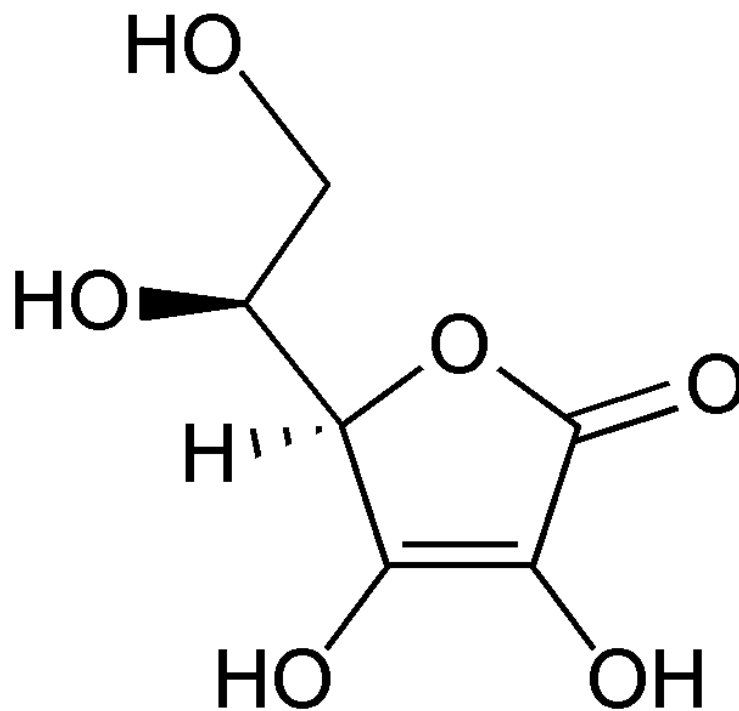


Verval van vitamine C



Auteur: Ronen Kroeze
School: Theresialyceum te Tilburg

Auteur: Ronen Kroeze
Opleiding: VWO N&T
School: Theresialyceum te Tilburg

Vakgebieden: Scheikunde & Wiskunde D
Begeleider: C. Weenen

Plaats: Tilburg
Datum van afsluiting: 25 februari 2011

Inhoudsopgave:

Inleiding:	4
§1 Hoofdvraag en deelvragen	4
Deelvraag 1:	5
§1 Geschiedenis:	5
§2 Chemische informatie:	6
§3 Functies:	6
§4 Conclusie:	6
Deelvraag 2:	7
§1 Bepaling:	7
§2 Werkwijze:	7
§3 Berekening:	9
Deelvraag 3:	10
§1 Welke onderzoeken en waarom:	10
§2 Opzet:	10
§2.1 Onderzoek 1:	10
§2.2 Onderzoek 2:	10
Deelvraag 4:	11
§1 Meetwaarden:	11
§2 Uitslag:	13
Deelvraag 5:	14
§1 Meetwaarden:	14
§1.1 Maatkolf H:	14
§1.2 Maatkolf L:	17
§2 Uitslag:	20

Deelvraag 6:	23
§1 Onderzoek 1:	23
§2 Onderzoek 2:	23
Deelvraag 7:	24
Conclusie:	26
Bijlage 1:	27
Bijlage 2:	28
Bijlage 3:	29
Bijlage 4:	30
Bronvermelding:	31
§1 Verwijzingen:	31
§2 Internetbronnen:	31
§3 Afbeeldingen:	33
§4 Bijlagen:	33

Inleiding:

Dit profielwerkstuk gaat over vitamine C. Ook gaat het over het verval van vitamine C in oplossing. Daarbij wordt ook een formule gezocht die dit verval goed beschrijft. Dit kan van nut zijn voor allerlei vruchtensappen. Er kan dan door middel van die formule berekend worden hoeveel vitamine C er nog in het desbetreffende vruchtensap zit, is als het vruchtensap al een paar dagen oud is.

§1 Hoofdvraag en deelvragen:

Hieronder zijn de deelvragen en de hoofdvraag van dit profielwerkstuk geformuleerd:

Hoofdvraag: Wat is de invloed van licht op een oplossing die vitamine C bevat?

Deelvraag 1: Wat is vitamine C en waarvoor hebben mensen (of dieren in het algemeen) het nodig?

Deelvraag 2: Hoe is vitamine C aan te tonen en hoe verloopt zo'n meting?

Deelvraag 3: Wat voor een onderzoeken zijn er gedaan en waarom?

Deelvraag 4: Wat zijn de uitkomsten van het eerste onderzoek?

Deelvraag 5: Wat zijn de uitkomsten van het tweede onderzoek?

Deelvraag 6: Wat kan je concluderen met betrekking tot de onderzoeken?

Deelvraag 7: Wat voor een functie hoort bij het verloop van de concentratie en wat is de functie?

Deelvraag 1:

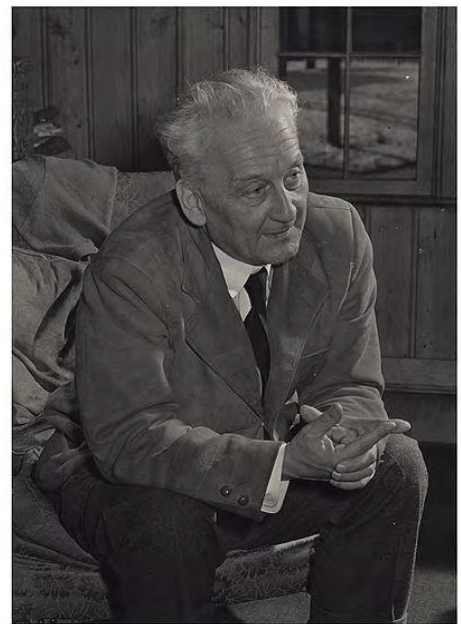
Wat is vitamine C en waarvoor hebben mensen (of dieren in het algemeen) het nodig?

§1 Geschiedenis:

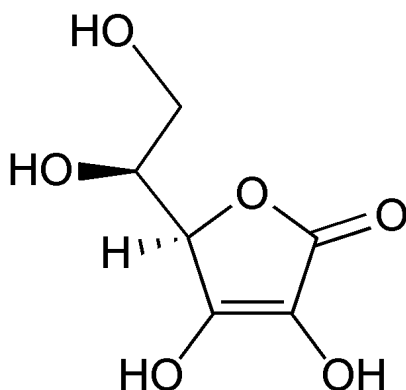
Vitamine C werd als eerste ontdekt als middel tegen scheurbuik. Scheurbuik is een ziekte die al lange tijd bekend was, zelfs al bij de Grieken, toen Hippocrates het beschreef. Scheurbuik is een ziekte die uiteindelijk kan leiden tot de dood. Dat gebeurde vroeger ook vaak, mogelijk wel 2 miljoen keer in de jaren 1500 tot 1800. ⁽¹⁾ In 1593 werd al ontdekt dat sinaasappel- en citroensap scheurbuik konden voorkomen. Dit gebeurde door admiraal Richard Hawkins. In die tijd dacht men dat het zure karakter van deze vruchten de scheurbuik kon voorkomen. Dit idee werd gedurende de hele 19^e eeuw aangenomen als waarheid.

Pas in 1927, toen de Hongaarse wetenschapper Szent-Györgyi experimenteerde met antioxidanten die hij in de bijnierschors vond, kwam hij erachter dat deze antioxiderende eigenschappen door de stof hexoruninezuur werden veroorzaakt. Er werd toen echter nog geen link gelegd tussen hexoruninezuur en scheurbuik of vitamine C. Dit gebeurde pas toen de Amerikaanse onderzoeker Charles Glen King wat hexoruninezuur kreeg van Szent-Györgyi en snel ontdekte dat het hexoruninezuur overeenkwam met een stof in de citrusvruchten die daarvoor al de naam vitamine C had gekregen. Omdat deze stof een preventieve werking heeft tegen scheurbuik werd de chemische naam voor deze stof ascorbinezuur. Deze naam komt van a-scorbus, waarbij scorbus Latijn is voor scheurbuik. A staat dan voor "niet". In feite wordt met ascorbinezuur dus exact hetzelfde bedoeld als met hexoruninezuur en vitamine C.

In 1933 werd door de Britse scheikundigen Hirst en Haworth voor het eerst vitamine C synthetisch bereid, maar tegelijkertijd werd datzelfde ook gedaan door de Poolse scheikundige Reichstein. Deze synthese is belangrijk omdat mensen vitamine C apart moeten innemen. Dat komt doordat mensen de vitamine C niet zelf kunnen aanmaken. De mens komt hierin overeen met een aantal andere dieren. Dit komt doordat de mens een bepaald enzym mist dat nodig is voor de laatste stap in de biologische synthese. Hierdoor zijn wij niet in staat om die laatste stap te voltooien en kunnen wij dus geen vitamine C zelf aanmaken. Vanwege dit laatste feit is het nodig dat je genoeg vitamine C consumeert. Vitamine C is dus een zogeheten essentieel nutriënt. De vruchten waar de meeste vitamine C in zit, zijn kiwi en paprika. De Aanbevolen Dagelijkse Hoeveelheid van vitamine C is ongeveer 70 milligram per dag, maar deze dosis hangt sterk af van degene die het consumeert. ⁽²⁾ Als je te weinig vitamine C inneemt, kan je al na enkele dagen de symptomen merken van scheurbuik.



Figuur 1: Szent-Györgyi



Figuur 2: L-ascorbinezuur

§2 Chemische informatie:

Vitamine C heeft de molecuulformule $C_6H_8O_6$. De structuurformule van vitamine C is hiernaast afgebeeld. Omdat er verschillende spiegelbeeldisomeren bestaan van ascorbinezuur, heeft deze vorm de naam L-ascorbinezuur gekregen. Deze vorm kan ontstaan na een inwendige verestering van 2,3,4,5,6-pentahydroxy-2-hexeenzuur. De COOH-groep aan het eerste koolstofatoom vormt dan een ester met de OH-groep aan het vierde koolstofatoom. L-ascorbinezuur wordt in planten en andere organismen die het produceren, echter op een andere manier gevormd. De grondstof van deze vorming is glucose en dat verandert door middel van allerlei enzymatische reacties in L-ascorbinezuur.

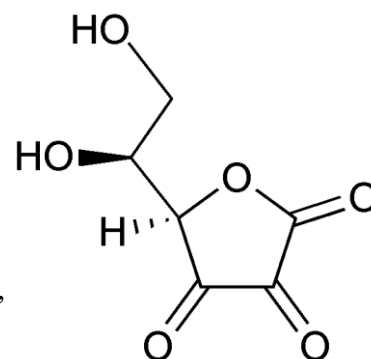
Een belangrijke eigenschap van L-ascorbinezuur is dat het een zuur is en dat het dus in redoxreacties kan optreden als reductor. Het L-ascorbinezuur verliest dan twee H^+ -ionen van de OH-groepen aan de koolstofatomen 2 en 3. Ook verliest hij daarbij twee elektronen. Deze nieuwe, gereduceerde vorm, wordt dehydroascorbinezuur genoemd. De halfreactie voor deze reductie is:



Deze reductie is erg belangrijk zoals hieronder bij "Functies" zal worden beschreven.

§3 Functies:

Mensen, maar ook vele andere dieren, hebben vitamine C nodig om schadelijke oxidanten, zoals waterstofperoxide en daarvan afgeleide stoffen, onschadelijk te maken. Hoge concentraties van deze, erg reactieve, stoffen, waaronder ook vrije radicalen, moeten worden voorkomen, omdat dit kan leiden tot oxidatieve stress, wat weer kan zorgen voor massale afsterving van nog levende cellen. Bij het antioxidantiseren wordt het vitamine C omgezet tot dehydroascorbinezuur zoals beschreven bij "Chemische informatie". Een andere functie van vitamine C is dat het bijdraagt aan de synthese van belangrijke stoffen, zoals collageen, de belangrijkste bouwstof van ons lichaam. Nog een andere functie is dat vitamine C kan optreden als antihistamine. Antihistamine, of antihistaminicum, is een stof die allergische reacties kan onderdrukken. Dat komt doordat het de werking van histamine blokkeert.



Figuur 3: Dehydroascorbinezuur

§4 Conclusie:

Vitamine C is dus een organische stof, met de molecuulformule $C_6H_8O_6$. Het is een van de belangrijkste antioxidanten voor de mens en heeft nog een aantal belangrijke andere functies voor mensen. Mensen kunnen het zelf niet aanmaken, terwijl het toch een benodigde stof is, het is dus belangrijk dat je er genoeg van inneemt, anders ga je lijden aan scheurbuik.

Deelvraag 2:

Hoe is vitamine C aan te tonen en hoe verloopt zo'n meting?

§1 Bepaling:

Omdat vitamine C een goede antioxidant is, is vitamine C gemakkelijk te bepalen door middel van een titratie met een oxidator. Er zijn daar een aantal oxidatoren voor geschikt:

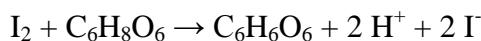
- jood (I_2). Hierbij reageren het jood en de vitamine C, of ascorbinezuur ($C_6H_8O_6$) met elkaar en het overige jood vormt dan een zwartblauw complex met de zetmeel-indicator.
- jodaat (IO_3^-) in combinatie met jodide (I^-)
- N-Broomsuccinimide. Dit is een minder normale titratie en er zijn daarvoor ook nog de stof kaliumjodide ($KI_{(s)}$) en een zetmeel-indicator nodig.

Ik heb hier gekozen voor de tweede titratie, omdat je hierbij kan kiezen met welke oplossing je telkens toevoegt bij de titratie. Ook waren alle hiervoor benodigde chemicaliën aanwezig op school. Ik heb gekozen om te titreren met een, exact bekende, kaliumjodaat-oplossing ($K^+ + IO_3^-$). De optredende reacties zijn dan als volgt:

Eerst vormen het ingebrachte jodaat, jodide en een zuur (H^+) samen wat jood (I_2) en water (H_2O):



Het ontstane jood reageert vervolgens met de vitamine C volgens de volgende reactie:



Als alle vitamine C is gereduceerd, wordt er bij de eerste druppel kaliumjodaat-oplossing die dan wordt toegevoegd nog wel jood gevormd, maar dat reageert dan niet meer. Dat teveel aan jood vormt dan samen met de al eerder toegevoegde zetmeel-indicator een joodzetmeel-complex, die de oplossing eerst lichtroze kleurt en vervolgens verder verkleurt tot aan zwartblauw.

§2 Werkwijze:

Ik ging titreren met een kaliumjodaat-oplossing en ik had berekend aan de hand van de gemiddelde concentratie van de vitamine C in een tablet, dat die 0,1 M moest zijn. Bij die berekening heb ik aangenomen dat er ongeveer 10 milliliter per titratie aan kaliumjodaat-oplossing werd verbruikt en gekozen dat de hoeveelheid vitamine C die ik ging titreren 180 milligram was. Er geldt dan:

180 milligram $C_6H_8O_6 \triangleq (180 \cdot 10^{-3}) / (6 \cdot 12,01 + 8 \cdot 1,008 + 6 \cdot 16,00) = 1,022 \cdot 10^{-3}$ mol $C_6H_8O_6 \triangleq 1,022 \cdot 10^{-3}$ mol $I_2 \triangleq (1,022 \cdot 10^{-3}) / 3 = 3,407 \cdot 10^{-4}$ mol IO_3^- . Als dat in 10 milliliter zit dan geldt:

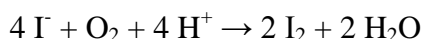
$$[IO_3^-] = (3,407 \cdot 10^{-4}) / (10 \cdot 10^{-3}) = 3,41 \cdot 10^{-2} \text{ M}$$

Het hierboven gebruikte symbool \triangleq staat voor "komt overeen met". In de rest van dit document wordt steeds hetzelfde bedoeld met dit \triangleq -symbool.

Omdat deze $3,41 \cdot 10^{-2}$ geen mooi rond getal is en bovendien niet gemakkelijk te maken is, heb ik gekozen voor een 0,1 M oplossing. Ik had ook kunnen kiezen voor 0,01 M, maar als ik 0,01 M had gekozen, had ik per titratie meer kaliumjodaat-oplossing nodig dan dat er in een spuit

past. Andere concentraties vielen ook af omdat die moeilijk te maken waren. Toen ik de $1,000 \cdot 10^{-1}$ M kaliumjodaat-oplossing had gemaakt, ging ik een al bij mij bekende hoeveelheid vitamine C titreren. Dit deed ik door drie pillen die vitamine C bevatten, met een totale dosis van 180 milligram, op te lossen in water. Vervolgens heb ik die hele oplossing getitreerd met de kaliumjodaat-oplossing. Uit de uitkomst van de titratie kwam dat de oplossing 179,6 milligram vitamine C bevatte. De methode werkte dus en leek bovendien ook nog heel accuraat.

Toen heb ik, om te kijken of ik de titratie ook goed kon toepassen bij onbekende hoeveelheden, een appel gesneden, fijngestampt en opgelost in water. Toen ik vervolgens maar een paar druppeltjes kaliumjodaat-oplossing toevoegde, kleurde de oplossing al paars tot zwart. Dit was omdat de kaliumjodide-oplossing niet meer vers was. Hierdoor was er in het vat met kaliumjodide-oplossing een reactie gaan lopen, waarbij de jodide-ionen geoxideerd werden tot jood. Dat gevormde jood zorgde dan in combinatie met het zetmeel voor de paarse kleur. Dit jood werd gevormd door de aanwezige zuurstof (O_2) in de lucht in het vat. Dat zuurstof lost dan op in de kaliumjodide-oplossing. Wel is voor die redoxreactie een beetje zuur nodig. Het kan dus zo zijn dat er een heel klein beetje zuur is gemorst, of op een andere manier in het vat gekomen, en dat daardoor de volgende reactie is gaan lopen:



Er kwam hierdoor al jood in die oplossing en het equivalentiepunt was dus niet meer goed te bepalen doordat de oplossing al op het verkeerde moment de roze kleur aannam. Om toch goed het equivalentiepunt te kunnen bepalen, was het idee dat ik precies genoeg natriumthiosulfaat-oplossing ($2 Na^+ + S_2O_3^{2-}$) moest toevoegen om de oplossing weer net kleurloos te maken. Omdat ik bij de uitvoering van dit idee teveel natriumthiosulfaat-oplossing had toegevoegd, ging ik bijdruppelen met de kaliumjodide-oplossing tot de oplossing net roze was en toen heb ik weer een paar druppeltjes natriumthiosulfaat-oplossing toegevoegd tot de oplossing net kleurloos was. Daarna heb ik op de gewone wijze getitreerd. Dat gaat als volgt:

Doe de net gemaakte kaliumjodide-oplossing in een erlenmeyer. Voeg hier een paar druppels 1 M zwavelzuur-oplossing ($2 H^+ + SO_4^{2-}$) aan toe, dat is namelijk een overmaat. Dit zwavelzuur zorgt voor de benodigde H^+ -ionen. Voeg ook nog een scheutje zetmeel toe, dat is namelijk de indicator. Voeg als laatste de fijngestampte appel toe. Begin nu met het toevoegen van de kaliumjodaat-oplossing.

Na 3 druppels kleurde de oplossing al paars, er was dus iets fout gegaan, want de verwachting was dat er ongeveer 10 milliliter nodig was. Ik wist niet wat er fout was gegaan en ik besloot om dat ook niet uit te gaan zoeken omdat ik later geen gebruik meer ging maken van appels. Tijdens de volgende onderzoeken heb ik namelijk gebruik gemaakt van citroenen. Ik heb voor citroenen gekozen, omdat citroenen vrij rijk zijn aan vitamine C en ook omdat die vitamine C veel makkelijker in een oplossing is te krijgen. Daarvoor hoef je namelijk alleen de citroen uit te persen. Omdat een citroen ongeveer 50 milligram vitamine C bevat, ⁽³⁾ moest ik ongeveer 8,3 g vast kaliumjodide oplossen tot 50 milliliter demiwater om de benodigde overmaat aan jodide te behalen. Het vaste kaliumjodide dat ik gebruikte waren kaliumjodide-pellets. De oplossing van deze pellets testte ik vervolgens met zetmeel, om er zeker van te zijn dat deze geen jood bevatte en dus wel geschikt was om te titreren. Ook heb ik, voordat ik met het onderzoek begon, de $1,000 \cdot 10^{-1}$ M kaliumjodaat-oplossing 100 keer verdund omdat eerder was gebleken dat die oplossing te geconcentreerd was. Hierdoor kon ik niet precies genoeg de concentratie van de vitamine C bepalen.

Toen dat alles gereed was heb ik getitreerd. Dat ging hetzelfde als hierboven is beschreven. Er

wordt nu alleen geen gebruikt gemaakt van fijngestampte appels, maar van citroensap. Om dat citroensap te verkrijgen, hoef je alleen een citroen doormidden te snijden en die citroen uit te persen in een citruspers. Doe in de zuurspuit de $1,000 \cdot 10^{-3}$ M kaliumjodaat-oplossing. Titreer nu met die kaliumjodaat-oplossing totdat het mengsel lichtroze kleurt. Op dat moment heeft het teveel aan jood een joodzetmeel-complex gevormd met het zetmeel, wat het equivalentiepunt van de reactie aangeeft. Na een berekening kwam als uitslag van de titratie dat het citroensap 29,4 milligram vitamine C bevatte. Dit was iets lager dan de 50 milligram die was aangegeven,⁽³⁾ maar dat zou kunnen komen doordat deze citroen misschien ouder was of minder vitamine C aan had gemaakt. Ook zou het kunnen komen doordat ik alleen het citroensap heb getitreerd terwijl er ook vitamine C in de schil zit.

Later heb ik kaliumjodaat-oplossing verder verdund tot $8,000 \cdot 10^{-5}$ M omdat dat voor de optimale volumeverhouding tussen het jodaat en vitamine C in de spuiten zorgde. Door deze optimale verhouding te gebruiken kan er zo precies mogelijk worden getitreerd.

§3 Berekening:

Om veel berekeningen snel achter elkaar te kunnen maken, heb ik een algemene formule ontwikkeld voor de $C_6H_8O_6$ -concentratie. De totstandkoming van deze formule is hieronder beschreven.

Stel dat de verbruikte hoeveelheid kaliumjodaat-oplossing x gram is. Deze waarde wordt verkregen door de spuit met de kaliumjodaat-oplossing te wegen voor en na de titratie. Vervolgens mag worden aangenomen dat de dichtheid van die oplossing gelijk is aan exact 1 gram per milliliter. Dat betekent dat die x gram overeenkomt met x milliliter van diezelfde oplossing. Dit is natuurlijk niet bij elke oplossing precies zo, maar dit mag toch worden aangenomen, omdat anders de berekeningen veel ingewikkelder worden, terwijl de uitkomst niet significant is. Het aantal mol jodaat wat dan in die x milliliter zit, bij een exact bekende $8,000 \cdot 10^{-5}$ M oplossing, is dan $x \cdot 10^{-3} \cdot 8,000 \cdot 10^{-5}$. Dat komt overeen met 3 keer zoveel mol jood, omdat voor de molverhouding geldt: $IO_3^- : I_2 = 1 : 3$. Dus dan geldt: $x \cdot 10^{-3} \cdot 8,000 \cdot 10^{-5}$ mol jodaat $\triangleq x \cdot 8,000 \cdot 10^{-8} \cdot 3$ mol jood gevormd en ook weer verbruikt. Aangezien voor de molverhouding geldt: $I_2 : C_6H_8O_6 = 1 : 1$, geldt dan bovendien: $x \cdot 8,000 \cdot 10^{-8} \cdot 3$ mol jood $\triangleq x \cdot 8,000 \cdot 10^{-8} \cdot 3 = x \cdot 2,400 \cdot 10^{-7}$ mol vitamine C verbruikt. Stel dat je bij dezelfde titratie y gram van je verdunde citroensap, oftewel een oplossing van vitamine C, hebt verbruikt, dan betekent dit dat je de concentratie van de vitamine C in de spuit kan berekenen. Die is dan: $[C_6H_8O_6]_{in\ spuit} = \text{hoeveelheid mol} / \text{volume} = (x \cdot 2,400 \cdot 10^{-7}) / (y \cdot 10^{-3}) = (x \cdot 2,400 \cdot 10^{-4}) / y$. Aangenomen was dat de hoeveelheid verbruikte kaliumjodaat-oplossing gelijk was aan x en dat die hoeveelheid oplossing in de zuurspuit zat. Ook was aangenomen dat de hoeveelheid verbruikte oplossing met vitamine C gelijk was aan y en dat die hoeveelheid oplossing in de basespuit zat. Bovendien geldt nog dat de concentratie in de spuit hetzelfde is als de concentratie in de maatkolf. De formule kan dan worden omgeschreven tot:

$[C_6H_8O_6]_{in\ kolf} = (\Delta m_{zuur} \cdot 2,400 \cdot 10^{-4}) / (\Delta m_{base})$ waarbij Δm het verschil in massa is van de spuiten voor en na de titratie.

Als de KIO_3 -oplossing echter een molariteit van $1,000 \cdot 10^{-3}$ heeft, wat bij het eerste onderzoek het geval was, dan geldt de formule:

$[C_6H_8O_6]_{in\ kolf} = (\Delta m_{zuur} \cdot 3,000 \cdot 10^{-3}) / (\Delta m_{base})$

Deelvraag 3:

Wat voor een onderzoeken zijn er gedaan en waarom?

§1 Welke onderzoeken en waarom:

Allereerst heb ik een onderzoek gedaan om te kijken of er überhaupt enige verandering optrad in de concentratie van de vitamine C gedurende de tijd. Dit onderzoek wordt vanaf nu onderzoek 1 genoemd.

Later heb ik een ander onderzoek gedaan om te kijken wat de invloed van licht was op de concentratie van de vitamine C. Dit onderzoek wordt vanaf nu onderzoek 2 genoemd.

§2 Opzet:

Hieronder wordt de voorbereiding van de onderzoeken beschreven. Ook wordt een onderzoeksvraag bij dat onderzoek geformuleerd.

§2.1 Onderzoek 1:

Om te kijken of er een verschil in concentratie optrad, heb ik een oplossing van vitamine C gemaakt door een citroen uit te persen en het citroensap te verdunnen tot 250 milliliter.

Vervolgens heb ik eerst een nulmeting gedaan. Dat houdt in dat ik de concentratie heb bepaald op het tijdstip van ingebruikname van de oplossing. Vervolgens heb ik op bepaalde tijdstippen de concentratie nogmaals bepaald van dezelfde oplossing. De onderzoeksvraag van onderzoek 1 is dus:

Gebeurt er iets met de concentratie van de vitamine C naar verloop van tijd?

§2.2 Onderzoek 2:

Om te kijken of licht invloed heeft op de concentratie van de vitamine C in een oplossing, heb ik één citroen uitgeperst en toen heb ik het citroensap ongeveer gelijk verdeeld over 2 maatkolven van elk 500 milliliter. Beiden monsters van het citroensap heb ik toen verdund tot 500 milliliter. Vervolgens heb ik van beide oplossingen een nulmeting gedaan. Toen heb ik een oplossing in doos gedaan en vervolgens die doos weer in een andere doos om ervoor te zorgen dat er geen licht op die oplossing viel. De andere oplossing heb ik, onbeschermd, boven op de dozen gezet. Wel zijn beide oplossingen achter een ruit geplaatst. Daarna heb ik, ongeveer om de 24 uur, van beide oplossingen de concentratie van de vitamine C bepaald door middel van een hiervoor beschreven titratie. De onderzoeksvraag van onderzoek 2 is dus:

Is er verschil tussen twee verschillend behandelde oplossingen van vitamine C en zo ja, wat is dat verschil dan?

Deelvraag 4:

Wat zijn de uitkomsten van het eerste onderzoek?

§1 Meetwaarden:

Nadat het onderzoek was opgestart zoals beschreven op pagina 9, heb ik elke dag een meting gedaan. Omdat er ook de herfstvakantie tijdens het onderzoek viel, zaten ertussen de een na laatste meting en de laatste meting ongeveer 10 dagen. Elke dag heb ik een titratie gedaan. De uitkomsten van de titraties zijn hieronder weergegeven. Op de dagen waarop twee verschillende series meetwaarden zijn gegeven, is de titratie in duplo gedaan.

Datum – tijd	m _{zuur} (voor) (g)	m _{base} (voor) (g)	Δm_{zuur} (g)	Δm_{base} (g)
	m _{zuur} (na) (g)	m _{base} (na) (g)		
18/10/10 – 14.40	27,72	29,24	3,64	16,56
	24,08	12,68		
19/10/10 – 15.30	22,77	28,47	2,57	18,11
	20,20	10,36		
20/10/10 – 14.40	26,52	32,98	1,91	20,05
	24,61	12,93		
20/10/10 – 14.50	23,80	32,54	1,58	17,18
	22,22	15,36		
22/10/10 – 10.30	20,29	31,86	0,53	18,54
	19,76	13,32		
22/10/10 – 10.40	19,75	33,13	0,59	22,75
	19,16	10,38		
01/11/10 – 14.30	18,83	25,65	0,27	15,27
	18,56	10,38		

Door de waarden in de kolommen “ Δm_{zuur} ” en “ Δm_{base} ” in te vullen in de tweede algemene formule, gegeven op pagina 8, kunnen de concentraties van de vitamine C worden gegeven. Die zijn als volgt:

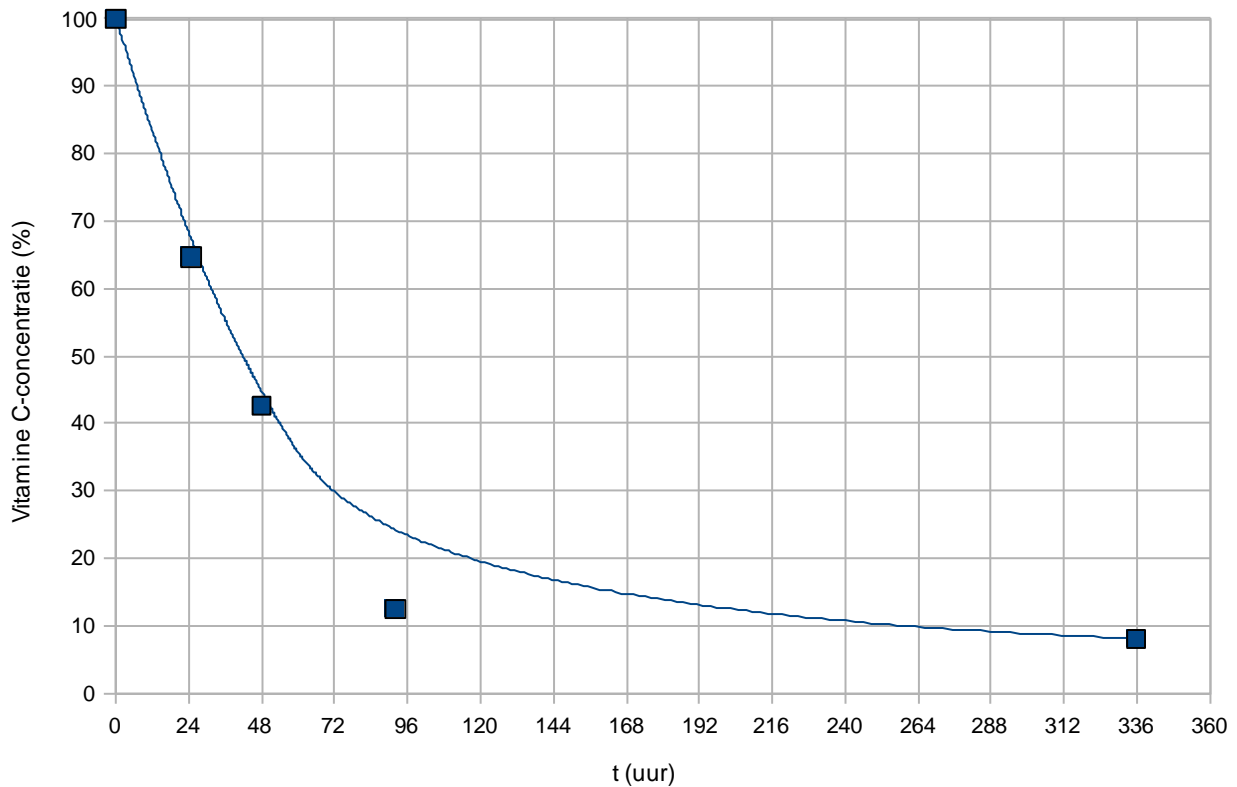
Datum – tijd	Δm_{zuur} (g)	Δm_{base} (g)	$[\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6]$ ($\cdot 10^{-4}$ M)	$[\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6]$ -gemiddelde ($\cdot 10^{-4}$ M)
18/10/10 – 14.40	3,64	16,56	6,59	6,59
19/10/10 – 15.30	2,57	18,11	4,26	4,26
20/10/10 – 14.40	1,91	20,05	2,86	2,81
20/10/10 – 14.50	1,58	17,18	2,76	
22/10/10 – 10.30	0,53	18,54	0,858	0,818
22/10/10 – 10.40	0,59	22,75	0,778	
01/11/10 – 14.30	0,27	15,27	0,530	0,530

Als vervolgens ook de tijdsverschillen tussen de metingen kunnen worden berekend, kan de concentratie van de vitamine C worden uitgezet tegen de tijd. Om dat overzichtelijk te kunnen doen, is de concentratie van de vitamine C uitgedrukt in procenten ten opzichte van de eerste meting, wat hieronder is weergegeven en ook is het tijdsverschil met 18/10/10, om 14.40, weergegeven.

Datum – tijd	Relatieve tijd (uur)	$[\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6]$ -gemiddelde ($\cdot 10^{-4}$ M)	Percentage
18/10/10 – 14.40	0	6,59	100
19/10/10 – 15.30	24,83	4,26	64,6
20/10/10 – 14.45	48,08	2,81	42,6
22/10/10 – 10.35	91,92	0,818	12,4
01/11/10 – 14.30	335,83	0,530	8,04

Als deze gegevens dan worden uitgezet, geeft dat de grafiek weergegeven in Figuur 4.

Vitamine C-concentratie over de tijd



Figuur 4: Concentratie van de vitamine C uitgezet tegen de tijd

Deze grafiek is ook weergegeven als Bijlage 1.

§2 Uitslag:

In de grafiek is duidelijk zichtbaar dat de concentratie van de vitamine C afneemt naar verloop van tijd. Uit de grafiek blijkt dat dit wel 90 procent is gedurende bijna 15 dagen. Wel moet bij het laatste meetpunt een kanttekening worden geplaatst, want bij de titratie had ik teveel IO_3^- tegelijkertijd toegevoegd, waardoor ik het equivalentiepunt al voorbij was gegaan en daardoor is de concentratie van de vitamine C van die titratie hoger dan dat hij in werkelijkheid was.

Deelvraag 5:

Wat zijn de uitkomsten van het tweede onderzoek?

§1 Meetwaarden:

Nadat het onderzoek was opgestart zoals beschreven op pagina 9, heb ik elke dag een meting gedaan. Omdat er ook een weekend tijdens het onderzoek viel, zaten er tussen de twee na laatste meting en de een na laatste meting ongeveer 4 dagen. Wel heb ik geprobeerd dit interval zo klein mogelijk te houden door de meting na het weekend in de ochtend te doen. Elke dag heb ik een titratie in duplo gedaan. De gemeten gewichten van de spuitens zijn hieronder per titratie en per maatkolf weergegeven. De maatkolf met citroensap die wel aan licht is blootgesteld is aangegeven met de letter H. Zo wordt met $[C_6H_8O_6]_H$ de concentratie van de vitamine C bedoeld in de maatkolf H, de maatkolf die wel is blootgesteld aan licht. Anderzijds wordt met $[C_6H_8O_6]_L$ de concentratie van de vitamine C bedoeld van de maatkolf L, de maatkolf die beschermd is gebleven tegen zonlicht. Deze maatkolf is beschermd tegen het zonlicht door de maatkolf in kartonnen dozen te plaatsen zoals beschreven op pagina 9. De aangegeven tijd is de tijd waarop een monster is afgetapt van de maatkolf. Aangezien ik elk monster twee keer titreerde, is de weergegeven tijd voor de beide titraties dus twee keer hetzelfde.

§1.1 Maatkolf H:

Eerst worden de meetwaarden van de maatkolf H weergegeven:

Profielwerkstuk **Verval van vitamine C**

naam: Ronen Kroeze

© havovwo.nl



Datum – tijd	m _{zuur} (voor) (g)	m _{base} (voor) (g)	Δm_{zuur} (g)	Δm_{base} (g)
	m _{zuur} (na) (g)	m _{base} (na) (g)		
13/12/10 – 15.55	29,88	29,00	15,04	17,40
	14,84	11,60		
13/12/10 – 15.55	25,23	26,13	10,98	13,55
	14,25	12,58		
14/12/10 – 15.35	29,32	28,79	9,09	15,17
	20,23	13,62		
14/12/10 – 15.35	20,22	27,84	8,11	13,60
	12,11	14,24		
15/12/10 – 14.35	27,75	28,50	4,85	14,90
	22,90	13,60		
15/12/10 – 14.35	22,90	30,28	5,59	17,32
	17,31	12,96		
16/12/10 – 15.15	29,77	30,74	4,91	17,31
	24,86	13,43		
16/12/10 – 15.15	24,85	28,08	3,96	14,14
	20,89	13,94		
17/12/10 – 13.40	30,19	30,05	4,15	15,00
	26,04	15,05		
17/12/10 – 13.40	26,03	30,18	5,38	19,79
	20,65	10,39		
20/12/10 – 08.35	30,05	28,51	4,05	15,20
	26,00	13,31		
20/12/10 – 08.35	25,97	24,74	3,29	12,08
	22,68	12,66		
21/12/10 – 14.55	26,97	28,20	5,02	17,82
	21,95	10,38		
21/12/10 – 14.55	21,95	26,75	3,67	13,23
	18,28	13,52		

Profielwerkstuk **Verval van vitamine C**

naam: Ronen Kroeze

© havovwo.nl

havovwo.nl

Door de waardes van de kolommen “ Δm_{zuur} ” en “ Δm_{base} ” in te vullen in de eerste algemene formule, gegeven op pagina 8, kunnen de concentraties van de vitamine C worden berekend. Die zijn als volgt:

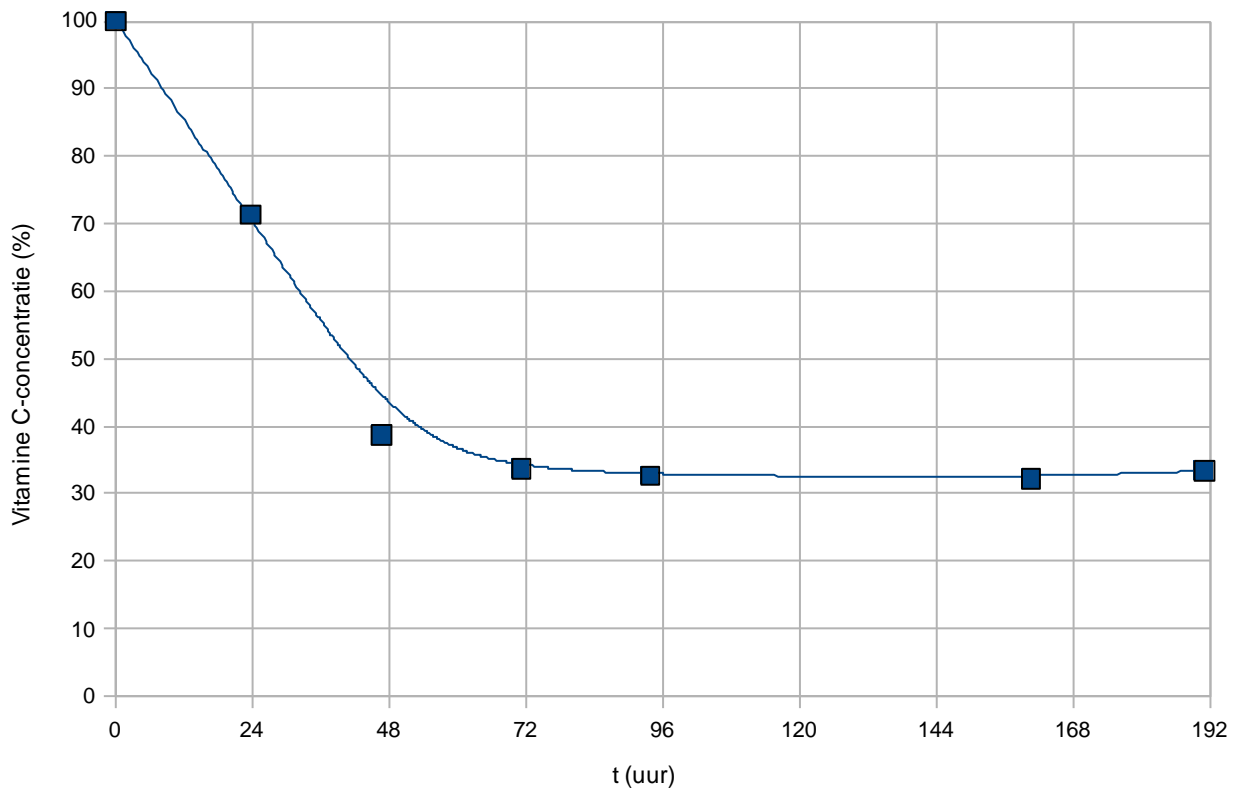
Datum – tijd	Δm_{zuur} (g)	Δm_{base} (g)	$[\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6]_{\text{H}} (\cdot 10^{-4} \text{ M})$	$[\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6]_{\text{H}}$ -gemiddelde ($\cdot 10^{-4} \text{ M}$)
13/12/10 – 15.55	15,04	17,40	2,074	2,010
13/12/10 – 15.55	10,98	13,55	1,945	
14/12/10 – 15.35	9,09	15,17	1,438	1,435
14/12/10 – 15.35	8,11	13,60	1,431	
15/12/10 – 14.35	4,85	14,90	0,7812	0,7779
15/12/10 – 14.35	5,59	17,32	0,7746	
16/12/10 – 15.15	4,91	17,31	0,6808	0,6765
16/12/10 – 15.15	3,96	14,14	0,6721	
17/12/10 – 13.40	4,15	15,00	0,6640	0,6583
17/12/10 – 13.40	5,38	19,79	0,6525	
20/12/10 – 08.35	4,05	15,20	0,6395	0,6466
20/12/10 – 08.35	3,29	12,08	0,6536	
21/12/10 – 14.55	5,02	17,82	0,6761	0,6710
21/12/10 – 14.55	3,67	13,23	0,6658	

Als vervolgens, op dezelfde manier als op pagina 11, de tijdsverschillen worden uitgedrukt ten opzichte van 13/12/10, om 15.55, en de concentraties van de vitamine C worden uitgedrukt in procenten kan ook hier de concentratie van de vitamine C uitgezet worden tegen de tijd.

Datum – tijd	Relatieve tijd (uur)	$[\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6]_{\text{H}}$ -gemiddelde ($\cdot 10^{-4} \text{ M}$)	Percentage
13/12/10 – 15.55	0	2,010	100
14/12/10 – 15.35	23,67	1,435	71,4
15/12/10 – 14.35	46,67	0,7779	38,7
16/12/10 – 15.15	71,22	0,6765	33,7
17/12/10 – 13.40	93,75	0,6583	32,7
20/12/10 – 08.35	160,67	0,6466	32,2
21/12/10 – 14.55	191,00	0,6710	33,4

Als al deze gegevens worden uitgezet, geeft dat de grafiek weergegeven in Figuur 5.

Vitamine C-concentratie (H) over de tijd



Figuur 5: Concentratie van de vitamine C (in maatkolf H) uitgezet tegen de tijd

Deze grafiek is ook weergegeven als Bijlage 2.

§1.2 Maatkolf L:

Hier zijn vervolgens de meetwaarden voor de maatkolf L:

Datum – tijd	m _{zuur} (voor) (g)	m _{base} (voor) (g)	Δm_{zuur} (g)	Δm_{base} (g)
	m _{zuur} (na) (g)	m _{base} (na) (g)		
13/12/10 – 16.30	25,61	26,92	11,43	14,34
	14,18	12,58		
13/12/10 – 16.30	24,98	22,64	9,69	12,26
	15,29	10,38		
14/12/10 – 16.10	24,71	28,12	5,95	11,62
	18,76	16,50		
14/12/10 – 16.10	26,55	26,78	7,30	14,42
	19,25	12,36		
15/12/10 – 15.20	21,60	28,18	4,02	14,08
	17,58	14,10		
15/12/10 – 15.20	17,59	32,88	5,36	19,21
	12,23	13,67		
16/12/10 – 15.55	20,89	29,89	5,44	19,50
	15,45	10,39		
16/12/10 – 15.55	19,22	30,94	4,65	16,74
	14,57	14,20		
17/12/10 – 14.30	20,65	29,82	4,32	15,95
	16,33	13,87		
17/12/10 – 14.30	16,33	29,64	4,35	16,10
	11,98	13,54		
20/12/10 – 09.20	22,66	27,31	3,70	13,52
	18,96	13,79		
20/12/10 – 09.20	18,95	24,18	3,12	10,98
	15,83	13,20		
21/12/10 – 15.30	18,28	26,85	4,68	16,46
	13,60	10,39		
21/12/10 – 15.30	18,91	25,36	4,35	14,97
	14,56	10,39		

Door de waarden in de kolommen “ Δm_{zuur} ” en “ Δm_{base} ” in te vullen in de eerste algemene formule, gegeven op pagina 8, kunnen de concentraties van de vitamine C in de maatkolf L worden gegeven.

Die worden dan:

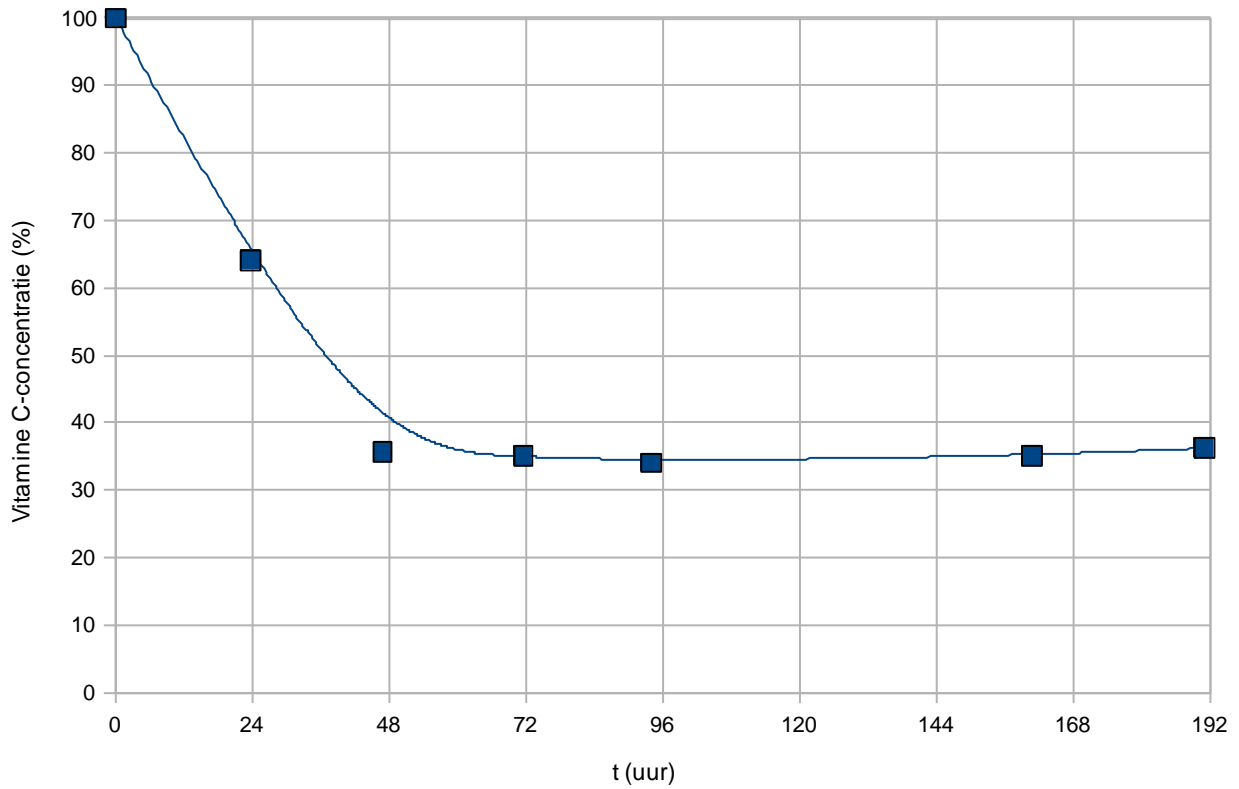
Datum – tijd	Δm_{zuur} (g)	Δm_{base} (g)	$[\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6]_{\text{L}}$ ($\cdot 10^{-4}$ M)	$[\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6]_{\text{L}}$ - gemiddelde ($\cdot 10^{-4}$ M)
13/12/10 – 16.30	11,43	14,34	1,913	1,905
13/12/10 – 16.30	9,69	12,26	1,897	
14/12/10 – 16.10	5,95	11,62	1,229	1,222
14/12/10 – 16.10	7,30	14,42	1,215	
15/12/10 – 15.20	4,02	14,08	0,6852	0,6775
15/12/10 – 15.20	5,36	19,21	0,6697	
16/12/10 – 15.55	5,44	19,50	0,6695	0,6681
16/12/10 – 15.55	4,65	16,74	0,6667	
17/12/10 – 14.30	4,32	15,95	0,6500	0,6492
17/12/10 – 14.30	4,35	16,10	0,6484	
20/12/10 – 09.20	3,70	13,52	0,6568	0,6694
20/12/10 – 09.20	3,12	10,98	0,6820	
21/12/10 – 15.30	4,68	16,46	0,6824	0,6899
21/12/10 – 15.30	4,35	14,97	0,6974	

Als vervolgens, op dezelfde manier als bij maatkolf H, de tijdsverschillen worden uitgedrukt ten opzichte van 13/12/10, om 16.30, en de concentraties van de vitamine C worden uitgedrukt in procenten kan ook hier de concentratie van de vitamine C, van maatkolf L, uitgezet worden tegen de tijd.

Datum – tijd	Relatieve tijd (uur)	$[\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6]_{\text{L}}$ -gemiddelde ($\cdot 10^{-4}$ M)	Percentage
13/12/10 – 16.30	0	1,905	100
14/12/10 – 16.10	23,67	1,222	64,1
15/12/10 – 15.20	46,83	0,6775	35,6
16/12/10 – 15.55	71,42	0,6681	35,1
17/12/10 – 14.30	94,00	0,6492	34,1
20/12/10 – 09.20	160,83	0,6694	35,1
21/12/10 – 15.30	191,00	0,6899	36,2

Als al deze gegevens worden uitgezet, geeft dat de grafiek die is weergegeven in Figuur 6.

Vitamine C-concentratie (L) over de tijd

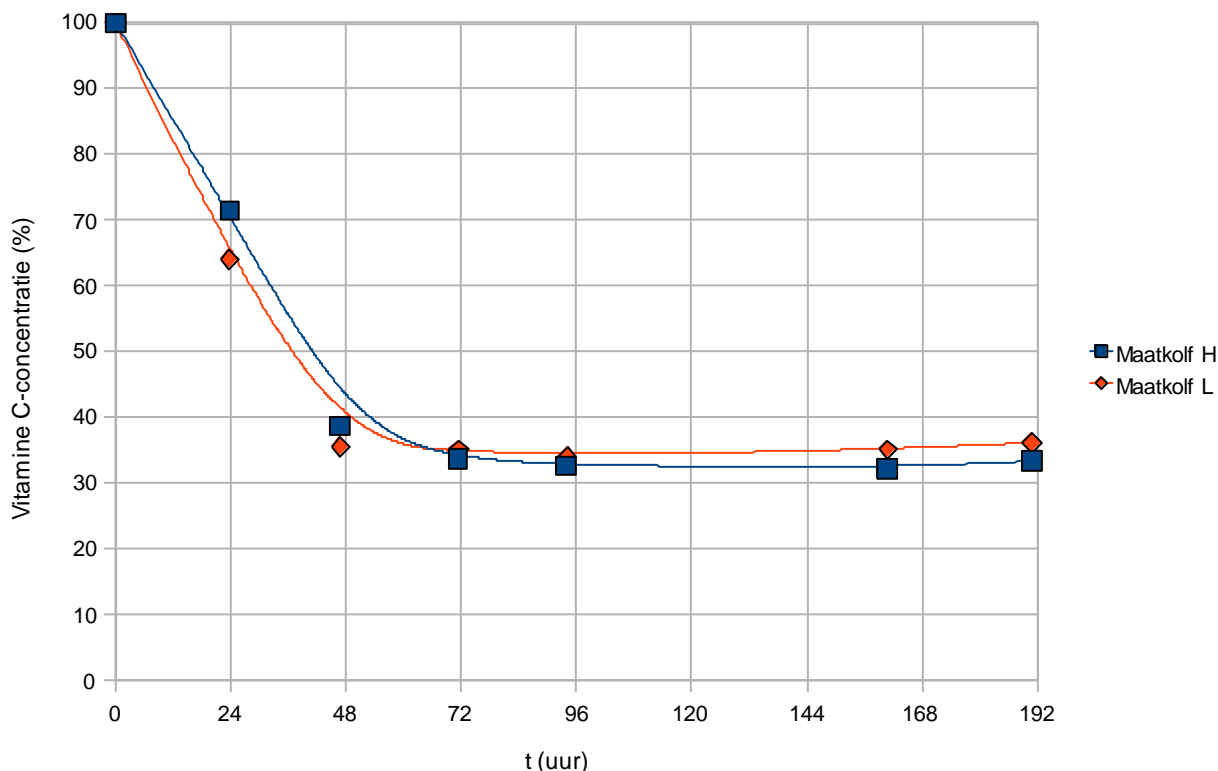


Figuur 6: Concentratie van de vitamine C (in maatkolf L) uitgezet tegen de tijd

Deze grafiek is ook weergegeven als Bijlage 3.

Om de twee grafieken goed met elkaar te kunnen vergelijken, heb ik deze gecombineerd tot een andere grafiek. Die is weergegeven als Bijlage 4 en als Figuur 7.

Vitamine C-concentratie in H en L over de tijd



Figuur 7: Vitamine C-concentratie (in beide maatkolven) uitgezet tegen de tijd

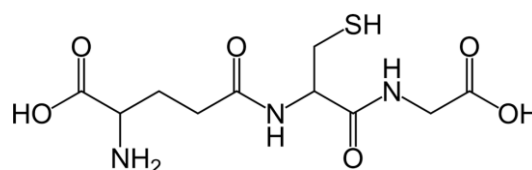
§2 Uitslag:

Er is in de bovenstaande grafiek wel een verschil te zien, maar dat verschil is wel erg klein. Het verschil is maximaal nog geen 10 procent. Wel moet hierbij in acht worden genomen dat er ook meetfouten kunnen zitten in de titraties, die ook nog voor een afwijking kunnen zorgen.

Ik had aan het begin van dit onderzoek verwacht dat licht ervoor zorgt dat er meer vitamine C verval. Dit zou op de korte termijn leiden tot een lagere concentratie van de vitamine C in de maatkolf die aan het licht is blootgesteld, dat is hier maatkolf H. Maar in het begin is de concentratie van de vitamine C daar juist een beetje hoger dan in de tegen licht beschermde maatkolf L. Het tegengestelde is dus het geval. Wel blijkt dat op de langere termijn de concentratie in de blootgestelde maatkolf lager blijft dan de beschermde maatkolf.

Het geringe verschil tussen de oplossingen zou kunnen worden veroorzaakt door het wegfilteren van de UVB- en UVC-straling door de ruit.⁽⁴⁾⁽⁵⁾ Die twee soorten UV-straling zorgen namelijk voor vrije radicalen en vitamine C reageert dan met die radicalen tot dehydroascorbinezuur, de gereduceerde vorm van vitamine C.⁽⁶⁾ Hierdoor neemt de concentratie van de vitamine C af. Als deze soorten UV-straling dus worden weg gefilterd, zijn er minder vrije radicalen en verval er dus niet speciaal meer vitamine C.

Een andere rare observatie is de stijging van de concentratie van de vitamine C, grofweg na het tijdstip t = 120 uur. Deze stijging kan mogelijk zijn veroorzaakt door glutathion. Glutathion is een organische stof, met de molecuulformule C₁₀H₁₇N₃O₆S. De structuurformule is hiernaast

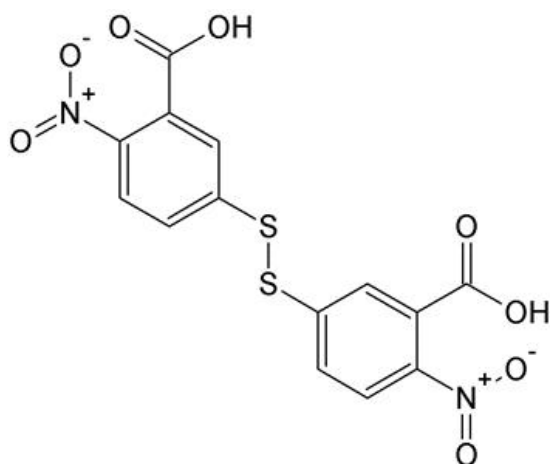


Figuur 8: Glutathion

weergegeven. Voor het gemak wordt glutathion vanaf nu afgekort tot GSH. De SH in de afkorting staat voor de vrije -SH groep in het molecuul.

Deze vrije groep maakt het mogelijk dat GSH een reductor is. De halfreactie daarvoor is:
 $2 \text{GSH} \rightarrow \text{GSSG} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$

Glutathion kan zo dus de gereduceerde vorm van vitamine C, dehydroascorbinezuur, weer terug omzetten tot de "gewone" vitamine C, L-ascorbinezuur in plaats van dehydroascorbinezuur. Aangezien bij de titraties de concentratie van L-ascorbinezuur wordt



Figuur 9: Ellman's reagens

bepaald, kan het zo zijn dat het GSH meer vitamine C terug omzet dan dat er op dat moment verval. Zo is het dus mogelijk dat de concentratie van de vitamine C weer stijgt. Voordat je mag aannemen dat de stijging daadwerkelijk wordt veroorzaakt door het GSH, moet worden aangetoond dat er GSH in citroensap, of in citroenen in het algemeen, zit. Dat kan op verschillende manieren worden gedaan. Een van die manieren is een vrij ingewikkelde manier met allerlei chromatografieën. Omdat dat niet tot mijn beschikking stond, viel deze methode al af. De andere methode is een simpele titratie met een stof genaamd Ellman's reagens. Ellman's reagens is hiernaast afgebeeld. In die titratie reageren GSH en Ellman's reagens in de

molverhouding 1:1. Aangezien ook deze stof niet tot mijn beschikking stond, was het niet mogelijk om aan te tonen dat er daadwerkelijk glutathion in het citroensap zat. Het is dus nog niet aangetoond dat de stijging is veroorzaakt door GSH.

Wel is er al eerder aangetoond door anderen dat er in verschillende soorten ander fruit wel glutathion zit. Zo zit er in sinaasappel bijvoorbeeld 130 nanomol glutathion per gram sinaasappelsap.⁽⁷⁾

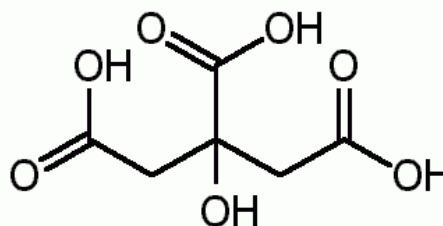
Deelvraag 6:

Wat kan je concluderen met betrekking tot de onderzoeken?

§1 Onderzoek 1:

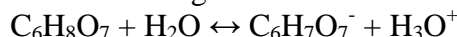
De onderzoeksvraag, geformuleerd op pagina 9, voor onderzoek 1 luidt: “Gebeurt er iets met de concentratie van de vitamine C naar verloop van tijd?”. Het antwoord op die onderzoeksvraag is “Ja”. Een wat uitgebreider antwoord zou luiden: “Ja er gebeurt wat met die concentratie, die neemt namelijk sterk af.”. Dit zou

je kunnen verklaren door het feit dat vitamine C een sterke antioxidant is en dat het dus mogelijk met een aanwezige oxidator heeft gereageerd. Die aanwezige oxidator is in dit geval de zuurstof die zit opgelost in het citroensap. Maar voordat die reactie kan gaan verlopen is er ook een zuur nodig. Een zuur dat in citroensap zit is citroenzuur. De molecuulformule hiervan is $C_6H_8O_7$. De structuurformule van

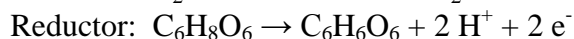


Figuur 10: Citroenzuur

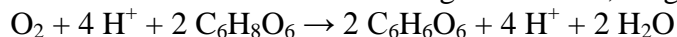
citroenzuur is hiernaast weergegeven. Citroenzuur is een zwak, driewaardig zuur en is dus voor een deel geïoniseerd. Er treedt dus het volgende evenwicht op:



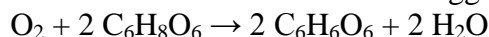
Er treden ook andere evenwichten op, maar de ligging hiervan is zo ver naar links, de ongeïoniseerde kant, dat de concentratie van de H_3O^+ -ionen daardoor niet veel zal stijgen. Het H_3O^+ maakt het vervolgens mogelijk dat de volgende halfreacties kunnen optreden, waarin H_3O^+ is vervangen door H^+ :



Als de elektronen hieruit worden geëlimineerd, volgt de redoxreactie die is opgetreden:



De 4 H^+ -ionen kunnen worden weggestreept dus de reactie luidt:



§2 Onderzoek 2:

De onderzoeksvraag van onderzoek 2 staat op pagina 9 en luidt: “Is er verschil tussen twee verschillend behandelde oplossingen van vitamine C en zo ja, wat is dat verschil dan?”. Het antwoord op deze vraag luidt: “Niet echt”. Er is namelijk wel een verschil, te zien op pagina 19, maar dat verschil is erg klein. Het enige verschil is dat de concentraties niet hetzelfde verloop tonen, de concentratie in maatkolf H neemt minder snel af, maar blijft uiteindelijk lager dan de concentratie in maatkolf L.

Deelvraag 7:

Wat voor een functie hoort bij het verloop van de concentratie en wat is de functie?

Op het eerste gezicht lijkt het erop dat de concentratie van de vitamine C regelmatig verval. Dit zou kunnen passen bij een exponentiële afname. De formule hiervoor is dan vervolgens niet moeilijk te vinden, de meeste grafische rekenmachines kunnen dat zelfs. Hieronder is beschreven hoe dat gaat voor een Texas Instruments TI-84 Plus:

Je moet eerst alle meetpunten in lijsten invoeren. Dat gaat als volgt: [STAT], [EDIT] en voer bij L_1 alle waardes van de tijd in. Voer nu bij L_2 de percentages in. Ga nu naar [STAT], [CALC], [ExpReg] en druk op [enter]. De rekenmachine geeft nu de formule:

$$Y = 66,78 \cdot 0,995^X$$

De Y in deze formule staat voor het percentage van de concentratie van de vitamine C ten opzichte van het tijdstip $t = 0$ uur. De X staat voor het aantal uur dat is verstreken na het tijdstip $t = 0$ uur.

Deze formule gaat alleen niet door het punt (0,100), het enige punt waarvan je zeker weet dat de kromme daar doorheen gaat. Om daar wat aan te doen, moet je weer naar [STAT], [EDIT] gaan en voer je bij L_3 de frequentie in van de meetpunten. Kies bijvoorbeeld voor het punt (0,100) de frequentie 100 en voor alle andere meetpunten frequentie 1. Voer nu opnieuw in ExpReg en voeg daar aan toe L_1, L_2, L_3 zodat er staat: "ExpReg L_1, L_2, L_3 ". Druk nu op [enter] en de rekenmachine geeft de volgende formule:

$$Y = 98,95 \cdot 0,992^X$$

Deze formule komt al meer in de buurt, maar gaat wel tussen alle andere meetpunten door en beschrijft dus nog steeds niet heel goed het verloop van de concentratie van de vitamine C. Een probleem wat het opstellen van een goede formule bemoeilijkt, is dat na verloop van tijd het percentage weer gaat stijgen. Hierdoor zou de formule tegelijkertijd exponentieel afnemen en later ook weer toenemen. Dit soort formules kan de TI-84 Plus niet meer berekenen.

Een andere formule die door gewoon proberen is verkregen en een vrij goede overeenkomst toonde met de meetpunten van de maatkolf H was:

$$Y = 30 + 70 \cdot 0,968^X$$

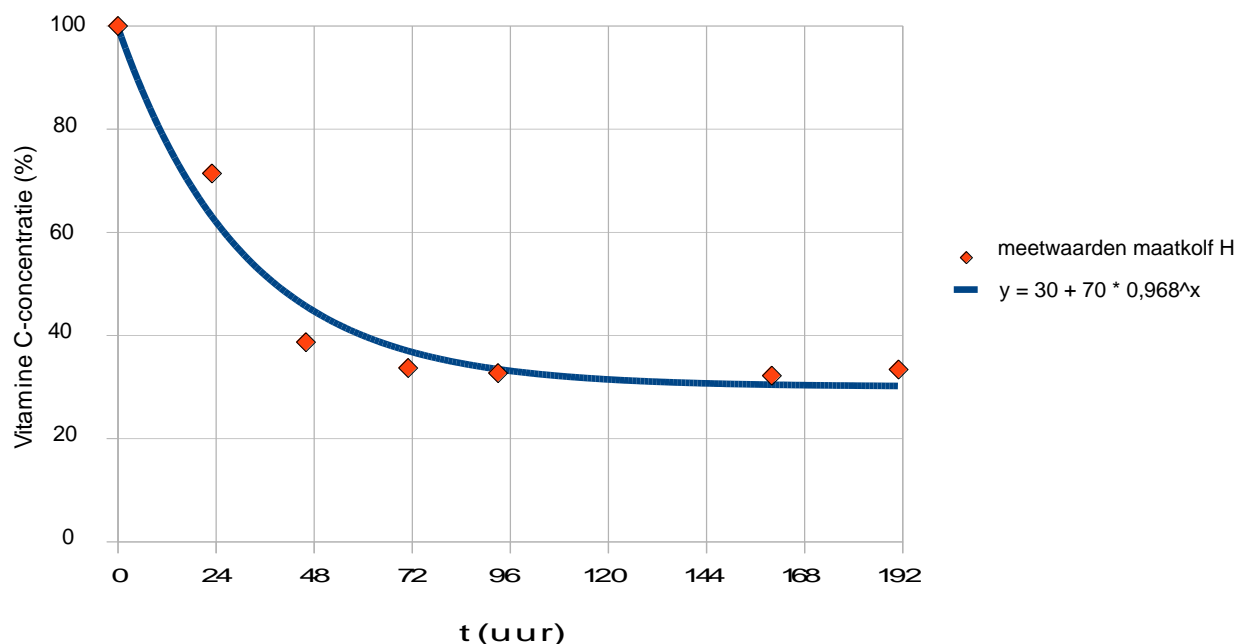
In de grafiek die is weergegeven op de volgende pagina in Figuur 11, is te zien dat het verschil met de meetgegevens vrij klein is. Als je de som van de kwadraten van de residuen berekent kom je bij deze functie op 153,9192.

Door de "kleinste-kwadratenmethode" toe te passen, kan je de optimale functie zoeken. Deze methode gaat als volgt in zijn werk:

Eerst wordt het residu berekend. Dit is het verschil in de Y-waarde tussen het meetpunt en de voorspelde waarde gegeven door de functie. Dat verschil wordt gekwadrateerd, en al die kwadraten worden opgeteld. De som van die kwadraten wordt zo klein mogelijk gehouden. Bij de kleinste som heb je de optimale functie gevonden. Die optimale functie kan zo dus worden gevonden.

Vitamine C-concentratie in maatkolf H

vergelijking met de formule



Figuur 11: Verschil tussen de meetwaarden en de gegeven formule

De optimale functie in de vorm $Y = 30 + 70 \cdot g^X$ en die bovendien van toepassing is op de maatkolf H, wordt dan ongeveer:

$$Y = 30 + 70 \cdot 0,96856^X$$

Hierbij is de som van de kwadraten van de afwijkingen gelijk aan 153,3462. De eerste functie zat dus al best dicht bij de best passende functie.

Deze net verkregen functie voldoet alleen niet aan het gegeven dat de concentratie weer licht toeneemt na het tijdstip $t = 120$ uur. Dit feit compliceert alles enorm en ik heb besloten om zelf niet nog verder te zoeken naar een functie die wel aan dit gegeven voldoet en genoeg te nemen met deze functie. Wel heb ik aan een wiskundeleraar, meneer van den Borne, gevraagd of hij een functie kon verzinnen, met behulp van verschillende software, die nog beter paste. Hij kon dat alleen niet en gaf als verklaring daarvoor dat ik te weinig meetwaarden had en het dus nog alle kanten op kon.

Verder is het niet zinvol om de groeifactor, die in dit geval kleiner dan 1 is, nog significanter te bepalen. Dat komt doordat de significantie van de metingen daarvoor te klein is.

Op dezelfde manier kan de best passende functie worden gevonden voor de concentratie van de vitamine C in de andere maatkolf, maatkolf L. Die best passende functie is:

$$Y = 30 + 70 \cdot 0,96406^X$$

Te zien is dat er dus wel degelijk een verschil zit in de groeifactor van deze twee meetseries. Wat ik nu niet wil beweren is dat de twee bovenstaande functies ook daadwerkelijk de best passende functies zijn. Die functies kunnen namelijk ook van een andere vorm zijn en om die functies te vinden is een hoop rekenwerk vereist. Omdat dat allerlei software en programmeerwerk vereist en bovendien omdat dit ook niet helemaal mijn doel was, heb ik besloten om al dat rekenwerk niet uit te voeren en het bij deze twee functies te laten.

Conclusie:

Wat is de invloed van licht op een oplossing die vitamine C bevat?

De invloed van licht op een oplossing die vitamine C bevat, volgt uit Figuur 7 op pagina 19. Dat figuur laat namelijk de concentraties van de vitamine C zien in twee maatkolven, waarvan er een wel aan zonlicht is blootgesteld en de ander niet.

Uit het figuur is af te lezen dat er wel een verschil is, maar dat het verschil niet zo groot is.

Om dit verschil ook kwantitatief uit te kunnen drukken, kan gebruik worden gemaakt van de twee formules beschreven op pagina 23. Die formules luiden:

$$Y_H = 30 + 70 \cdot 0,96856^x$$

$$Y_L = 30 + 70 \cdot 0,96406^x$$

Er is dus duidelijk een verschil tussen deze twee formules, de groeifactor verschilt namelijk. Het verschil hierin valt te analyseren. De groeifactor kan namelijk worden omschreven tot een procentuele toe- of afname. Dat gebeurt door de groeifactor in de volgende formule in te vullen.

$$P = 100 \cdot (g - 1)$$

De P staat voor de procentuele toe- of afname per tijdseenheid en de g staat voor de groeifactor gedurende diezelfde tijdseenheid.

De uitkomsten zijn dan $P_H = -3,144 \%$ en $P_L = -3,594 \%$. Deze getallen staan voor procentuele afname per uur. Per tijdseenheid vervalt er dus minder vitamine C in de aan licht blootgestelde maatkolf, dan in de tegen licht beschermde maatkolf. Het verschil ertussen is 0,450 % per uur.

De invloed van licht is dus als volgt te beschrijven:

Licht heeft een vrij kleine invloed op een oplossing van vitamine C, maar die geringe invloed die het heeft, heeft als effect dat er net iets minder vitamine C vervalt. Je mag dus concluderen dat licht een preventieve werking heeft tegen het verval van vitamine C.

De gezochte formule die het verval van vitamine C in pakken met vruchtensap het beste beschrijft is dus:

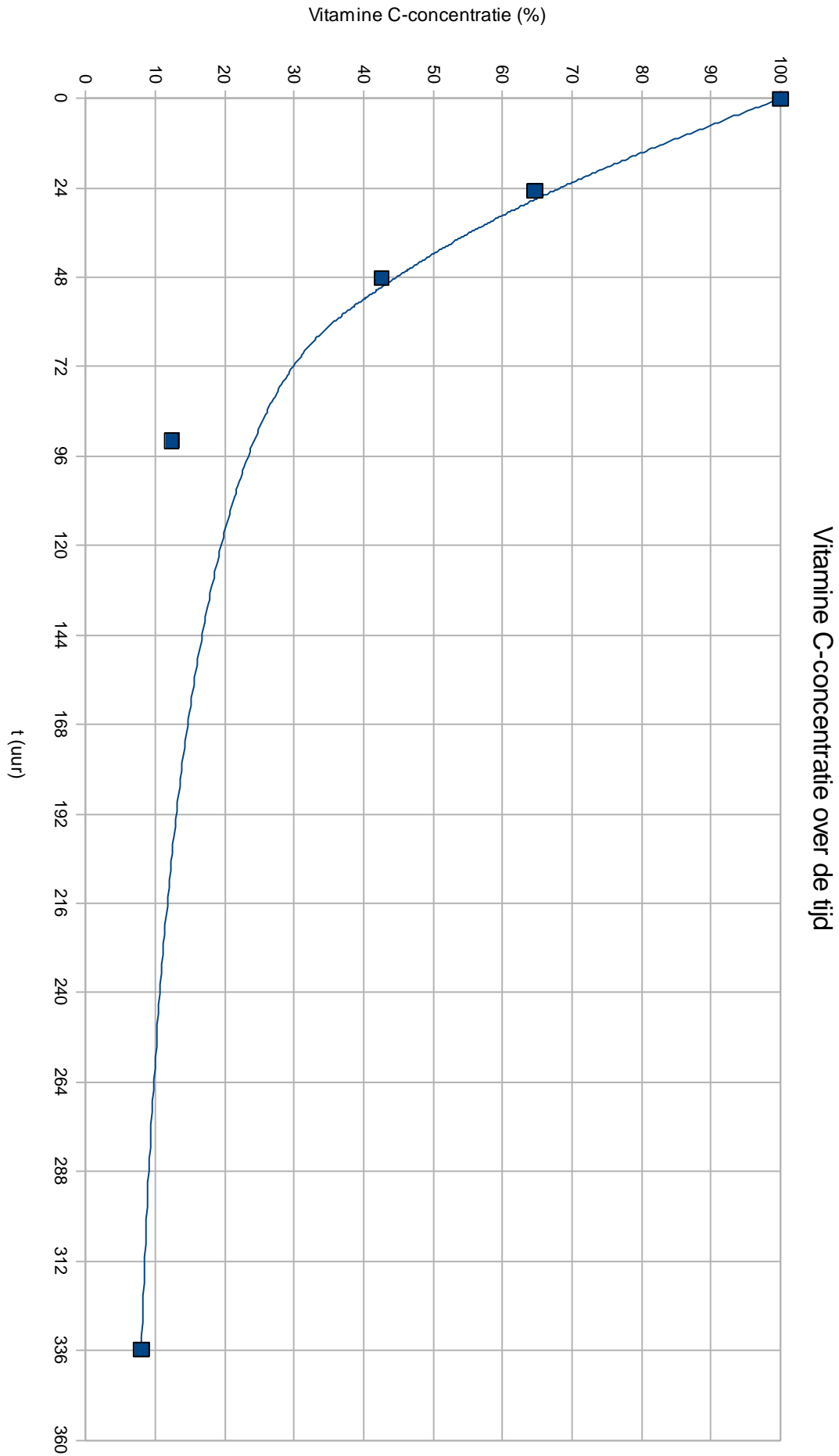
$$C(t) = C_0 \cdot ((30 + 70 \cdot 0,96406^t) / 100)$$

Voor de hierboven beschreven formule geldt dat $C(t)$ de concentratie van de vitamine C voorstelt als functie van de tijd, C_0 de concentratie van de vitamine C op het tijdstip $t = 0$ voorstelt en dat t de tijd voorstelt ten opzichte van het tijdstip $t = 0$.

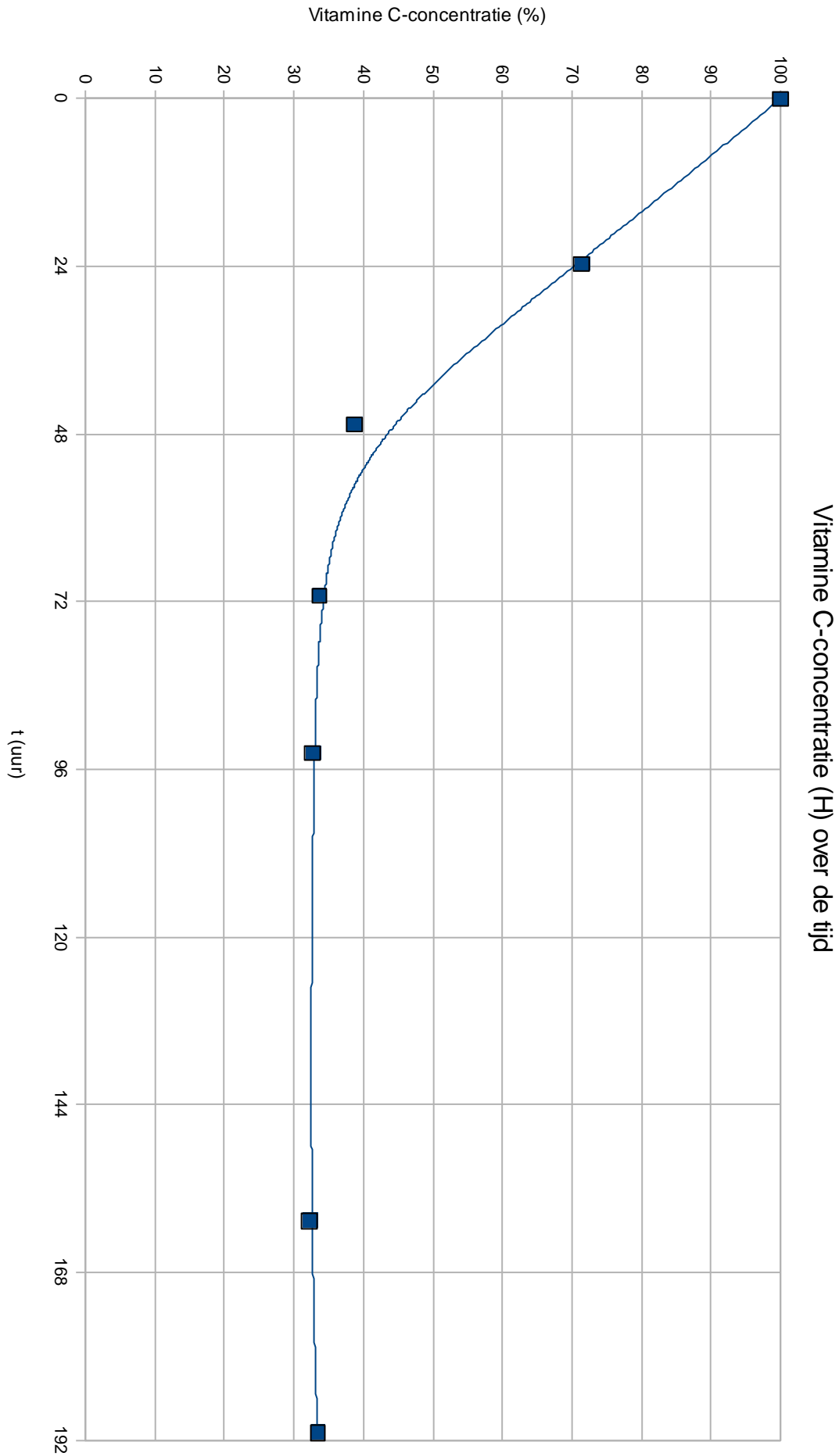
Wel wil ik hierbij opmerken dat dit niet de formule is die het verval het beste beschrijft, maar dat dit alleen de best passende formule is van deze vorm. Deze formule is dus een redelijke benadering van de werkelijkheid, maar niet de beste benadering. Voor de beste formule zou men dus alles door moeten rekenen en de kleinste-kwadratenmethode toepassen.

Het antwoord op de onderzoeksvraag is dus:

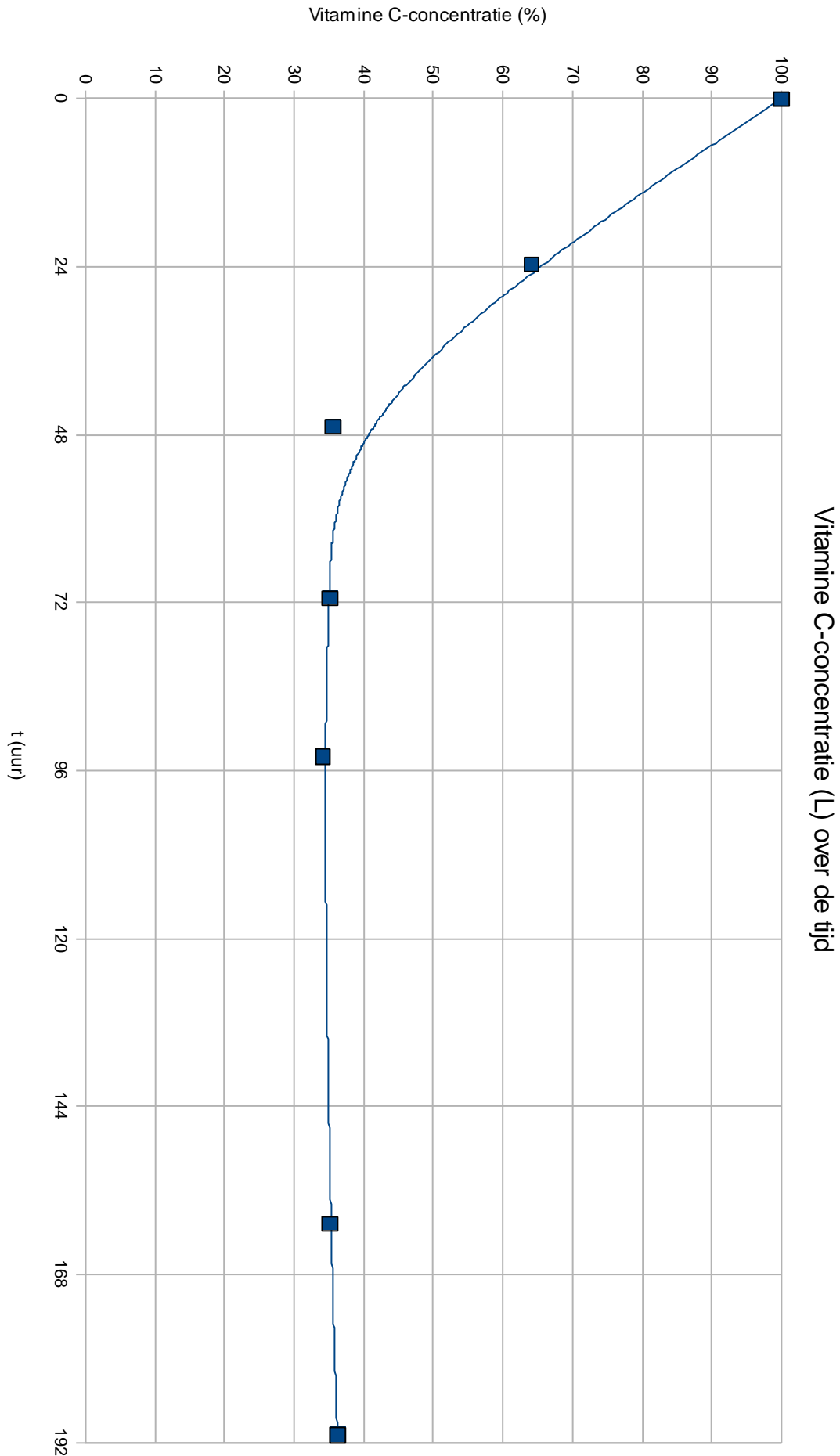
Licht zorgt ervoor dat er minder vitamine C vervalt, namelijk 0,450 % minder per uur dan in een tegen licht beschermde oplossing.



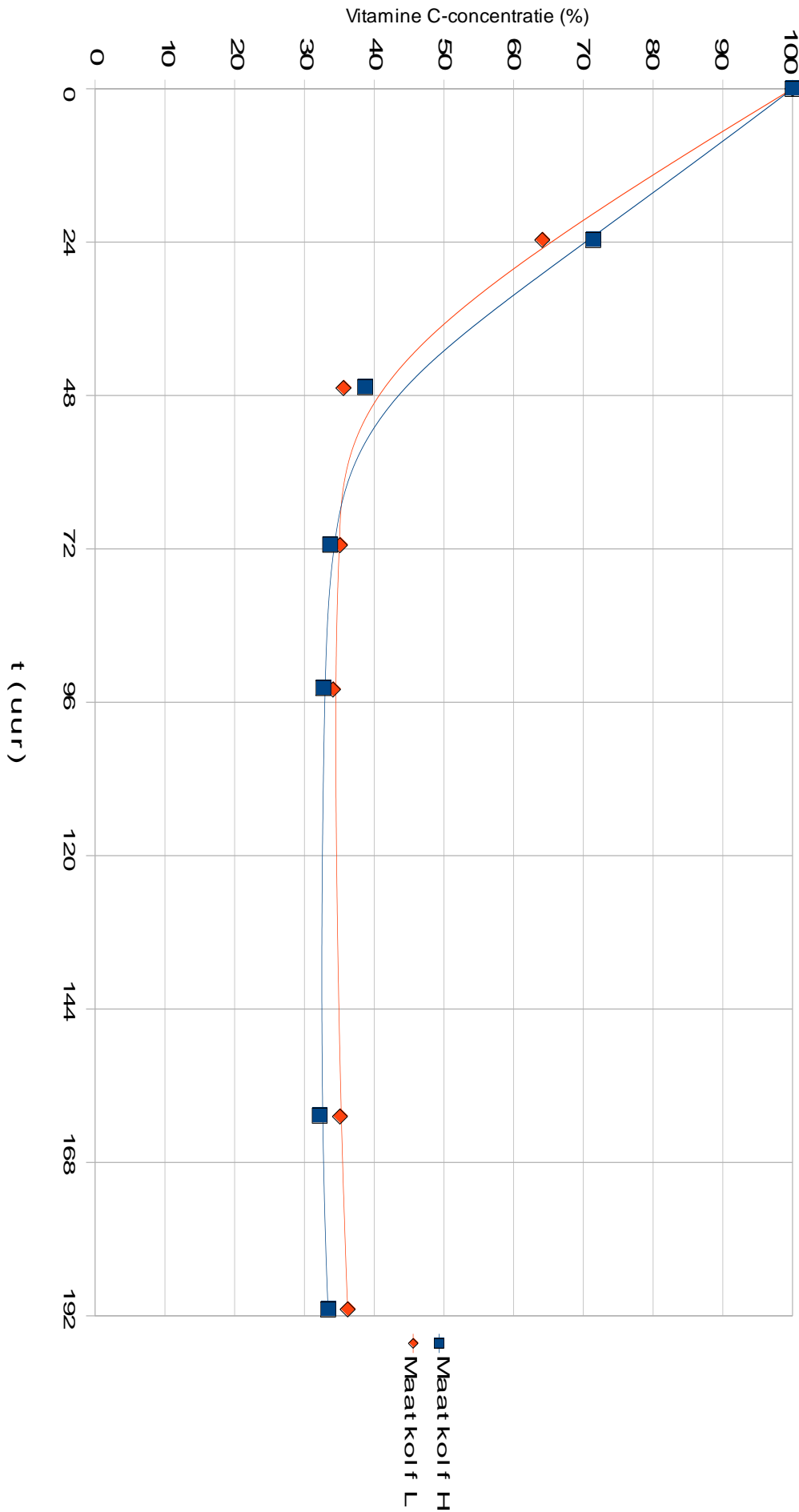
Bilage 1:



Bilage 2:



Bilage 3:



Vitamine C-concentratie in H en L over de tijd

Bilage 4:

Bronvermelding:

§1 Verwijzingen:

- (1) = <http://en.wikipedia.org/wiki/Scurvy>
- (2) = http://nl.wikipedia.org/wiki/Aanbevolen_dagelijkse_hoeveelheid
- (3) = http://nl.wikipedia.org/wiki/Citroen_%28vrucht%29
- (4) = <http://www.bio.net/bionet/mm/plant-ed/1999-March/004186.html>
- (5) = <http://en.wikipedia.org/wiki/Ultraviolet>
- (6) = <http://www.positivearticles.com/Article/Natural-Skin-Care---Vitamin-C---L-Ascorbic-Acid---Natural-Skin-Care-Products/23906>
- (7) = <http://www.biochem.emory.edu/labs/dpjones/WierzbickaGlutathione.pdf>

§2 Internetbronnen:

1. American Chemical Society (z.d.). Substance Details. Geraadpleegd op 12 januari 2011, <http://www.commonchemistry.org/ChemicalDetail.aspx?ref=69-78-3>
2. Ashu (z.d.). Natural Skin Care | Vitamin C | L Ascorbic Acid | Natural Skin Care Products. Geraadpleegd op 17 januari 2011, <http://www.positivearticles.com/Article/Natural-Skin-Care---Vitamin-C---L-Ascorbic-Acid---Natural-Skin-Care-Products/23906>
3. Colvard, M. (z.d.). Vitamin C Investigation. Geraadpleegd op 26 november 2010, <http://www.p12.nysed.gov/nysatl/Science/vitaminc/html/proce.html>
4. Deitzer, G. (4 maart 1999). Does glass block UV light?. Geraadpleegd op 14 januari 2011, <http://www.bio.net/bionet/mm/plant-ed/1999-March/004186.html>
5. Hewitson, J. (7 jan. 2011). How is Vitamin C synthesised in plants and what part of lettuce produces the most? Geraadpleegd op 19 februari 2011, <http://www-saps.plantsci.cam.ac.uk/records/rec474.htm>
6. LEARNING ABOUT FOOD PACKAGE LABELS (z.d.). Geraadpleegd op 26 november 2010, <http://www.askdrsears.com/html/4/T042300.asp>
7. Metselaar, F. (z.d.). Vitaminen en mineralen. Geraadpleegd op 9 september 2010, http://www.metse-bts.nl/vitaminen_mineralen.htm
8. Rubin, J. (Juni 2010). Vitamin C in Food Science, Science Fair Projects and Experiments. Geraadpleegd op 26 november 2010, <http://www.juliantrubin.com/fairprojects/food/vitaminc.html>
9. Saskia (26 aug. 2004). Praktische opdracht Scheikunde. Geraadpleegd op 23 juni 2010, <http://www.scholieren.com/werkstukken/21063>
10. Takeda (z.d.). VITAMIN C IN FOOD PROCESSING. Geraadpleegd op 26 november 2010, <http://www.mratcliffe.com/images/vcb.pdf>
11. The Journal of Biological Chemistry (1 april 1994). Glutathione-Ascorbic Acid Antioxidant System in Animals. Geraadpleegd op 26 januari 2011, <http://www.jbc.org/content/269/13/9397.full.pdf+html>
12. The Natural Food Hub (z.d.). Natural food-Fruit Vitamin C Content. Geraadpleegd op 26 januari 2011, http://www.naturalhub.com/natural_food_guide_fruit_vitamin_c.htm
13. Townsend, C. (1 feb. 2006). Vitamin C and Citrus Juices. Geraadpleegd op 26 november 2010, <http://www.ultimatecitrus.com/vitaminc.html>

14. Wierzbicka, G. (29 dec. 1989). Glutathione in Food. Geraadpleegd op 22 januari 2011, <http://www.biochem.emory.edu/labs/dpjones/WierzbickaGlutathione.pdf>
15. Wikimedia Foundation, Inc. (21 okt. 2010). Aanbevolen dagelijkse hoeveelheid. Geraadpleegd op 26 januari 2011, http://nl.wikipedia.org/wiki/Aanbevolen_dagelijkse_hoeveelheid
16. Wikimedia Foundation, Inc. (10 jan. 2011). Antihistaminicum. Geraadpleegd op 23 februari 2011, <http://nl.wikipedia.org/wiki/Antihistaminicum>
17. Wikimedia Foundation, Inc. (15 okt. 2010). Appel (Vrucht). Geraadpleegd op 9 september 2010, http://nl.wikipedia.org/wiki/Appel_%28vrucht%29
18. Wikimedia Foundation, Inc. (2 juni 2010). Ascorbate peroxidase. Geraadpleegd op 26 januari 2011, http://en.wikipedia.org/wiki/Ascorbate_peroxidase
19. Wikimedia Foundation, Inc. (30 dec. 2010). Ascorbic acid. Geraadpleegd op 30 december 2010 en 26 januari 2011, http://en.wikipedia.org/wiki/Ascorbic_acid
20. Wikimedia Foundation, Inc. (z.d.). Ascorbinezuur. Geraadpleegd op 23 juni 2010, <http://nl.wikipedia.org/wiki/Ascorbinezuur>
21. Wikimedia Foundation, Inc. (27 dec. 2010). Ascorbinezuur. Geraadpleegd op 30 december 2010 en 26 januari 2011, <http://nl.wikipedia.org/wiki/Ascorbinezuur>
22. Wikimedia Foundation, Inc. (30 nov. 2010). Bromobimane. Geraadpleegd op 12 januari 2011, <http://en.wikipedia.org/wiki/Bromobimane>
23. Wikimedia Foundation, Inc. (21 feb. 2011). Citric acid. Geraadpleegd op 21 februari 2011, http://en.wikipedia.org/wiki/Citric_acid
24. Wikimedia Foundation, Inc. (1 okt. 2010). Citroen (Vrucht). Geraadpleegd op 13 oktober 2010, http://nl.wikipedia.org/wiki/Citroen_%28vrucht%29
25. Wikimedia Foundation, Inc. (8 jan. 2011). Citroenzuur. Geraadpleegd op 21 februari 2011, <http://nl.wikipedia.org/wiki/Citroenzuur>
26. Wikimedia Foundation, Inc. (8 jan. 2011). Dithiothreitol. Geraadpleegd op 12 januari 2011, <http://en.wikipedia.org/wiki/Dithiothreitol>
27. Wikimedia Foundation, Inc. (13 dec. 2010). Ellman's reagent. Geraadpleegd op 12 januari 2011, http://en.wikipedia.org/wiki/Ellman%27s_reagent
28. Wikimedia Foundation, Inc. (12 dec. 2010). Glutathion. Geraadpleegd op 12 januari 2011, <http://nl.wikipedia.org/wiki/Glutathion>
29. Wikimedia Foundation, Inc. (30 dec. 2010). Glutathione. Geraadpleegd op 30 december 2010, <http://en.wikipedia.org/wiki/Glutathione>
30. Wikimedia Foundation, Inc. (12 jan. 2011). Glutathione. Geraadpleegd op 12 januari 2011, <http://en.wikipedia.org/wiki/Glutathione>
31. Wikimedia Foundation, Inc. (3 dec. 2010). Iodoacetamide. Geraadpleegd op 12 januari 2011, <http://en.wikipedia.org/wiki/Iodoacetamide>
32. Wikimedia Foundation, Inc. (3 dec. 2010). Iodoacetic acid. Geraadpleegd op 12 januari 2011, <http://en.wikipedia.org/wiki/Iodoacetate>
33. Wikimedia Foundation, Inc. (28 sep. 2010). Kleinste-kwadratenmethode. Geraadpleegd op 21 februari 2011, <http://nl.wikipedia.org/wiki/Kleinste-kwadratenmethode>
34. Wikimedia Foundation, Inc. (21 mei 2010). Peptidebinding. Geraadpleegd op 12 januari 2011, <http://nl.wikipedia.org/wiki/Peptidebinding>
35. Wikimedia Foundation, Inc. (4 jan. 2011). Scheurbuik. Geraadpleegd op 26 januari 2011, <http://nl.wikipedia.org/wiki/Scheurbuik>

36. Wikimedia Foundation, Inc. (2 jan. 2011). Scurvy. Geraadpleegd op 26 januari 2011, <http://en.wikipedia.org/wiki/Scurvy>
37. Wikimedia Foundation, Inc. (12 feb. 2011). Ultraviolet. Geraadpleegd op 14 januari 2011, <http://en.wikipedia.org/wiki/Ultraviolet>
38. Wikimedia Foundation, Inc. (27 dec. 2010). Vitamin C. Geraadpleegd op 30 december 2010 en 26 januari 2011, http://en.wikipedia.org/wiki/Vitamin_C

§3 Afbeeldingen:

Omslag: Zie Afbeelding 2.

1. Szent-Györgyi, <http://nl.wikipedia.org/wiki/Bestand:Szent-GyorgyiAlbert.jpg>
2. L-Ascorbinezuur, http://en.wikipedia.org/wiki/File:Ascorbic_acid_structure.png
3. Dehydroascorbinezuur, http://en.wikipedia.org/wiki/File:Dehydroascorbic_acid.png
4. Zelf gemaakt
5. Zelf gemaakt
6. Zelf gemaakt
7. Zelf gemaakt
8. Glutathion,
<http://www.bio.davidson.edu/people/kabernd/berndcv/lab/website%20%28summer%202009%29/lshhomepage/lshmain.html>
9. Ellman's reagens, <http://www.gbiosciences.com/Ellman-desc.aspx>
10. Citroenzuur,
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e5/Citric_acid_structure.png

§4 Bijlagen:

1. Zelf gemaakt
2. Zelf gemaakt
3. Zelf gemaakt
4. Zelf gemaakt