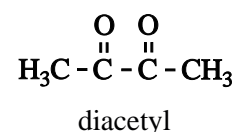


## Slechte smaak

Eén van de angsten van bierbrouwers is dat hun product een slechte smaak heeft. Een slechte smaak kan worden veroorzaakt door diacetyl (zie de structuurformule hiernaast). Diacetyl geeft bier een botersmaak.



Tijdens het brouwen van bier wordt in gistcellen glucose in een aantal stappen enzymatisch omgezet. Daarbij wordt onder andere pyrodruivenzuur gevormd, een stof met de molecuulformule  $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3$ . Een groot deel van het pyrodruivenzuur wordt door de gistcellen omgezet tot ethanol. De gistcellen zullen echter uit pyrodruivenzuur ook de stof  $\alpha$ -acetomelkzuur vormen. Bij de vorming van  $\alpha$ -acetomelkzuur uit pyrodruivenzuur ontstaat één andere stof.  $\alpha$ -Acetomelkzuur heeft de molecuulformule  $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_4$ .

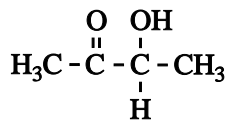
- 4p **10** Geef de reactievergelijking voor het ontstaan van  $\alpha$ -acetomelkzuur uit pyrodruivenzuur. Noteer daarin pyrodruivenzuur en  $\alpha$ -acetomelkzuur in structuurformule; gebruik daarbij de volgende gegevens:
- de systematische naam van pyrodruivenzuur is: 2-oxo-propaanzuur;
  - de systematische naam van  $\alpha$ -acetomelkzuur is: 2-hydroxy-2-methyl-3-oxo-butaanzuur;
  - het voorvoegsel 'oxo' geeft aan dat in het molecuul de groep  $\text{C} = \text{O}$  aanwezig is (zie Binas-tabel 66D).

Een deel van het ontstane  $\alpha$ -acetomelkzuur wordt buiten de gistcel omgezet tot diacetyl. Wanneer de concentratie diacetyl in het bier boven  $0,10 \text{ mg L}^{-1}$  komt (de zogenoemde smaakdrempel), is de botersmaak waar te nemen.

- 2p **11** Bereken hoeveel mg glucose per liter bier minstens is omgezet tot diacetyl wanneer de smaakdrempel van diacetyl is bereikt. Ga er hierbij vanuit dat diacetyl uitsluitend uit glucose is ontstaan en dat per mol glucose uiteindelijk één mol diacetyl ontstaat.

Het gevormde diacetyl kan door de gistcellen weer worden opgenomen en enzymatisch worden omgezet tot acetoïne. Acetoïne is minder nadelig voor de smaak van het bier dan diacetyl.

Acetoïne heeft de volgende structuurformule:



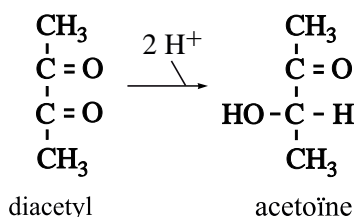
acetoïne

Koolstofverbindingen kunnen naar hun kenmerken worden ingedeeld in klassen. Acetoïne behoort tot een aantal verschillende klassen.

2p **12** Geef van elk van de volgende klassen aan of acetoïne tot die klasse behoort. Noteer je antwoord als volgt:

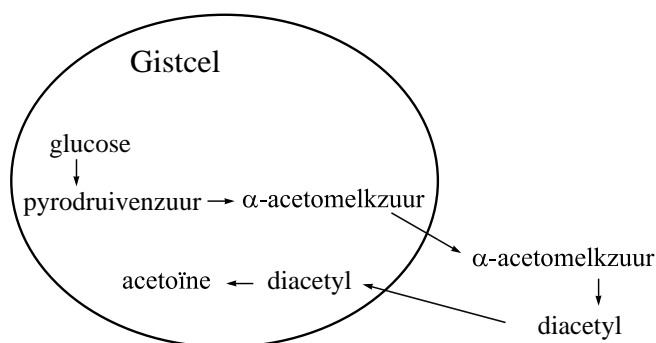
alcoholen	ja/nee
aromatische verbindingen	ja/nee
carbonsuren	ja/nee
ketonen	ja/nee

In een artikel dat onder andere over de vorming en omzetting van diacetyl gaat, wordt de omzetting van diacetyl tot acetoïne als volgt schematisch weergegeven:



2p **13** Is de omzetting van diacetyl tot acetoïne een zuur-base reactie of een redoxreactie? Geef een verklaring voor je antwoord.

De hiervoor beschreven omzettingen van glucose tot diacetyl en acetoïne zijn hiernaast schematisch samengevat. Voor de omzettingen in de gistcel zijn enzymen nodig. De omzetting buiten de gistcel is een langzame reactie waarbij enzymen geen rol spelen.



Bij de bierproductie is het dus van belang dat het gistingsproces voldoende tijd krijgt. Een te korte gistingsduur kan nadelig zijn voor de smaak. De gistingsduur kan niet worden verkort door de temperatuur te verhogen, want gistcellen gaan boven 30 °C dood.

Op internet staat een eenvoudige test beschreven, de zogenoemde diacetyl-test, waarmee kan worden nagegaan of het gistingsproces lang genoeg heeft geduurd.

## diacetyl-test

- neem twee monsters van het brouwsel en nummer deze 1 en 2
- plaats monster 1 gedurende 10 - 20 minuten in een waterbad van 60 - 70 °C
- bewaar monster 2 bij kamertemperatuur
- koel monster 1 af tot kamertemperatuur
- proef beide monsters
- noteer of een botersmaak is waar te nemen

In principe zijn er voor de uitkomst van de test vier combinaties, die in onderstaande tabel met de letters A, B, C en D zijn aangegeven. Een + in deze tabel betekent dat een botersmaak wordt waargenomen. Een – geeft aan dat geen botersmaak wordt waargenomen.

	A	B	C	D
monster 1 (verwarmd)	+	–	+	–
monster 2 (niet verwarmd)	+	–	–	+

Op de website wordt aan de combinatie die onder de letter D staat geen aandacht besteed. Het is namelijk zeer onwaarschijnlijk dat de test resultaat D oplevert. De andere drie combinaties kunnen wel optreden.

- 2p **14** Leg uit waarom het zeer onwaarschijnlijk is dat de test resultaat D oplevert. Maak gebruik van in deze opgave verstrekte gegevens met betrekking tot de reacties die in en buiten de gistcel plaatsvinden.
- 2p **15** Geef twee mogelijke oorzaken voor de afwezigheid van een botersmaak in monster 2 en leg uit waarom men in dat geval ook het verwarmde monster moet proeven om na te gaan of het gistingsproces lang genoeg heeft geduurd. Verwerk in je uitleg gegevens met betrekking tot de reacties die in en buiten de gistcel plaatsvinden.