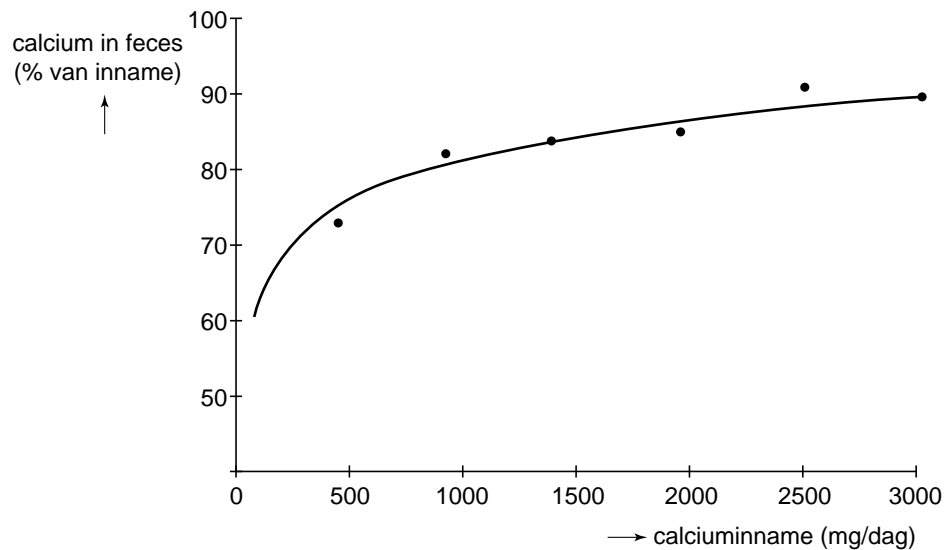


## De beschermende werking van calcium

Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) is een bijzondere voedingsstof. Veel van het ingenomen calcium blijft in de darm achter en wordt niet in het bloed opgenomen. Calcium speelt een belangrijke rol bij bijvoorbeeld de botopbouw. In afbeelding 1 wordt de hoeveelheid calcium weergegeven die in de ontlasting (feces) wordt aangetroffen in relatie tot de hoeveelheid calcium die men per dag met het voedsel binnenkrijgt.

**afbeelding 1**



Het calcium dat niet wordt opgenomen, vervult in de darm een belangrijke functie. Deze functie hangt samen met het feit dat calcium in neutraal milieu ( $\text{pH} = 7$ ) een onoplosbaar zout vormt met negatief geladen ionen zoals fosfaationen of vetzuren. In zuur milieu blijven calcium en de negatief geladen ionen in oplossing. Het calciumfosfaat,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , kan galzuren binden. Galzuren en vetzuren kunnen de cellen van de wand van de dunne darm beschadigen. Deze cellen worden dan gevoeliger voor bacteriële infecties. Het verloop van de infectie is vrij onschuldig; vrijwel iedereen herstelt, na enkele dagen last te hebben gehad van diarree.

- 2p **9** Hoeveel mg calcium wordt, uitgaande van de resultaten in afbeelding 1, maximaal per dag in het bloed opgenomen?
- A ongeveer 100 mg
  - B ongeveer 300 mg
  - C ongeveer 900 mg
  - D ongeveer 2700 mg

- 2p 10 Het calcium vormt in neutraal milieu met fosfaten een onoplosbaar zout. Van welk van de onderstaande verbindingen kan de fosforgroep in het zout afkomstig zijn?
- A aminozuren
  - B DNA
  - C koolhydraten
  - D vetzuren

Men krijgt last van een bacteriële darm infectie als zuren de slijmlaag van de darmwand aantasten. Galzuren hebben daarnaast een negatief effect op de groei en ontwikkeling van de lichaamseigen bacteriën die zich in de dikke darm bevinden. Deze lichaamseigen bacteriën gaan onder normale omstandigheden de uitbreiding van het aantal ziekteverwekkende bacteriën tegen. Over het nut van calcium in de darm, werden de volgende hypothesen geformuleerd:

- 1 Calciumfosfaat zal de galzuren en vetzuren neerslaan.
- 2 Calciumfosfaat zal de groei van lichaamseigen bacteriën in de darm stimuleren.

In een experiment werden de hypothesen getoetst. Ratten kregen normaal voer (20 mmol Ca/kg voer) of met calcium verrijkt voer (180 mmol Ca/kg voer). De concentratie vrije galzuren en vrije vetzuren in de ontlasting werd gemeten. Ook het aantal lichaamseigen bacteriën in de ontlasting werd bepaald. De resultaten zijn in afbeelding 2 weergegeven.

**afbeelding 2**

diagram 1

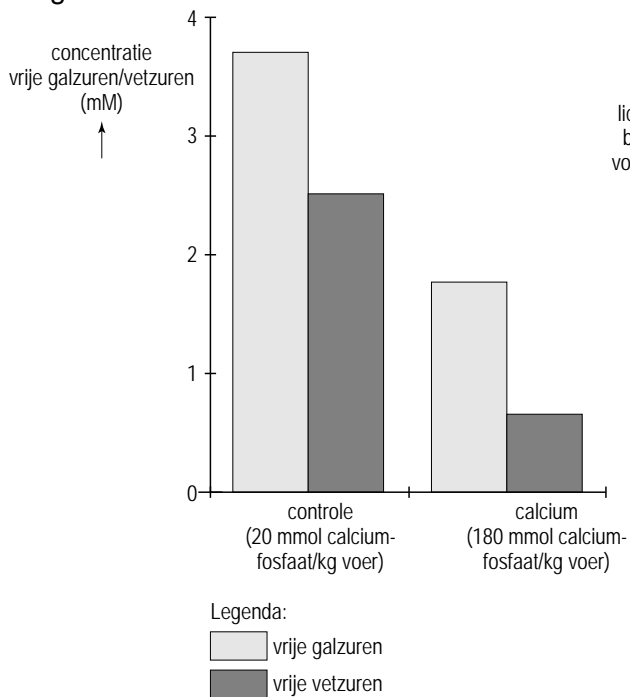
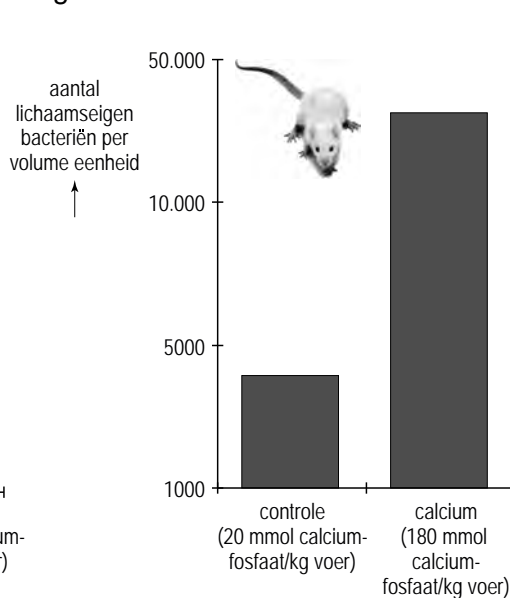


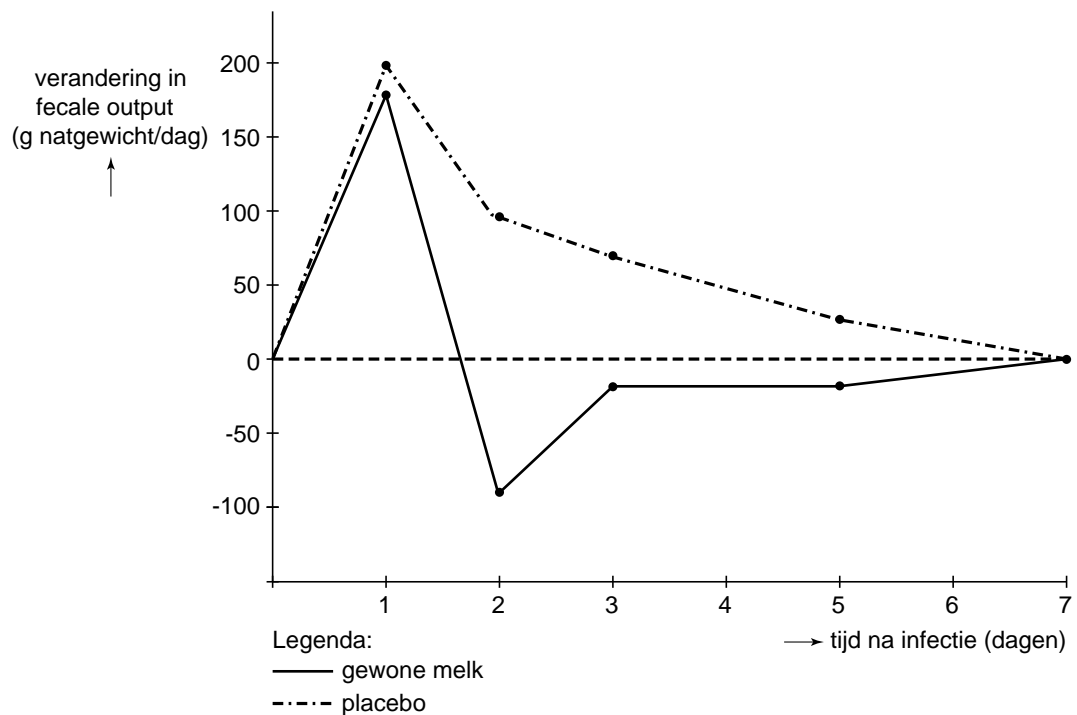
diagram 2



- 3p 11 – Welke conclusie trek je uit de weergegeven resultaten in diagram 1?  
 – Welke conclusie trek je uit de weergegeven resultaten in diagram 2?  
 – Welk van deze conclusies onderschrijven de gestelde hypothesen?

Behalve bij ratten zijn soortgelijke experimenten met een verzwakte dikke darmbacterie, een bepaalde *Escheria coli*-stam, bij mensen uitgevoerd. Ook deze bacteriën kunnen infecties veroorzaken. De proefpersonen kregen gedurende veertien dagen voeding met gewone melk of met melk waaruit veel calcium was verwijderd (placebo). Op de tiende dag werden de deelnemers geïnfecteerd met de verzwakte *E. coli*-stam. Afbeelding 3 toont het verloop van het natgewicht van de feces als maat voor de diarree. In beide groepen is de fecale output op de eerste dag met 180 gram toegenomen, dat komt ongeveer neer op een verdubbeling van de hoeveelheid feces.

**afbeelding 3**



- 1p **12** Wat stelt de waarde 0 op de Y-as voor?
- 1p **13** Op basis van welk uit afbeelding 3 af te lezen resultaat komt men tot de conclusie dat calcium in het voedsel sneller tot herstel van een bacteriële infectie zorgt?

Een andere darmziekte die werd onderzocht, is darmkanker. Dikke darmkanker komt vaak voor bij mensen in welvarende landen en weinig bij inwoners van landen met een arme bevolking, zoals in delen van Oost-Azië. De leefwijze kan het risico op het ontwikkelen van darmkanker vergroten. Men heeft vastgesteld dat de inname van calcium omgekeerd evenredig is met het risico op darmkanker. En men heeft vastgesteld dat de inname van rood vlees het risico op darmkanker doet toenemen. Dit laatste wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van heem (= onderdeel van hemoglobine) in rood vlees. In het dekweefsel van de dikke darm zijn regelfactoren aanwezig die de snelheid van de celdeling controleren, zodat er steeds voldoende epitheelcellen bijgemaakt worden. Heem verstoort dit regelmechanisme en veroorzaakt hierdoor een verhoogde delingsactiviteit van dikke darmwandcellen.

Er zijn in de vorige eeuw veel mensen vanuit Oost-Azië naar Amerika geëmigreerd. Oost-Aziaten kunnen melk niet verdragen, omdat zij lactose-intolerant zijn. Wel gingen zij er toe over om meer rood vlees te eten, iets dat zij in hun vaderland weinig deden. Het vlees konden zij wel goed verteren.

- 2p **14** Leg uit waardoor een hoge concentratie heem in de dikke darm de kans op het ontstaan van dikke darmkanker doet toenemen.

Op basis van een bevolkingsonderzoek onder Oost-Aziatische immigranten in Amerika heeft men geconcludeerd dat de veranderde leefwijze van deze immigranten invloed heeft op het ontwikkelen van dikke darmkanker.

- 1p **15** Wat zal het resultaat van dit bevolkingsonderzoek zijn geweest waarop men deze conclusie heeft gebaseerd?