

Melamine detecteren in voeding

Melkpoeder voor babymelk bevat eiwitten die een baby nodig heeft om te groeien. Om het eiwitgehalte in melkpoeder te bepalen wordt gebruik gemaakt van de Kjeldahl-methode. De Kjeldahl-methode bestaat uit de volgende stappen:

- 1 Alle stikstofatomen in het melkpoeder worden omgezet tot ammoniumionen.
- 2 Aan de ontstane oplossing wordt een overmaat kaliloog toegevoegd. Hierbij treedt de volgende reactie op:
$$\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$$
- 3 Door het mengsel te verwarmen komt de ammoniak vrij als gas. De ammoniak wordt vervolgens door een boorzuuroplossing geleid. Hierbij treedt de volgende reactie op:
$$\text{H}_3\text{BO}_3 + \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{BO}_3^-$$
- 4 Het mengsel dat is ontstaan na het doorleiden van ammoniak, wordt met zoutzuur getitreerd. Hierbij treedt de volgende reactie op:
$$\text{H}_2\text{BO}_3^- + \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{H}_3\text{BO}_3 + \text{H}_2\text{O}$$

Uit het titratieresultaat kan het massapercentage stikstof (N) worden berekend.

- 1p 14 Leg uit of de overmaat kaliloog in stap 2 nauwkeurig bekend moet zijn.

Henrike en Marjel bepalen het eiwitgehalte in een bepaald soort melkpoeder volgens de Kjeldahl-methode.

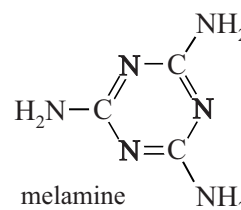
Ze wegen 0,505 g melkpoeder af. Bij de titratie gebruiken ze zoutzuur met een concentratie van 0,102 M. Ze lezen een beginstand van 2,25 mL en een eindstand van 7,84 mL af.

Het massapercentage stikstof (N) in een monster kan worden omgerekend naar het massapercentage eiwit door te vermenigvuldigen met 6,38.

- 3p 15 Bereken het massapercentage eiwit in het melkpoeder. Neem aan dat de molverhouding H_3O^+ en N 1 : 1 is.

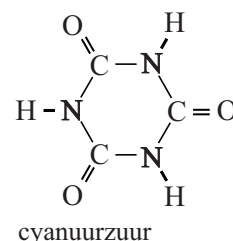
Een nadeel van de Kjeldahl-methode is, dat alle stikstofatomen worden bepaald en de methode dus niet selectief is voor eiwitten. Hierdoor bleef het in China lang onopgemerkt dat men de stikstofrijke stof melamine aan melkpoeder toevoegde om het eiwitgehalte hoger te doen lijken. De structuurformule van melamine is hiernaast weergegeven.

Een handelaar had melamine toegevoegd aan een partij melkpoeder, bestemd voor de bereiding van $5,0 \cdot 10^3$ L melk. Het gehalte stikstof in het poeder was hierdoor voldoende om $7,5 \cdot 10^3$ L melk te kunnen bereiden.



- 3p 16 Bereken de massa in g melamine die deze handelaar had toegevoegd. Melk bevat gemiddeld 3,3 gram eiwit per 100 mL melk.

In 2007 kwam het schandaal aan het licht omdat veel baby's ziek werden. Ook huisdierenvoer bleek verontreinigd. In dit voer was behalve melamine ook cyanuurzuur aanwezig. De structuurformule van cyanuurzuur is hiernaast weergegeven. Het bleek dat deze stoffen in de nieren kristallen vormen die het nierweefsel aantasten.



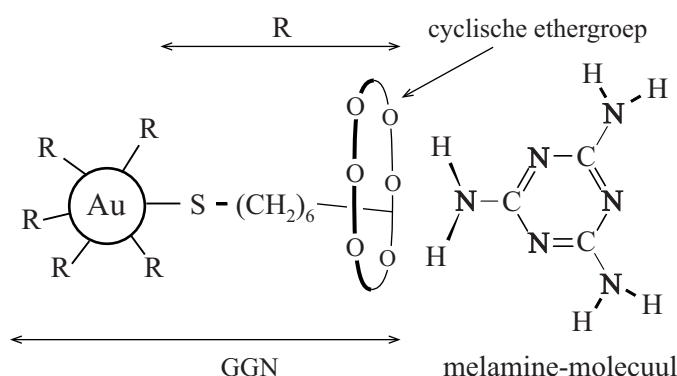
De vorming van deze kristallen wordt veroorzaakt doordat moleculen van beide stoffen waterstofbruggen vormen met elkaar, waardoor platte lagen worden gevormd. Op de uitwerkbijlage is een molecuul melamine weergegeven.

- 2p 17 Geef op de uitwerkbijlage weer hoe een molecuul cyanuurzuur door middel van drie waterstofbruggen aan een molecuul melamine is gebonden. Geef elke waterstofbrug weer met een stippellijn.

Om melamine te detecteren in voeding is een methode ontwikkeld die gebruikmaakt van gefunctionaliseerde goud-nanodeeltjes (GGN's). In figuur 1 is een GGN weergegeven. Aan het oppervlak van een goud-nanodeeltje zijn enkele functionele groepen (R) gekoppeld. Elke R-groep eindigt met een cyclische ethergroep, bestaande uit zes $\sim\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2\sim$ eenheden in een ring. De ethergroep is in figuur 1 vereenvoudigd weergegeven.

De ethergroep vormt waterstofbruggen met een NH_2 -groep van een melamine-molecuul. De binding van de ethergroep met een NH_2 -groep is zeer specifiek en is veel sterker dan de binding aan andere groepen of moleculen. Elke R-groep kan één molecuul melamine binden.

figuur 1



Als GGN's worden toegevoegd aan een mengsel waarin melamine aanwezig is, vormen zich netwerken waarin vele GGN's en moleculen melamine aan elkaar gebonden zijn met waterstofbruggen.

- 2p 18 Leg uit op microniveau dat deze netwerken ontstaan als in een mengsel melamine en GGN's aanwezig zijn.

In de netwerken van melamine en GGN's is de afstand tussen de verschillende GGN's klein. Door de kleine afstand ontstaat een interactie tussen de aanwezige deeltjes goud. Deze interactie veroorzaakt een specifieke kleur.

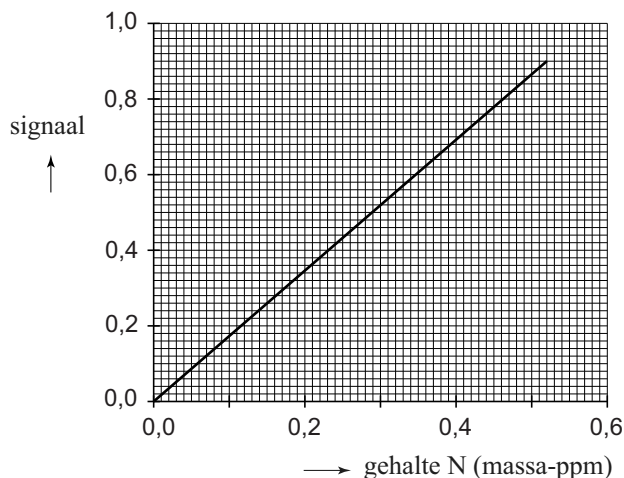
Als GGN's aan een eiwit-oplossing worden toegevoegd, binden de GGN's aan de eiwitketens. Toch blijkt dan geen kleuring te ontstaan, waardoor de meting aan melamine in eiwitrijke mengsels dus niet wordt verstoord. De GGN's binden niet aan de aanwezige peptidegroepen in eiwitten.

- 2p 19 – Leg uit dat GGN's wel binden aan eiwitten,
– maar dat er geen kleuring ontstaat wanneer GGN's aan een eiwit-oplossing worden toegevoegd.

Het blijkt dat de kleur van het mengsel van GGN's en melamine afhankelijk is van het gehalte melamine, waardoor bepaling van het gehalte melamine mogelijk wordt.

De onderzoekers hebben een serie monsters bereid waarin uitsluitend melamine aanwezig was. Hiervan hebben ze met behulp van de GGN's de kleuring bepaald. De resultaten van de metingen zijn in figuur 2 weergegeven. Het gehalte melamine in de monsters is hierbij uitgedrukt als gehalte N in massa-ppm.

figuur 2



De onderzoekers hebben vervolgens een monster melk onderzocht, dat was bereid met verontreinigd melkpoeder. Het gemeten signaal bedroeg 0,68. De grenswaarde (TGG) van melamine voor baby's bedraagt 0,50 mg melamine per kg lichaamsgewicht.

- 4p 20 Bereken met behulp van figuur 2 of de grenswaarde in dit geval wordt overschreden.
- Neem aan dat een baby van 5,0 kg gemiddeld 750 mL van deze melk drinkt per dag.
 - De dichtheid van melk bedraagt $1,02 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$.