

Cacaoboter

Eén van de hoofdbestanddelen van chocolade is cacaoboter.

De samenstelling van cacaoboter is één van de oorzaken van het smeltgedrag van chocolade. Bij 20 tot 25 °C is chocolade nog hard, maar bij de temperatuur die in de mond heerst, smelt het snel. Veel mensen ervaren daarom een verkoelend effect in de mond bij het eten van chocolade.

- 2p 1 Geef een verklaring voor het waargenomen verkoelend effect bij het eten van chocolade.

Cacaoboter is een mengsel van voornamelijk vetten. Welke vetzurresten voornamelijk in deze vetten voorkomen, is achterhaald met behulp van een methode waarbij de tri-esters eerst werden gehydrolyseerd en de daarbij verkregen vetzuren werden omgezet tot de overeenkomstige methylesters.

- 3p 2 Geef de vergelijking voor de reactie waarbij onder andere uit oliezuur de methylester van oliezuur wordt gevormd. Gebruik structuurformules. De koolwaterstofrest van oliezuur mag worden weergegeven als $C_{17}H_{33}$.

Uit onderzoek is gebleken dat in de meeste vetten van cacaoboter glycerol op positie 2 is veresterd met oliezuur. Verder is glycerol vooral met palmitinezuur en/of stearinezuur veresterd.

Deze vetten worden als volgt schematisch aangeduid: P - O - P, P - O - S en S - O - S. Hierin staat P voor palmitinezuur, O voor oliezuur en S voor stearinezuur; de middelste letter geeft het vetzuur op positie 2 weer.

Aangezien de beschikbare hoeveelheid cacaoboter niet toereikend is om aan de vraag naar chocolade te voldoen, wordt voor bepaalde chocoladeproducten gebruik gemaakt van andere grondstoffen. De vetzuursamenstelling van die andere grondstoffen is anders dan die van cacaoboter. Men kan vetten uit die andere grondstoffen op twee manieren omzetten tot vetten die wel in cacaoboter voorkomen.

De eerste manier wordt aangeduid als 'partiële hydrogenering'. Hierbij laat men een vet reageren met waterstof. Een voorbeeld is het vet P - O - L (L staat voor linolzuur) uit palmolie. Door additie van waterstof kan dit vet worden omgezet tot P - O - S.

- 3p 3 Bereken hoeveel dm^3 waterstof ($T = 298 \text{ K}$, $p = p_0$) minstens nodig is om 1,0 kg van het vet P - O - L om te zetten tot het vet P - O - S. De massa van één mol van het vet P - O - L bedraagt 857 g.

De tweede manier is een zogenoemde om-estering: het vervangen van de ene vetzurrest door een andere. Bij dit proces maakt men gebruik van het enzym lipase. Dit enzym katalyseert de hydrolyse van vetzuren die zijn veresterd op de posities 1 en 3 van een vet. Lipase katalyseert ook de omgekeerde reactie: de verestering van vetzuren aan de posities 1 en 3 van glycerol.

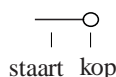
Door bijvoorbeeld het vet P - O - O te mengen met stearinezuur en lipase kan onder andere het vet P - O - S worden verkregen.

In dit reactiemengsel ontstaan ook andere vetten.

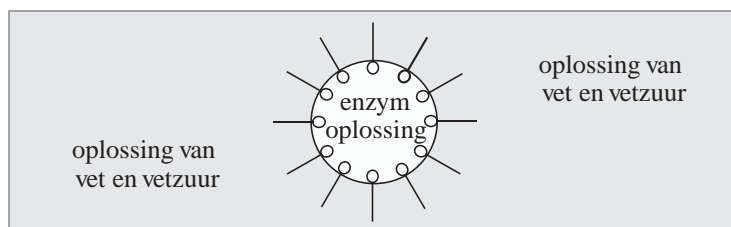
- 3p 4 Geef de schematische aanduiding van vier andere vetten, geen stereo-isomeren, die in dit reactiemengsel kunnen voorkomen.

Het organische oplosmiddel waarin het vet en het stearinezuur worden opgelost, mengt niet met het water waarin het enzym wordt opgelost. Om een goede menging voor de om-esteringsreactie te krijgen, wordt een zeepachtige stof (emulgator) toegevoegd.

Moleculen van een emulgator worden vaak schematisch als volgt weergegeven:



Door toevoeging van de emulgator worden zogenoemde micellen gevormd: druppeltjes van de enzymoplossing die zweven in de oplossing van vet en vetzuur, met emulgatormoleculen op het grensvlak van de enzymoplossing en de oplossing van vet en vetzuur. Dit kan als volgt worden weergegeven:



De om-esteringsreactie vindt plaats op het grensvlak van de twee oplossingen. De snelheid van de om-estering is afhankelijk van de grootte van de micellen. Om na te gaan hoe de reactiesnelheid afhangt van de micelgrootte werden, bij dezelfde temperatuur, twee proeven, proef 1 en proef 2, uitgevoerd. Aan het begin van beide proeven waren de hoeveelheden emulgator, enzymoplossing, vetoplossing en stearinezuur gelijk. Het enige verschil was dat de micellen in proef 1 kleiner waren dan in proef 2.

- 2p 5 Leg uit in welke proef de reactiesnelheid het grootst was.