

# OC Bier Brouwen



**Schooljaar 2024-2025**

**6WEWI**

Manoah Kinnaert  
Mobin Khondoker  
Lovejyot Singh Pal



# Inhoudsopgave

<b>Inhoudsopgave.....</b>	<b>1</b>
<b>Dankwoord.....</b>	<b>2</b>
<b>1. Literatuurstudie.....</b>	<b>3</b>
1.1 Welke biochemische processen vinden plaats bij het brouwen van bier?.....	3
1.2 Een kort stappenplan om bier te brouwen.....	7
1.3 Invloeden van alcohol op de gezondheid.....	10
<b>2. Proef en proeven: zelf een tripel brouwen.....</b>	<b>12</b>
2.1 Onderzoeksvraag: Welke biochemische processen vinden er plaats bij het brouwen van bier? Hoe brouwen we bier?.....	12
2.2 Hypothese.....	12
2.3 Het brouwen.....	12
2.3 Het resultaat.....	13
<b>Bijlagen.....</b>	<b>14</b>
<b>Bibliografie.....</b>	<b>19</b>
Bronnen: Literatuurstudie: welke biochemische processen vinden plaats bij het brouwen van bier?.....	19
Bronnen: Onderzoek: Invloeden van alcohol op de gezondheid.....	20
Bronnen: bijlagen.....	21

# Dankwoord

Het succesvol brouwen van ons eigen bier was een zeer avontuurlijke en leerzame ervaring die moeilijk te vergeten is. Hoewel we grotendeels zelf aan de slag moesten gaan, was ons OC onmogelijk geweest zonder de onschatbare steun en begeleiding van verschillende mensen.

## Onze leerkrachten wetenschappen

Allereerst willen we onze diepste dank uiten aan onze leerkrachten wetenschappen. Hun expertise, geduld en enthousiasme waren onmisbaar. Ze stonden altijd klaar om onze vragen te beantwoorden, ons door moeilijke momenten heen te helpen en ons aan te moedigen om het beste uit onszelf te halen. Hun passie voor wetenschap en onderwijs heeft ons echt geïnspireerd om het beste uit onszelf te halen.

## Onze vooruitstrevende school

We zijn onze school immers dankbaar voor hun vooruitstrevende visie op onderwijs en hun bereidheid om projecten zoals deze te ondersteunen. Door het voorzien van essentieel materiaal, waaronder de brouwketel, hebben ze ons in staat gesteld om theorie om te zetten in praktijk. De school heeft bovendien blijk gegeven van een diep begrip voor het belang van ervaringsgericht leren door het organiseren van relevante uitstappen. Deze excursies hebben ons project verrijkt en onze horizon verbreed.

## Overige ondersteuners

We willen ook onze waardering uitspreken voor iedereen die ons, direct of indirect, heeft geholpen tijdens dit project. Of het nu ging om morele steun, praktische tips, ons tijdens de les naar meneer Guiliams laten gaan..., of simpelweg een luisterend oor. Elke bijdrage was zeer waardevol en heeft bijgedragen aan een mooi eindresultaat. We zijn daarom dankbaar voor deze unieke kans en kijken met trots terug op wat we hebben bereikt.

# 1. Literatuurstudie

## 1.1 Welke biochemische processen vinden plaats bij het brouwen van bier?

### Mouten

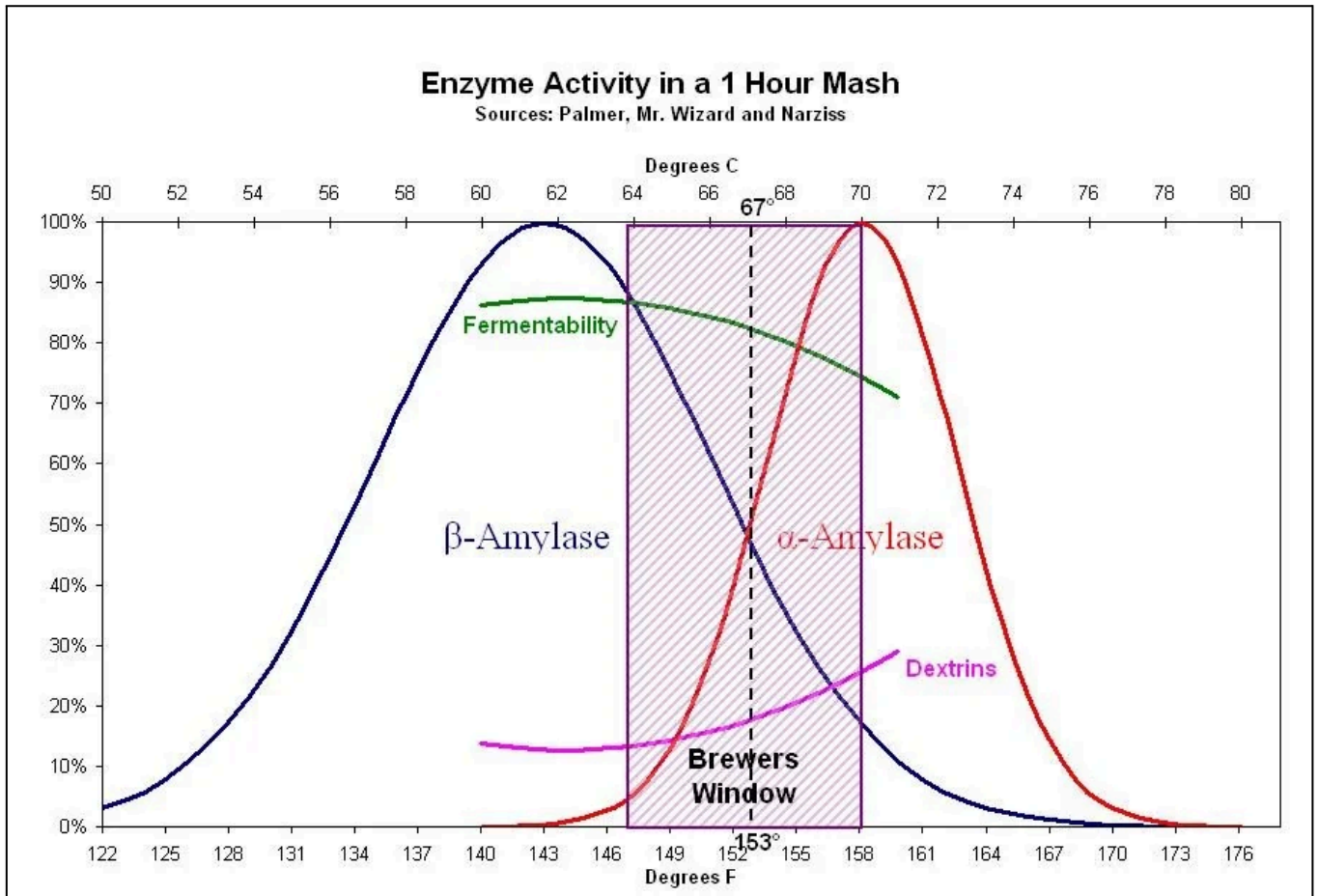
Alles begint bij het mouten. Tijdens het mouten weekt men eerst graankorrels in water, de mouter zorgt er ook voor dat de graankorrels veel zuurstof krijgen. Hierdoor nemen de graankorrels water op en start een ontkiemingsproces. Tijdens dit proces worden belangrijke enzymen zoals  $\alpha$ -amylase en  $\beta$ -amylase aangemaakt, waar we later nog gebruik van zullen maken. Het ontkiemingsproces wordt gestopt door de mout te drogen met hete lucht tussen de 80°C en 225°C, ook wel het eesten genoemd. Na het drogen van het mout wordt het gepoetst om de wortel en ook het steeltje en blad te verwijderen.

Bij het mouten treedt er dus al een biochemisch proces op, namelijk de vorming van  $\alpha$ -amylase en  $\beta$ -amylase door de ontkieming. Kort gezegd neemt een zaad (in ons geval de graankorrels) water op, wat leidt tot het activeren van reeds aanwezige enzymen en de productie van nieuwe enzymen. De nieuw gevormde enzymen, waaronder  $\alpha$ -amylase en  $\beta$ -amylase, helpen om opgeslagen voedingsstoffen in het zaad af te breken tot zetmeel.  $\alpha$ -amylase helpt vooral bij het afbreken van grote suikermoleculen tot kleinere, terwijl  $\beta$ -amylase specifiek maltose-eenheden (disacharide ketens / 2 glucose-eenheden) verwijdert van zetmeelketens. Door deze enzymatische activiteit worden er bruikbare energiebronnen vrijgemaakt die op hun beurt weer gebruikt worden voor de vorming van nieuwe enzymen en op termijn de vorming van een plant. Ons doel is uiteraard niet het creëren van een nieuwe plant, dus stoppen we het mouten voordat er zich een plant kan vormen

Er bestaan verschillende technieken om het ontkiemingsproces te optimaliseren, een daarvan is het ultrasoon primen van zaden. Het is een techniek waarbij men ultrasoon geluid met een frequentie van ongeveer 20 kHz gebruikt (in een medium als water) om de kieming en ook de vroege groei van zaden te bevorderen. In ons geval zijn we dan vooral geïnteresseerd in de kieming van het zaad. De ultrasone geluidsgolven verbeteren de waterdoorlaatbaarheid van het zaad door de zaadhuid en celwand te perforeren waardoor de wateropname wordt verhoogd. Daarnaast hebben ultrasone geluidsgolven invloed op het endosperm van het zaad, ze breken op zich al zetmeel af waardoor de enzymgekatalyseerde hydrolyse reacties voor de afbraak van het zetmeel versneld worden. Hoewel deze techniek vooral wordt toegepast voor beplanting is het wel een interessante techniek die (misschien) zou kunnen worden toegepast bij het mouten.

### Maischen

Tijdens het maischen laten we de gevormde  $\alpha$ - en  $\beta$ -amylasen de lange polysacharide ketens omzetten in vergistbare suikers die later nodig zullen zijn om alcohol te vormen. Zoals bij veel enzymen hebben  $\alpha$ -amylase en  $\beta$ -amylase een optimale werkingstemperatuur. Dit is ook te zien op onderstaande grafiek (of zie bijlage 1).



Op deze grafiek is te zien dat  $\beta$ -amylase een optimale werkingstemperatuur heeft van ongeveer 62°C. Daarom wordt het mengsel van water en mout eerst verhit tot een temperatuur van ongeveer 62°C en dit gedurende zo'n 40 minuten. Tijdens deze 40 minuten zullen de  $\beta$ -amylasen de maltose-eenheden van de polysacharide ketens afsplitsen. Wanneer de 40 minuten voorbij zijn, wordt het mengsel verhit tot een temperatuur van ongeveer 70°C. Nu neemt de enzymactiviteit van  $\beta$ -amylase af en begint  $\alpha$ -amylase in werking te treden. De  $\alpha$ -amylasen zijn verantwoordelijk voor het afbreken van lange polysacharideketens in kortere mono-, di- of tri-sachariden. Zowel  $\alpha$ -amylase als  $\beta$ -amylase werken op het principe van hydrolyse, een ontledingsreactie waarbij een watermolecuul reageert met de te ontleden molecuul. In ons geval de niet-vergistbare suikers of lange polysacharideketens.

De optimale werking van de  $\alpha$ - en  $\beta$ -amylasen is echter ook afhankelijk van de pH van het mengsel. Dit is duidelijk te zien op de grafiek in bijlage 2, op die grafiek zie je dat de werking

van een amylase-eiwit, dus ook  $\alpha$ - en  $\beta$ -amylasen, afhankelijk is van de pH van zijn omgeving. Voor  $\alpha$ -amylase ligt de optimale pH tussen de 5,3 en 5,7. Hetzelfde geldt voor  $\beta$ -amylase. Hierdoor zien we dat het belangrijk is dat de pH van het mengsel goed in de gaten wordt gehouden zodat het brouwen optimaal kan gebeuren.

## Koken en hoppen

Na de vorming van vergistbare suikers tijdens het maischen is het nodig om een einde te maken aan de enzymactiviteit van  $\alpha$ -amylase en  $\beta$ -amylase. Dit wordt bereikt door het mengsel te verhitten tot een temperatuur van ongeveer 78°C of hoger gedurende 90 minuten. Door deze temperatuursverhoging gaan  $\alpha$ -amylase en  $\beta$ -amylase denatureren, waardoor ze hun structuur en dus hun afbraak eigenschappen verliezen. Tijdens dit kookproces worden ook ongewenste micro-organismen gedood. Na het kookproces mag enkel nog steriel gewerkt worden.

Wat meestal ook tijdens het kookproces wordt gedaan is de toevoeging van hop. Tijdens het toevoegen van hop worden bitterstoffen of humulonen uit de hop omgezet in isohumulonen door een proces dat isomerisatie heet. Gedurende deze isomerisatie ondergaan  $\alpha$ -zuren (humulonen) een structurele verandering waarbij ze worden omgezet in iso-  $\alpha$ -zuren (isohumulonen). Hierdoor verkrijgen we cis- en trans-isomeren van de isohumulonen. Deze isohumulonen zijn verantwoordelijk voor de bitterheid van bier.

Er bestaat een grote variatie aan hopsoorten die ieder andere smaakstoffen vrijgeven. Hierdoor kunnen er vele unieke blends van bepaalde bieren gemaakt worden. Er kan dan een onderscheid gemaakt worden tussen twee hopsoorten, de 'bitterhoppen' en de 'aromahoppen'. De bitterhoppen geven hun bittere smaakstoffen af aan het brouwsel. Ze worden aan het begin van het 'hoppen' toegevoegd. De aromahoppen dienen voor de smaak en aroma eigenschappen. Ze worden aan het einde van het wortkoken toegevoegd.

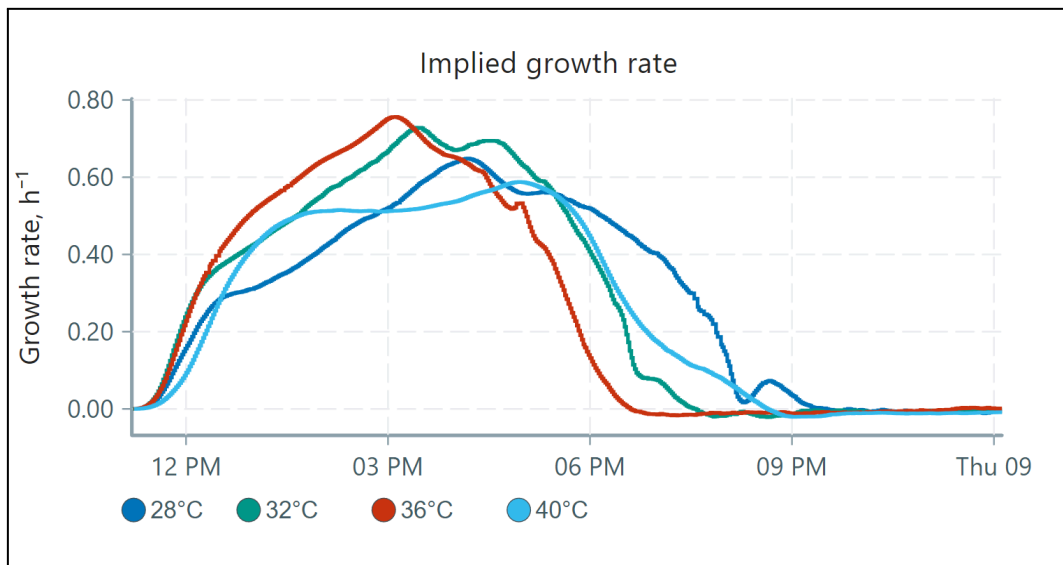
## Gisting / fermentaties

Dan komt misschien wel het belangrijkste proces van het bier brouwen, de gisting. Kort gezegd is de gisting het proces waarbij gistcellen suikers omzetten in ethanol (alcohol) en koolstofdioxide. Het is om die reden dat we tijdens het maischen de niet-vergistbare suikers wilden omzetten in vergistbare suikers zodat de gistcellen hier mee aan de slag kunnen gaan. Maar hoe werkt dit gistingsproces?

Het gistingsproces is een vorm van anaerobe celademhaling, anaeroob wil zeggen in afwezigheid van zuurstofgas. Het begint allemaal bij de glycolyse. Tijdens de glycolyse zal een glucosemolecule gesplitst worden in twee moleculen pyrodruivenzuur. Je vindt er een korte schematische weergave van terug in bijlage 3. Tijdens de glycolyse vindt er een oxidatie plaats. Hierdoor komen er elektronen vrij die opgevangen dienen te worden. De gistcel doet dit door middel van de elektronendrager NAD<sup>+</sup> die dan zal reduceren tot NADH. Na de glycolyse zal het pyrodruivenzuur omgezet worden in ethanol met als afvalproduct koolstofdioxide. In bijlage 4 is hier ook een illustratie van terug te vinden.

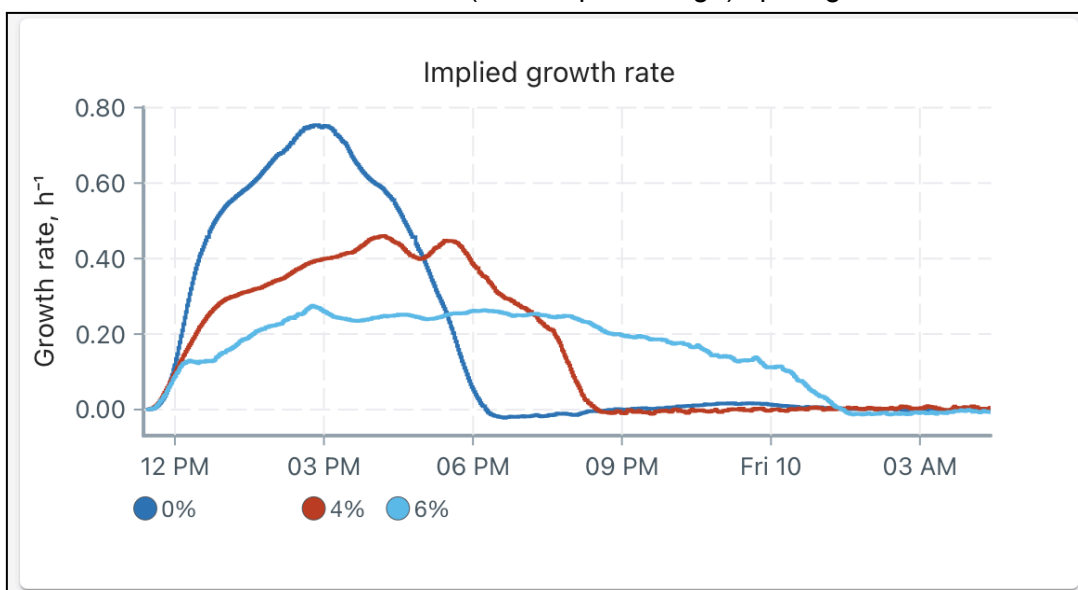
Hoewel ze op hetzelfde basisprincipe werken, is er een grote verscheidenheid aan gistcellen in de natuur, die ieder ook nuttig zijn tijdens het brouwen van bier. Deze gistcellen verschillen vooral in werkingstemperatuur. We kunnen op basis van deze werkingstemperatuur een

onderscheid gaan maken tussen bovengist en ondergist. Bovengist heeft een optimale werkingstemperatuur tussen de 20°C en 22°C. Terwijl ondergist een optimale werkingstemperatuur tussen de 10°C en 12°C heeft. Het is dus belangrijk dat er tijdens de gisting rekening gehouden wordt met de temperatuur van het brouwsel. Op onderstaande grafiek (of zie bijlage 5) zie je het effect van de temperatuur op de groeisnelheid van een type gistcellen.



Iets interessant is dat, hoewel wij eerst dachten van wel, er geen lineair verband bestaat tussen de temperatuur en de groeisnelheid van de gistcellen. Een hogere groeisnelheid wil zeggen dat de gisten het beter doen en een lagere groeisnelheid dat de gisten het slechter doen.

De gistcellen zijn zeer actief aan het werk (alcohol maken) eens de optimale temperatuur bereikt wordt. En hoewel dit goed is, schuilt hier een gevaar achter. Naarmate de gistcellen langer aan het werk zijn neemt de concentratie alcohol in het bier toe. Het probleem hierbij is dat gistcellen, hoe ironisch het ook klinkt, gevoelig zijn voor alcoholische omgevingen. Op onderstaande grafiek (of zie bijlage 6) zie je duidelijk de invloed van de concentratie alcohol (alcohol percentage) op de groeisnelheid van de gisten.



Voor het brouwen van bier is dit een probleem dat zichzelf oplost, omdat wanneer de concentratie alcohol een bepaald plafond bereikt, de gistcellen gaan afsterven en dus geen extra alcohol gaan aanmaken. Wel is het belangrijk om een juiste gistsoort te kiezen om het alcoholpercentage onder controle te houden.

We kunnen het alcoholpercentage in het bier bepalen door gebruik te maken van de densiteit van het bier. De densiteit geeft aan hoeveel opgeloste stoffen er in het wort of bier aanwezig zijn in vergelijking met zuiver water. Vaak wordt dit uitgedrukt als soortelijk gewicht of SG, waarbij (zuiver) water een SG van ongeveer 1000 heeft. Ongegist bier bevat veel opgeloste suikers uit mout waardoor de SG dan ook hoger is dan dat van water (hoger dan 1000).

Om het alcoholpercentage te bepalen, meten we het verschil tussen de SG voor de vergisting en na de (volledige) vergisting. Doordat tijdens de vergisting suikers worden omgezet naar alcohol en koolzuurgas, daalt de densiteit, er gaat namelijk CO<sub>2</sub> verloren aan de atmosfeer. Het is om deze reden dat we gebruik maken van het verschil tussen de SG's voor en na de vergisting. Er bestaan verschillende formules om het alcoholpercentage te gaan benaderen. De formule die het meeste door hobbyisten wordt gebruikt is als volgt:

$$ABV = (OG - FG) \times 131.25$$

Waarbij:

- ABV: het alcoholpercentage (in een volume)
- OG: de begindensiteit (voor de vergisting)
- FG: de einddensiteit (na de vergisting)
- constante 131,25 : een 'omzettingfactor' die rekening houdt met hoeveel gram ethanol er per gram CO<sub>2</sub> geproduceerd wordt en de (benaderde) dichtheid van ethanol.

De SG kan gemeten worden met een refractometer. Dit is een optisch instrument dat de brekingsindex van de vloeistof meet. Hieruit kan de SG worden afgeleid.

## 1.2 Een kort stappenplan om bier te brouwen

In dit stappenplan gaan we ervan uit dat er al in mout is voorzien, en dus dat de stap van het mouten kan worden overgeslagen. Onder het stappenplan is een poster terug te vinden, dezelfde poster is ook te zien in bijlage 7.

### Stap 1: Maischen

Het mout wordt met water gemengd en in fasen verhit, waarbij de pH onder 5,5 blijft. Afhankelijk van het maischschem, wordt het mengsel eerst verhit tot ongeveer 64°C gedurende zo'n 40 minuten. Daarna tot 74°C gedurende 20 minuten en 78°C gedurende zo'n 5 minuten. Het proces wordt afgesloten door het mengsel te verhitten tot een temperatuur van ongeveer 90°C, hierna mag er enkel steriel gewerkt worden.



## Stap 2: Klaren

Het mengsel dat we verkregen hebben bevat veel suiker maar ook eiwitrijke bestanddelen die we kwijt willen. Er zijn verschillende manieren om dit te doen: door het mengsel tijd te geven zodat de deeltjes uitzakken (natuurlijke klaring), het toevoegen van klaringsmiddelen zoals gelatine of Bentonite om de deeltjes te laten samenklonteren, of door filtratie, waarbij het bier door een filter wordt geleid om de deeltjes te verwijderen. Het resultaat is een helder bier, het wordt ook wel 'wort' genoemd.

## Stap 3: Koken en hop toevoegen

Het wort gaat naar de brouwketel, hier wordt het wort gedurende 60 à 90 minuten gekookt, terwijl er hop wordt toegevoegd. Tijdens het kookproces komen er smaakstoffen van de hop vrij.

## Stap 4: Gisting en eventueel lageren

Het wort wordt snel afgekoeld om de vorming van bacteriën te minimaliseren. Na afkoeling wordt gist toegevoegd en zet de hoofdgisting suikers om in alcohol, koolzuurgas en smaakstoffen. De gistingstemperatuur bepaalt het type bier: lage temperatuur (ca. 5°C) leidt tot langzame ondergisting (lagerbieren zoals pils), terwijl hogere temperaturen snellere bovengisting geven (bv. weizen). Jongbier na de hoofdgisting heeft weinig smaak of koolzuur. Daarom volgt lageren, een tweede gisting in afgesloten tanks of traditionele eikenhouten vaten. Dit proces maakt het bier bruisend en verfijnt de smaak.

## Stap 5: Bottelen en eventuele hergisting op fles

De laatste stap in het brouwproces, waarbij het bier uit het vergistingsvat in flessen wordt overgebracht. Voordat je bottelt, moeten de flessen schoon en gesteriliseerd zijn. Vaak wordt er wat suiker toegevoegd, zodat de gist koolzuur kan produceren tijdens de nagisting. Dit koolzuurgas zorgt ook voor de bruis en de druk die op de fles zit. Het bier wordt voorzichtig in de flessen overgebracht met zo min mogelijk zuurstof, waarna de flessen worden afgesloten met een dop. Na het bottelen rijpt het bier nog enkele weken op een koele, donkere plek om koolzuur te ontwikkelen en de smaken verder te ontwikkelen.

## Stap 6: Lekker genieten

De poster staat op de volgende bladzijde.

# STAPPENPLAN BIER BROUWEN

01

**SCHROTEN:** HET MOUT WORDT GEMALEN ZODAT HET ZETMEEL LOSKOMT. DE SUIKERS WORDEN LATER NA EEN REEKS OMZETTINGEN OMGEZET IN ALOCHOL EN CO<sub>2</sub>.



02

**MAISCHEN:** HET GESCHROTE MOUT WORDT IN WATER GEDAAN. MEN VERHIT HET MENGSEL EERST TOT 64°C GEDURENDE 40 MINUTEN. DAARN TOT 74°C GEDURENDE 20 MINUTEN EN TOT SLOT NOG TOT 78°C VOOR ZO'N 5 MINUTEN. DOOR HET MAISCHEN WORDEN DE NIET VERGISTBARE SUIKERS OMGEZET IN VERGISTBARE SUIKERS.

03

**KLAREN:** NA HET MAISCHEN IS ER EEN SUIKERRIJKE EN ZOETE VLOEISTOF OVERGEBLEVEN MET VASTE BESTANDSDELEN ERIN. DEZE BESTANDSDELEN WORDEN ERUIT GEFILTERD. HIERDOOR BLIJFT ER ENKEL WORT OVER. DEZE BESTANDSDELEN KUNNEN LATER GEBRUIKT WORDEN ALS VEEVOER.

04

**WORT KOKEN:** HET WORT WORDT GEDURENDE 60 à 90 MINUTEN GEKOOKT TERWIJL ER HOP AAN WORDT TOEGEVOEGD. ER KOMEN BITTERSTOFFEN VRIJ DIE HET BIER ZIJN BITTERE SMAAK GEVEN. VANAF NU KAN ER ALLEEN NOG MAAR STERIEL GEWERKT WORDEN.

05

**GISTING EN HERGISTING OP FLES:** TIJDENS DE GISTING ZETTEN GISTCELLEN DE VERGISTBARE SUIKERS OM IN ALCOHOL EN CO<sub>2</sub>. NADAT HET BIER UITGEGIST IS ZAL HET GEKOELD WORDEN. NA DE KOELING KAN HET IN DE FLES GAAN (BOTTELEN). IN SOMMIGE GEVALLEN WORDEN ER KLONTJES SUIKERS TOEGEVOEGD VOOR HERGISTING OP FLES.



## 1.3 Invloeden van alcohol op de gezondheid

Alcohol is een veelgebruikte stof in onze samenleving. Het wordt vaak gedronken bij sociale gelegenheden, feestjes of ter ontspanning. Maar hoewel alcohol legaal en sociaal geaccepteerd is, brengt het ook risico's voor de gezondheid met zich mee. Daarom is het belangrijk om bewust en verantwoordelijk met alcohol om te gaan.

### Effecten van alcohol op het lichaam

De effecten van alcohol hangen af van de hoeveelheid die iemand drinkt, de leeftijd en de algemene gezondheid. Op korte termijn kan alcohol ervoor zorgen dat je je ontspannen en losser voelt. Tegelijkertijd verslechtert je coördinatie, vertraagt je reactievermogen en neemt het risico op ongevallen en agressie toe. Bij overmatig en langdurig alcoholgebruik kunnen de gevolgen ernstiger zijn. Zo kan alcohol schade aan de lever veroorzaken, zoals leververvetting en levercirrose. Daarnaast kan het de hersenen beschadigen, vooral bij jongeren, en het verhoogt de kans op hart- en vaatziekten en verschillende soorten kanker.

### Alcohol en jongeren

Voor jongeren is alcohol extra schadelijk, omdat hun hersenen nog in ontwikkeling zijn. Alcoholgebruik kan de leerprestaties verminderen en het risico op verslaving vergroten. Daarom is in veel landen de minimumleeftijd voor alcoholgebruik 18 jaar.

### Bewustwording

Overheden en gezondheidsorganisaties proberen mensen bewust te maken van de gevaren van alcohol. Campagnes zoals *"Drank maakt meer kapot dan je lief is"* laten zien wat de gevolgen van overmatig alcoholgebruik kunnen zijn. Ook scholen besteden aandacht aan dit onderwerp, zodat jongeren leren hoe ze verstandig met alcohol om kunnen gaan.

We zeggen natuurlijk niet dat je helemaal geen alcohol mag drinken, maar het is belangrijk om je bewust te zijn van de risico's. Verantwoord drinken betekent dat je bewust met alcohol omgaat en je gezondheid vooropstelt. Kies ervoor om met mate te drinken of alcoholvrije alternatieven te proberen. Zo zorg je goed voor jezelf en de mensen om je heen.

### Bepalen van de hoeveelheid alcohol

Achterhalen hoeveel alcohol een persoon gedronken heeft kan op meerdere manieren achterhaald worden. Meestal worden bij politiecontroles ademtesten gehanteerd, ze meten de hoeveelheid alcohol in de uitgeademde lucht. Deze waarde wordt uitgedrukt in milligram per liter lucht. Hoewel deze test een indicatie kan zijn of iemand te veel alcohol heeft gedronken, mogen we er niet blindelings op vertrouwen.

Een ademtest geeft namelijk niet precies weer hoeveel alcohol iemand gedronken heeft. Om dat wel precies te bepalen maakt men gebruik van bloedtesten. Het percentage dat daaruit bekomen wordt, wordt uitgedrukt in promille. Een promille is een duizendste deel. Met andere woorden, hoeveel delen per duizend delen.

## Wanneer is het (te) veel?

Een veel voorkomend probleem is dat mensen achter het stuur kruipen wanneer ze al te veel alcohol binnen hebben. Maar wanneer heb je te veel alcohol binnen? In de meeste landen is de maximaal toegestane hoeveelheid alcohol in het verkeer 0,5 promille alcohol (in het bloed). Bij de meeste gezonde mensen komt 0,5 promille ongeveer overeen met 0,22 milligram alcohol per liter uitgeademde lucht. Wanneer je dus positief zou testen bij een ademtest is er een degelijke kans dat je 0,5 promille of meer in je bloed hebt. Maar het is in dat geval altijd beter om ook een bloedtest te doen voor de zekerheid.

Vaak proberen mensen wel de hoeveelheid alcohol te koppelen aan het aantal glazen alcohol. Maar dit is geen goede redenatie. Het feit is dat niet iedereen evenveel alcohol in zijn of haar bloed heeft na het drinken van eenzelfde glas. Onze opname van alcohol hangt af van factoren als geslacht, lichaamsgewicht, stofwisseling, leverwerking, vermoeidheid, medicatie, bepaalde aandoeningen, tijd sinds het laatste glas alcohol, enz.

Dus als je dan toch van plan bent om achter het stuur te kruipen, drink je best helemaal geen alcoholische drank.

## Een spijtig voorbeeld

We weten allemaal wel wat er met Tom Waes gebeurt is. Op 29 november 2024 botste hij tegen een botsabsorbeerder aan de Kennedytunnel nadat hij op restaurant en café was geweest in het Antwerpse Zuid. Hij werd met levensgevaarlijke verwondingen opgenomen in het ziekenhuis. Na zorgvuldig bloedonderzoek bleek dat Tom Waes 2,44 promille alcohol in zijn bloed had. Ter verduidelijking komt dit overeen (voor een gemiddeld persoon) met 14 standaardglazen, hoewel vermeld dient te worden dat een zwaar bier voor 2 standaardglazen telt. Dit illustreert de gevaren van rijden terwijl je gedronken hebt.

## 2. Proef en proeven: zelf een tripel brouwen

2.1 Onderzoeksvraag: Welke biochemische processen vinden er plaats bij het brouwen van bier? Hoe brouwen we bier?

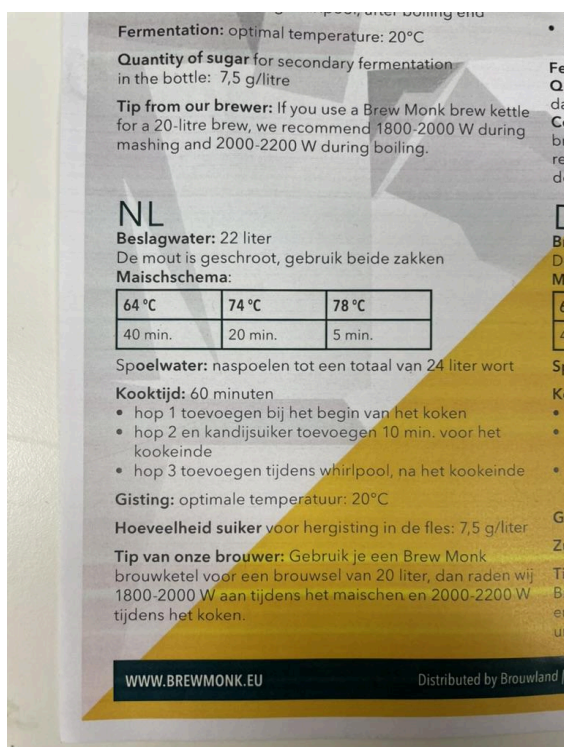
### 2.2 Hypothese

Voordat we begonnen met het brouwen van het bier moesten we een specifiek bier kiezen. Niet zo eenvoudig aangezien er zoveel verschillende soorten bieren bestaan. Na wat zoeken op brouwland.com was uiteindelijk de kogel dan toch door de kerk, en hadden we besloten om een tripel te brouwen.

Op het eerste gezicht leek het brouwen van bier een heuse opdracht. We hadden op het eerste zicht maar een vaag idee over hoe we te werk zouden gaan. Maar ook al leek het moeilijke opdracht, waren we niet van plan om de moed te laten zakken. Het was echt de bedoeling dat we een brouwsel zouden maken dat goed zou smaken.

### 2.3 Het brouwen

Het brouwpakket kwam met instructies waaronder een maischschema. Met deze instructies en de helpende hand van meneer Guiliams konden we aan de slag. Op onderstaand maischschema zie je de verschillende temperaturen voor de activatie van enzymen zoals  $\alpha$ -amylase en  $\beta$ -amylase. Er stond ook de optimale temperatuur voor de gisting vermeld, zo'n 20°C. Gelukkig hadden we toegang tot een lokaaltje waar de temperatuur rond de 20°C bleef. Nadat het bier gedurende de paasvakantie gekoeld was, moesten we het bier nog bottelen (in de fles) en een klontje suiker toevoegen om te hergisten op fles. Hierdoor verkrijgen we bruisend bier.



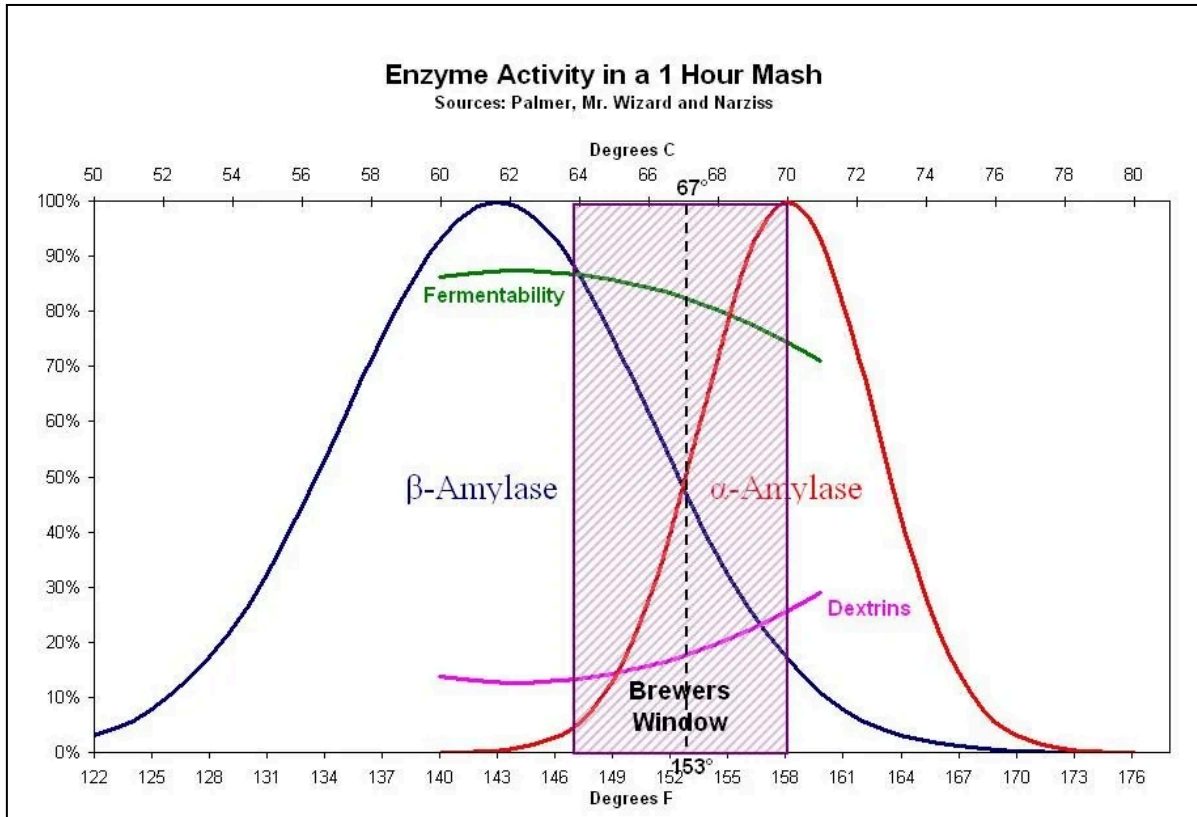
## 2.3 Het resultaat

Het bier had een mooie goudgele kleur. Tijdens het proeven hadden we een fles opengedaan waar het niet zo goed gelukt was. Het bier had een zure smaak, waarschijnlijk door de groei van bacteriën (de fles was bij het bottelen waarschijnlijk niet helemaal steriel). Gelukkig was dit probleem enkel te merken bij 1 fles. Na een andere fles open te doen bleek het bier een veel betere smaak te hebben.

Hoewel we geen professioneel laboratorium hadden (sorry meneer Guiliams), zijn we toch trots op het behaalde resultaat, dat zijnde ons bier. We hebben veel bijgeleerd over het brouwen van bier en alcoholische dranken in het algemeen. En zijn onze leerkrachten en school hier ontzettend dankbaar voor.

# Bijlagen

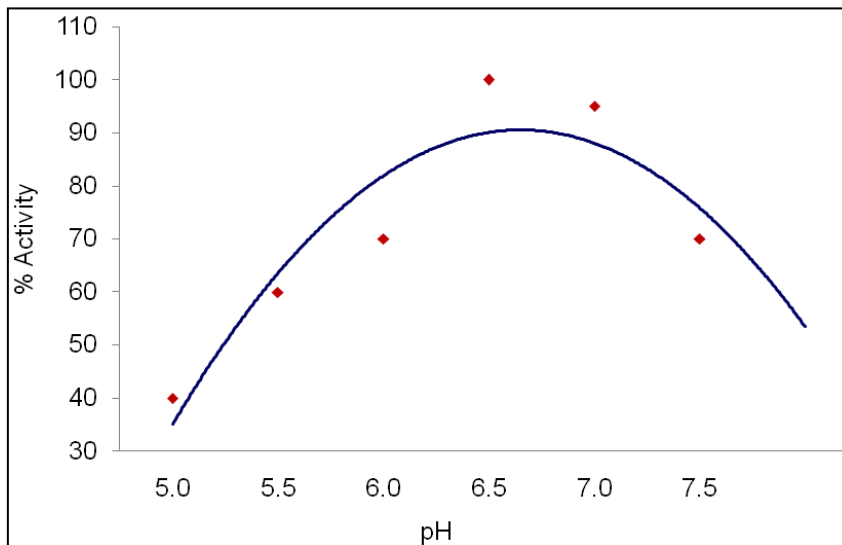
## Bijlage 1:



Bron: HumeBrew. (2023, 26 december). How Mash Temperatures Affect Your Beer.  
Geraadpleegd op 27 maart 2025,  
<https://humbrew.com/how-mash-temperatures-affect-your-beer/>

## Bijlage 2 (optimale pH voor amylase over het algemeen):

Het doel van deze grafiek is om te illustreren dat de pH een grote invloed heeft op de werking van amylase-enzymen.



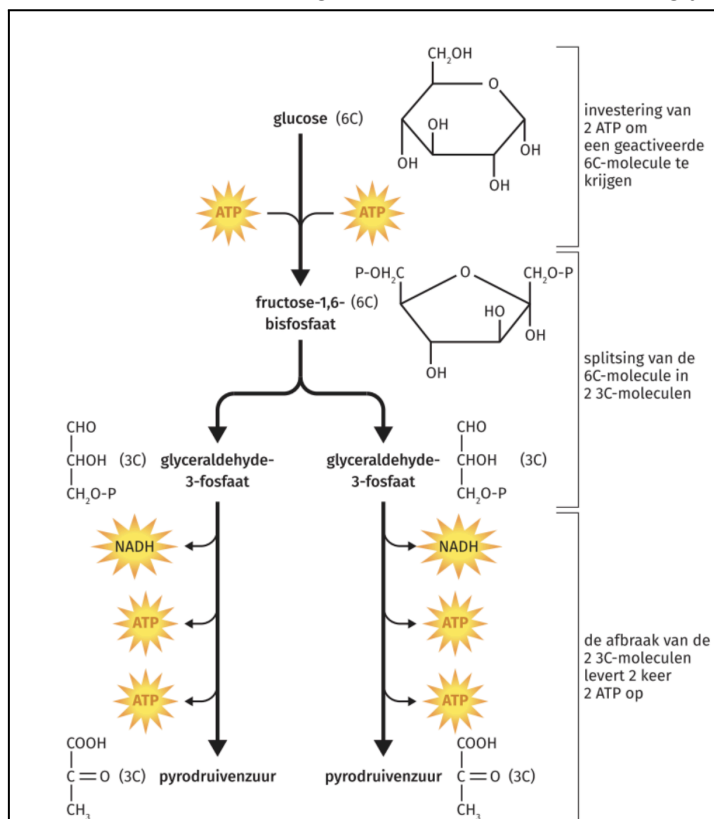
Bron: Stuart, D. H. (2022, 25 mei). At Which PH Does Enzyme Amylase Work? [Blogpost].

Geraadpleegd op 27 maart 2025,

<https://demetrius-has-stuart.blogspot.com/2022/05/at-which-ph-does-enzyme-amylase-work.html>

## Bijlage 3:

Een schematische weergave van de stappen in de glycolyse.

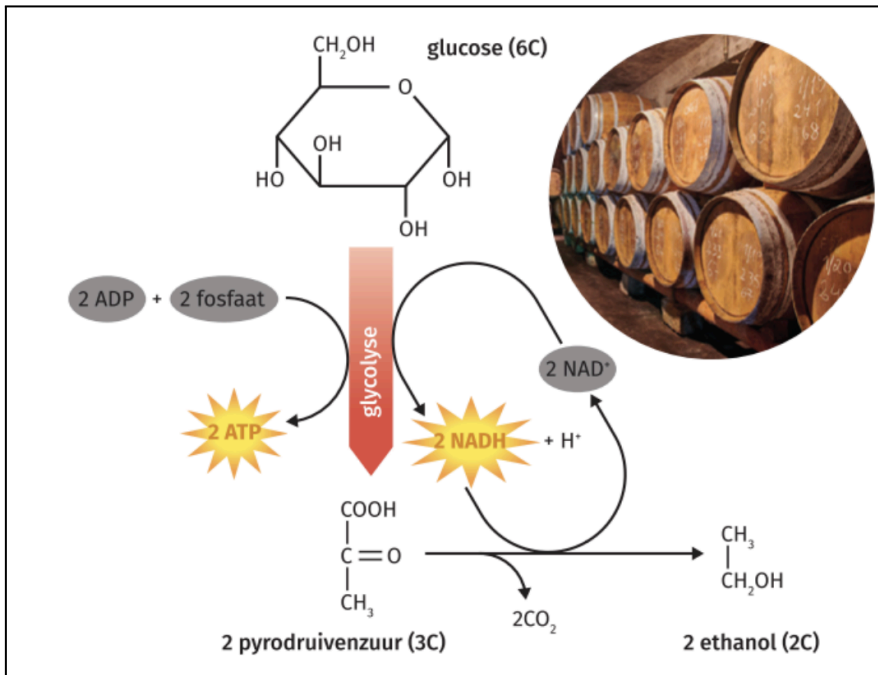


Bron: cursus biologie 5de middelbaar



## Bijlage 4:

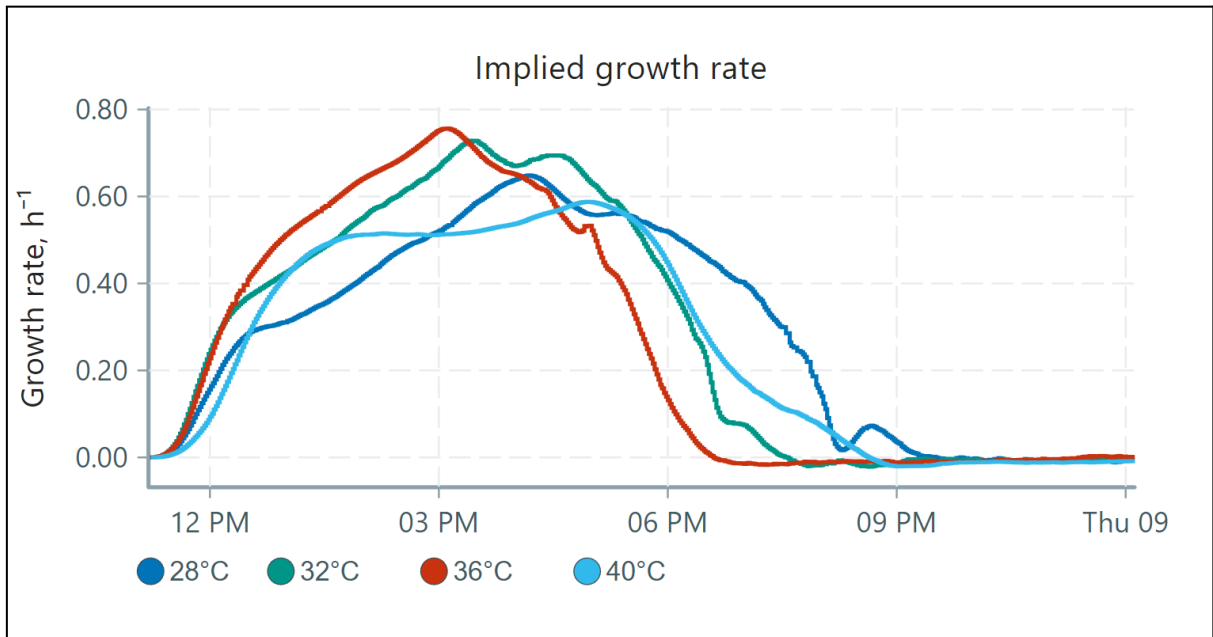
Een (korte) schematische weergave van alcoholische fermentatie / gisting.



Bron: cursus biologie 5de middelbaar

## Bijlage 5:

Een grafiek die de groei van (1 soort) gistcellen op verschillende temperaturen weergeeft.



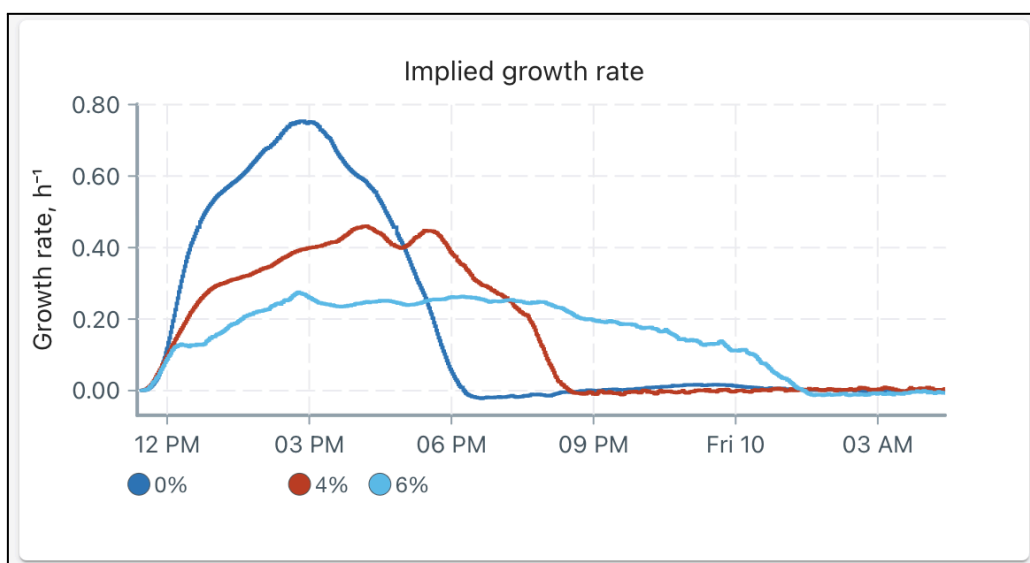
Bron: Vorobev, P. (z.d.). Yeast growth by temperature. Pioreactor Documentation.

Geraadpleegd op 27 maart 2025,

<https://docs.pioreactor.com/experiments/yeast-growth-by-temperature>

## Bijlage 6:

Een grafiek die de groei van gistcellen die zich in verschillende alcoholische omgevingen bevinden weergeeft.



Bron: Vorobev, P. (z.d.). Yeast growth by temperature. Pioreactor Documentation.

Geraadpleegd op 27 maart 2025,

<https://docs.pioreactor.com/experiments/yeast-growth-by-temperature>

MANOAH KINNAERT, MOBIN KHONDOKER, LOVEJYOT SINGH PAL

# STAPPENPLAN BIER BROUWEN

- 01**

**SCHROTEN:** HET MOUW WORDT GEMALEN ZODAT HET ZETMEEL LOSKOMT. DE SUIKERS WORDEN LATER NA EEN REEKS OMZETTINGEN OMGEZET IN ALOCHOL EN CO<sub>2</sub>.


- 02**

**MAISCHEN:** HET GESCHROTE MOUW WORDT IN WATER GEDAAN. MEN VERHIT HET MENGSEL EERST TOT 64°C GEDURENDE 40 MINUTEN. DAARN TOT 74°C GEDURENDE 20 MINUTEN EN TOT SLOT NOG TOT 78°C VOOR ZO'N 5 MINUTEN. DOOR HET MAISCHEN WORDEN DE NIET VERGISTBARE SUIKERS OMGEZET IN VERGISTBARE SUIKERS.
- 03**

**KLAREN:** NA HET MAISCHEN IS ER EEN SUIKERRIJKE EN ZOETE VLOEISTOF OVERGEBLEVEN MET VASTE BESTANDSDELEN ERIN. DEZE BESTANDSDELEN WORDEN ERUIT GEFILTERD. HIERDOOR BLIJFT ER ENKEL WORT OVER. DEZE BESTANDSDELEN KUNNEN LATER GEBRUIKT WORDEN ALS VEEVOER.
- 04**

**WORT KOKEN:** HET WORT WORDT GEDURENDE 60 à 90 MINUTEN GEKOOKT TERWIJL ER HOP AAN WORDT TOEGEVOEGD. ER KOMEN BITTERSTOFFEN VRIJ DIE HET BIER ZIJN BITTERE SMAAK GEVEN. VANAF NU KAN ER ALLEEN NOG MAAR STERIEL GEWERKT WORDEN.
- 05**

**GISTING EN HERGISTING OP FLES:** TIJDENS DE GISTING ZETTEN GISTCELLEN DE VERGISTBARE SUIKERS OM IN ALCOHOL EN CO<sub>2</sub>. NADAT HET BIER UITGEGIST IS ZAL HET GEKOELD WORDEN. NA DE KOELING KAN HET IN DE FLES GAAN (BOTTELEN). IN SOMMIGE GEVALLEN WORDEN ER KLONTJES SUIKERS TOEGEVOEGD VOOR HERGISTING OP FLES.



Gebruikte bron: Biernet, (z.d.), Bier brouwen, geraadpleegd op 24/10/2024, <https://www.biernet.nl/algemeen/bier-brouwen>

# Bibliografie

## Bronnen: Literatuurstudie: welke biochemische processen vinden plaats bij het brouwen van bier?

Brouwpunt.nl. (2023, 27 november). Wat gebeurt er tijdens het maischen? [Blogpost]. Geraadpleegd op 26 maart 2025,

<https://brouwpunt.nl/blog/bier-brouwen/wat-gebeurt-er-tijdens-het-maischen/>

Alfazuur. (2023, 26 augustus). Wikipedia. Geraadpleegd op 26 maart 2025,

<https://nl.wikipedia.org/wiki/Alfazuur>

Amylase. (2024, 14 november). Wikipedia. Geraadpleegd op 26 maart 2025,

<https://nl.wikipedia.org/wiki/Amylase>

Bierbrouwen. (2024, 25 maart). Wikipedia. Geraadpleegd op 26 maart 2025,

<https://nl.wikipedia.org/wiki/Bierbrouwen>

Chemische Feitelikheden. (z.d.). Zuren. Geraadpleegd op 26 maart 2025,

<https://www.chemischefeitelikheden.nl/files/4762b149d7c3cf568cea35f20cf3666b.pdf>

Cis-trans-isomerie. (2024, 10 maart). Wikipedia. Geraadpleegd op 26 maart 2025,

<https://nl.wikipedia.org/wiki/Cis-trans-isomerie>

Grainfather Help Center. (z.d.). Calculation - ABV. Geraadpleegd op 1 mei 2025, van

<https://help.grainfather.com/hc/en-us/articles/360014534317-Calculation-ABV/>

Hielscher Ultrasonics GmbH. (z.d.). Ultrasonie priming van zaden – Hoe sonicatie de kieming van gewassen verbetert. Geraadpleegd op 26 maart 2025,

<https://www.hielscher.com/nl/ultrasonic-priming-of-seeds-how-sonication-improves-crop-germination.html>

Isohumulone. (2024, 21 februari). Wikipedia. Geraadpleegd op 26 maart 2025,

<https://en.wikipedia.org/wiki/Isohumulone>

van Eigenbodem, B. (2020, 20 mei). Het Scheikundig proces van bier brouwen. Bier van Eigen Bodem. Geraadpleegd op 26 maart 2025,

<https://www.biervaneigenbodem.nl/blogs/blogvaneigenbodem/scheikundig-proces-van-bier-brouwen>

Water Future. (z.d.). Fermentatie. Geraadpleegd op 26 maart 2025,

<https://waterfuture.nl/toepassingen/fermentatie/>

WUR. (z.d.). Verandering in de tijd van chemische parameters en microbiële gemeenschappen tijdens spontane fermentatie van zuurdesembroden. Geraadpleegd op 26 maart 2025, <https://edepot.wur.nl/206658>

Opgedane kennis tijdens de lessen chemie, biologie en STEM in het 5de middelbaar (cis-trans-isomerie en fermentaties).

## Bronnen: Onderzoek: Invloeden van alcohol op de gezondheid

Biernet. (n.d.). Bier brouwen. Geraadpleegd op 27/03/2025, van <https://www.biernet.nl/algemeen/bier-brouwen>

Brouwpunt. (n.d.). Zelf bier brouwen: De stappen uitgelegd. Geraadpleegd op 27/03/2025, van <https://brouwpunt.nl/zelf-bier-brouwen/>

De Brouwkeuken. (n.d.). Zelf bier brouwen in 9 stappen. Geraadpleegd op 27/03/2025, van <https://www.debrouwkeuken.nl/zelf-bier-brouwen/>

Grainfather. (z.d.). Calculation - ABV. Grainfather Help Center. Geraadpleegd op 1 mei 2025, van <https://help.grainfather.com/hc/en-us/articles/360014534317-Calculation-ABV/>

KWF Kankerbestrijding. (z.d.). Feiten en fabels over alcohol en je gezondheid. Geraadpleegd op 27/03/2025, van <https://www.kwf.nl/waar-kun-je-kanker-van-krijgen/alcohol-en-je-gezondheid>

Trimbos-instituut. (z.d.). Gezondheidsrisico's van alcohol bij jongeren en maatschappelijke kosten. Geraadpleegd op 27/03/2025, van <https://www.trimbos.nl/kennis/alcohol/alcohol-en-de-hersenen/gezondheidsrisicos-van-alcohol-bij-jongeren-en-maatschappelijke-kosten>

Trubendorffer. (z.d.). Gevolgen alcohol op korte en lange termijn. Geraadpleegd op 27/03/2025, van <https://www.trubendorffer.nl/kennis/gevolgen-alcohol/>

VRT NWS. (2025, 28 maart). Geen gordel en 2,44 promille alcohol in zijn bloed: onderzoek naar ongeval Tom Waes afgerond. Geraadpleegd op 1 mei 2025, van <https://www.vrt.be/vrtnws/nl/2025/03/28/tom-waes-ongeval-2-44-promille-geen-gordel/>

VRT NWS. (2025, 28 maart). Waar staat promille voor en met hoeveel glazen alcohol komt dat overeen? 'Pintjes tellen' is alvast geen goed idee. Geraadpleegd op 1 mei 2025, van <https://www.vrt.be/vrtnws/nl/2025/03/28/betekenis-van-promille-standaardglazen-hoeveelheid-en-alcohol/>

## Bronnen: bijlagen

Bijlage 1: HumeBrew. (2023, 26 december). How Mash Temperatures Affect Your Beer.

Geraadpleegd op 27 maart 2025,

<https://humblebrew.com/how-mash-temperatures-affect-your-beer/>

Bijlage 2: Stuart, D. H. (2022, 25 mei). At Which PH Does Enzyme Amylase Work?

[Blogpost]. Geraadpleegd op 27 maart 2025,

<https://demetrius-has-stuart.blogspot.com/2022/05/at-which-ph-does-enzyme-amylase-work.html>

Bijlage 3 en 4: Cursus Biologie 5de middelbaar

Bijlage 5 en 6: Vorobev, P. (z.d.). Yeast growth by temperature. Pioreactor Documentation.

Geraadpleegd op 27 maart 2025,

<https://docs.pioreactor.com/experiments/yeast-growth-by-temperature>