

De Maillard reactie

Dit wordt een ingewikkeld verhaal, maar het is niet anders.

Levensmiddelen kunnen bruin kleuren. We kennen allemaal wel wat voorbeelden: als je een appel dóórsnijdt wordt-ie na een tijdje bruin. Koffiemelk is bruin net als de bovenkant van brood en gebraden vlees. Als je suiker in een pannetje op het vuur zet smelt de suiker en krijg je een bruine vloeistof (caramel). En als je te lang verhit dan verbrandt de suiker en houd je een zwarte massa over: koolstof.

De eerste reactie (met die appel) is een voorbeeld van enzymatische bruinkleuring. Voor ons niet zo van belang, omdat die reactie niet meer kan optreden boven de 80 °C. Maar kortweg komt het hier op neer. Enzymen zijn eiwitten die een chemische reactie kunnen laten verlopen die anders niet zou verlopen onder die omstandigheden. In appel zitten stoffen, zogenaamde polyfenolen, die door enzymen (in de aanwezigheid van zuurstof) aan elkaar gekoppeld kunnen worden. Als er maar genoeg van die moleculen (polyfenolen) aan elkaar worden gekoppeld ontstaan er bruine kleurstoffen.

De laatst genoemde reactie, die met suiker, noemen we caramellisatie. Dat zal niemand verbazen. Deze reactie treedt ruwweg op bij een temperatuur boven de 170 °C en voor die reactie is naast warmte alleen de aanwezigheid van suiker vereist. Er ontstaat zoals gezegd een bruine kleurstof en daarnaast aroma's - de caramel.

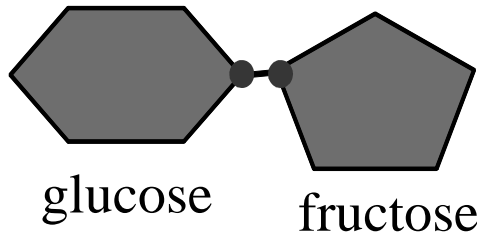
De derde reactie is de reactie waar dit verhaal over gaat: de Maillard reactie. Genoemd naar een Fransman die 'm waarschijnlijk voor het eerst heeft beschreven, maar dat kan iedereen op internet wel terugvinden. Deze reactie verloopt ruwweg tussen de 80 en de 170 °C. Wat veel moeilijker te vinden is dat is wat die reactie nou precies inhoudt. De reden dat het voor ons belangrijk is is dat deze reactie veel optreedt tijdens mouten en brouwen.

Wat je nodig hebt is suiker en eiwit. Of beter: een reducerende suiker en alfa-amino stikstof. Dat klinkt misschien nodeloos ingewikkeld maar

nodeloos is het niet echt. Reducerend betekent dat elke suiker kan reageren volgens de Maillard reactie *behalve* kristalsuiker. En die alfa-amino stikstof betekent dat eiwit reageert maar afgebroken eiwit nog veel beter.

Wat je krijgt van de Maillard reactie hangt van de omstandigheden af, maar heel algemeen kun je zeggen: bruine kleurstoffen, aroma's en een heel klein beetje zuur (mierenzuur). Dat mierenzuur is voor brouwers niet zo van belang en ik zal er verder niet te veel over zeggen, maar bij koffiemelk is dit heel belangrijk, omdat het de koffiemelk wat gevoelig maakt voor schifting. Maar bij brouwers gaat het om de kleur en de aroma's.

Ik moet toch nog even terug naar de twee stoffen die de Maillard reactie in gang zetten; eerst de reducerende suikers. Brouwers hebben te maken met twee soorten suikers. De eerste is kristalsuiker. Dat is geen reducerende suiker. Maar kristalsuiker bestaat uit twee andere suikermoleculen: glucose en fructose. Als kristalsuiker wordt gesplitst op één of andere manier (bijvoorbeeld een tijdje verhitten met wat zuur erbij) dan houd je glucose en fructose over en dat zijn wél reducerende suikers.



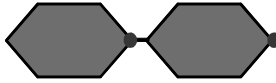
*De opbouw van kristalsuiker.
Die bolletjes in het midden zijn de
reducerende uiteinden en die
zijn hier niet vrij om te reageren*

De tweede suiker waarmee wij te maken hebben is zetmeel. Nou ja, dat noemen we eigenlijk een koolhydraat en zetmeel bestaat uit 10.000 glucosemoleculen (om het eenvoudig te zeggen) die aan elkaar zitten.

Door het vermouten en vooral door het maischen wordt zetmeel gesplitst en daarbij ontstaan onder andere glucose, maltose en maltotriose.



glucose



maltose



maltotriose

Er blijven ook nog wel wat grotere moleculen over. Glucose heeft één groep die kan reageren (dat bolletje), maar maltose heeft ook maar één reducerende groep (bolletje) vrij beschikbaar en maltotriose ook maar één.

Hoe kleiner het molecuul, des te zoeter is het bier, des te lager de viscositeit van het bier en des te meer reageert het volgens de Maillard reactie: het bier wordt bruiner en er ontstaan meer aroma's.

Glucose is dus niet alleen goed voor de gist, maar kan ook heel snel reageren. Maltose is iets moeilijker te verteren voor de gist en zal ook ietsje minder reageren volgens de Maillard reactie. Enzovoort.

Voor eiwit geldt eigenlijk hetzelfde verhaal



Sterk schematische voorstelling van eiwit. De blokjes zijn aminozuren, de driehoekjes stellen de alfa-amino stikstof voor.

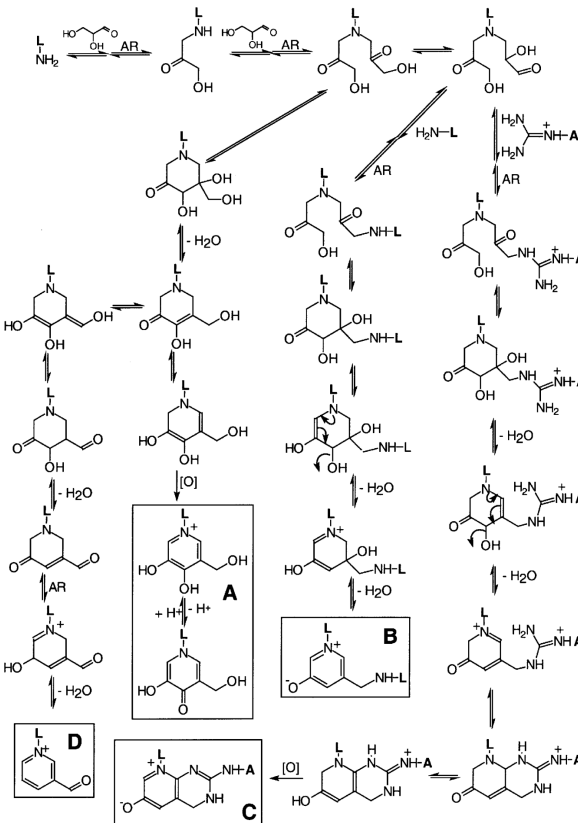
Eiwit is opgebouwd uit honderden bouwstenen, de aminozuren. Elk aminozuur heeft een groep die nodig is voor de Maillard reactie, een alfa-amino stikstof, maar helaas zijn ze allemaal gebonden in de keten. Alleen de laatste (links) is beschikbaar. En heel soms zit er ook eentje aan de zijkant van de keten. Maar als je de keten afbreekt, dus als je eiwit splitst, komen ze wél beschikbaar. Eiwitsplitsing gebeurt bij het mouten, bij de eiwitruist tijdens het maischen en het is om allerlei redenen nodig. De mate waarin en de manier waarop eiwit wordt gesplitst bepaalt hoe gemakkelijk de Maillard reactie gaat verlopen.

Het eindproduct van de Maillard reactie zijn bruine kleurstoffen en aroma's. Maar er zijn nogal wat aroma's die kunnen ontstaan. Dat hangt

af van de manier waarop de reactie verloopt: de temperatuur, de tijd, de concentratie, de zuurtegraad, de aanwezigheid van remmende of bevorderende stoffen.

Op zich is wel bekend welke stoffen er kunnen ontstaan maar dan weet je nog niet welk aroma ze geven. En om het ingewikkelder te maken: in lage concentratie geven ze soms andere aroma's dan in hogere concentraties en bovendien beïnvloeden de aromastoffen elkaar. Maar om wat voorbeelden te geven: maltol geeft een caramelseur; 4-hydroxy-2,5-dimethyl-3-furanon is de belangrijkste aromastof in aardbei en ananas (die lijken dus blijkbaar op elkaar) maar geeft ook een caramelachtig aroma; 4-hydroxy-5-ethyl-2-methyl-3-furanon (dat is dus een andere dan de vorige, zoek de verschillen) geeft een aroma dat lijkt op

suikerbiet. Denk nou niet dat ik er verstand van heb, want ik moet de namen ook opzoeken op internet en het aroma dat erbij hoort ook. Dat is een heel gepuzzel. Zo zijn er werkelijk tientallen aromastoffen. En dat maakt het dus heel moeilijk om het te snappen. En je kunt ook absoluut niet voorspellen hoe de Maillard reactie zal verlopen en wat er zal ontstaan. Je kunt het wel een beetje voorspellen: of-ie meer of minder zal verlopen. Hiernaast heb ik een willekeurig voorbeeld van een set reacties die



kunnen optreden onder bepaalde omstandigheden. Daar snap ik dus weinig van en van iedere stof moet ik uitzoeken hoe-ie heet en of-ie een aromastof is. Ik weet het niet zeker maar ik denk dat het wel om aromastoffen gaat.

Als je wort heel lang kookt (bijvoorbeeld 20 uur) is alles uitgeregereerd. Maar als je eerder stopt zijn er allerlei reacties die onderbroken worden. Die stoffen (dat heten *intermediären*) staan als het ware op scherp. Als de temperatuur goed is of als ze de tijd krijgen zullen ze alsnog doorgaan met reageren en zo de eigenschappen van het bier in de fles beïnvloeden (= veranderen).

Grote brouwers houden niet van dit soort verrassingen en zullen zo kort mogelijk koken. Dan ontstaan er minder intermediären die rare dingen kunnen gaan doen. En daarom zullen grote brouwers ook heel snel willen koelen na het koken.

Het is langzamerhand duidelijk denk ik dat de Maillard reactie een hele kluit chemische reacties is die verlopen, afhankelijk van de omstandigheden. Het resultaat is bijzonder complex, maar ruwweg komen er bruine kleurstoffen en aroma's uit te voorschijn.

Nog een kleinigheidje. Bepaalde bruine kleurstoffen van de Maillard reactie dragen bij aan de schuimstabiliteit en het mondgevoel (donker bier heeft mooier schuim) en ze zijn de reden van een betere smaakstabiliteit: donkere bieren kun je langer bewaren doordat de bruine kleurstoffen de zuurstof wegvangen (het zijn anti-oxidanten). Maar door de Maillard reactie verloopt de vergisting langzamer. Enerzijds doordat de Maillard reactie een deel van de aminozuren gebruikt die de gist ook nodig heeft. Anderzijds schijnt het dat de producten van de Maillard reactie de gist hinderen in de stofwisseling.

Het lijkt me dat dit eerst wel even voldoende is over de Maillard reactie. Mocht iemand geïnteresseerd zijn in de chemie, dan kan ik over enkele maanden wel een overzicht geven denk ik. Voor vragen weten jullie mij te vinden.

Fons