

Profielwerkstuk Yoghurt

Profielwerkstuk Yoghurt

Marleen Trommelen

© havovwo.nl maart 2004

Inhoudsopgave

INHOUDSOPGAVE	2
<u>Inleiding</u> 3	
ONDERZOEKSVRAAG	3
<u>DE ONDERZOEKSVRAAG</u>	3
<u>TOELICHTING</u>	3
DEELVRAAG 1. HOE WORDT YOGHURT GEMAAKT?	4
<u>LEGENDE</u>	4
<u>VOORBEHANDELING</u>	4
<u>BACTERIËN</u>	4
<u>TWEE SOORTEN</u>	4
<u>AFWERKING</u>	5
DEELVRAAG 2. HOE ZIJN DE MILIEUFACTOREN?	5
<u>AANWEZIGHEID VAN VOEDSEL</u>	5
<u>AANWEZIGHEID VAN WATER</u>	5
<u>AFWEZIGHEID VAN ZUURSTOF</u>	5
<u>OMRINGENDE ORGANISMEN</u>	5
<u>TEMPERATUUR</u>	5
<u>PH</u>	5
DEELVRAAG 3. HOE BEPAAL IK DE HOEVEELHEID GEVORMD MELKZUUR?	6
<u>TITRATIE</u>	6
<u>PH-METING</u>	6
DEELVRAAG 4. HOE HANGT DE HOEVEELHEID GEVORMD MELKZUUR AF VAN DE TIJD?	6
<u>MATERIAALLIJST</u>	7
<u>WERKWIJZE</u>	7
<u>RESULTAAT</u>	7
DEELVRAAG 5. HOE HANGT DE HOEVEELHEID GEVORMD MELKZUUR AF VAN DE TEMPERATUUR?	9
<u>ENZYMEN EN TEMPERATUUR</u>	9
<u>EXPERIMENT</u>	9
<u>RESULTAAT</u>	10
DEELVRAAG 6. HOE BEPAAL JE AAN DE HAND VAN DEZE GRAFIEKEN DE OPTIMUMTEMPERATUUR?	11
<u>CONCENTRATIE MELKZUUR</u>	12
<u>RESULTATEN</u>	12
<u>OPTIMUMTEMPERATUUR</u>	13
<u>RESULTATEN</u>	14
<u>VERKLARING VOOR DE VORM VAN DE GRAFIEK</u>	14
ANTWOORD OP DE ONDERZOEKSVRAAG	16
<u>DE ONDERZOEKSVRAAG</u>	16
<u>ANTWOORD</u>	16
DISCUSSIE	16
EVALUATIE	17
<u>PROCESEVALUATIE</u>	17
<u>PRODUCTEVALUATIE</u>	17
BRONVERMELDING	18
<u>BOEKEN</u>	18
<u>STENCILS</u>	18
<u>INTERNET</u>	18

Profielwerkstuk Yoghurt

Marleen Trommelen

© havovwo.nl maart 2004

Inleiding

Het kiezen van een onderwerp voor mijn profielwerkstuk was best lastig. Ik wilde graag een onderzoek starten op biologisch of scheikundig gebied, omdat dat de vakken zijn die mij het meest aanspreken. Op internet heb ik alle mogelijke onderwerpen bekeken, maar er waren er maar weinig die in aanmerking kwamen voor een goed experiment. Resy van Roessel kwam met het idee om onderzoek te gaan doen naar yoghurt. Het sprak me niet meteen aan, omdat ik nog niet wist wat ik er mee zou kunnen. Toen ik er meer informatie over ben gaan zoeken, bleek dat het een geschikt onderwerp was, waarbij genoeg mogelijkheden waren voor een onderzoek.

Yoghurt is in feite gecontroleerde verzuurde melk. Het wordt al meer dan 4000 jaar gegeten in allerlei varianten in verschillende delen van de wereld. In Europa is yoghurt pas in het begin van de 20^e eeuw herontdekt. De eerste man die yoghurt begon te produceren is Carasso. Zijn zoon Danone breidde zijn vaders zaak verder uit tot het huidige wereldbekende merk 'Danone'.

Vandaag de dag zijn er in elke supermarkt diverse soorten yoghurt te vinden. Denk maar eens aan volle, halfvolle en magere yoghurt, maar ook aan allerlei soorten fruityoghurt, drinkyoghurt, fantasieyoghurt (waaraan aroma's is toegevoegd) en natuuryoghurt (waaraan suiker is toegevoegd). Daarnaast kennen we ook nog de Bulgaarse yoghurt en de Griekse yoghurt, die beiden iets dikker zijn dan gewone yoghurt, vanwege het verminderd vochtpercentage.

Yoghurt is een zuur product en daardoor is het lang houdbaar. Het product is rijk aan eiwitten, calcium en B-vitamines en er wordt beweerd dat het een gunstige invloed heeft op de darmflora, maar dat is nog niet bewezen.

Ik ben dol op yoghurt en ik eet het dan ook geregeld als nagerecht of met muesli als ontbijt!

Onderzoeksvraag

De onderzoeksvraag

Wat is de optimale temperatuur voor de melkzuurbacteriën bij de bereiding van yoghurt?

Toelichting

Yoghurt is een levend product. Het moet minstens 10 miljoen bacteriën per milliliter bevatten. Deze bacteriën zijn van groot belang bij de vorming van de yoghurt uit melk. Er zijn 2 soorten bacteriën die nodig zijn bij de productie van yoghurt en zij worden beide ingedeeld bij de melkzuurbacteriën. Deze twee soorten melkzuurbacteriën zorgen voor het zuur worden van de melk en het maken van de aroma's die zo typisch zijn voor yoghurt. Bij het zuur worden van de melk wordt melksuiker (lactose), dat van oorsprong aanwezig is in melk, omgezet in melkzuur. De energie die hierbij vrijkomt, wordt gebruikt voor de stofwisseling van de bacterie. Deze omzetting zou niet mogelijk zijn zonder enzymen, die geproduceerd worden door de bacteriën. Enzymen hebben een temperatuur waarbij de processen het snelst gaan en waarbij de verzuring dus het snelst gaat. Deze temperatuur heet de optimumtemperatuur. Deze temperatuur verschilt per enzym. Bij deze temperatuur is de groeisnelheid van de bacteriën het grootst. Het doel van dit onderzoek is de optimumtemperatuur van de twee melkzuurbacteriën te bepalen.

Profielwerkstuk Yoghurt

Marleen Trommelen

© havovwo.nl maart 2004

Deelvraag 1. Hoe wordt yoghurt gemaakt?

Legende

Over het ontstaan van yoghurt bestaan veel legenden. Een aardig verhaal is het volgende: Rond het jaar 1200 was de veroveraar Khan erg gevreesd in Mongolië. Een van zijn koeriers liet bij een pas veroverd dorpje zijn watervoorraad aanvullen voordat hij de woestijn inging. De dorpingen vulden zijn veldfles echter met melk, in de overtuiging dat die snel zou bederven in de hitte en dat de koerier dus van de dorst zou omkomen. De hitte van de woestijn zorgde er echter voor dat de melk veranderde in yoghurt. De koerier overleefde zijn tocht en gaf het recept door aan anderen. Vanaf dat moment werd yoghurt in het oosten genuttigd.

Of het echt is gebeurd blijft onzeker, maar de belangrijkste factoren die nodig zijn om melk om te zetten in yoghurt zijn hier wel allemaal in vernoemd. Melk, warmte en een afgesloten ruimte vormen samen met bacteriën die belangrijkste factoren. Tegenwoordig gaat de productie anders.

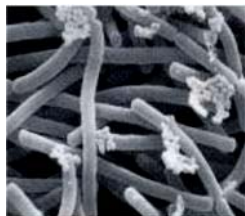
Voorbehandeling

De productie van yoghurt in een fabriek gaat als volgt. De onbehandelde melk wordt eerst op het juiste vetgehalte gebracht. Dit vetgehalte is in volle yoghurt hoger dan in magere yoghurt. Vervolgens wordt de melk verhit tot een temperatuur van 85°C. Dit heet de pasteurisatie en het doel hiervan is het doden van schadelijke micro-organismen, waardoor het product langer houdbaar is.

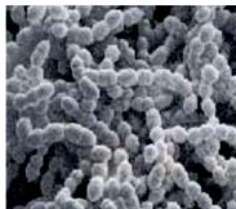
Vervolgens wordt de melk gehomogeniseerd. Hierbij worden de vetbolletjes in de melk zo klein gemaakt, dat ze niet meer boven komen drijven. Tenslotte wordt de melk afgekoeld naar de gewenste temperatuur.

Bacteriën

Als de voorbehandelde melk op de juiste temperatuur gebracht is, worden de bacteriën toegevoegd. Er zijn twee bacteriën nodig voor de vorming van yoghurt. De ene is *Lactobacillus bulgaricus*. Deze bacterie is staafvormig. De andere bacterie is *Streptococcus thermophilus*. Deze is bolvormig en vormt lange ketens.



Lactobacillus bulgaricus



Streptococcus thermophilus

Deze twee soorten leven in symbiose. Dat wil zeggen dat ze beiden voordeel hebben van het feit dat ze samenleven. Voor een goede groei hebben ze elkaar nodig. Samen vormen zij de yoghurtcultuur. Deze cultuur zorgt ervoor dat melk verandert in yoghurt. Door ervoor te zorgen dat de temperatuur optimaal is, gaan de bacteriën zich vermenigvuldigen door zich te delen. De energie die nodig is voor groei en vermenigvuldiging halen zij uit het omzettingproces van melksuiker (lactose) naar melkzuur. Melkzuur is in dit geval het afvalproduct. Door de verzuring van de melk beginnen de eiwitten te klonteren en ontstaat de specifieke textuur van de yoghurt. Aangezien de bacteriën de eiwitten ook gedeeltelijk afbreken, ontstaat de typische yoghurt-aroma. Al deze afbraakreacties worden geregeld en versneld door enzymen. Deze enzymen zijn geproduceerd door de yoghurtbacteriën.

De bacteriën kunnen toegevoegd worden in de vorm van een kleine hoeveelheid yoghurt. Dit bevat de levende bacteriën in de juiste verhouding en is dus een goede basis om toe te voegen aan de melk.

In fabrieken gebruiken ze een gevriesdroogd product. Dit zijn gekweekte bacteriën in poedervorm die constant onder een temperatuur van -20°C bewaard moeten worden. Ik ben in bezit van het product, maar de kwaliteit is waarschijnlijk aangetast door de wisselende temperaturen in de diepvries.

Na de toevoeging van de bacteriën, wordt de yoghurt gedurende een lange tijd op een constante temperatuur gehouden. Welke tijd en temperatuur dat zijn hangt af van de soort yoghurt die je wilt maken.

Twee soorten

Standyoghurt en roeryoghurt zijn 2 soorten yoghurt die elk een andere behandeling nodig hebben. Ze worden uit dezelfde grondstof en bacterieculturen gemaakt. Standyoghurt is een dikkere en vastere

Profielwerkstuk Yoghurt

Marleen Trommelen

© havovwo.nl maart 2004

yoghurt dan roeryoghurt en is gemakkelijke te lepelen, maar als men roert, wordt deze yoghurt dun. Standyoghurt wordt geproduceerd in 3 uur bij een temperatuur van 44°C. Roeryoghurt is slijmerig en blijft dit behouden tijdens het roeren. Daarom wordt deze gebruikt voor een product dat verpakt en verpompt moet worden. Roeryoghurt wordt geproduceerd in 20 uur bij een temperatuur van 31°C.

Afwerking

Als de yoghurt voldoende ontwikkeld (pH<4,5 en stevig genoeg) is, wordt de yoghurt verpakt en gekoeld tot 5°C om verdere ontwikkeling van de bacteriën en dus verzuring van de yoghurt tegen te gaan.

Deelvraag 2. Hoe zijn de milieufactoren?

Bij het bereiden van yoghurt voeg je een kleine hoeveelheid yoghurt toe aan de melk. Je zorgt er dan voor dat de omstandigheden zo zijn dat de bacterie zich snel deelt. De omstandigheden zijn dan optimaal. Wat voor omstandigheden zorgen voor een goede groei van de yoghurtbacteriën?

Aanwezigheid van voedsel

Een bacterie heeft voedsel nodig voor groei en vermenigvuldiging. Melkzuurbacteriën hebben melksuiker nodig voor hun ontwikkeling. Melk bevat 4,6% melksuiker en is daarmee een goede voedselbron voor de bacteriën.

Aanwezigheid van water

De melksuiker dat nodig is voor ontwikkeling, moet opgenomen worden in de cel en dat is alleen mogelijk als het voedsel is opgelost in water. Ook is er water nodig bij het omzetten van melksuiker in melkzuur, omdat dit een hydrolyse reactie is. Melk bestaat voor 87% uit water en voldoet dus aan de eis van de bacteriën.

Afwezigheid van zuurstof

Door de aanwezigheid van veel zuurstof uit de lucht (door bijvoorbeeld hard te roeren) worden de yoghurtbacteriën geremd in hun groei.

Omringende organismen

Beide bacteriën hebben voordeel van elkaar en zijn van elkaar afhankelijk. Het is niet mogelijk yoghurt te maken van alleen staafvormige of alleen bolvormige bacteriën. De melk wordt wel zuur, maar het product mist de aroma's en de stevigheid.

Temperatuur

Dit is de factor die ik in mijn experiment ga onderzoeken.

pH

Melk is vrijwel neutraal (pH=6,7). Tijdens de verzuring groeit *Lactobacillus bulgaricus* snel en *Streptococcus thermophilus* blijft sterk achter in aantal. *Lactobacillus bulgaricus* wordt geremd in zijn ontwikkeling door het zure milieu dat hij zelf veroorzaakt. *Streptococcus thermophilus* leeft daarentegen graag in een licht zure omgeving en groeit dan snel. Aanwezigheid in een sterk zure omgeving zal de *Streptococcus thermophilus* remmen in zijn groei. Dit komt omdat H_3O^+ concentratie invloed heeft op de vorm van de enzymen. De ionbindingen die van belang zijn voor de vorm van enzymen, worden door de pH verbroken en anders geordend. Hierdoor verliest het enzym zijn werking.

Om onnauwkeurigheden in de metingen zo klein mogelijk te houden, moet ik alle waarden constant houden en slechts één factor veranderen. Daarvoor moet ik werken met zo 'constant' mogelijke melk en yoghurt. De samenstelling van melk kan namelijk sterk variëren. Dit kan te maken hebben met de diersoort, de tijd van het jaar, het ras en de voeding. Ik heb gekozen om met melk en yoghurt van Campina te experimenteren, omdat zij werken met enorme grote hoeveelheden, die gestandaardiseerd worden. Hierdoor wijkt de samenstelling nooit veel af.

Profielwerkstuk Yoghurt

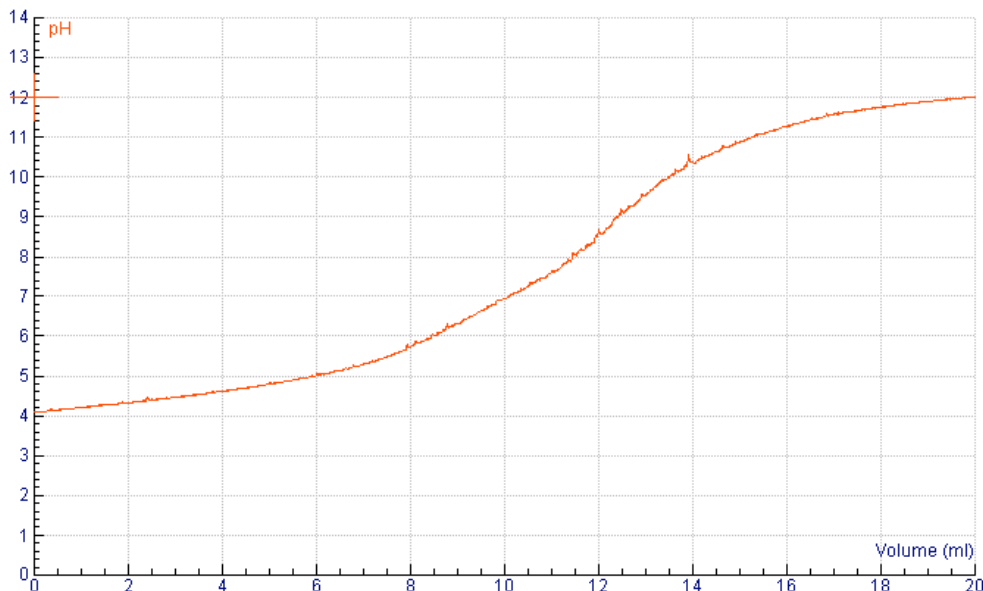
Marleen Trommelen

© havovwo.nl maart 2004

Deelvraag 3. Hoe bepaal ik de hoeveelheid gevormd melkzuur?

Titratie

Mijn eerste plan voor de bepaling van melkzuur was een titratie. Ik ben de yoghurt gaan titreren met NaOH, maar de titratie heeft een omslagtraject in plaats van een omslagpunt (zie grafiek 1). Hierdoor is de bepaling van melkzuur met een titratie erg onnauwkeurig.



Grafiek 1: Titratie van melkzuur

pH-meting

Een nieuwe stap was een pH-meting. De pH zegt iets over de zuurtegraad van de melk. Verse melk heeft een pH van 6,7. In de ontwikkeling van melk naar yoghurt wordt er melkzuur aangemaakt en daalt de pH. De pH-daling is een maat voor de hoeveelheid gevormd melkzuur. Stijgt de hoeveelheid melkzuur, dan daalt de pH. Er is geen wiskundig verband tussen de pH en de hoeveelheid gevormd melkzuur, omdat je te maken hebt met allerlei buffers, zoals eiwitten. Eiwitten zitten van oorsprong in de melk en zorgen ervoor dat je uit de pH niet de hoeveelheid gevormd melkzuur kunt berekenen. Toch geeft het ons al een duidelijk beeld van de hoeveelheid gevormd melkzuur. Het beeld wordt nog verduidelijkt als je de pH omzet in de hoeveelheid zuur, ofwel de concentratie H_3O^+ in $\frac{\text{mol}}{\text{liter}}$. Als de pH daalt wil dat zeggen dat er meer H_3O^+ is gevormd en dit is dus hetzelfde verband als de pH met de hoeveelheid melkzuur.

Deelvraag 4. Hoe hangt de hoeveelheid gevormd melkzuur af van de tijd?

Om de pH-waarde opzichte van de tijd te meten gebruik ik IP-coach. Dit programma meet elke minuut de pH en zet de resultaten uit in een grafiek en een tabel. Ik heb hier mijn eigen activiteit gemaakt. De computer maakt een grafiek met op de x-as de tijd en op de y-as de pH. Voor de tijdbasis heb ik 19 uur genomen, omdat de pH al na 2 uur afnemend gaat dalen, maar je hebt te maken met logaritmen. Na enkele berekeningen bleek dat de concentratie H_3O^+ nog sterk steeg en pas na 19 uur afnemend

Profielwerkstuk Yoghurt

Marleen Trommelen

© havovwo.nl maart 2004

begon te stijgen. Afnemende stijging was noodzakelijk voor verdere berekeningen. Hier volgt de werkwijze van een meting bij een constante temperatuur van 40°C. Het resultaat van de meting vind je in grafiek 2.

Materiaallijst

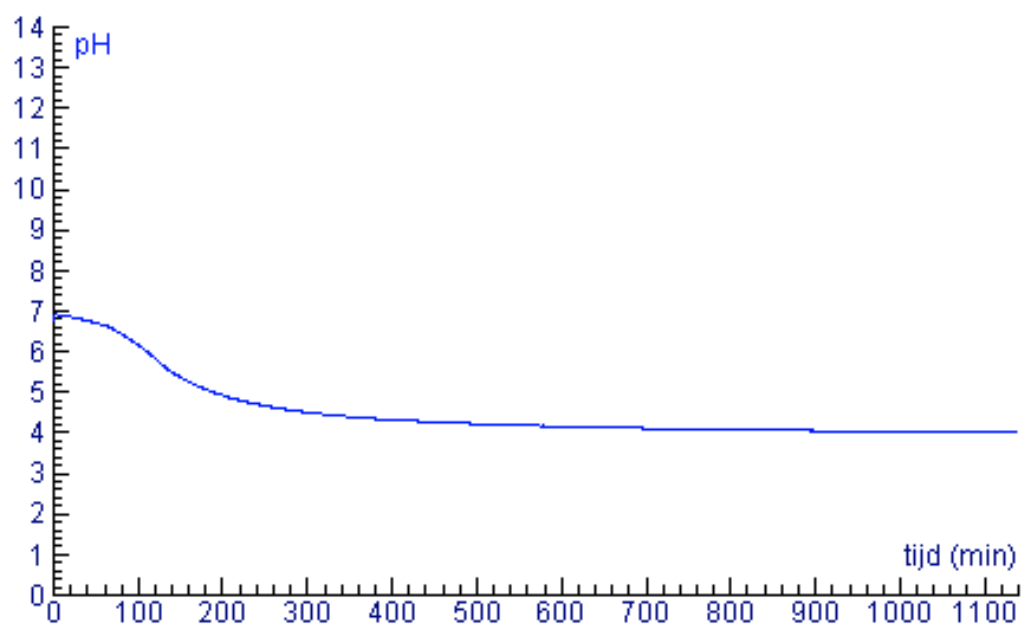
- Thermometer
- Brander
- Driepoot
- Bekerglas (20 ml en 250 ml)
- Spuitje (20 ml of 10 ml)
- Roerstaafje
- 250 ml halfvolle melk van Campina
- 7,5 ml volle yoghurt van Campina
- Waterbad
- Computer met IP-coach
- Verwerkingselement
- pH-sensor
- Erlenmeyer (250 ml)
- Statief met 2 klemmen

Werkwijze

Stel het waterbad in op de gewenste temperatuur (in dit geval 40°C). Klem aan het statief een erlenmeyer en hang de erlenmeyer in het waterbad, zodat het nog 3 cm boven het wateroppervlak uitkomt. Start het programma IP-coach op en sluit de pH-sensor aan. Zorg ervoor dat de pH-meter geijkt is. Klem aan het statief ook de pH-meter. Vul een bekerglas met 250 ml halfvolle melk en verwarm met een ruisende vlam tot 85°C. Blijf constant roeren. Als de melk op temperatuur is, laat je het afkoelen tot de gewenste temperatuur (in dit geval 40°C) in een bak met koud water. Ondertussen vul je een klein bekerglas voor de helft met volle yoghurt. Meet met een spuitje 7,5 ml af. Als de melk afgekoeld is, spuit je de afgemeten hoeveelheid yoghurt in de erlenmeyer en voeg je een scheutje van de melk toe. Roer goed met een roerstaafje. Voeg de rest van de melk toe en laat de pH-meter zakken in de melk, zodat het onderste gedeelte in de melk verdwijnt. Start de meting. Aan het eind van de meting moet je niet vergeten je meting op te slaan.



Resultaat



Grafiek 2: pH-meting bij een constante temperatuur van 40 graden

Profielwerkstuk Yoghurt

Marleen Trommelen

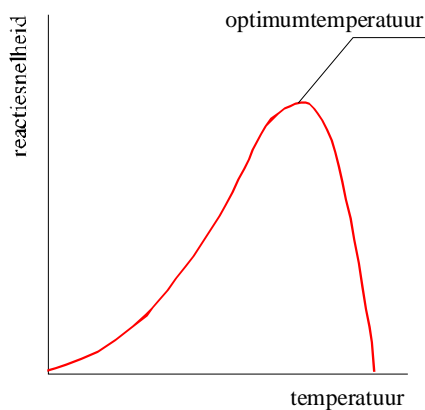
© havovwo.nl maart 2004

Deelvraag 5. Hoe hangt de hoeveelheid gevormd melkzuur af van de temperatuur?

Enzymen en temperatuur

Enzymen zorgen ervoor dat reacties bij lage temperaturen toch snel verlopen. Het zijn biokatalysatoren en ze verlagen dus de activeringsenergie. Net als bij elke andere chemische reactie geldt: hoe hoger de temperatuur, hoe groter de reactiesnelheid (zie grafiek 3). Toch zijn er grenzen aan deze regel. Enzymen zijn eiwitten en die moet je niet te hoog verhitten, want dan gaan ze denatureren. Ze verliezen dan hun werking. Deze werking is gebaseerd op de vorm van het enzym. Dit gebeurt ongeveer vlak na de optimumtemperatuur. Het heeft er ook mee te maken hoe lang ze bij die temperatuur moeten werken. Bij een korte tijdsduur zal een enzym niet zo veel invloed ondervinden van een hoge temperatuur dan bij een langer tijdsduur.

Vanaf de optimumtemperatuur spelen er twee dingen mee: bij een hogere temperatuur gaan ze denatureren en gaat de productie omhoog. Bij de optimumtemperatuur zijn er al eiwitten aan het denatureren, maar de productie bereikt dan toch nog een maximum. Daarna denatureren er zoveel eiwitten dat de productie erg klein wordt en uiteindelijk stopt.



Grafiek 3: Optimumcurve

Experiment

Om onderzoek te doen aan de invloed van de temperatuur moet ik alle factoren constant houden en slechts een factor veranderen. In dit geval is dat de temperatuur. Ik doe de proef van Deelvraag 4 opnieuw voor de temperaturen 25, 30, 35, 40, 45, 50 en 55°C om uit te zoeken hoe de hoeveelheid gevormd melkzuur afhangt van de temperatuur.

Profielwerkstuk Yoghurt

Marleen Trommelen

© havovwo.nl maart 2004

Resultaat

De pH-waarde ten opzichte van de tijd

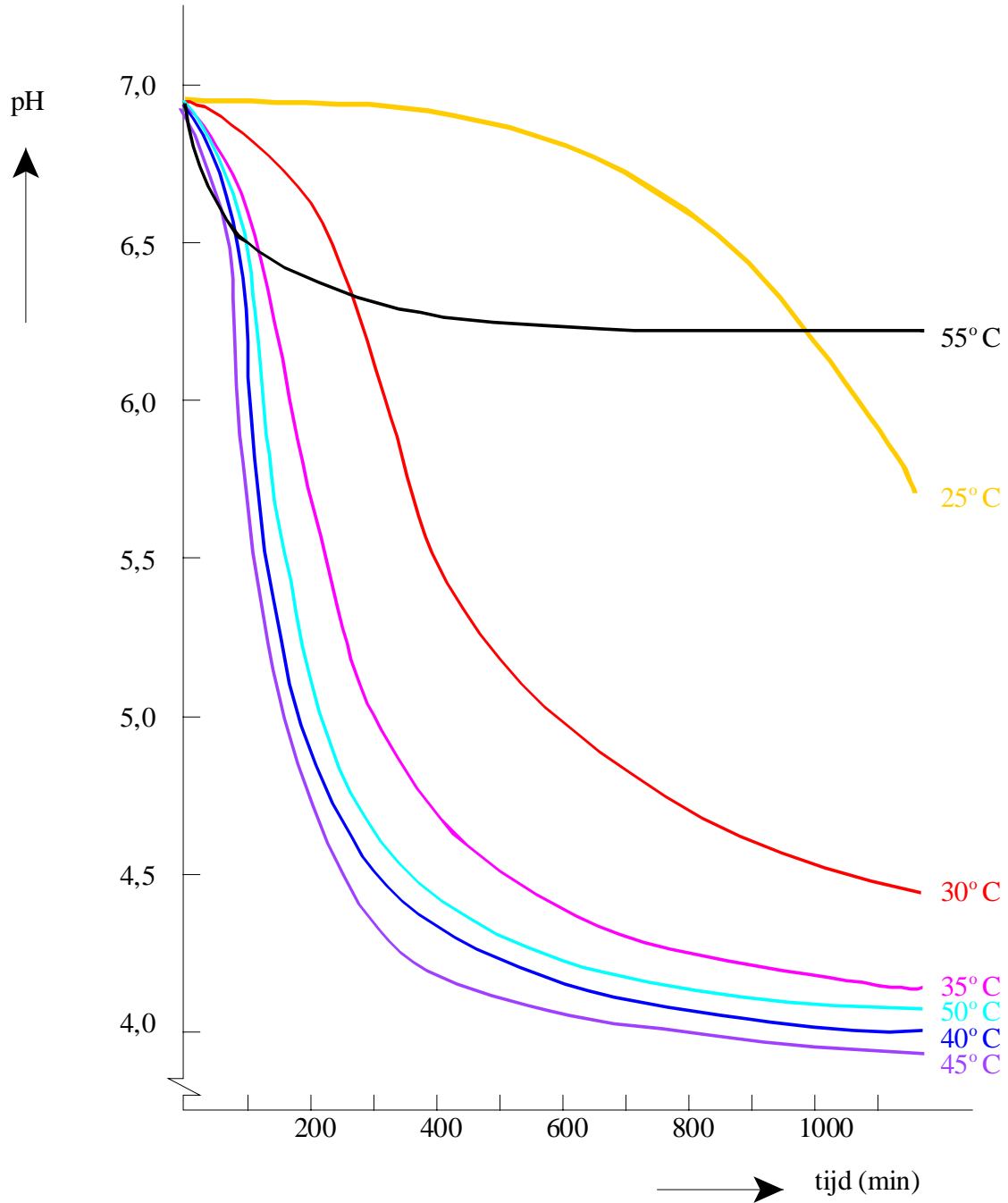
tijd (min)	25 graden	30 graden	35 graden	40 graden	45 graden	50 graden	55 graden
0	6,9	7	6,9	6,9	7	6,9	6,9
50	7	6,9	6,8	6,7	6,7	6,6	6,6
100	7	6,8	6,7	6,2	6	6,3	6,5
150	6,9	6,7	6,3	5,4	5,1	5,6	6,4
200	6,9	6,7	5,8	4,9	4,7	5,1	6,4
250	6,9	6,4	5,3	4,7	4,5	4,7	6,3
300	6,9	6,1	5	4,5	4,3	4,6	6,3
350	6,9	5,8	4,8	4,4	4,2	4,5	6,3
400	6,9	5,5	4,7	4,3	4,2	4,4	6,3
450	6,9	5,3	4,6	4,3	4,1	4,3	6,3
500	6,9	5,2	4,5	4,2	4,1	4,3	6,3
550	6,9	5,1	4,4	4,2	4,1	4,3	6,3
600	6,8	5	4,4	4,2	4,1	4,2	6,3
650	6,8	4,9	4,3	4,1	4	4,2	6,3
700	6,7	4,8	4,3	4,1	4	4,2	6,3
750	6,7	4,7	4,3	4,1	4	4,2	6,3
800	6,6	4,7	4,2	4,1	4	4,1	6,3
850	6,5	4,7	4,2	4,1	4	4,1	6,2
900	6,4	4,6	4,2	4,1	4	4,1	6,2
950	6,3	4,6	4,2	4	4	4,1	6,2
1000	6,1	4,5	4,2	4	4	4,1	6,2
1050	6	4,5	4,2	4	4	4,1	6,2
1100	5,9	4,5	4,1	4	3,9	4,1	6,2
1140	5,8	4,5	4,1	4	3,9	4,1	6,2

Zie grafiek 4.

Profielwerkstuk Yoghurt

Marleen Trommelen

© havovwo.nl maart 2004



Profielwerkstuk Yoghurt

Marleen Trommelen

© havovwo.nl maart 2004

Deelvraag 6. Hoe bepaal je aan de hand van deze grafieken de optimumtemperatuur?

Concentratie melkzuur

Zoals ik al eerder heb uitgelegd is de pH-daling een maat voor de hoeveelheid gevormd melkzuur. Daalt de pH, dan stijgt de hoeveelheid melkzuur. Het beeld werd nog verduidelijkt als je de pH-grafiek omzette in de hoeveelheid zuur, ofwel de concentratie H_3O^+ in mol / liter. Als de pH daalt wil dat zeggen dat er meer H_3O^+ is gevormd en dit is dus hetzelfde verband als de pH met de hoeveelheid melkzuur. De eerste stap is daarom het omzetten van de pH-grafiek in een H_3O^+ concentratiegrafiek. Dit doe je met behulp van de regel:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$$

Resultaten

De H_3O^+ concentratie (in μ mol/liter) tegen de tijd

tijd (min)	25 graden	30 graden	35 graden	40 graden	45 graden	50 graden	55 graden
0	0,13	0,1	0,13	0,13	0,1	0,13	0,13
50	0,1	0,13	0,16	0,2	0,2	0,25	0,25
100	0,1	0,16	0,2	0,63	10	0,5	0,32
150	0,13	0,2	0,5	3,98	7,94	25,1	0,4
200	0,13	0,2	1,58	12,5	19,9	79,4	0,4
250	0,13	0,4	5,01	19,9	31,6	19,9	0,5
300	0,13	0,78	10	31,6	50	25,1	0,5
350	0,13	1,58	15,8	39,8	63	31,6	0,5
400	0,13	3,16	19,9	50	63	39,8	0,5
450	0,13	5,01	25,1	50	79,4	50	0,5
500	0,13	6,31	31,6	63	79,4	50	0,5
550	0,13	7,94	39,8	63	79,4	50	0,5
600	0,16	10	39,8	63	79,4	63	0,5
650	0,16	12,5	50	79,4	100	63	0,5
700	0,2	15,8	50	79,4	100	63	0,5
750	0,2	19,9	50	79,4	100	63	0,5
800	0,25	19,9	63	79,4	100	79,4	0,5
850	0,32	19,9	63	79,4	100	79,4	0,63
900	0,4	25,1	63	79,4	100	79,4	0,63
950	0,5	25,1	63	100	100	79,4	0,63
1000	0,78	31,6	63	100	100	79,4	0,63
1050	1	31,6	63	100	100	79,4	0,63
1100	1,3	31,6	79,4	100	125,9	79,4	0,63
1140	1,58	31,6	79,4	100	125,9	79,4	0,63

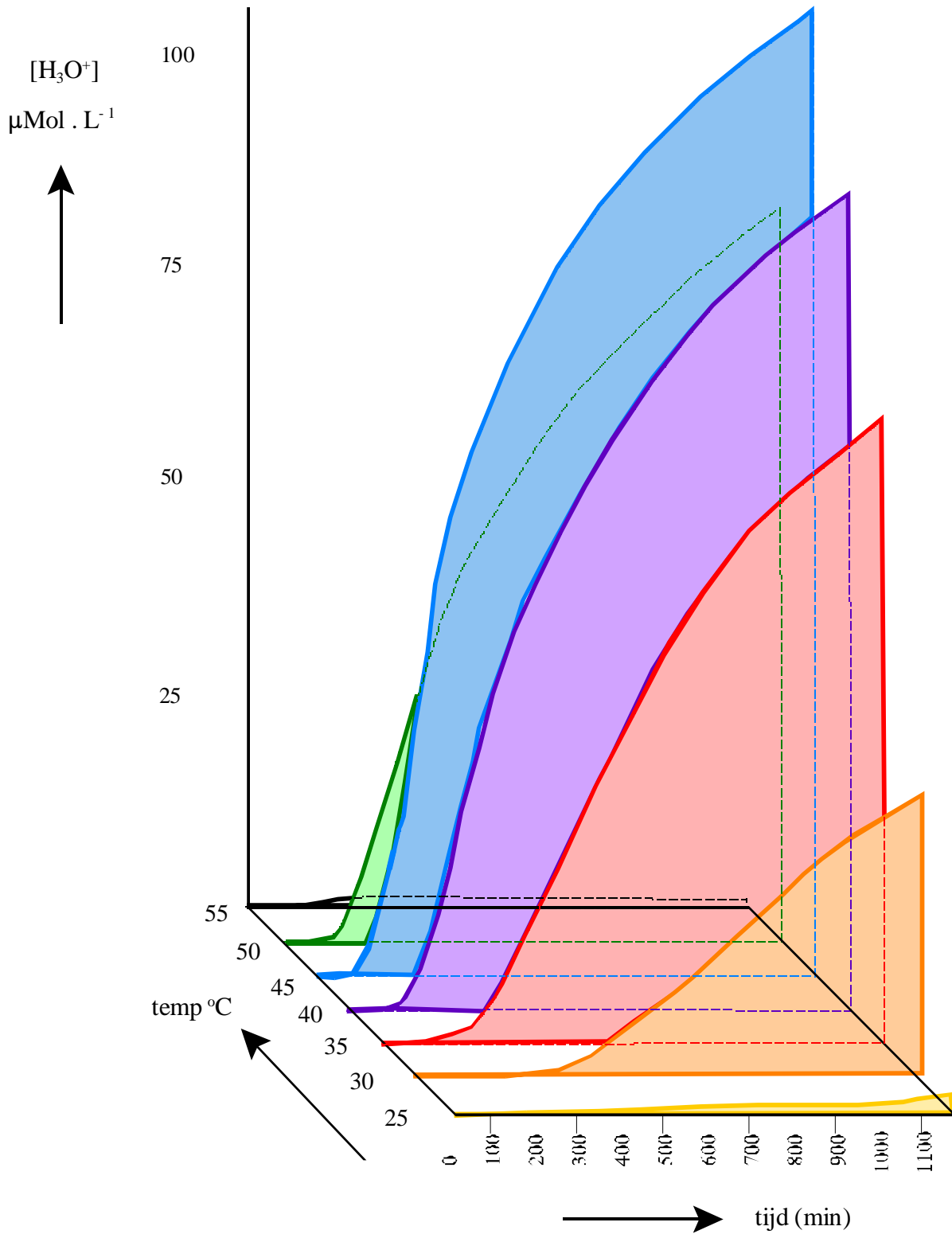
Zie grafiek 5.

Profielwerkstuk Yoghurt

Marleen Trommelen

© havovwo.nl maart 2004

grafiek 5



Profielwerkstuk Yoghurt

Marleen Trommelen

© havovwo.nl maart 2004

Optimumtemperatuur

De optimumtemperatuur geeft de temperatuur aan waar de reactiesnelheid het grootst is. De reactiesnelheid bij een bepaalde temperatuur is uit de H₃O⁺ concentratie-grafiek te halen. Dit doe je door de steilheid te bepalen. Er geldt immers:

$$\text{reactiesnelheid} = \frac{\text{hoeveelheid reactieproduct}}{\text{tijd}} = \text{steilheid H}_3\text{O}^+ \text{ concentratie-grafiek}$$

Resultaten

De vormingssnelheid van melkzuur (· 10³ μ mol / liter / min) tegen de tijd

tijd (min)	25 graden	30 graden	35 graden	40 graden	45 graden	50 graden	55 graden
0	0	0	0	0	0	0	0
100	0	0,8	6	30	50	0,2	1,6
200	0	4	20	150	230	180	0,8
300	0	15	100	195	230	150	0,2
400	0	25	102	140	120	120	0,2
500	0	35	105	100	90	80	0,2
600	0,4	40	95	90	70	65	0,2
700	0,5	45	75	70	50	65	0,2
800	1,5	40	65	55	50	50	0,2
900	3	40	60	45	50	45	0,2
1000	4	35	50	40	40	40	0,2
1100	5	30	40	35	30	35	0,2

Zie grafiek 6.

Op het tijdstip waarop de steilheid het grootst is, is dus de reactiesnelheid het grootst. De maximale reactiesnelheid verschilt per temperatuur. De temperatuur waarbij de maximale reactiesnelheid het grootst is, is de optimumtemperatuur.

Verklaring voor de vorm van de grafiek

De vorm van een grafiek kun je verklaren met logische beredenering. Voor alle temperaturen geldt dat de reactiesnelheid per liter toeneemt wanneer het aantal bacteriën toeneemt. De reactiesnelheid neemt bij 25°C het minst snel toe en bij 45°C het snelst. Hiermee is bewezen dat bacteriën bij een hogere temperatuur het snelst groeien tot een bepaalde grens. De reactiesnelheid neemt vervolgens ook weer af, omdat de pH daalt en omdat eiwitten gaan denatureren. De reactiesnelheid neemt bij 30°C niet erg sterk af en pas na een lange tijd, omdat de pH maar langzaam daalt en er weinig eiwitten denatureren. De reactiesnelheid neemt bij 45°C sterk af en al binnen korte tijd, omdat de pH snel daalt en er al veel eiwitten denatureren. De reactiesnelheid neemt bij 55°C vrijwel meteen af, omdat de eiwitten meteen denatureren en de pH dus niet zal dalen. Hieruit blijkt dus dat de temperatuur hoog moet zijn om de pH snel te laten dalen, maar een te hoge temperatuur remt alle productie.

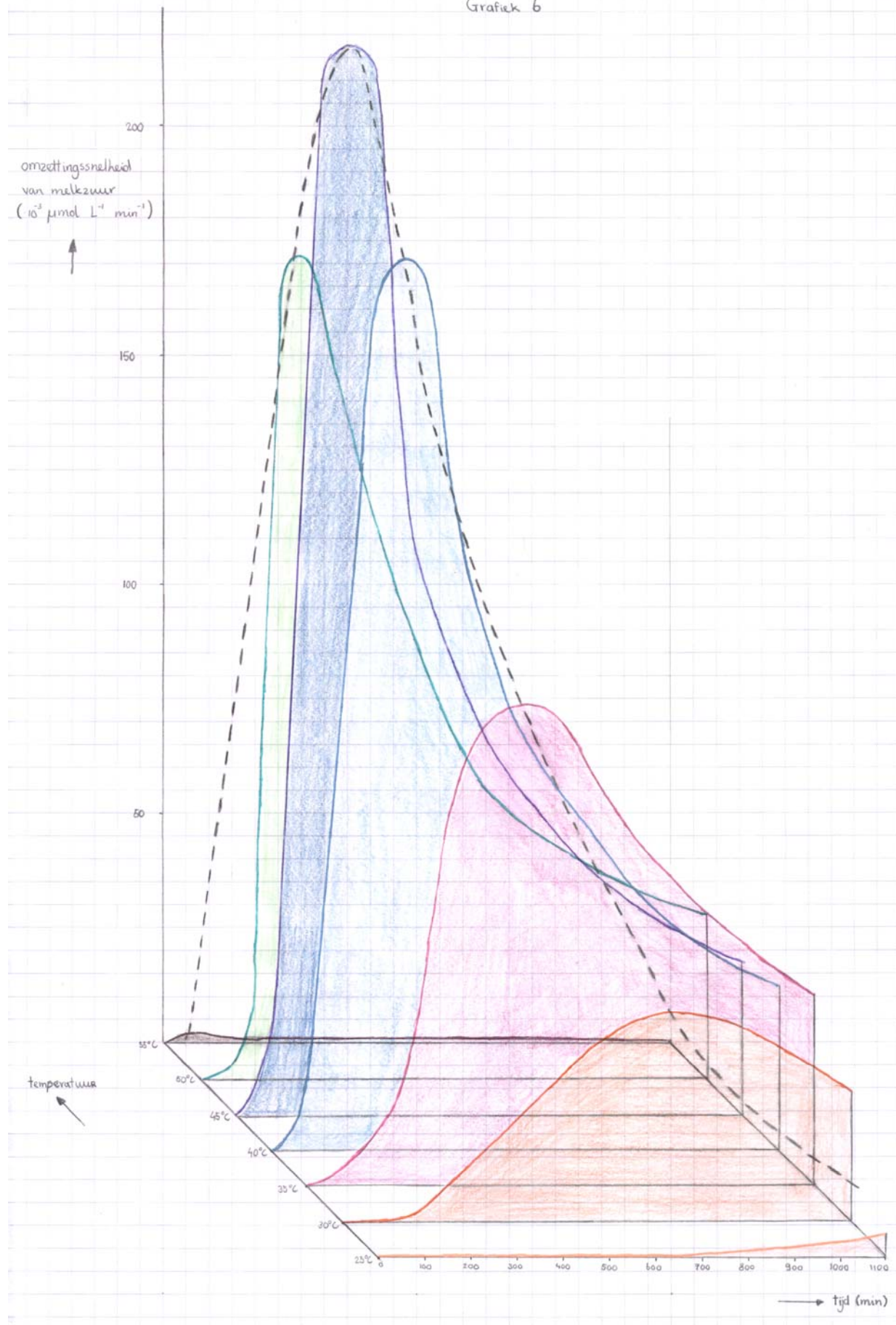
Tenslotte wil ik nog even wijzen op de lijn die de maximale reactiesnelheden van de afzonderlijke curven met elkaar verbind. Deze lijn geeft aan welke maximale reactiesnelheid bereikt kan worden met die temperatuur. Het is dus de optimumcurve van *Streptococcus thermophilus* en *Lactobacillus bulgaricus*. Hiermee kan je het antwoord op de deelvraag aflezen.

Profielwerkstuk Yoghurt

Marleen Trommelen

© havovwo.nl maart 2004

Grafiek 6



Profielwerkstuk Yoghurt

Marleen Trommelen

© havovwo.nl maart 2004

Antwoord op de onderzoeksvraag

De onderzoeksvraag

Wat is de optimale temperatuur voor de melkzuurbacteriën bij de bereiding van yoghurt?

Antwoord

Van de optimumcurve is af te lezen dat de optimumtemperatuur 45 graden is.

Discussie

Het doel van dit onderzoek was het toetsen van de bewering die in de literatuur gedaan werd over de optimumtemperatuur van *Lactobacillus bulgaricus* en *Streptococcus thermophilus*. Kennis over de optimumtemperatuur van deze twee bacteriesoorten zou van belang kunnen zijn bij de efficiënte bereiding van yoghurt en bij verder onderzoek naar deze bacteriën. Het gevonden antwoord wordt bevestigd door diverse literaire bronnen. Toch is hier nog enige discussie over mogelijk. Voor beide bacteriesoorten geldt dat het optimum ligt tussen de 37 en 43 graden. Deze kleine afwijking kan met twee dingen te maken hebben. Ik heb geen metingen gedaan tussen de 40 en 45 graden in. Het zou goed kunnen dat 43 graden een hoger maximale reactiesnelheid heeft. Een andere oorzaak zou kunnen zijn dat de hoogst mogelijke reactiesnelheid wel veel melkzuur oplevert, maar dat door de hoge temperatuur het aantal bacteriën dat denatureert in verhouding met andere lagere temperaturen erg hoog is. Daarom is de optimale temperatuur lager gekozen.

Ik heb bij het onderzoek geen blanco proef of controleproeven uitgevoerd. Toch heb ik op verschillende momenten controle uitgevoerd. Ik heb namelijk 3 proeven opnieuw moeten uitvoeren. Twee proeven waren met een tijdsbasis van maar 3 uur. Bij een derde proef werd ik onderbroken. Ik heb toen de melk, die al was afgekoeld tot de gewenste temperatuur, op temperatuur gehouden door het in het waterbad van 40 graden te hangen. Hierdoor wijkt de werkwijze af van de andere proeven. Daarom heb ik ook deze proef opnieuw gedaan. De pH-waarden van metingen bij dezelfde temperatuur heb ik met elkaar vergeleken en die bleken bijna exact dezelfde waarden te hebben. Dit laat zien dat de pH-verandering karakteristiek is voor een bepaalde kweektemperatuur.

Ik denk dat het onderzoek betrouwbaar is, omdat ik erg mijn best heb gedaan om onnauwkeurigheden te vermijden.

Profielwerkstuk Yoghurt

Marleen Trommelen

© havovwo.nl maart 2004

Evaluatie

Procesevaluatie

Ik ben achteraf erg blij met mijn onderwerpskeuze. Het onderwerp sloot goed aan bij mijn kennis over dit onderwerp en het heeft mijn kennis uitgebreid. Vooral over microbiologie ben ik veel te weten gekomen. Ik ben erg geïnteresseerd in de combinatie van biologie en scheikunde en dit gaat vaak goed samen.

Gedurende mijn proces heb ik geen planning gemaakt, omdat je dan meer tijd kwijt bent aan plannen dan aan het werkstuk zelf. Door gewoon op tijd te beginnen heb ik voorkomen dat ik op het laatst in de problemen zou komen. Wel heb ik een logboek bijgehouden van al mijn activiteiten.

Over yoghurt was niet erg veel informatie te vinden, maar dankzij Resy kon ik aan betrouwbare boeken en lesstof komen. Ik heb me erg breed kunnen oriënteren op het onderwerp.

Ik vond het vooral belangrijk om iets te onderzoeken waar nog geen handleiding van klaar lag. Hierdoor leer je om te gaan met de tegenslagen in de uitvoering. Ik heb de problemen die ik tegen kwam goed op kunnen lossen. In het begin heb ik wel alle moed bij elkaar moeten rapen, toen mijn eerst proef helemaal mislukt was, maar al snel was ik weer druk bezig met mijn volgende plan.

Ik ben blij dat ik dit onderzoek zelfstandig heb mogen uitvoeren. Het bespaarde me heel veel discussies en verloren tijd aan afspraken maken.

Ik vond dit onderzoek erg leerzaam en ik vond het leuk om eens op een hele andere manier bezig te zijn met je kennis. Ook vond ik het leuk om de kennis van twee verschillende vakken te combineren in één onderzoek.

Productevaluatie

Mijn proef heeft niet als doel gehad om yoghurt van goede kwaliteit te produceren, maar het was van belang dat ik gegevens kon verzamelen tijdens het productieproces. Dat wil niet zeggen dat ik geen goede yoghurt heb geproduceerd. Yoghurt die gekweekt was op een temperatuur van 30 graden had dezelfde structuur en kleur als gewone roeryoghurt en yoghurt van 45 graden had dezelfde eigenschappen als standyoghurt. Helaas heb ik de smaak niet mogen beoordelen. Ik mocht mijn eigengemaakte yoghurt niet proeven, omdat het een scheikunde proef is.

Ik was erg blij met de uitkomst van het onderzoek en het was boven mijn verwachtingen. Het klopt met de wetenschappelijke informatie die ik vond bij mijn oriëntatie. Ik heb een eigen optimumcurve van yoghurtbacteriën verkregen door middel van dit onderzoek.

Ik heb de gegevens overzichtelijk verwerkt. Door meerdere lijnen in een grafiek te zetten worden verbanden duidelijk. Ook het geschreven gedeelte heb ik zo overzichtelijk mogelijk proberen te maken door middel van onderverdeling in hoofdstukken en kopjes. Het aantal afbeeldingen heb ik beperkt tot de noodzakelijke plaatjes. Wat ik erg moeilijk vond, was het formuleren van de verbanden en de antwoorden op de deelvragen. Het is van groot belang om niet te lange zinnen te krijgen en toch verbanden duidelijk te maken. Uiteindelijk ben ik erg tevreden over mijn eindproduct.

Er zijn nog een aantal mensen die ik graag zou willen bedanken. De uitvoer van mijn profielwerkstuk zou niet mogelijk geweest zijn zonder de volgende mensen: mevrouw Boer, Serv, Resy van Roessel en mevrouw Steijns. Tenslotte wil ik meneer Weenen bedanken voor de uitstekende begeleiding gedurende mijn proces.

Profielwerkstuk Yoghurt

Marleen Trommelen

© havovwo.nl maart 2004

Bronvermelding

Boeken

Nectar Biologie 2 Deel 1 vwo §4.2

Boerenzuivel M.C. van der Haven en H. Oosterhuis

Rondom boerenkaas M.C. van der Haven en H. Oosterhuis

Verrassen met yoghurt Het Nederlands Zuivelbureau

Stencils

Microbiologie

Enzymen

Melkkunde

Conserveren

Internet

www.schoolmelk.com/alg-info/info-yoghurt.htm

www.xquis.com/products/_nl/yoghurt.htm

www.voedsel.net/vragen/vraag108.htm

www.digischool.nl/bioplek/techniekkartenbovenbouw/techniek73yoghurt.html