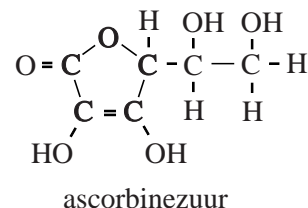


In gevecht tegen bloedarmoede

Circa 1,6 miljard mensen lijden aan bloedarmoede. Met name in ontwikkelingslanden is bloedarmoede een probleem, doordat voedsel vaak arm aan ijzer is. Daarom wordt gezocht naar manieren waarop voedsel verrijkt kan worden met goed opneembaar ijzer.

Om ijzer te kunnen opnemen, moet Fe^{3+} eerst worden omgezet tot Fe^{2+} . Dit gebeurt in de twaalfvingerige darm. Bij deze omzetting is het enzym DcytB betrokken.

Vitamine C (ascorbinezuur) wordt hierbij omgezet tot dehydro-ascorbinezuur. De ring van ascorbinezuur blijft hierbij intact en alleen de beide OH groepen aan de ring worden omgezet tot ketongroepen.

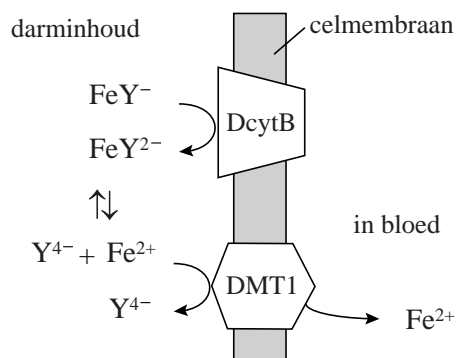


- 3p **13** Geef de vergelijking in structuurformules van de halfreactie van ascorbinezuur tot dehydro-ascorbinezuur.
- 2p **14** Geef de vergelijking van de halfreactie van Fe^{3+} tot Fe^{2+} en de totaalreactie.

De Nederlandse firma AkzoNobel heeft een stof ontwikkeld om voedsel met goed opneembaar ijzer te verrijken: Ferrazone[®] (NaFeY).

Ferrazone[®] is een zout dat bestaat uit Na^+ ionen en FeY^- ionen. Een FeY^- ion wordt gevormd als Fe^{3+} en het zwakke zuur EDTA (H_4Y) worden samengevoegd. Als Ferrazone[®] via voeding het menselijk lichaam binnenkomt, lost het volledig op en valt het uiteen in Na^+ en FeY^- . De FeY^- ionen nemen in het lichaam niet deel aan neerslagreacties.

Hiernaast is de opname van Fe^{2+} uit FeY^- in de darmen weergegeven. In de twaalfvingerige darm zet het enzym DcytB FeY^- om tot FeY^{2-} . Het eiwit DMT1 transporteert Fe^{2+} vervolgens door het celmembraan van de darmwand: het ijzer is nu opgenomen en kan door het lichaam worden gebruikt voor bijvoorbeeld zuurstoftransport.



In Binas-tabel 47 is informatie te vinden over de ligging van evenwichten waarin FeY^- en FeY^{2-} voorkomen.

Uit de tabel kan worden geconcludeerd dat de omzetting van FeY^- tot FeY^{2-} ervoor zorgt dat er ter plekke meer vrije ijzerionen in oplossing komen, waardoor er meer ijzerionen worden opgenomen in de darmwand.

- 2p **15** Leg met behulp van Binas-tabel 47 uit dat de omzetting van FeY^- tot FeY^{2-} ervoor zorgt dat er ter plekke meer vrije ijzerionen in oplossing komen.

De pH dicht bij de darmwand is laag. Dit draagt bij aan het vrijkomen van de ijzer(II)ionen uit FeY^{2-} .

- 2p **16** Leg uit dat de lage pH bijdraagt aan het vrijkomen van de ijzer(II)ionen uit FeY^{2-} .

De vrije Fe^{2+} ionen worden door het zogeheten ionkanaal van het eiwit DMT1 getransporteerd. Het ionkanaal wordt gevormd door enige α -helices van het eiwit. In de eiwitketen bevindt zich een aminozuureenheid Asp. Men vermoedt dat deze aminozuureenheid een rol speelt in het binden en transporteren van Fe^{2+} . De zijketen van Asp bevat een negatieve lading en wordt schematisch weergegeven met Asp^- . Het fragment in DMT1 dat de bindingsplek bevat is $\sim \text{Leu} - \text{Asp}^- - \text{Pro} \sim$.

- 4p **17** Geef het fragment $\sim \text{Leu} - \text{Asp}^- - \text{Pro} \sim$ weer in structuurformule. Geef in deze structuurformule ook de negatieve lading aan.

Uit onderzoek bleek dat kinderen die dagelijks meelpap kregen met Ferrazone[®] minder vaak bloedarmoede hadden. Zodoende wordt NaFeY aan voedingsproducten toegevoegd. Om het gehalte ijzer in met Ferrazone[®] verrijkt meel te bepalen, maakt men gebruik van een spectrofotometrische bepaling die volgens onderstaande beschrijving wordt uitgevoerd.

10 gram meel wordt afgewogen en gemengd met 30 mL water. Door te schudden lost alle NaFeY op. Na filtratie wordt 15 mL filtraat gemengd met fenantroline en vitamine C. Alle Fe^{3+} wordt zo omgezet tot een complex van Fe^{2+} en fenantroline. Het ontstane deeltje geeft de oplossing een oranje kleur. De intensiteit van deze kleur is recht evenredig met de concentratie ijzerionen. De verkregen oplossing wordt met water aangevuld tot 100 mL. De absorptie van de ontstane oplossing wordt bij 510 nm bepaald in een cuvet van 1,00 cm dikte. Bij een dergelijke bepaling bleek de extinctie van een monster van 10 gram meel 0,378 te bedragen.

- 4p **18** Bereken het gehalte ijzer in het onderzochte meel in massa-ppm. Onder de meetomstandigheden geldt dat $\epsilon = 1,11 \cdot 10^4 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$.

In ontwikkelingslanden wordt de lokale markt minder goed gecontroleerd. Om te voorkomen dat meel zonder of met te weinig NaFeY toch van de naam Ferrazone[®] wordt voorzien, moet een testkit worden samengesteld waarmee een handelaar kan bepalen of het meel daadwerkelijk de gewenste hoeveelheid Ferrazone[®] bevat. Zo'n testkit moet goedkoop zijn en kan daarom wel glaswerk en chemicaliën bevatten maar geen spectrofotometer.

- 2p **19** Beschrijf wat een dergelijke testkit, behalve glaswerk en chemicaliën, moet bevatten en hoe hiermee bepaald kan worden of meel de gewenste hoeveelheid Ferrazone[®] bevat.