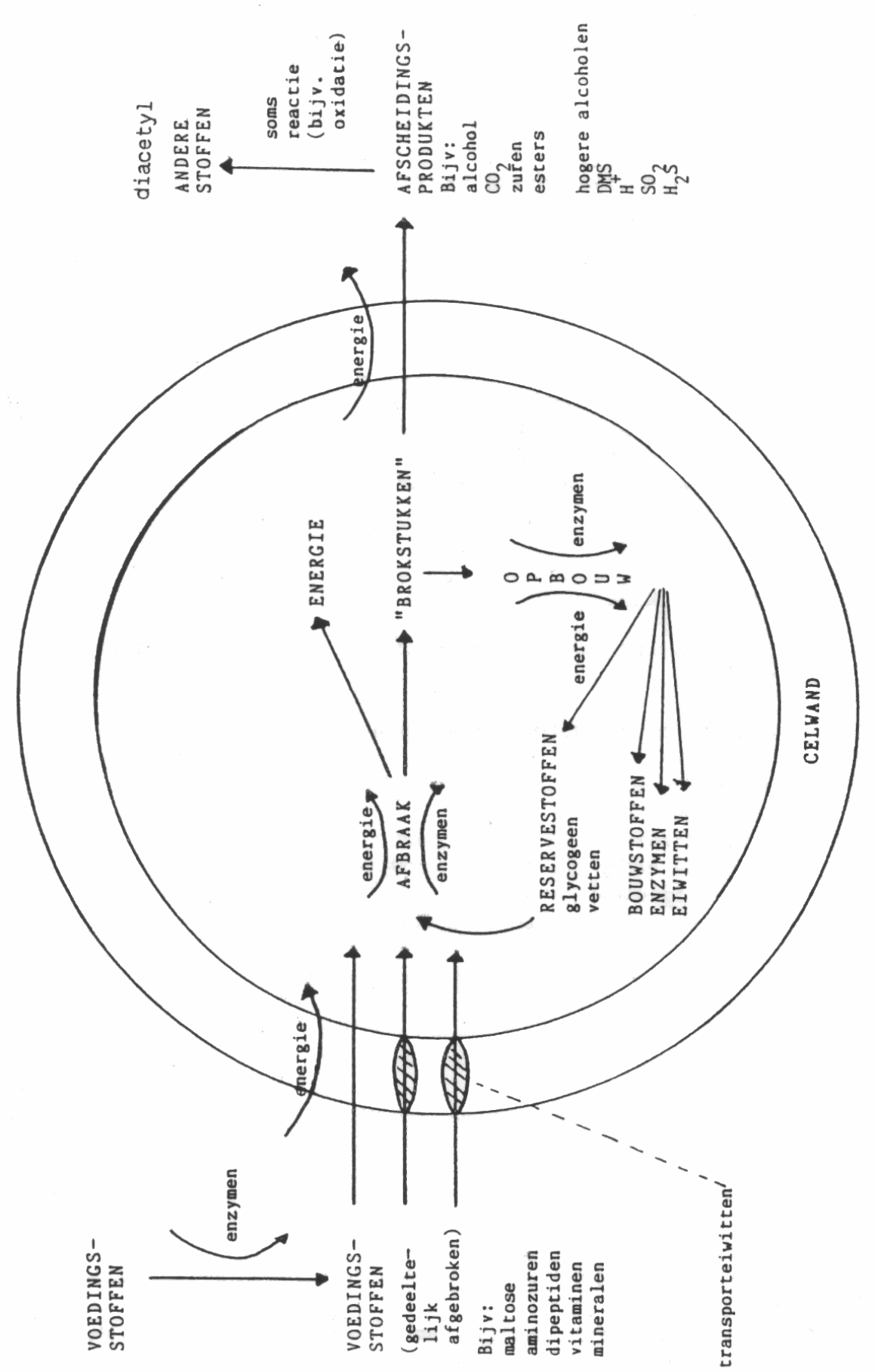




Figuur 10

De mate waarin de chemische en fysische veranderingen plaatsvinden, hangt af van:
de toegevoegde gist (giststam, vitaliteit, hoeveelheid, etc.);
de samenstelling van de aanstelwort (welke stoffen komen er in de wort voor en in welke hoeveelheden);
de omstandigheden waaronder de vergisting plaatsvindt.

Voor vergisting is een constante hoeveelheid vitale (levenskrachtige) gist nodig van de gewenste soort(en). De werkzaamheden, die men verricht om tot voldoende vitale gist van de juiste soort te komen, noemt men de gistbehandeling. In figuur 9 zijn een aantal van deze werkzaamheden weergegeven (gistoogst, wassen/zeven, gistreincultuur).


diacetyl
ANDERE STOFFEN
soms reactie (bijv. oxidatie)
AFSCHEIDINGS-PRODUKTEN
Bijv:
alcohol
CO_2
zuren
esters
hogere alcoholen
DMS
H^+
SO_2
H_2S
energie
ENERGIE
"BROKSTUKKEN"
OPBOUW
enzymen
energie
AFBRAAK
enzymen
energie
RESERVESTOFFEN
glycogeen
vetten
BOUWSTOFFEN
ENZYMEN
EIWITTEN
CELWAND
enzymen
VOEDINGS-STOFFEN
VOEDINGS-STOFFEN
(gedeeltelijk afgebroken)
Bijv:
maltose
aminozuren
dipeptiden
vitaminen
mineralen
transporteiwitten

Figuur 11

Invloed van stofwisseling op bier

Het is duidelijk dat de stofwisseling van de gist veel invloed heeft op het bier. Van belang zijn:
welke en hoeveel stoffen worden opgenomen;
welke en hoeveel stoffen worden afgestaan.

De factoren, die de stofwisseling beïnvloeden zijn:
de samenstelling van de wort/het jongbier;
de toestand van de gistcel en celwand;
de omstandigheden tijdens de vergisting;
het stadium, waarin de gist zich bevindt.

Samenstelling wort/jongbier

De samenstelling van de wort (of het jongbier) is van grote invloed op welke stoffen de gist opneemt en op welke het afscheidt. Als een gist andere stoffen opneemt (door een andere samenstelling van de wort), scheidt deze ook andere stoffen.

Voor de opbouw van stoffen zijn bepaalde stoffen uit de wort noodzakelijk, bijvoorbeeld bepaalde aminozuren.
Zijn deze stoffen niet aanwezig, dan zal de gist deze zelf maken. Dat doet hij door eerst andere stoffen af te breken. Uit de brokstukken bouwt hij dan de gewenste stoffen op. De brokstukken, die hij niet kan gebruiken, scheidt hij af.

Om een constante kwaliteit bier te kunnen maken is het belangrijk dat de wort steeds dezelfde (gewenste) samenstelling heeft.

Toestand van gistcel en celwand

Soort gist

De soort gist heeft invloed op de snelheid waarmee stoffen worden opgenomen, maar ook op de hoeveelheid stoffen die worden opgenomen en afgescheiden.
Dit ligt vast in de erfelijke eigenschappen van die giststam. Het is dus van belang om steeds dezelfde (zuivere) giststam te gebruiken.

Vitaliteit gist

Hoe vitaler de gist, hoe korter de lagfase zal duren en hoe sneller de vermenigvuldiging op gaan zal komen.
De vitaliteit hangt vooral samen met de hoeveelheid reservestoffen (o.a. glycogeen) in de gistcel aan het begin van de vergisting. De gistcel breekt de reservestoffen af en bouwt hieruit nieuwe stoffen op. Als er veel glycogeen aanwezig is, zal de gist snel nieuwe stoffen kunnen opbouwen.

Vitale gist is dus zeer belangrijk. Daarom mag de gist niet te lang opgeslagen worden. De vitaliteit gaat dan achteruit.

Ouderdom gist

Gist, die meerdere keren gebruikt is, is op een gegeven moment niet meer geschikt. De oorzaken hiervan zijn:

De gist kan andere erfelijke eigenschappen krijgen door mutatie;

Op de plaatsen waar een dochtercel gezeten heeft, ontstaan littekens. Via littekens kunnen geen stoffen meer opgenomen worden;

Er kunnen zich stoffen (bijv. eiwitten, looistoffen en bitterstoffen) aan de celwand hechten. Deze bemoeilijken het opnemen en afscheiden van stoffen;

De celwand past zich aan, aan het milieu waarin de gist zich bevindt (transporteiwitten zijn specifiek). Bepaalde stoffen (bijv. zware metalen) kunnen de transporteiwitten onwerkzaam maken. Hierdoor wordt opname van stoffen moeilijker;

Er kunnen infecties optreden van wilde gisten of andere micro-organismen. Deze maken andere afscheidingsproducten.

Het is daarom van belang om regelmatig nieuwe gist te gebruiken.

Omstandigheden

Temperatuur

Afbraak van stoffen (binnen en buiten de cel) en opbouw van stoffen verloopt via verschillende soorten enzymen. De werking van enzymen is afhankelijk van de temperatuur. De enzymen hebben verschillende optimumtemperaturen.

Als de temperatuur tijdens de vergisting anders is dan normaal zullen bepaalde enzymen sneller en andere enzymen juist langzamer werken. Dit is weer van invloed op de stoffen, die opgenomen en afgescheiden worden.

De temperatuur heeft dezelfde invloed op de transporteiwitten.

Het is van belang om tijdens de vergisting steeds voor hetzelfde temperatuurverloop te zorgen.

pH

Enzymen en transporteiwitten hebben ook ieder een optimum-pH. De werking is afhankelijk van de pH.
Daarom is het belangrijk dat de wort steeds dezelfde pH heeft.

CO_2-druk

De gist produceert koolzuurgas. De CO_2-druk in de vloeistof zal gedurende de vergisting steeds groter worden. Bij een hogere CO_2-druk is het moeilijker om nog CO_2 af te scheiden.
Voor een constante vergisting (en een constante kwaliteit bier) is het daarom belangrijk om steeds met dezelfde CO_2-drukken te werken.

Type vergistingeenheid

De druk in de vloeistof en de stroming in de vloeistof worden sterk beïnvloed door de vorm van de vergistingeenheid. Er zijn dan ook duidelijke verschillen tussen een CKT (Apollo) en een liggende vergistingstank.

De druk en de stroming beïnvloeden opname en afgifte van stoffen door de gistcel. Een hogere druk bemoeilijkt het afscheiden van stoffen. Als er meer stroming is, zal de vloeistof rondom de gistcel vaker "ververst" worden, waardoor er meer stoffen opgenomen en afgescheiden kunnen worden.

Stadium waarin gist zich bevindt

Lagfase

De lagfase wordt veroorzaakt doordat:
de gist niet beschikt over de benodigde enzymen;
gebrek heeft aan snel beschikbare energie.

Als de gist in de wort terechtkomt, zal hij zich moeten aanpassen aan de dan heersende omstandigheden. De gist komt uit jong bier (eventueel na tussenopslag) in de wort en is hierop eigenlijk niet voorbereid. De gist zal zich moeten aanpassen aan die nieuwe omstandigheden door het maken van nieuwe enzymen en transporteiwitten.

Dit kost brij veel energie. Die moet hij vrij krijgen uit de afbraak van zijn reservevetten en glycogeen.

Voor de opbouw van het celmembraan heeft de gist vetachtige stoffen o.a. erogsterol nodig. Deze sterolen en andere vetachtige stoffen worden gevormd uit glucose. Dit kan pas als er ook zuurstof in de cel aanwezig is. De gist begint dus direct na het aanstellen met het maken hiervan.
De hoeveelheid vetachtige stoffen die de gist normaal vormt in deze fase zijn voldoende

voor 3 à 5 gistvermeerderingen.
Om de gist te helpen snel op gang te komen wordt de gist soms al enige uren voordat men hem in de wort doseert belucht. De gist zal dan al tijdens deze uren sterolen vormen, zodat hij al voorbereid in de wort kom.

Als de gist (te) lang bewaard is geweest, is hij niet in staat snel tot vorming van de benodigde nieuwe enzymen over te gaan. Dit komt doordat de reservestoffen tijdens bewaring door de gist zelf zijn opgemaakt. Zelfs eigen enzymen worden afgebroken om te overleven.

Tijdens deze lagfase zal de gist veel stoffen uit de wort **opnemen** zoals: zuurstof, mineralen, glucose, aminozuren en vitaminen en hiermee voorbereidingen treffen om zich te gaan vermeerderen. Hoe meer reservestoffen de gist bevat, hoe vitaler deze is en hoe sneller en beter deze in staat is tot al deze activiteiten.

Tijdens deze afbraak- en opbouwreacties worden allerlei stoffen gevormd die de gist niet direct kan gebruiken. Deze stoffen scheidt de gist af. Hierbij zitten de stoffen die al genoemd zijn in figuur 10. De hoeveelheid en soorten van deze stoffen bepalen straks mede het eindproduct.

De lagfase moet liefst kort duren om te voorkomen dat eventueel aanwezige vreemde micro-organismen (infectie) zich gaan vermeerderen. Een lage aansteltemperatuur remt de groei van vreemde micro-organismen. Bij een korte lagfase zullen infecties door de activiteiten van de gist worden onderdrukt.

Vermeerderingsfase of exponentiële fase

In deze fase neemt het aantal gistcellen sterk toe. Op de plaats waar de dochtercel zich heeft afgescheiden blijft een litteken achter. Op deze plaats kan geen opname van voedingsstoffen meer plaatsvinden. Op een gegeven moment zijn er zoveel littekens gevormd, dat de gistcel geen voedingsstoffen meer kan opnemen. Deze sterft dan. Het aantal dochtercellen, dat een gistcel kan produceren, ligt tussen de 15 en 20 stuks.

Afhankelijk van de groeiomstandigheden en het gistras scheidt de dochtercel zich snel of minder snel af. Bij sommige gistrassen vormt de dochtercel een nieuwe knop als ze nog aan de moedercel vastzit. Op deze manier ontstaat een lange sliert van gistcellen, de zogenaamde gistboom.
Onder andere deze gisten noemen we boven bovengisten omdat ze, aan elkaar gehecht, koolzuurgas insluiten en zo gaan drijven op de vloeistof (kaamgist). Onder bepaalde omstandigheden verliezen ze deze eigenschap, bijvoorbeeld bij de vergisting in hoge vergistingtanks.

De vermeerderingsfase is sterk bepalend voor het latere bierkarakter. Tijdens deze fase worden de volgende stoffen gevormd:
nieuwe celwanden en celmembranen;
nieuwe celorganen en enzymen;
nieuwe celinhoudstoffen.

Er worden dus veel stoffen opgenomen en omgebouwd tot de gewenste celdelen. Hierbij ontstaan ook veel afbraakproducten die de gist kwijt wil. De wort verandert nu sterker in jong bier.

We zien dit in de praktijk ook aan het opkomende schuim (kroezen) dat ontstaat door het gevormde koolzuurgas. Het opstijgende koolzuurgas neemt stoffen (eiwitten, looistoffen, hopstoffen) mee. Deze veroorzaken in eerste instantie een fijn schuim. De koolzuurgasontwikkeling duidt op afbraak van vergistbare suikers.

De afbraak van suikers gebeurt in deze fase volgens de reactievergelijking:
$C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \rightarrow 6\ CO_2 + 6\ H_2O + 2831$ kJ.

We noemen dit de aërobe ademhaling. Deze ademhaling, waarbij zuurstof nodig is zal slechts zeer weinig plaatsvinden omdat vrijwel alle zuurstof gebruikt wordt voor de aanmaak van stoffen voor de vermenigvuldiging.

De meeste suikers worden daarom via de anaërobe ademhaling omgezet. Dit gaat volgens de reactievergelijking:
$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2\ C_2H_5OH + 2\ CO_2 + 75$ kJ.

Maar er worden niet alleen vergistbare suikers omgezet. Er worden ook aminozuren en dipeptiden omgezet. Deze worden gebruikt voor de opbouw van eiwitten. De stoffen (brokstukken) die een gistcel over heeft scheidt deze uit. Deze stoffen bepalen mede de smaak en het aroma van het eindproduct, bier. Ze geven ook een aanwijzing over hoe de lagering moet worden uitgevoerd.

De stoffen die de gist uitscheidt zijn:

alcohol (nog maar weinig);

zwavelhoudende stoffen;

zoals H_2S en SO_2. De gist zal smaakloze zwavelhoudende stoffen opnemen om waterstofionen kwijt te raken. De stoffen, die hierbij ontstaan (bijv. H_2S), hebben een typische zwavelsmaak en -geur.

koolzuurgas;

Een gedeelte van het koolzuurgas lost op in de vloeistof. Hierdoor daalt de pH enigszins. De rest stijgt op en verlaat de vloeistof. Hierbij worden een aantal vluchtige stoffen meegenomen. Dit zijn onder andere vluchtige zwavelverbindingen zoals H_2S en DMS.

H^+-ionen

Hierdoor daalt de pH tijdens de vergisting.

zuren

In de vorm van onder andere azijnzuur, citroenzuur, melkzuur, maar ook enige vetzuren.

hogere alcoholen (foeseloliën)

Dit zijn alcoholen waarvan de moleculen groter zijn dan het ethanolmolecuul. Ze dragen wezenlijk bij tot de smaak van het bier.

Zijn er teveel van in het bier, dan werkt dit negatief op de smaak en wordt dit bier minder goed door sommige mensen verdragen (katergevoel).

De hogere alcoholen ontstaan bij de vorming van aminozuren door de gist. De gist heeft aminozuren nodig voor de opbouw van eiwitten en enzymen. De gist neemt hiertoe aminozuren op uit de wort, breekt deze af tot bouwstenen, en maakt hieruit nieuwe aminozuren en eiwitten.
Uit de niet gebruikte aminozuurbouwstenen ontstaan de hogere alcoholen.

diacetyl

Diacetyl wordt niet door de gist zelf gevormd, maar ontstaat uit een stof die de gist afscheidt. Deze stof wordt in het jong bier omgezet in diacetyl. Diacetyl geeft, zelfs bij zeer lage concentraties, een (ongewenste) typische botersmaak/geur aan het bier.

Aan het einde van de vergisting kan de gist weer diacetyl opnemen. Hij doet dit bij gebrek aan voldoende andere voedingsstoffen. Het diacetyl wordt daarbij omgezet in stoffen die weinig invloed hebben op de smaak van het bier. In de praktijk laat men dit vaak gebeuren bij wat hogere temperaturen aan het einde van de hoofdgisting om de afbraak versneld te laten verlopen.

De hoeveelheid diacetyl die gevormd wordt is afhankelijk van het gistras en de samenstelling van de voedingsstoffen. Bij gebrek aan bepaalde aminozuren in de wort gaan sommige gistrassen meer diacetyl vormen.

esters

Dit zijn verbindingen van organische zuren met alcoholen. Ze ontstaan als nevenproducten bij de vorming van sterolen en andere vetachtige stoffen. Ze beïnvloeden de smaak maar vooral de geur van het bier.
De hoeveelheid esters in de vloeistof wordt onder andere beïnvloed door het koolzuurgasgehalte. Meer koolzuurgas in het bier geeft meer CO_2 in de cel. Dit geeft minder estervorming. Bovengisten geven vaak meer estervorming.

De aanmaak van nieuwe cellen stopt als een van de stoffen, die nodig zijn voor de vermeerdering, niet meer voorkomt. Dit kunnen bijvoorbeeld sterolen of een bepaald aminozuur zijn.

Een andere reden dat de vermeerdering stopt kan de hoeveelheid koolzuurgas in de vloeistof zijn.
Bij verhoging van de koolzuurgasdruk boven de vloeistof, zal er ook een bepaalde hoeveelheid koolzuurgas in de vloeistof oplossen. Hierdoor daalt de pH en kan de gistcel minder suikers opnemen. Als er minder voedsel opgenomen kan worden, zal de vermeerdering geremd worden. Boven de 2 bar overdruk zal er geen gistvermeerdering meer optreden.

Stationaire fase

Tijdens de stationaire fase vindt er geen gistvermeerdering meer plaats.
De ademhaling verloopt anaëroob.
Tijdens de anaërobe ademhaling wordt glucose maar gedeeltelijk afgebroken. Naast alcohol (ethanol) en koolzuurgas ontstaan een aantal neven producten (zie vermeerderingsfase). Er ontstaan nu andere hoeveelheden nevenproducten omdat de gist zich niet meer vermenigvuldigt. Hij bouwt andere stoffen op en scheidt ook sommige andere stoffen af.
In dezd fase zal de gist vooral glycogeen en vetten aanmaken en deze opslaan in zijn cel, omdat er een ruim voedingsstoffenaanbod is.

Uitvlokken van gist

Na verloop van tijd gaan de gistcellen samenvlokken en zich terugtrekken uit de vloeistof. Dit kan zijn door bezinken (ondergist) of door drijven (bovengist). De reden hiervoor is dat het milieu minder gunstig wordt voor de gistcellen.
Het uitvlokken wordt beïnvloed door:
het opraken van de voedingsstoffen;
de toenemende hoeveelheid alcohol;
de pH van het bier daalt van 5,2 (begin vergisting) naar 4,2 (einde vergisting);
de dalende temperatuur;
Aan het einde van de vergisting wordt de diepkoeling ingezet om de vergisting af te remmen en nog voldoende restextract over te houden voor de lagering.
verandering van het gistoppervlak;
De celwand krijgt een andere samenstelling door het veranderde voedselaanbod.
de aanwezigheid van meerwaardige positieve ionen (Ca^{2+} en Mg^{2+});
de concentratie gistcellen.
Hoe meer gistcellen hoe meer ontmoetingskans er is om met elkaar klonten te vormen.

In hoge vergistingeenheden (hoger dan 10 m) zal ook de bovengist, na vergisting vrij snel bezinken.
De gistcellen vlokken uit omdat de celwand aan het einde van de vergisting verandert.
Dit heeft een aantal redenen:
de samenstelling van de vloeistof is veranderd (andere pH, weinig voedsel);
door de vernaderde pH en door de aanwezigheid van Ca^{2+}-ionen zullen bepaalde eiwitten zich strekken en verbindingen met elkaar aangaan. Hierdoor klitten de gistcellen samen;
de celwand van sommige gistsoorten krijgt in deze fase vetachtige eigenschappen. Hierdoor worden de gistcellen waterafstotend en trekken elkaar aan.

Lageren

Het jong bier, dat ontstaan is door de vergisting, is een product dat nog niet geschikt is voor consumptie.
Hiervoor zijn een aantal redenen:
het bevat nog veel gistcellen;
het is niet helder en bij bewaring troebelt het na;
het geeft een typische gistsmaak;
het heeft een laag koolzuurgasgehalte.

Een goede lagering is voor de kwaliteit van het bier erg belangrijk. De lagering heeft vooral invloed op de helderheid, de smaak en de smaakstabiliteit van het bier.

Theorie van lagering

De belangrijkste doelstellingen van het lageren zijn:
vergisting van het restextract;
verzadiging met koolzuurgas;
verbetering van smaak en aroma van het bier;
het klaren van het bier en zorgen dat het zijn helderheid behoudt (geen natroebeling);
Men noemt dit het verbeteren van de fysische stabiliteit.
Verbeteren van de smaakstabiliteit (behoud van de goede smaak).

Vergisting van het restextract

In het jong bier is nog een bepaalde hoeveelheid vergistbaar extract en gist aanwezig. Bij de lage temperatuur vindt een navergisting plaats waarbij het schijnbaar extractgehalte daalt van ca. 3,0% tot ca. 2,0%.

Verzadiging met koolzuurgas

Een goed koolzuurgasgehalte in bier is belangrijk voor de smaak van het bier en voor het ontstaan van een mooie schuimkraag.

Bovendien verdringt koolzuurgas eventueel aanwezige lucht uit het bier. Dit is belangrijk voor de kwaliteit.
De hoeveelheid opgelost koolzuurgas in bier is afhankelijk van de temperatuur van het bier en de druk op het bier.
Er kan meer koolzuurgas in bier oplossen naarmate de temperatuur lager is en de druk hoger.

Ook de samenstelling van bier heeft invloed op het oplossen van het koolzuurgas. Het koolzuurgas bindt zich namelijk aan de dextrinen in het bier. Het verschijnsel van het parelen van het bier na uitschenken is hieruit te verklaren.
Doordat tijdens de lagering de temperatuur laag is en met behulp van bepaalde apparatuur (spondapparatuur) de koolzuurgasdruk op het bier geregeld kan worden, is een goede verzadiging met koolzuurgas mogelijk.
De druk op het bier (de sponddruk) bedraagt normaal 0,3 tot 0,6 bar.
De sponddruk die men toepast is afhankelijk van de toegepaste lager temperatuur en kan per bedrijf verschillen.

Verbetering van de smaak en het aroma van bier

De belangrijkste veranderingen van de smaak en arom worden veroorzaakt door de werking van de gist tijdens de lagering.

De veranderingen met betrekking tot de smaak en aroma zijn:
opname van ongewenste stoffen uit het bier door de gist;
uitwassen van ongewenste, vluchtige stoffen;
afgifte van stoffen door de gist.

Opname van ongewenste stoffen door de gist

Tijdens de lagering nemen de gisten een aantal stoffen op die tijdens de hoofdgisting niet of in mindere mate worden opgenomen.
Een voorbeeld hiervan is diacetyl. Diacetyl ontstaat door oxidatie van stoffen die de gist uitscheidt. Tijdens de lagering neemt de gistcel weer diacetyl op en zet het om in stoffen, die minder invloed hebben op de smaak.

Uitwassen van vluchtige ongewenste stoffen

Tijdens de vergisting ontstaan vluchtige stoffen, die het bier een ongewenste smaak geven. Een ervan is bijvoorbeeld waterstofsulfide (H_2S).

Deze ongunstige, vluchtige stoffen in het jong bier worden door de koolzuurgasbellen meegesleurd en afgevoerd.

Tijdens de lagering verloopt de navergisting echter zeer langzaam en worden er ook nog vluchtige stoffen uitgewassen.

Afgifte van stoffen door de gist in het voedselarme anaërobe biermilieu

De stoffen, die de gist afgeeft tijdens de hoofdgisting, hangen af van de stofwisseling van de gistcel. In het begin van de lagering wordt het restextract vergist en ontstaan dezelfde stoffen als tijdens de vergisting.

Later tijdens de lagering nemen de activiteiten van de gistcel geleidelijk af. Het opnemen van voedingsstoffen wordt moeilijker. Daardoor worden bestanddelen van de gistcel zelf afgebroken. We spreken hierbij van autolyse.

Tijdens de autolyse worden achtereenvolgens drie soorten stoffen aan het bier afgegeven. Deze stoffen zijn:

1. Resten van aminozuren

Aminozuurresten en een aantal andere stoffen, die aan het bier afgegeven worden, hebben een positieve invloed op de smaak van het bier. Dit is enigszins te vergelijken met het rijpen van fruit.

2. Vetzuren

In een later stadium gaan de gisten vetzuren afscheiden. De afgifte van vetzuren verloopt sneller naarmate de temperatuur hoger is.

Het afscheiden van vetzuren is ongunstig omdat ze:
de smaak ongunstig beïnvloeden;
een slechte invloed hebben op de schuimvorming;
het afsterven en de autolyse van de overige, vitale gistcellen bevorderen.

3. Celwanden en enzymen

Tijdens de laatste fase en het afstervingsproces ontleedt de gistcel. De celwanden worden afgebroken en de gistcellen gaan in oplossing. Hierbij komen ook enzymen vrij, bijvoorbeeld eiwitsplitsende enzymen. Deze hebben een ongunstige invloed op de schuimvorming.
Soms noemt men alleen de laatste fase, het ontleden van de gistcel, autolyse.
Door de autolyse wordt het bier ondrinkbaar.
Bij lage temperaturen (0°C) is de kans op autolyse gering.

Klaren van bier en zorgen dat het helder blijft

Ontstaan van troebelingen

Jong bier is troebel. Dit wordt veroorzaakt door de zwevende gistcellen maar ook door andere troebelingen.
Deze troebelingen worden veroorzaakt door chemische verbindingen tussen eiwitten en looistoffen.

De reacties tussen eiwitten en looistoffen verlopen betrekkelijk snel (in de eerste week van de lagering). Hierbij ontstaan de zogenaamde koudetroebelingen.

Deze troebelingen zijn vaak niet stabiel en verdwijnen weer (vallen uit elkaar) bij hogere temperaturen en bij transport van het bier.
Bij lang lageren van bier ontstaan troebelingen, die veel stabieler zijn, de zogenaamde permanente troebelingen. Deze troebelingen verdwijnen niet meer bij hogere temperaturen en bij transport. Na verwijdering van deze troebelingen treedt er veel minder natroebeling op.

Troebelingen maken van het bier onverkoopbaar. Pilsener mag gedurende tenminste een half jaar niet natroebelen. Men noemt het bier dan fysisch stabiel. Het natroebelen kan echter nog veel langer doorgaan.

Door een voldoende lange lagertijd krijgen veel eiwitten en polyfenolen de kans met elkaar te reageren. Als men te kort lagert kunnen bovengenoemde reacties nog plaatsvinden in het afgevulde bier en kan natroebeling optreden.
Tijdens de lagering bezinken ook de meeste gistcellen.

Verbeteren van smaakstabiliteit

Zoals uit het voorgaande blijkt, verdwijnen tijdens de lagering een aantal stoffen uit het bier. Als deze stoffen niet verdwijnen, zouden ze tijdens bewaring van het bier kunnen reageren met elkaar en/of met zuurstof. Hierdoor kunnen smaakveranderingen ontstaan. Deze veranderingen noemt men ook wel smaakveroudering.

Samenvatting lagering theorie

Door het jonge bier lange tijd bij lage temperatuur te bewaren gebeurt het volgende:
Er ontstaat een gemakkelijk af te scheiden neerslag van gistcellen en eiwit/polyfenol-verbindingen.
De fysische stabiliteit verbeterd door verlaging van de hoeveelheid stoffen (eiwitten en polyfenolen) die natroebelingen veroorzaken.
De smaak verbetert door verlaging van de concentratie aan ongewenste stoffen en de toename van gewenste stoffen.
De smaakstabiliteit verbeterd door verlaging van de hoeveelheid aan stoffen, die smaakveranderingen kunnen veroorzaken in het eindproduct.

Helder maken van het bier

Om bier helder te krijgen, moet het bier op de eerste plaats gelagerd worden. Tijdens de lagering zullen de troebelingen, die in het bier aanwezig zijn of ontstaan, geheel of gedeeltelijk bezinken, afhankelijk van de lagertijd.
Helder bier ontstaat echter pas na zeer lange lagertijden. Omdat lageren duur is, probeert men de lagertijd te bekorten. Door de kortere lagertijd zal echter maar een deel van de troebelingen bezinken. De niet bezonken deeltjes moet men hierdoor op een andere manier verwijderen.
Om het bier helder te maken past men daarom een aantal andere technieken toe zoals centrifugeren en filtreren. Omdat filtreren veruit de meest toegepaste techniek is zal hier verder op in gegaan worden.

Filtreren

Bij scheiden door filtreren maakt men gebruik van het verschil in deeltjes grootte. Daarnaast kan adsorptie van deeltjes een rol spelen.
Een poreuze stof laat de vloeistof door en de af te scheiden deeltjes worden door de poreuze stof tegenhouden.

Terminologie

Suspensie: de te filtreren stof, een stof die vaste deeltjes bevat die niet in oplossing zijn.
Permeabel: doorlaatbaar.
Filterhulpmiddel (of filter-aid): een hulpstof waarvan de deeltjes samen met de deeltjes uit de suspensie een filterkoek vormen.
Filtermedium: de permeabele stof waardoor men filtreert.
Filterdrager: de permeabele ondergrond die het filtermedium.
Filterkoek: de vaste deeltjes die op het filtermedium of drager achterblijven.
Filtraat: de heldere vloeistof die door het filtermedium heen loopt.

Theorie

Drijvende kracht

De drijvende kracht bij het filtreren wordt geleverd door het drukverschil boven en onder het filtermedium.

Dit drukverschil kan veroorzaakt worden door het eigen gewicht van de suspensie (zwaartekracht). Vaak is de zwaartekracht echter onvoldoende om een snelle filtratie te krijgen. Men maakt dan gebruik van een externe kracht om het drukverschil groter te maken.

Het drukverschil kan verhoogd worden door:

de druk op de suspensie te verhogen door middel van een pomp of gasdruk;

de druk onder het filtermedium te verlagen.

Filtratieprincipes

Bij het filtreren onderscheiden we een aantal principes waardoor deeltjes uit een suspensie worden verwijderd.

Deze manieren zijn:

Mechanisch tegenhouden van de deeltjes aan de oppervlakte van het filtermedium (zeefwerking) en het "vangen" van deeltjes in het filtermedium. Het vangen in het filtermedium gebeurt o.a. doordat deeltjes in de poriën blijven steken (zeefwerking en door bezinking op het filtermateriaal;

Fysische/chemisch door adsorptie ("vastplakken") van de negatief geladen deeltjes aan positief geladen delen van het filtermedium.

Filtermedium

Het filtermedium is de poreuze stof waar doorheen gefiltreerd wordt; het laat het filtraat door en houdt de deeltjes tegen.
Het filtermedium kan o.a. bestaan uit een filterkoek, filterplaten of een selectief doorlaatbaar membraan. Daarnaast is het zo dat het filtermedium vaak wordt opgebouwd uit de deeltjes die afgescheiden worden. De afgescheiden deeltjes vormen een laag op de filterdrager (filtergaas/plaat). Is dit het geval dan spreekt men van koekfiltratie. Het verwijderen van de deeltjes uit de suspensie door deze filtermedia berust meestal op een of meerder van de hierboven genoemde principes. Hiervan wordt de koekfiltratie verder beschreven.

Koekfiltratie

Koekfiltratie komt veel voor. Denk bijvoorbeeld aan het klaren van de wort. Hierbij wordt de koek opgebouwd uit niet opgeloste deeltjes in de wort. Het kenmerkende van koekfiltratie is dat de koek geleidelijk aan dikker wordt doordat zich steeds meer deeltjes afzetten.
De samendrukbaarheid van de filterkoek is een belangrijke eigenschap.
Als de filterkoek gemakkelijk samendrukbaar is, worden de poriën dicht gedrukt. Het filtreren stopt dan snel.
Vaak worden tijdens het filtreren hulpmiddelen (bijv. kiezelguhr) toegevoegd om een filterkoek op te bouwen die goed doorlaatbaar blijft.
Het filterhulpmiddel mag dus zelf niet samendrukbaar zijn.

Het filtermedium (en dus ook de filterkoek) biedt altijd een zekere weerstand tegen het doorlaten van het filtraat.
Deze weerstand is afhankelijk van:

de viscositeit van het filtraat;

de aard (kleverig, hard, zacht, samendrukbaar) en de grootte van de te filtreren deeltjes;

de dikte en porositeit van de filterkoek;

de aard (vezelig, glad) en porositeit van het filtermedium.

Uit bovenstaande factoren kan men concluderen dat de volgende aspecten belangrijk zijn bij het filtreren:

De invoersnelheid;

Deze moet zo constant mogelijk blijven, anders kunnen deeltjes in het filtermedium (filterkoek) weer losraken en met het filtraat meegaan. Om dezelfde reden mag men ook niet stoppen met filtreren en daarna weer verder gaan.

Drukstoten moeten voorkomen worden;

Drukstoten hebben namelijk tot gevolg dat deeltjes uit de filterkoek kunnen losraken. Bovendien wordt de filterkoek hierdoor in elkaar gedrukt waardoor de weerstand van het filter toeneemt.

De stroomsnelheid mag niet te hoog zijn.

Hierdoor worden de deeltjes namelijk onvoldoende gevangen en/of geadsorbeerd in de filterkoek.

Koekfiltratie met een filterhulpmiddel (kiezelguhr)

Bij de bierfiltratie maakt men vaak gebruik van kiezelguhr als filterhulpmiddel. Kiezelguhr wordt gebruikt om een goed filtermedium op te bouwen.

Het wordt als volgt toegepast:

men brengt op de filterdrager (gaas of zeef) een precoat aan van kiezelguhr;

men voeg kiezelguhr toe als bodyfeed aan het te filtreren bier.

Precoat

De precoat of voorlaag bestaat uit 2 lagen. De eerste aangebrachte laag is "grofkorrelig", de tweede laag is fijner.

De kiezelguhrdeeltjes die voor de precoat gebruikt worden, moeten groter of gelijk zijn aan de kiezelguhrdeeltjes die gebruikt worden als bodyfeed aan het bier. Zijn de kiezelguhr deeltjes in de precoat kleiner, dan zal deze laag snel verstopt raken door deeltjes uit het bier die door de filterkoek (opgebouwd met bodyfeed) worden doorgelaten.

De functies van de precoat zijn:

Tegenhouden van deeltjes uit het bier;

De precoat vormt een filtermedium op zich. De meeste deeltjes in het bier zijn kleiner dan de openingen in de filterdrager. Kiezelguhrdeeltjes sluiten dakpansgewijs deze openingen af.

Voorkomen dat het zeefgaas verstopt raakt door deeltjes uit het bier;

Als dit gebeurt loopt de weerstand van het filter snel op.

Het gemakkelijk kunnen verwijderen van de filterkoek.

Een laag die alleen uit kiezelguhr bestaat, heeft een losse structuur en is gemakkelijker van de filterdrager te verwijderen dan een kiezelguhrlaag met troebelingen uit het bier.

Kiezelguhr als bodyfeed

De troebelingen in het bier vormen tijdens het filtreren een filterkoek. Als men geen kiezelguhr doseert bij het filtreren van bier, dan loopt de weerstand van de filterkoek zeer snel op. De deeltjes uit het bier (vooral veel gist) vormen dan namelijk een samendrukbare, vrij dichte filterkoek. Door het doseren van kiezelguhr word de filterkoek veel minder samendrukbaar en veel poreuzer. Bovendien wordt de reeds gevormde filterkoek continu voorzien van nieuwe laagjes waardoor minder snel verstopping van het oppervlak van de filterkoek optreedt.

In de filterkoek vindt verwijdering van deeltjes uit het bier plaats volgens onderstaande principes:

de grootste deeltjes worden reeds aan het oppervlak van de filterkoek tegengehouden;

kleinere deeltjes worden gevangen in de filterkoek;

hele kleine deeltjes worden tegengehouden door adsorptie aan het kiezelguhr (15-20% van de troebelingen).

Doorlaatbaarheid filterkoek

De precoat en het grootste deel van de filterkoek wordt opgebouwd uit kiezelguhrdeeltjes. Bij de opbouw van de precoat en de filterkoek gaan de kiezelguhrdeeltjes niet mooi naast elkaar liggen, maar vormen als het ware bruggetjes met daar tussenin poriën.

De structuur van de filterkoek en daarmee de doorlaatbaarheid is erg belangrijk. Enerzijds is een goede doorlaatbaarheid van belang voor een lage weerstand en dus een hoge filtratiesnelheid. Anderzijds mag voor de filtratiescherpte de doorlaatbaarheid ook weer niet te groot zijn.

De volgende factoren zijn van invloed op de doorlaatbaarheid van de filterkoek:

de snelheid van de vloeistof bij het aanzwemmen van de precoat en bij het filtreren;
Hoe hoger de snelheid des te poreuzer de filterkoek.

de concentratie aan kiezelguhrdeeltjes in het bier;
Hoe hoger de concentratie aan kiezelguhr hoe poreuzer de filterkoek wordt. In de praktijk ligt de hoeveelheid kiezelguhr tussen 30-100 g/hl, afhankelijk van de hoeveelheid en soort af te scheiden troebelingen.

de druk op de filterkoek;
Bij hogere druk wordt de filterkoek meer in elkaar gedrukt en neemt de doorlaatbaarheid af. Tijdens het filteren neemt de druk toe omdat de weerstand van het filter geleidelijk toeneemt. Om dezelfde filtratiesnelheid te behouden zal men de druk moeten verhogen.

de verdeling van de deeltjesgrootte.
Dit is een belangrijke factor. Kiezelguhrdeeltjes die allemaal even groot zijn vormen een goed doorlaatbare filterkoek. Heb je een mengsel van deeltjes die niet allemaal even groot zijn, dan gaan de kleine deeltjes als opvulsel tussen de bruggen zitten die door de grote deeltjes zijn gevormd. De doorlaatbaarheid wordt dan minder maar de filtratiescherpte wordt beter.

De keuze van hoeveelheid en soort kiezelguhr is een compromis tussen filtratiekosten en kwaliteit van het bier.

Filterhulpmiddelen

De toegepaste filterhulpmiddelen moeten aan een groot aantal eisen voldoen:

het moet een poreuze filterkoek vormen;
De structuur van de deeltjes moet zodanig zijn dat ze zo min mogelijk tegen elkaar gaan zitten. Een koek moet voor 85-90% uit poriën bestaan die het filtraat doorlaten.

het moet een filterkoek vormen die slechts een beetje samendrukbaar is om te voorkomen dat de poriën dichtgedrukt worden;

het moet de juiste deeltjesgrootte hebben;
Als deeltjes van verschillende grootte door elkaar voorkomen dan ontstaat een slecht doorlaatbare filterkoek. Dit volgens bij punt 4 uit voorgaande opsomming vermelde redenen.

het filterhulpmiddel moet verkrijgbaar zijn in verschillende deeltjesgrootten;
Elk product vraagt een specifiek filterhulpmiddel. Het moet dus verkrijg verkrijgbaar zijn in verschillende soorten ingedeeld naar grootte en structuur.

het moet goed te verdelen zijn in het bier en niet te snel bezinken;

het mag niet oplossen in het bier;

het moet inert zijn;
Het mag niet reageren met het bier en stoffen afgeven zoals o.a. geur- kleur- of smaakstoffen.

Het mag geen goede componenten uit het bier adsorberen.

Versnijden

Hierna vindt het versnijden van het bier plaats. Dit gebeurt door middel van een versnijdbok. Dit apparaat mengt de inhoud van verschillende tanks gefiltreerd bier om de kwaliteit zo constant mogelijk te houden.

Hierna wordt het bier verpompt naar de helderbier kelder, waarna het gebotteld en naar de verschillende distributiecentra getransporteerd wordt.

Bronnenlijst

Boek: dtc ondersteuning drankentechnologie T43
Wikipedia: http://nl.wikipedia.org/wiki/Hoofdpagina
Een voormalig werknemer van de Technische Dienst bij Heineken Den Bosch.