

## Thermoplastisch zetmeel

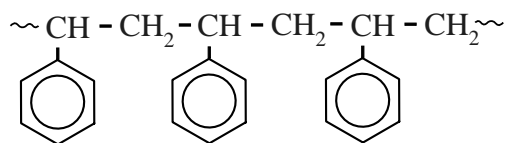
Thermoplastisch zetmeel (in deze opgave verder TPS genoemd) is een kunststof die onder andere als verpakkingsmateriaal voor groenten wordt gebruikt. TPS wordt bereid uit aardappelzetmeel, water en een weekmaker. In een extruder wordt het zetmeel grondig gemengd met water en de weekmaker. De gemiddelde molaire massa van zetmeel neemt hierbij door hydrolyse af van  $3,7 \cdot 10^7 \text{ g mol}^{-1}$  tot  $1,9 \cdot 10^6 \text{ g mol}^{-1}$  in TPS. Het gevormde TPS kan worden gesmolten en verwerkt.

- 2p **16** Bereken het gemiddelde aantal monomeereenheden in een molecuul zetmeel met een gemiddelde molaire massa van  $3,7 \cdot 10^7 \text{ g mol}^{-1}$ .  
Ga er bij de beantwoording van deze vraag van uit dat zetmeel alleen uit amylose bestaat.
- 4p **17** Bereken hoeveel gram water wordt verbruikt als 100 g zetmeel wordt omgezet tot TPS.

Eén van de weekmakers die in TPS wordt gebruikt, is glycerol (1,2,3-propaantriol). Moleculen glycerol nestelen zich tussen polymeerketens en vormen daar waterstofbruggen mee. Door de aanwezigheid van glycerol tussen de polymeerketens is TPS beter te vervormen dan zetmeel met een vergelijkbare ketenlengte. Een deel van twee polymeerketens van TPS is op de uitwerkbijlage die bij dit examen hoort, weergegeven.

- 2p **18** Teken op de uitwerkbijlage een molecuul glycerol tussen de twee getekende delen van ketens van TPS. Geef in de tekening met stippellijntjes aan hoe het glycerolmolecuul met waterstofbruggen aan beide ketens is gebonden.
- 2p **19** Leg uit met behulp van begrippen op deeltjesniveau hoe toevoeging van glycerol aan TPS het polymeer beter te vervormen maakt.

TPS kan worden toegepast als verpakkingsmateriaal. Veel verpakkingen zijn gemaakt van polystyreen. Hieronder is een gedeelte uit het midden van een polystyreenketen weergegeven.



De uitstoot van  $\text{CO}_2$  bij de productie en het gebruik van een bepaald verpakkingsmateriaal is veel lager wanneer TPS wordt toegepast in plaats van polystyreen. Dit verschil wordt onder andere veroorzaakt door een veel groter energieverbruik tijdens de productie van polystyreen uit de grondstof aardolie. Ook in het stadium dat de verpakking als afval wordt weggegooid, is er een verschil. Wanneer polystyreen wordt verbrand, levert dat een veel grotere uitstoot van  $\text{CO}_2$  op dan wanneer een even grote massa TPS wordt verbrand.

Bij volledige verbranding van 1,0 kg TPS bedraagt de  $\text{CO}_2$ -uitstoot 1,6 kg.

- 2p **20** Geef de vergelijking voor de volledige verbranding van polystyreen. Gebruik molecuulformules.
- 3p **21** Bereken hoeveel procent de theoretische besparing in  $\text{CO}_2$ -uitstoot bij volledige verbranding is wanneer men 1,0 kg polystyreen vervangt door 1,0 kg TPS.

## uitwerkbijlage

18

