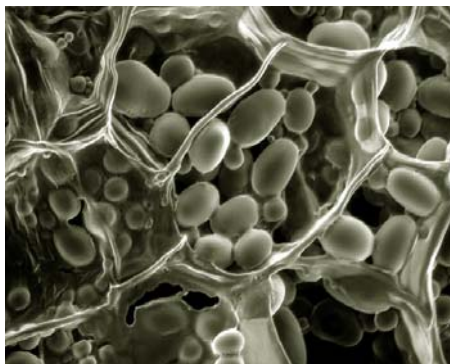


## Verstijfeling zetmeel

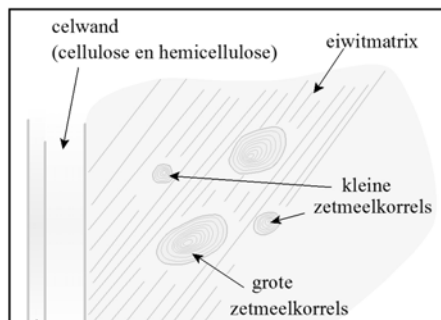
Bier wordt gewoonlijk gemaakt uit gerstemout. In gerst zit vooral zetmeel en daarnaast nog een aantal andere belangrijke stoffen. Die “andere stoffen” zorgen er (met hop en gist) voor dat je bier krijgt. Als je alleen zetmeel zou gebruiken zou je na vergisting zuivere alcohol krijgen, opgelost in



Afbeelding 1. Zetmeelkorrels in een plantaardige cel

water, en dat is niet de bedoeling. Het verschil tussen gerst en

gerstemout is vooral dat er in gerstemout enzymen zitten. Dat zijn eiwitmoleculen die allerlei stoffen kunnen afbreken. Voor de bierbereiding zijn belangrijk de enzymen die zetmeel kunnen afbreken (amylasen), de enzymen die eiwit kunnen afbreken (de proteïnasen) en de enzymen die celwanden kunnen afbreken (de  $\beta$ -glucanasen).



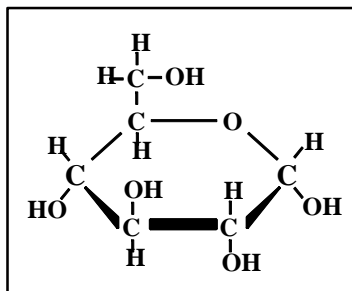
Afbeelding 2. Opbouw van een plantaardige cel

Dit stukje gaat over zetmeel. Jos heeft al in een eerder stukje beschreven hoe de afbraak van zetmeel in zijn werk gaat en dat daarvoor 2 enzymen nodig zijn: de  $\beta$ -amylase en de  $\alpha$ -amylase. Maar voordat die enzymen het zetmeel kunnen afbreken moet er nog iets met het zetmeel gebeuren.

Zetmeel komt voor in de vorm van zetmeelkorrels en die zetmeelkorrels liggen in cellen in de graankorrel (zie afbeelding 1 en 2). Óm de zetmeelkorrels heen zit eiwit. Allereerst moet de celwand (duidelijk te zien in afbeelding 1) worden afgebroken. Dat gebeurt tijdens het vermouten van de gerst. Bovendien moet het eiwit

gedeeltelijk worden afgebroken, want anders duurt het te lang voordat de enzymen het zetmeel kunnen afbreken. Dat gebeurt ook voor een deel tijdens het vermouten van de gerst.

Als we mout gaan schroten om bier te produceren maken we de deeltjes zó klein, dat de zetmeelkorrels *ongeveer* vrij komen te liggen. En in de mout zitten enzymen die het zetmeel kunnen afbreken (amylasen). Maar helaas is het nog niet zo ver dat dat al kan. We moeten even beter naar zetmeel gaan kijken.



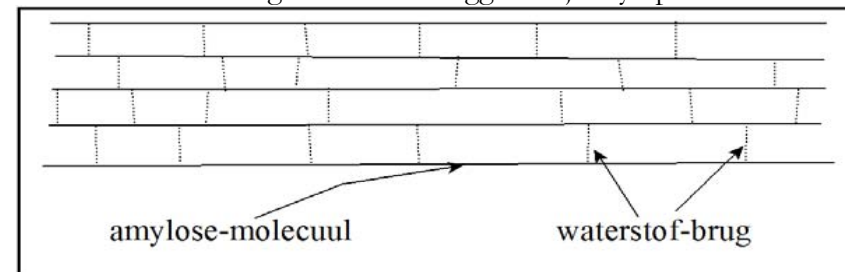
Afbeelding 3 Glucose

Zetmeel bestaat uit suikermoleculen, die aan elkaar zitten. Geen gewone (kristal-)suiker, maar glucose of druivensuiker. Een molecuul glucose heeft een ringvormige structuur en dat is te zien in afbeelding 3.

Nu zijn er twee soorten

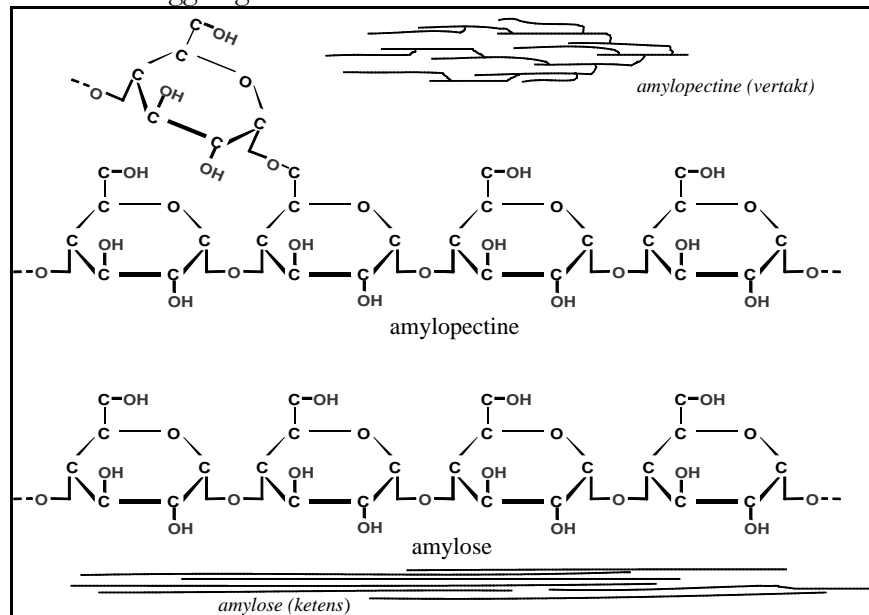
zetmeelmoleculen: de eerste heet amylose en die bestaat uit 3000 - 10.000 glucosemoleculen aan elkaar, heel simpel in een rij. De tweede heet amylopectine en die bestaat uit 50.000 - 500.000 glucosemoleculen aan elkaar, maar dan in een vertakte structuur. Beide zijn weergegeven in afbeelding 5. (volgende pagina)

Zetmeelmoleculen (dus de amylose-moleculen en de amylopectine-moleculen) kunnen óók weer aan elkaar gaan zitten met zwakke chemische bindingen, de zogenaamde H-bruggen of waterstofbruggen. Dat is in afbeelding 4 weergegeven voor amylose. Amylose-moleculen kunnen heel dicht tegen elkaar aan liggen. Bij amylopectine lukt dat



Afbeelding 4 Waterstofbruggen in amylose

niet zo goed, maar ook tussen amylopectine-moleculen kunnen waterstofbruggen gevormd worden.



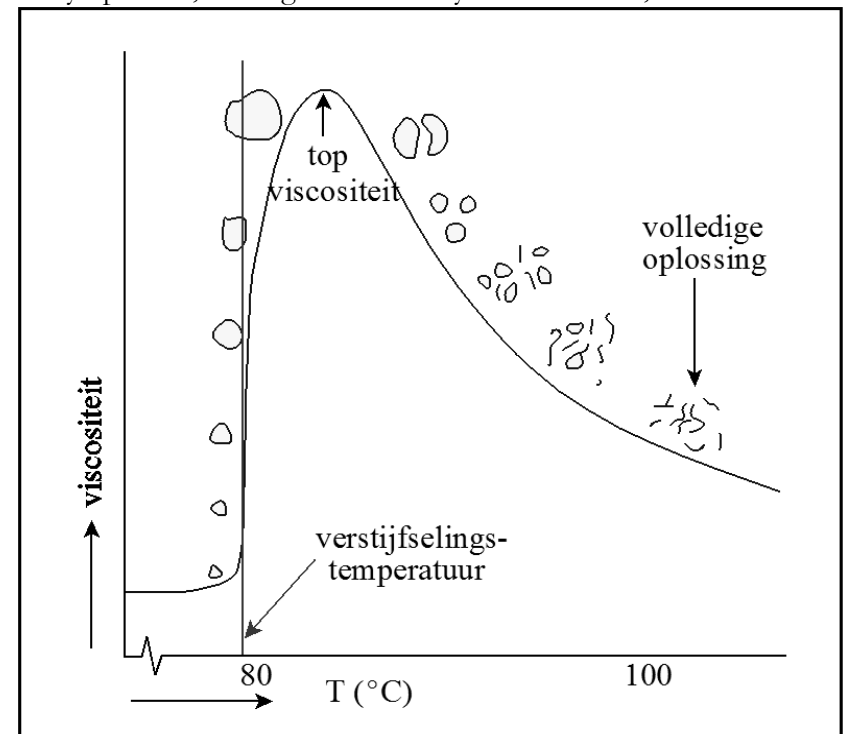
Afbeelding 5 Opbouw van amylose en amylopectine

Zetmeelkorrels zijn opgebouwd uit laagjes. In die laagjes zitten de zetmeelmoleculen (amylose en amylopectine) op verschillende manieren geordend, maar in ieder geval dicht tegen elkaar aan en dankzij die waterstofbruggen is zo'n zetmeelkorrel heel stevig. Als je zetmeelkorrels in koud water legt zullen ze wat water opnemen (ongeveer 35 % van hun gewicht) en opzwellen, maar die H-bruggen voorkomen dat ze te veel water opnemen en te veel zwellen.

Alleen als zetmeel-in-water verwarmd wordt zullen de H-bruggen worden verbroken en kan de korrel meer water opnemen: ze zwellen op. De meeste soorten krijgen 20 - 80 keer het eigen volume, aardappelzetmeel tot 1000 keer het eigen volume. Aanvankelijk houden de zetmeelmoleculen nog contact met elkaar: de oplossing wordt stijf (*verstijfseld*); je kunt ook zeggen: de viscositeit neemt toe. Als de temperatuur verder omhoog gaat laten ook die laatste verbindingen los en liggen de zetmeelmoleculen los in het water. Een deel van het water

wordt gebonden door de losse zetmeelmoleculen en daardoor blijft er toch nog een zekere rest-viscositeit. En hoe meer zetmeel in het water, des te hoger die rest-viscositeit. In afbeelding 6 is weergegeven wat er met een zeker type zetmeel gebeurt tijdens verhitten. In youtube (<http://www.youtube.com/watch?v=LQfTtzeFPs>) staan mooie filmpjes over het verstijfselen.

Wat we bij bierbereiding willen bereiken is dat de zetmeelkorrels uiteenvallen en dat de zetmeelmoleculen los in het beslag komen te liggen. Want alleen dan kunnen de amylasen er goed bij om het zetmeel af te breken. De temperatuur waarbij verstijfseling optreedt verschilt per plantensoort. Dat is afhankelijk van de verhouding tussen amylose en amylopectine, de lengte van de amylosemoleculen, de bouw van de



Afbeelding 6 Relatie tussen temperatuur en viscositeit

amylopectine (hoeveel vertakkingen, hoe lang zijn ze, wat is de afstand tussen de vertakkingen), de grootte van de zetmeelkorrel. En dus ook van de *variëteit* haver of rijst of maïs. En bovendien speelt de concentratie een rol en vooral de pH of zuurtegraad van de oplossing. Hieronder een tabel met gegevens van 3 verschillende bronnen. Daarin verschillen de getallen nogal, dus het wordt hierbij nog niet duidelijk wat precies de temperatuur is die nodig is bij het brouwen om de zetmeelkorrel uiteen te laten vallen. De reden is mogelijk de variëteit van de plant.

type	bron 1 (°C)	bron 2 (°C)	bron 3 (°C)
aardappel		56 - 71	
gerst	52 - 59	60 - 62	60 - 65
gerstemout		64 - 67	
haver		52 - 64	53 - 59
maïs	62 - 72	62 - 77	62 - 74
rijst	68 - 77	61 - 82	68 - 78
rogge	57 - 70	49 - 61	57 - 70
sorghum	68 - 77	69 - 75	
tarwe	58 - 64	52 - 66	58 - 64

*Tabel 1 Verstijfselings temperatuur van een aantal zetmeelsoorten uit verschillende literatuurbronnen*

Want voor brouwers is de grote vraag of je, bij gebruik van bijvoorbeeld haver of rogge, deze grondstoffen wel of niet vooraf moet koken voor je ze bij je beslag doet. De ervaring dat je rijst en maïs moet voorkoken voordat je ze aan het beslag kunt toevoegen komt enigszins (maar niet duidelijk) uit deze tabel te voorschijn. En het ziet er wel naar uit dat haver in ieder geval niet hoeft te worden voorgekookt. Rogge is niet duidelijk.