



TAAK A

Taak A: Bezoek aan de wijngaarden

Slovenië is een klein landje op de grens van de Alpen, is a tiny country at the junction between the Alps, het Pannonische Bekken, de Dinarische Alpen en de Adriatische Zee. Het is een van de groenste landen in de wereld en een van de meest waterrijke van Europa. De drie typen klimaat (landklimaat, mediterraan klimaat en alpien klimaaten land) in dit kleine gebied, maken Slovenië ideaal voor het telen van verschillende fruit- en groentesoorten. In veel delen van Slovenië is het klimaat perfect voor wijndruiven, wat resulteert in de productie van veel verschillende wijnsoorten in de verschillende regio's.

Wij gaan samen met twee jonge onderzoekers, Nina en Martin, een van de wijnregio's in west-Slovenië – de Karstregio - onderzoeken

Op een prachtige zonnige dag in mei, besloten Nina en Martin een tripje naar de Karstregio te maken. Ze wandelden door de pittoreske wijngaarden en genoten van de aanblik van de jonge lichtgroene blaadjes die aan de oude wijnranken groeiden. Na een flinke wandeling stopten ze bij een van de wijnkelders voor een wijnproeverij. Hier leerden ze over alle verschillende druivenrassen en de verschillen in geur, smaak en kleur van de wijn. Na afloop van hun dagtripje vroegen ze zich af wat nu verantwoordelijk was voor die mooie kleuren in het wijnlandschap. Help Nina en Martin om uit te vinden wat de stoffen zijn die deze prachtige kleuren veroorzaken en welke processen er mee samenhangen.



Experiment 1: Wat maakt bladeren groen?

Inleiding

Omdat het nog lente is groeien er nog geen druiven. Maar al die jonge groene blaadjes zijn een wonder der natuur! De lichtgroene kleur van de blaadjes fascineert Nina en Martin. Welke stoffen zorgen voor die mooie kleur? Ze besluiten de geheimen van de groene blaadjes te ontsluiëren. Omdat ze te zeer onder de indruk waren van het mooie landschap zijn ze vergeten druivenbladeren mee te nemen. In plaats daarvan gebruiken ze bladeren die beschikbaar zijn in hun laboratorium om het geheim van de groene kleur te ontsluiëren.

In deze taak ga je plantpigmenten extraheren uit spinaziebladeren met behulp van aceton. Je gaat de pigmenten scheiden met behulp van dunne-laagchromatografie (DLC); twee ervan ga je isoleren: β -caroteen en chlorofyl a.

Materialen en apparatuur

In de bak op de labtafel

- 1 g (0,9–1,1 g) spinaziebladen (vooraf gewogen, in een 25 mL bekeerglas)
- 1,5 g MgSO_4 , vooraf gewogen, in een potje
- 1 mortier met stamper
- katoen, in een potje
- 2 bekeerglazen van 25 mL
- 1 bekeerglas van 10 mL
- 1 bekeerglas van 100 mL
- aceton (30 mL) in een fles
- petroleumether (30 mL) in een fles
- 2 maatcilinders van 10 mL
- 3 pasteurpipetten met afgeknipte bovenkant
- 3 pasteurpipetten van 3 mL (je kunt er meer krijgen zonder puntverlies!)
- 1 glasstaaf
- 1 DLC-plaat van 5 bij 10 cm, met silica op aluminiumfolie
- een glazen pot voor chromatografie met daarin een stuk filterpapier van 9 bij 10 cm
- 2 DLC-platen van 2 bij 6,5 cm, met silica op aluminiumfolie, om mee te oefenen
- 1 capillairtje om de oplossing mee aan te brengen
- 1 spatel
- 1 Pincet
- 2 weegpapiertjes (je kunt er meer krijgen zonder puntverlies!)
- 2 UV-VIS-cuvetten
- 1 groen stopje voor een UV-VIS-cuvet
- 1 geel stopje voor een UV-VIS-cuvet

In de zuurkast

- verwarmingsplaat, voorverwarmd tot 80 °C

Als je per ongeluk iets morst of iets breekt en het wilt vervangen, vraag het dan aan een zaalassistent. Je kunt één ding vervangen zonder puntverlies, uitgezonderd de spinaziebladen en de DLC-plaat. Nieuwe spinaziebladen of een nieuwe DLC-plaat of een extra vervanging van iets anders kost je 5 punten.

1.1 Dunne-laagchromatografie van plantpigmenten

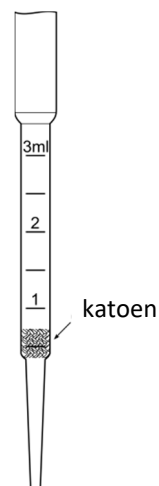
Begin met het maken van het filter. Doe een klein stukje katoen in een pasteurpipet waarvan de bovenkant is afgeknipt (zie figuur 1.1). Duw het katoen naar beneden met de glasstaaf, totdat het de vernauwing van de pipet bereikt. Duw niet te hard, om verstopping te voorkomen! Hang de pipet op aan een statief met behulp van een statiefklem en zet er een bekersglas van 10 mL onder.

Knip de spinazieblaadjes in kleine stukjes en doe ze in de mortier. Veeg de schaar af na gebruik! Voeg de magnesiumsulfaat ($MgSO_4$) toe en vermaal de blaadjes totdat een homogene pasta is ontstaan. Voeg dan 6 mL aceton toe met behulp van een pasteurpipet en maal nog eens 1 tot 2 minuten.

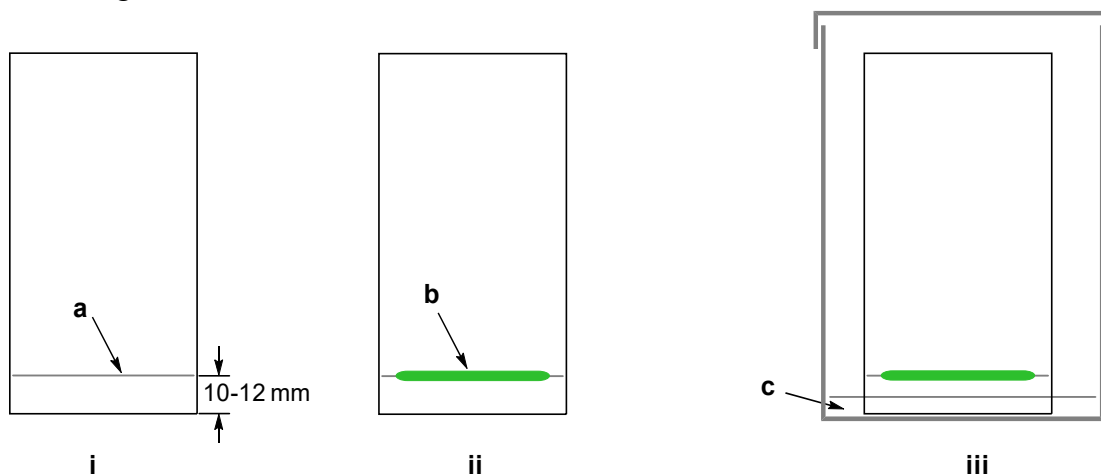
Breng meteen met een pasteurpipet de ontstane pigmentoplossing over van de mortier in je zelfgemaakte filter. Probeer zo min mogelijk vaste stof mee op te zuigen. Wacht totdat alle oplossing door het filter in het bekersglas gelopen is en geef het niveau van de oplossing met een markeerstift aan op het bekersglas. Zorg er ook voor dat je je eigen bekersglas kunt herkennen door het te markeren.

Zet het bekersglas op de voorverwarmde verwarmingsplaat in de zuurkast. Wacht totdat het vloeistofniveau tot de helft of eenderde van het oorspronkelijke volume is gedaald (dat duurt 5 tot 10 minuten).

Breng in de tussentijd de DLC-plaat in gereedheid. Zet met behulp van een lineaal een dunne potloodlijn aan de onderkant van de DLC-plaat, zo'n 10 tot 12 mm van de rand (dit is de startlijn, zie **a** in figuur 1.2i). Druk niet te hard op het potlood, om te voorkomen dat je de silicalaag beschadigt!



Figuur 1.1: Het filter: een afgeknipte pasteurpipet met daarin een stukje katoen.



Figuur 1.2: (i) Gereedmaken van een DLC-plaat. (ii) Aanbrengen van de pigmentoplossing. (iii) DLC-plaat in de glazen pot. Legenda: (a) startlijn; (b) pigmentoplossing; (c) mobiele fase.

Steek een capillairtje van 10 μL in de pigmentoplossing totdat het capillairtje gevuld is. Trek met het capillairtje een dunne streep pigmentoplossing op de startlijn. Begin 3 tot 5 mm van de rand en beschadig de silica niet! Herhaal dit 2 of 3 keer, zodat je een streep van 3 tot 4 lagen dik op de startlijn hebt (zie figuur 1.2ii). Laat de DLC-plaat met de pigmentoplossing een paar minuten drogen.

Tip: je mag het aanbrengen van de streep op de startlijn oefenen op de kleine DLC-plaatjes van 2 bij 6,5 cm.

Zet het stuk filterpapier van 9 bij 10 cm aan de binnenzijde tegen de wand van de pot, met de langste zijde horizontaal op de bodem. Druk het goed tegen de wand aan. Doe dan, met een maatcilinder, de mobiele fase in de pot, bestaande uit: 9 mL petroleumether en 4 mL aceton. Doe het deksel op de pot en zwenk de pot om de mobiele fase te mengen en het filterpapier er mee te doordrenken. Laat de pot 1 tot 2 minuten staan.

Doe de pot open en zet de DLC-plaat erin (zie figuur 1.2iii). Als het lukt, vermijd dan contact tussen de DLC-plaat en het filterpapier. Doe het deksel weer op de pot en laat hem staan totdat de mobiele fase omhoog is gelopen tot 1 tot 2 cm onder de bovenrand van de DLC-plaat. Beweeg de pot niet tijdens het omhooglopen van de mobiele fase!

Vraag 1.1.1

Haal de DLC-plaat met een pincet uit de pot en **roep een zaalassistent om een foto van het chromatogram op de plaat en je teamcode te maken**. Je krijgt een afdruk van de foto aan het einde van de test.

❖ **Voeg de afdruk van je chromatogramfoto bij je antwoordbladen.**

Vraag 1.1.2

Maak een tweede filter (zie figuur 1.1) en hang het in een statief. Zet er een cuvet onder.

Gebruik de zijkant van de spatel om de silicalaag onder en boven de bovenste gele streep op je DLC-plaat te breken. Schraap dan de silica met de gele streep op een weegpapiertje en druk er voorzichtig op met de spatel om de silica te verbrijzelen. Breng het poeder over op je filter en voeg met een pasteurpipet 1,0 mL aceton toe om het pigment te extraheren en in de cuvet te laten lopen. Doe het gele stopje op de cuvet.

Maak nog een filter en herhaal de bovenstaande procedure voor de sterkst gekleurde groene streep. Doe het groene stopje op de cuvet.

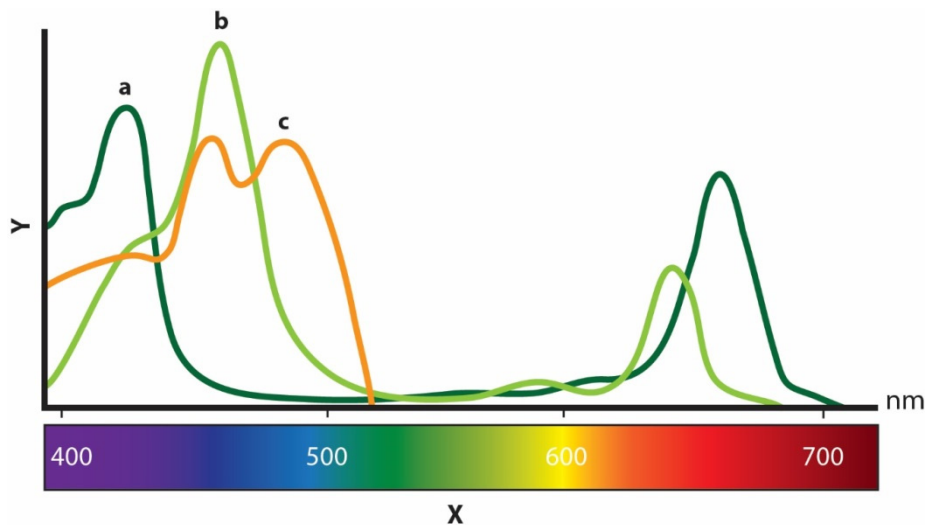
❖ **Roep een zaalassistent om je met de twee cuvetten mee te nemen naar de spectrofotometer. Geef de cuvetten aan de analist. Neem afdrukken van de spectra met daarop je teamcode mee en voeg ze bij je antwoordbladen.**

Als er iets misgegaan is (bijvoorbeeld als je chromatogram niet geschikt is om pigmentstrepen vanaf te schrapen of als je de pigmenten niet hebt kunnen extraheren) kun je het experiment herhalen. Je kunt nieuwe spinazie of een nieuwe DLC-plaat krijgen, maar dat kost je dus 5 punten.

1.2 Spectra van plantpigmenten

Wijn wordt gemaakt van druivensap, dat glucose en andere suikers bevat. Tijdens het productieproces van wijn worden de suikers in het sap door vergisting (fermentatie) omgezet in ethanol. De suikers worden door groene planten, zoals druivenplanten, gemaakt uit water en koolstofdioxide door middel van fotosynthese. De energie die nodig is om deze endotherme reactie te laten verlopen komt uit zonlicht. Licht (fotonen) wordt (worden) geabsorbeerd door fotosynthetische pigmentmoleculen, zoals groene chlorofyllen en geel-oranje carotenoïden. De energie van het licht (van de fotonen) wordt dan gebruikt om glucose te synthetiseren.

Bekijk de spectra van chlorofyl a en b en van β -caroteen in figuur 1.3. Onthoud dat een hoge extinctie overeenkomt met een lage transmissie.



Figuur 1.3: De absorptiespectra van twee chlorofyllen en van β -caroteen.
Y = extinctie. (a) chlorofyl a, (b) chlorofyl b, (c) β -caroteen.

Vraag 1.2.1

Schat het interval van de golflengte waarin de absorptie van licht door de pigmenten 'hoog' is, dat wil zeggen: hoger dan 20% (of 1/5) van de maximale lichtabsorptie.

❖ **Schrijf het resultaat op bij vraag 1.2.1 op je antwoordblad.**

Vraag 1.2.2

Wat is het interval van golflengten tussen 400 nm en 650 nm waarin de absorptie van het mengsel van pigmenten 'laag' is (lager dan 1/5)?

❖ **Schrijf het resultaat op bij vraag 1.2.2 op je antwoordblad.**

Vraag 1.2.3

Welke kleur heeft het mengsel van deze pigmenten (één correct antwoord)?

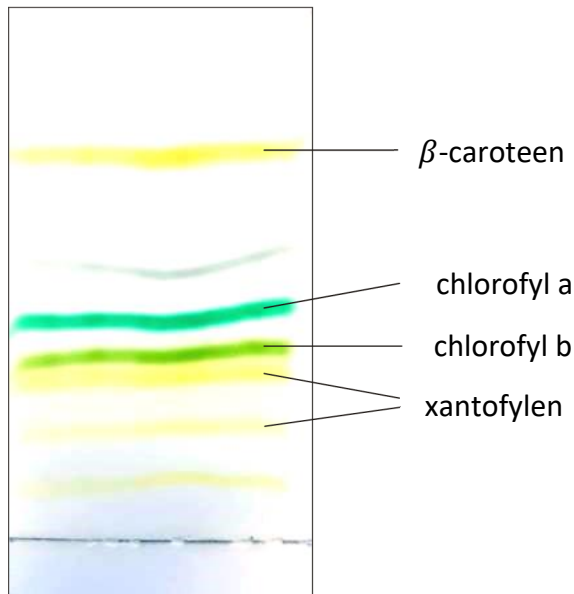
- A blauw
- B groen-geel
- C oranje-rood
- D violet

❖ **Schrijf de letter van het correcte antwoord (A, B, C of D) op bij vraag 1.2.3 op je antwoordblad.**

1.3 Chromatogramonderzoek

Vraag 1.3.1

Silica is een zeer polaire stationaire fase voor chromatografie. Tijdens het chromatografische experiment lopen de pigmenten langs de stationaire fase. Kijk naar figuur 1.4, een plaatje van het chromatogram van de pigmenten. Op basis van de afstand die ze hebben afgelegd kun je inschatten hoe polair de verschillende pigmenten in het chromatogram zijn.



Figuur 1.4: Chromatogram van plantpigmenten.

Zet de pigmenten in oplopende volgorde van polariteit: dus van het minst polaire naar het meest polaire pigment.

- A chlorofyl a
- B chlorofyl b
- C β -caroteen
- D xantofylen

❖ **Schrijf de letters in de juiste volgorde op bij vraag 1.3.1 op het antwoordblad.**

1.4 Vergisting van glucose

Gist zet suikers in druivensap om in ethanol en koolstofdioxide. In het ideale geval worden alleen ethanol en koolstofdioxide gevormd uit glucose, in een molverhouding van 1:1.

Vraag 1.4.1

Maak de onderstaande reactievergelijking, die de omzetting van glucose in ethanol en koolstofdioxide beschrijft, kloppend.



❖ **Schrijf de getallen die de reactievergelijking kloppend maken op bij vraag 1.4.1 op het antwoordblad.**

Naast andere bestanddelen bestaat druivensap meestal voor zo'n 15 tot 25 massaprocent (m%) uit suikers. Stel dat je een oplossing van glucose in water hebt met $w(\text{glucose}) = 20,0$ massa%. De dichtheid van deze oplossing is $1,080 \text{ g mL}^{-1}$. Stel ook dat alle glucose uit deze oplossing omgezet wordt in ethanol en koolstofdioxide. Je kunt nog wat handige gegevens vinden aan het begin van het antwoordblad.

Vraag 1.4.2

Wat is de massa van glucose in 1,00 L van deze oplossing?

- ❖ **Schrijf je berekeningen en het resultaat op bij vraag 1.4.2 op het antwoordblad.**

Vraag 1.4.3

Wat is de massa van ethanol die gevormd wordt in 1,00 L van deze oplossing?

- ❖ **Schrijf je berekeningen en het resultaat op bij vraag 1.4.3 op het antwoordblad.**

Vraag 1.4.4

Gasvormig koolstofdioxide verlaat de oplossing. Wat is de massa van koolstofdioxide die gevormd wordt in 1,00 L van deze oplossing?

- ❖ **Schrijf je berekeningen en het resultaat op bij vraag 1.4.4 op het antwoordblad.**

Vraag 1.4.5

Wat is het massapercentage ethanol in deze oplossing?

- ❖ **Schrijf je berekeningen en het resultaat op bij vraag 1.4.5 op het antwoordblad.**

Vraag 1.4.6

Wat is bij $p = 100 \text{ kPa}$ en $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ het volume van het gasvormige koolstofdioxide dat gevormd wordt door vergisting van 1000 L druivensap?

- ❖ **Schrijf je berekeningen en het resultaat op bij vraag 1.4.6 op het antwoordblad.**

Vraag 1.4.7

Er zijn meerdere gevallen bekend van mensen die gestikt zijn toen ze niet-geventileerde wijnkelders betraden waar druivensap werd vergist.

Wat is de dichtheid van gasvormig koolstofdioxide bij $p = 100 \text{ kPa}$ and $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$?

- ❖ **Schrijf je berekeningen en het resultaat op bij vraag 1.4.6 op het antwoordblad.**

Vraag 1.4.8

Is de dichtheid van koolstofdioxide lager of hoger dan de dichtheid van lucht?

- A Lager
- B Hoger

❖ **Schrijf de letter van het correcte antwoord (A of B) op bij vraag 1.4.8 op je antwoordblad.**

Vraag 1.4.9

Stel dat je een wijnkelder gaat bouwen en daarbij twee opties hebt:

- A De kelder onder de grond bouwen.
- B De kelder boven de grond bouwen.

Welke optie is veiliger voor de mensen die er werken als er geen kunstmatige ventilatie in de kelder wordt aangebracht?

❖ **Schrijf de letter van het correcte antwoord (A of B) op bij vraag 1.4.9 op je antwoordblad.**

Experiment 2: Sommeliers

Inleiding

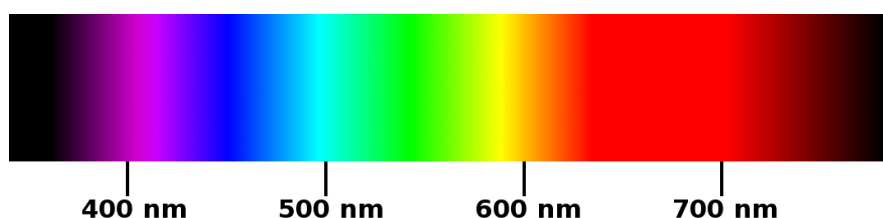
Door hun reis geïnspireerd bezochten Nina en Martin de eigenaar van de wijngaard die ze bewonderden en boden hem hun hulp aan, aangezien ze zoveel mogelijk wilden leren van de kunst van het maken van wijn. De eigenaar, wijnmaker Ivan, nodigde hen uit voor het druivenplukken in de herfst, maar omdat dat nog ver weg ligt besloot hij om hen eerst een paar van zijn wijnen te tonen. Als bedankje brachten Nina en Martin monsters van drie andere wijnen van andere wijngebieden mee om te vergelijken. Aangezien de monsters niet waren gelabeld konden ze zich de wijnsoorten niet herinneren. Ze maakten een spectrometer om de kleuren van de wijnen wetenschappelijk te onderzoeken, maar ze hebben jullie hulp nodig om de metingen te verrichten en de resultaten te analyseren.

Materialen en apparatuur

- 3D-geprinte spectrofotometer in een zwarte doos met ingebouwde LED, fotodiode, lens en een printplaat
- 'longpass' optische filters (495 nm, 515 nm, 530 nm, 550 nm, 570 nm, 590 nm, 610 nm, 630 nm, 645 nm, 665 nm) in een plastic doosje (in de zwarte doos)
- multimeter (in de zwarte doos)
- 4 plastic cuvetten met een versmalling, met witte stopjes
- 5 pasteurpipetten
- 3 wijnmonsters in plastic flesjes, gelabeld als Sample A, Sample B, Sample C
- gedemineraliseerd water

2.1 Spectrometrie

Wit licht bestaat uit spectrale kleuren van verschillende golflengten. Verschillend gekleurde vloeistoffen verschillen in de hoeveelheid licht die ze doorlaten bij verschillende golflengten. Water laat vrijwel al het licht door in het zichtbare gebied, tussen 400 nm en 700 nm. Organische kleurstoffen in rode wijnen (voornamelijk moleculen van de groep van anthocyanen) absorberen licht van het blauwe en groene deel van het spectrum, waardoor de wijn zijn karakteristieke kleur krijgt.



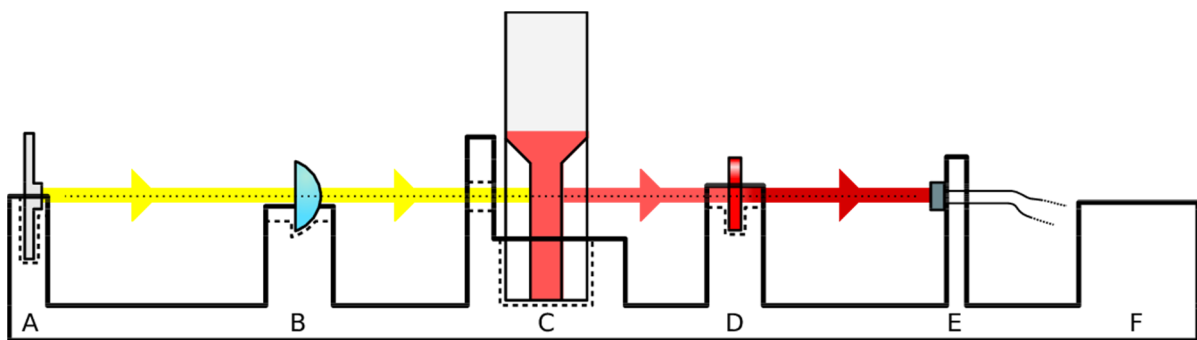
Figuur 2.1: Spectrale kleuren bij verschillende golflengten.

De hoeveelheid licht die door een vloeistof wordt doorgelaten wordt beschreven door zijn transmissiespectrum, dat voor elke golflengte de fractie doorgelaten licht aangeeft tussen 0 en 1. In chemische analyse worden transmissiespectra gebruikt om de samenstelling van verschillende mengsels te bepalen, zoals je in experiment 1 hebt ontdekt. Er zijn verschillende

experimentele methoden om het spectrum te meten. De meeste spectrofotometers sturen wit licht door een monster en splitsen met een prisma of tralie het doorgelaten licht in de afzonderlijke kleuren, die vervolgens met een lichtsensoren worden gedetecteerd. In dit experiment gebruiken jullie een andere methode.

Longpass filters zijn ontworpen om vrijwel al het licht boven een bepaalde golflengte door te laten en niks eronder. Met een dergelijk filter kunnen we de intensiteit van slechts een gedeelte van het spectrum meten. De intensiteit van doorgelaten licht **tussen twee golflengten** wordt berekend met behulp van de gemeten intensiteit door longpass filters bij de gekozen golflengten. Zie appendix A voor een gedetailleerde uitleg van deze berekening.

De spectrofotometer bestaat uit een licht-emitterende diode (LED), een lens en een fotodiode om de lichtintensiteit te detecteren, zoals in figuur 2.2. wordt getoond. Appendix A beschrijft de details over hoe de spectrofotometer werkt en **hoe je hem gebruikt**.



Figuur 2.2: Schema van de 3D-geprinte spectrofotometeropstelling met daarin de lichtstraal aangegeven: (A) licht-emitterende diode (LED); (B) bolle lens; (C) houder voor de cuvet met versmalling; (D) houder voor de longpass-filter; (E) fotodiode; (F) batterijhouder en printplaat met een elektrisch circuit.

Haal de multimeter uit de doos. Verbind de rode en zwarte kabel van de printplaat met de multimeter. **LET OP: trek niet te hard aan de kabels, want dan gaat het apparaat stuk!** Zet de multimeter aan en stel hem in op spanningsbereik tot 20 V. Zet de spectrofotometer aan door op de rode knop te drukken (zie appendix A). Controleer of de multimeter een stabiele niet-nul waarde aangeeft met de LED aan. Zo niet, controleer dan je aansluiting. Als er een probleem is, vraag dan de zaalassistent. **Laat de spectrofotometer ongeveer 5 minuten aanstaan vóór je begint te meten, om de intensiteit van de LED te laten stabiliseren. Je kunt hiervoor de stopwatch gebruiken, maar het is niet per se nodig. Schakel de spectrofotometer niet uit gedurende de metingen, omdat de intensiteit in het begin enigszins varieert.**

De spectrofotometer wordt ook gebruikt in experiment 3. Plan de metingen met je teamleden om de wachttijd te minimaliseren.

Vraag 2.1.1

Noteer het serienummer dat op het deksel van de spectrofotometer staat op het antwoordblad. Meet de spanning met de LED ingeschakeld, met gesloten doos en **zonder** cuvet en **zonder** filter. Noteer de waarde op het antwoordblad.

- ❖ **Noteer het serienummer van de spectrofotometer bij vraag 2.1.1. op het antwoordblad.**
- ❖ **Noteer je meetwaarde bij vraag 2.1.1 op het antwoordblad.**

Vraag 2.1.2

Doe met een pasteurpipet elk monster (**gedemineraliseerd water en elk van de drie wijnmonsters**) in een schone cuvet tot bovenaan het smalle gedeelte en sluit deze af met een stopje. Gebruik een andere pipet én een andere cuvet voor elk monster. Luchtbelletjes in de cuvet verstrooien licht en verpesten de meting. Als je belletjes ziet, tik de cuvet dan tegen de werkbank om ze te verwijderen.

Gebruik bij het hanteren van optische materialen (filters, lenzen etc.) de laboratoriumhandschoenen! Als de geleverde handschoenen niet passen vraag dan de zaalassistent om een kleiner of groter paar.

Controleer de golflengte gedrukt op de rand van elk filter (zeer kleine opdruk) voordat je deze in de houder plaatst, zoals getoond in figuur 2.2. **Zorg ervoor dat je elk filter in het juiste hoesje terugstopt nadat je hem gebruikt hebt.** Oriënteer de cuvet bij het plaatsen in de houder, zoals aangegeven in figuur 2.2, zodat het licht door het kortere (4 mm) gedeelte van het monster gaat. **LET OP: dit is niet de standaardmethode voor het gebruik van een cuvet. We oriënteren ze op deze manier vanwege het ontwerp van de spectrofotometer.**

Meet voor elk van de filters de hoeveelheid doorgelaten licht door elk monster. Voor elke meting dien je filter en cuvet in de juiste posities te plaatsen en vervolgens de doos te sluiten om strooilicht en reflecties van LED-licht van de omgeving te minimaliseren. Verplaatsen de optische elementen en het monster niet gedurende de meting. Lees de waarde van de multimeter af nadat de meetwaarde gestabiliseerd is. Noteer de spanning in volt in tabel 2.1.2. op het antwoordblad.

- ❖ **Noteer je metingen op het antwoordblad, tabel 2.1.2.**

Als je niet in staat was om de metingen te doen, of de metingen onbruikbaar zijn, vraag de zaalassistent om een voorgeprepareerde tabel van metingen. Dit zal je 17 punten kosten.

Als je een nieuw monster nodig hebt, vraag de zaalassistent. Een nieuw monster zal je 5 punten kosten.

Vraag 2.1.3a

Om het transmissiespectrum te berekenen moet je eerst de transmissie meten bij elk golflengte-interval. Trek voor elk monster de intensiteiten (gemeten door spanning U) van opeenvolgende golflengten van elkaar af. Je dient de waarde bij de hogere golflengten van de waarde bij de

lagere golflengten af te trekken. Bijvoorbeeld, de intensiteit doorgelaten tussen 495 nm en 515 nm wordt gegeven door het verschil $U_{495\text{nm}} - U_{515\text{nm}}$. Noteer de verschilwaarden van tabel 2.1.2. in tabel 2.1.3.

❖ **Vul de kolommen “Spanningsverschillen” op het antwoordblad, tabel 2.1.3.**

Vraag 2.1.3b

De transmissie voor licht tussen twee golflengten λ_1 en λ_2 is het **quotiënt** van de intensiteit doorgelaten door het **monster** en de intensiteit doorgelaten door **water**:

$$T_{\lambda_1-\lambda_2} = \frac{U_{\lambda_1} - U_{\lambda_2}}{U_{\lambda_1}^{\text{water}} - U_{\lambda_2}^{\text{water}}}$$

De transmissie varieert van 0 als al het licht wordt geblokkeerd, tot 1 als al het licht wordt doorgelaten. Experimentele fouten kunnen zorgen voor waarden buiten het interval tussen 0 en 1.

Deel de waarden van de juiste kolommen van tabel 2.1.3 door elkaar om de transmissie voor alle drie wijnmonsters te berekenen. Vul de berekende transmissiewaarden in in tabel 2.1.3.

❖ **Vul de kolommen “Transmissies” in op het antwoordblad, tabel 2.1.3.**

Vraag 2.1.4

Teken de afhankelijkheid van de transmissie als functie van de golflengte uit tabel 2.1.3 in dezelfde grafiek op millimeterpapier m.b.v. verschillende kleurmarkers. Teken ze als een stapgrafiek: let er op dat je elke berekende transmissiewaarde intekent op het bijbehorende golflengte-interval. Denk eraan een legenda te maken.

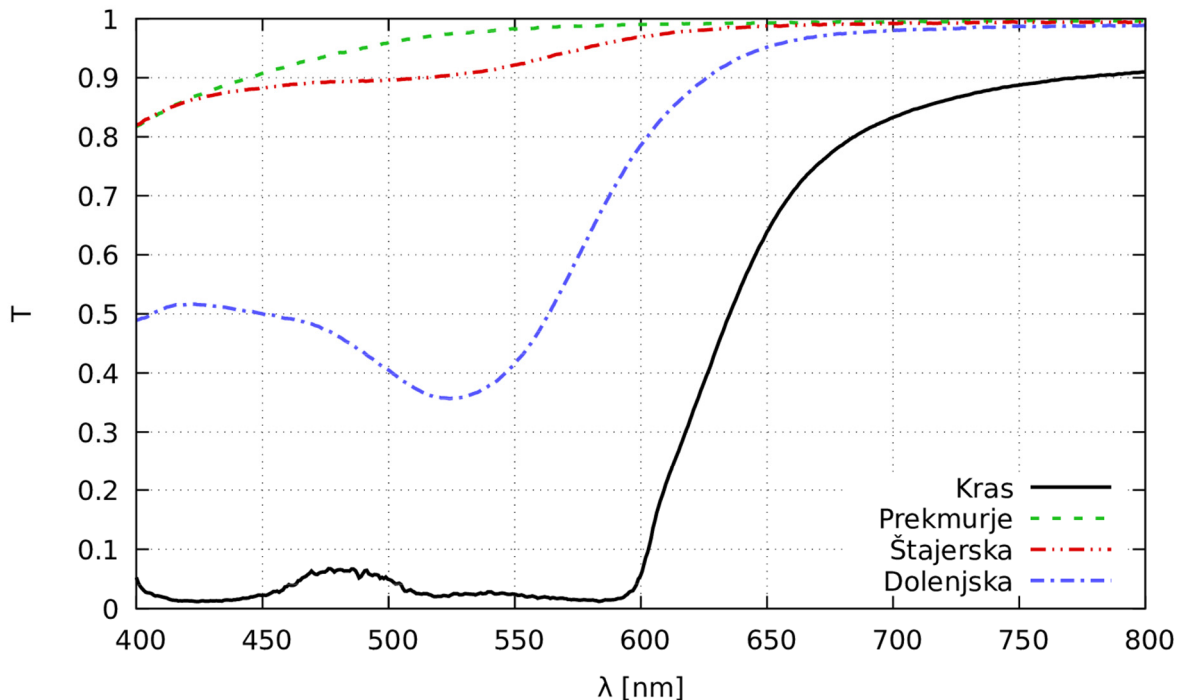
❖ **Teken de grafiek op millimeterpapier, label het met 2.1.4, markeer het met de sticker met jouw teamcode en bevestig het aan het antwoordblad.**

2.2 Analyse

Vraag 2.2.1

De grafieken in figuur 2.4 tonen de transmissiespectra van 4 verschillende wijnen uit 4 verschillende streken van Slovenië, gemeten met een commerciële spectrometer. Bepaal door het vergelijken van jouw resultaten met de grafieken in figuur 2.4 welk van jouw monsters welke wijnstreek vertegenwoordigt. Als je denkt dat geen enkel van jouw monsters overeenkomt met de wijnen in figuur 2.4, schrijf dan ND als antwoord.

❖ **Noteer voor elk monster de wijnstreek of 'ND' bij vraag 2.2.1 op het antwoordblad.**



Figuur 2.4: Transmissiespectra van 4 wijnen uit 4 verschillende wijnstreken (Kras, Prekmurje, Štajerska, Dolenjska).

Vraag 2.2.2

Welke veranderingen in het experiment leiden tot welke gevolgen? Wijs één of meer veranderingen aan voor elk gevolg. Elke verandering kan elk aantal gevolgen hebben, ook nul.

Veranderingen

- A Kleinere intervallen tussen opeenvolgende longpass-filters (meer filters).
- B Grotere intervallen tussen de opeenvolgende longpass-filters (minder filters).
- C 'Dunnere laag' van het monster.
- D 'Dikkere laag' van het monster.
- E Helderere LED.
- F Zwakkere LED.
- G Multimeter met meer decimalen.
- H Lichtere kleur van de doos.
- I Verdunning van het monster met water.

Gevolgen:

1. Kleinere relatieve fout van de transmissiemetingen voor sterk absorberende (donkere) monsters.
2. Kleinere relatieve fout van de transmissiemetingen voor zwak absorberende (doorzichtige) monsters.
3. Grotere fouten in de transmissiewaarde van alle monsters
4. Betere golflengte-resolutie van het spectrum.

❖ **Schrijf één of meer letters van A-I op voor elk gevolg bij vraag 2.2.2 op het antwoordblad.**

Vraag 2.2.3

De transmissie is kleiner voor een 'dikker' monster en groter voor een 'dunner' monster. Als je beter wilt kunnen vergelijken wat de verschillen zijn tussen de interacties van een monster met elke kleur licht (golflengte), voor welk van de monsters (A, B of C) zou je dan een cuvet van 10 mm 'dikte' nemen in plaats van een van 4 mm zoals gebruikt in dit experiment?

❖ **Schrijf één letter A, B of C bij vraag 2.2.3 op het antwoordblad.**

2.3 Gekleurde vloeistoffen

Vraag 2.3.1

Verscheidend gekleurde vloeistoffen laten verschillende kleuren licht door. Wat verwacht je te zien in een transmissiespectrum van een halfdoorlatende blauwe vloeistof (slechts één antwoord is correct)?

- A Blauw heeft de laagste transmissie, terwijl andere golflengtes een hogere transmissie hebben.
- B Blauw heeft de hoogste transmissie, terwijl andere golflengtes een lagere transmissie hebben.
- C Dit zal niet te zien zijn in het spectrum.

❖ **Schrijf de letter A, B of C bij vraag 2.3.1 op het antwoordblad.**

Vraag 2.3.2

Extinctie (aangeduid met het symbool A , voor 'absorbance', het Engelse woord voor extinctie) is een maat voor de hoeveelheid licht die bij een bepaalde golflengte geabsorbeerd wordt door de vloeistof. De extinctie kan worden gebruikt om de hoeveelheid van een bepaalde substantie in de vloeistof te meten. Je gaat deze methode ook gebruiken bij experiment 3. Als we geen rekening houden met lichtverstrooiing dan kunnen we de relatie tussen de extinctie A en de transmissie T beschrijven met een eenvoudige vergelijking:

$$A = - {}^{10}\log T$$

Tabel 2.1 bevat transmissiewaarden voor een onbekende vloeistof. Bereken de extinctiewaarden en vul ze in in tabel 2.3.2 op het antwoordblad. Op je rekenmachine wordt de logaritme met grondgetal 10 berekend met de knop **log**.

Tabel 2.1: Transmissie van een onbekende vloeistof bij 15 golflengte-intervallen in het zichtbare spectrum.

λ [nm]	T	λ [nm]	T	λ [nm]	T
400-420	0,737	500-520	0,948	600-620	0,142
420-440	0,881	520-540	0,883	620-640	0,056
440-460	0,965	540-560	0,739	640-660	0,243
460-480	0,975	560-580	0,514	660-680	0,723
480-500	0,973	580-600	0,319	680-700	0,943

❖ **Noteer je berekeningen in tabel 2.3.2 op het antwoordblad.**

Vraag 2.3.3

Gebruikmakend van de waarden berekend in tabel 2.3.2, teken op millimeterpapier een stapgrafiek van de extinctie van de onbekende vloeistof.

❖ **Teken de stapgrafiek op millimeterpapier, label dit met 2.3.3, plak de sticker van jullie team erop en bevestig het aan het antwoordblad.**

Vraag 2.3.4

Welke kleur heeft de onbekende vloeistof met transmissiewaarden uit tabel 2.1 (slechts één antwoord is correct)? Maak gebruik van de extinctiegrafiek van vraag 2.3.3 en figuur 2.1.

- A Rood
- B Geel
- C Blauw
- D Oranje
- E Groen

❖ **Noteer je antwoord bij vraag 2.3.4 op het antwoordblad.**

Vraag 2.3.5

De extinctie is recht evenredig met de 'dikte' van het monster. De transmissie in tabel 2.1 is gemeten met een cuvet waarbij het licht door een 4 mm 'dik' monster gaat. Wat zou de waarde van de extinctie tussen 560 nm en 580 nm zijn als we een cuvet met een 10 mm dik monster zouden gebruiken? Schrijf de berekeningen en antwoord op het antwoordblad.

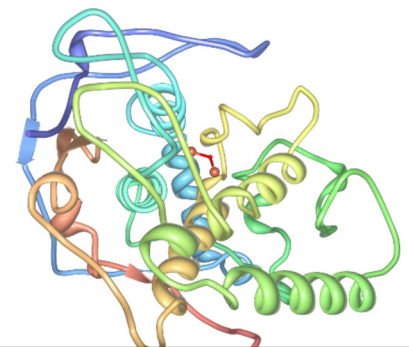
❖ **Schrijf je berekeningen en de resultaten bij vraag 2.3.5 op het antwoordblad.**

Experiment 3: Beschadigde druiven

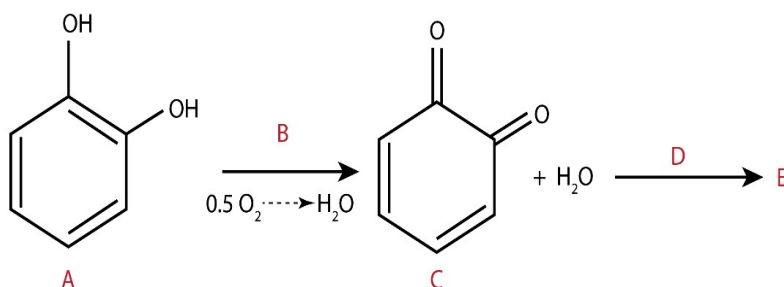
In de herfst gaan Nina en Martin weer naar de Karstregio om hun vriend Ivan te bezoeken en hem te helpen bij de druivenpluk in zijn wijngaard. Ivans wijn is een gecertificeerd biologisch product, ze moeten de druiven met de hand plukken. In de wijngaard wordt er in afgebakende stukken geplukt; de druiven worden vervolgens in aparte dozen opgeslagen. Het is belangrijk om zorgvuldig na te gaan of de druiven in de aparte dozen gezond zijn. De landarbeiders moeten alle onrijpe, rottende en beschimmelde druiven eruit halen om wijn van een hoge kwaliteit te maken. Nina en Martin merken op dat dit jaar een deel van de druiven van een speciale variëteit bruin gekleurd zijn. Dat vinden ze vreemd omdat dit het jaar ervoor niet het geval was. Zij nemen wat monsters van de druiven om die te analyseren.

In de literatuur vinden ze dat enzymen genaamd polyfenoloxidasen (catecholoxidase, cresolase) de bruinkleuring van de druiven veroorzaken.

Polyfenoloxidasen zijn metalloproteïnen: twee koperionen zijn gebonden in het molecuul (figuur 3.1.). De polyfenoloxidasen katalyseren de reactie waarbij *o*-difenolen (bijv. het kleurloze tot heel lichtgele catechol) omgezet worden in *o*-quinonen (geel). Deze polymeriseren vervolgens in de aanwezigheid van zuurstof tot melanine dat een bruinzwarte kleur heeft (figuur 3.2).

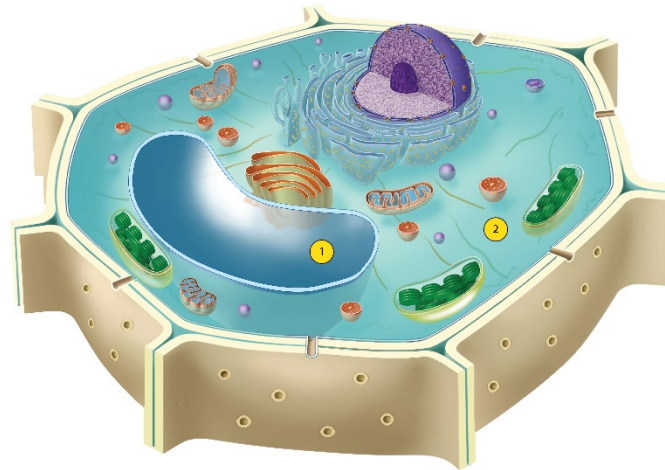


Figuur 3.1: Kristalstructuur van polyfenoloxidase uit de Grenachedruif (*Vitis vinifera*).



Figuur 3.2: Omzetting van catechol in bruinzwart melanine; A – catechol (kleurloos); B – catecholoxidase; C – *o*-quinon (geel); D – polymerisatie; E – melanine (bruinzwart).

Fenolen (bijvoorbeeld catechol) zijn in kleine hoeveelheden opgeslagen in de centrale vacuole van de plantencellen; catecholoxidase is opgeslagen in het celplasma (figuur 3.3). Wanneer het weefsel beschadigd wordt, komen de fenolen vrij uit de vacuolen en catecholoxidase zet ze om in reactieve quinonen die een natuurlijk antiseptische (desinfecterende) werking hebben. Hierdoor worden de groei en ontwikkeling van bacteriën en schimmels in beschadigd plantenweefsel voorkomen. Quinonen binden ook aan bepaalde nucleofiele aminozuren; zo worden de groei en ontwikkeling van bepaalde herbivore insecten geremd.



Figuur 3.3: Plantencel (1 – centrale vacuole; 2 – celplasma).

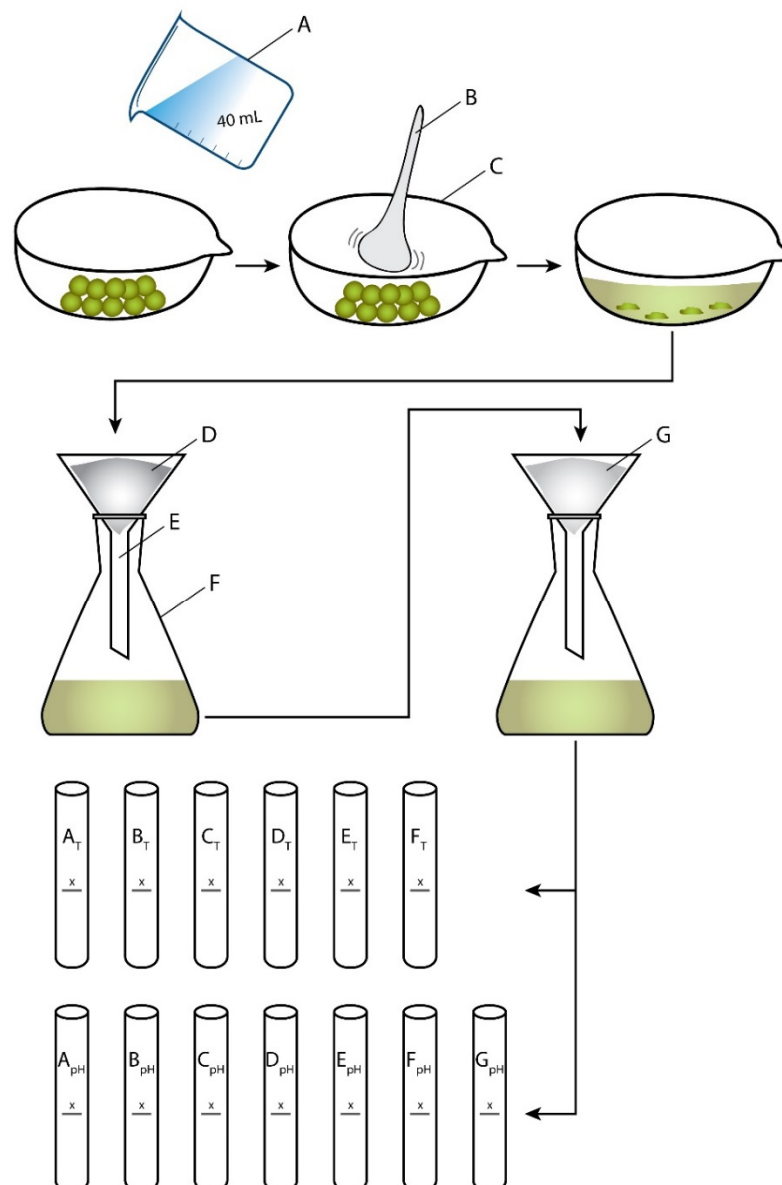
Oxidatie van fenolen in plantenweefsel is vanuit een economisch perspectief gezien problematisch, omdat bijna de helft van de fruit- en groentenoogst verloren gaat vanwege de bruinkleuring. Nina en Martin hebben monsters om te analyseren en het is aan jou om de activiteit van polyfenoloxidase te vergelijken onder verschillende condities zoals bij verschillende temperaturen en verschillende pH-waarden.

Materialen en uitrusting

- 15 druiven
- demiwater
- mortier en stamper
- 2 bekgelzen van 250 mL
- 1 bekglas van 1000 mL
- 2 gaasjes
- 2 trechters
- 2 filtreerpapierjes
- 13 reageerbuizen (als je er een breekt, krijg je zonder puntverlies een andere)
- 2 reageerbuisrekken
- 4 glazen meetpipetten van 5 mL
- 1 pipetteerballon (mocht je die beschadigen dan kun je zonder puntverlies een andere krijgen)
- 2 maatcilinders
- 2 glazen roerstaafjes
- handschoenen
- waterbaden (in de middengang – de zaalassistent brengt je ernaartoe, als dat in de instructies staat)
- 2 erlenmeyers
- 1 % catecholoplossing in een erlenmeyer van 50 mL
- bufferoplossing pH 7 in een erlenmeyer van 250 mL
- 6 buffers met verschillende pH-waarden in erlenmeyers van 50 mL
- 15 cuvetten (zonder versmalling) en stopjes
- spectrofotometer in een zwarte doos (ook te gebruiken bij experiment 2)
- 1 longpass filter (515 nm, ook te gebruiken bij experiment 2)
- 10 pasteurpipetten
- 1 schaar
- 1 watervaste stift
- papieren doekjes
- 1 stopwatch

3.1 De monsters voorbereiden

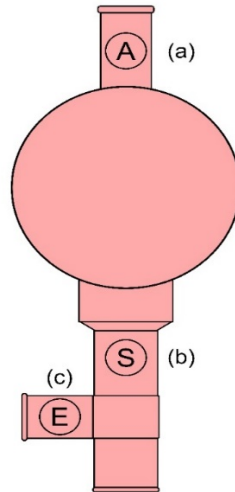
Doe 40 mL demiwater samen met 15 druiven in een mortier en maal het geheel fijn met de stamper. Het mengsel moet vervolgens twee keer gefiltreerd worden. Filtreer het mengsel eerst door een gaasje en schud aan het eind het gaasje een beetje om meer filtraat te krijgen. Je moet dit filtraat nu nog een keer filtreren met filtreerpapier en het nieuwe filtraat opvangen in een erlenmeyer; je moet uiteindelijk ongeveer 25 mL filtraat verkrijgen. Het filtraat bevat het enzym polyfenoloxidase. Gebruik de watervaste stift om 6 reageerbuizen te markeren met je teamcode en de letters A_T-F_T voor het testen van de invloed van de temperatuur op de activiteit van polyfenoloxidase. Markeer 7 andere reageerbuizen met je teamcode en de letters A_{pH}-G_{pH} voor het testen van de invloed van de pH op de activiteit van polyfenoloxidase (figuur 3.4).



Figuur 3.4: Schema van het experiment (A – beekerglas; B – stamper; C – mortier; D – gaasje; E – trechter; F - erlenmeyer; G - filtreerpapiertje).

Instructies voor het veilig gebruik van de pipet:

- Het is verboden om met je mond te pipetteren!
- Doe de top van de pipet voorzichtig in de onderkant van de pipetteerballon om te voorkomen dat de glazen pipet breekt.
- Zuig de vloeistof niet in de pipetteerballon.



Figuur 3.5: Pipetteerballon: (a) **Luchtklep** (om lucht uit de ballon te laten), (b) **Zuigklep** (als je erop drukt wordt de oplossing in de pipet gezogen), (c) **Leegklep** (om de oplossing uit de pipet te laten lopen).

Doe onderstaande titraties zonder tijd te verliezen, en roep de zaalassistent zo snel mogelijk

De invloed van de pH op de activiteit van polyfenoloxidase

Doe met een pipet op de onderstaande volgorde in elke reageerbuis (van de 7):

- 1 mL 1 % catecholoplossing (substraat),
- 9 mL buffer met de juiste pH (tabel 3.1),
- 1 mL druivenextract (enzym).

De invloed van de temperatuur op de activiteit van polyfenoloxidase

Doe met een pipet op de onderstaande volgorde in elke reageerbuis (van de 6):

- 1 mL 1 % catecholoplossing (substraat),
- 9 mL buffer pH 7,
- 1 mL druivenextract (enzym).

Om nauwkeurige resultaten te krijgen moet je telkens de gebruikte pipet met demiwater voorspoelen voordat je een nieuwe oplossing gaat pipetteren!

Tabel 3.1. De invloed van de temperatuur en de pH op de activiteit van polyfenoloxidase.

	Label monster	A	B	C	D	E	F	G
1.	Temperatuur (°C)	0	10	20	30	50	70	/
2.	pH	2	4	5	6	7	8	10

Deze stap vereist veel tijd!

Roep DIRECT een zaalassistent wanneer je klaar bent met het voorbereiden van alle reageerbuizen om het effect van de temperatuur en de pH te onderzoeken!

De zaalassistent zal alle reageerbuizen en de labels controleren en je antwoordblad aftekenen.

- ❖ Incubeer de reageerbuizen die je gebruikt om de invloed van de pH op de enzymactiviteit te onderzoeken gedurende 70 minuten (gebruik hiervoor het alarm op je stopwatch – zie Appendix C voor uitleg).

Breng onder begeleiding van een zaalassistent de reageerbuizen naar de waterbaden.

De zaalassistent zal je helpen om de reageerbuizen in de waterbaden met de juiste temperaturen te zetten. De reageerbuis die getest zal worden bij 0 °C zal in een ijsbad geplaatst worden; degene die getest wordt bij 20 °C zal in een rek bij kamertemperatuur geplaatst worden en de resterende reageerbuizen (10 °C, 30 °C, 50 °C en 70 °C) zullen in waterbaden met de corresponderende temperatuur geplaatst worden (tabel 3.1).

- ❖ Incubeer de reageerbuizen die je gebruikt om de invloed van de temperatuur op de enzymactiviteit te onderzoeken gedurende 70 minuten. Als het zover is roep je een zaalassistent om je opnieuw naar de waterbaden te begeleiden en er je reageerbuizen uit te halen. Signeer het antwoordblad als bewijs dat je de monsters terug hebt gekregen.

3.2 Spectrofotometrische bepaling van de activiteit van polyfenoloxidase

Meet na 70 minuten incuberen met een fotometer zo snel mogelijk de intensiteit van elk monster en van het demiwater.

Alle monsters moeten gedurende **70 minuten incuberen**. Tijdens de incubatie zal iemand regelmatig in de reageerbuisjes roeren, met het doel de melanineproductie te versnellen. Na 70 minuten incuberen moet je snel de intensiteiten (spanning, gemeten met de multimeter) van de diverse monsters en van demiwater bepalen.

Gebruik vervolgens deze gegevens om de transmissie en de extinctie van elk monster en van het demiwater te berekenen. Hoe groter de enzymactiviteit hoe groter de melanineproductie. De berekende waarde van de extinctie is dus recht evenredig met de activiteit van het polyfenoloxidase.

Instructies voor het gebruik van de spectrofotometer vind je in **Appendix A**. Voor het biologische onderdeel van de taak heb je het **longpass filter van 515 nm** nodig.

Gebruik telkens een nieuwe cuvet + stopje om de transmissie (T) van elk monster te bepalen. Pak de cuvetjes alleen vast bij de niet-transparante zijden! Plaats de cuvetjes zodanig in de spectrofotometer, dat de lichtstraal door de heldere zijanten gaat. Deze zijn te herkennen aan een driehoekje aan de bovenkant.

Opgelet: de cuvetjes die je tijdens dit experiment gebruikt zijn verschillend van degene die je gebruikt bij experiment 2.

De doorgelaten intensiteit voor licht met golflengtes korter dan 515 nm is gelijk aan het verschil in intensiteit gemeten zonder filter en gemeten met filter:

$$U_{\text{water of monster}} = U_{\text{zonder filter}} - U_{515\text{nm}} \quad (\text{Eq. 3.1})$$

De transmissie is gelijk aan het quotiënt van de doorgelaten intensiteit van het monster en die van demiwater. Bij het berekenen van de transmissie moet je dus voor elk monster de spanning bepalen met en zonder filter (U_{monster}). Vervolgens dien je voor elk monster het bepaalde verschil voor het monster te delen door het bepaalde verschil voor het water (U_{water}). Zie onderstaande vergelijking:

$$T = \frac{U_{\text{monster}}}{U_{\text{water}}} \quad (\text{Eq. 3.2})$$

Vraag 3.2.1a

Noteer de gemeten doorgelaten intensiteiten (spanningen) van demiwater en van de diverse monsters **met filter en zonder filter** in tabel 3.2.1 van je antwoordblad.

❖ **Noteer de waarden in de corresponderende kolommen van tabel 3.2.1. op je antwoordblad.**

Vraag 3.2.1b

Bereken de verschillen in intensiteit in tabel 3.2.1 van je antwoordblad.

❖ **Vul tabel 3.2.1 op je antwoordblad verder in.**

Vraag 3.2.2a

Bereken de verschillende transmissies uit de gegevens in tabel 3.2.1 van je antwoordblad en vul ze in in tabel 3.2.2.

❖ **Noteer de berekende transmissies in Tabel 3.2.2.**

Vraag 3.2.2b

Gebruik de genoteerde transmissies (T) uit Tabel 3.2.2 en bereken de corresponderende extincties (A) met behulp van de volgende formule:

$$A = -\log T$$

❖ **Vul tabel 3.2.2 op je antwoordblad verder in.**

Voor het geval er iets mis gaat.

Als een reageerbuis met monster breekt en je geen tijd meer hebt om een nieuwe te bereiden en te incuberen, kun je een zaalassistent vragen om een kant-en-klare waarde. Voor elke gebroken reageerbuis krijg je 0 punten in tabel 3.1.1 of 3.1.2 en in tabel 3.2.1 ($U_{\text{zonder filter}}$ en U_{515}). Verdere berekeningen kunnen uitgevoerd worden zonder strafpunten.

Als je niet in staat bent om de extinctie te berekenen, kun je een zaalassistent een tabel vragen met ingevulde metingen. Dit kost je dan wel alle punten voor tabel 3.2.2.

Vraag 3.2.3

Teken op grafiekpapier een grafiek die de activiteit van polyfenoloxidase weergeeft (aan de hand van de extinctie, berekend in tabel 3.2.2 van je antwoordblad) als functie van de temperatuur. Verbind de verschillende punten door lijnen, zodat je een beter idee krijgt van de algemene vorm van de grafiek.

- ❖ **Teken een grafiek op het grafiekpapier, label met 3.2.3, en plak er de sticker met je teamcode op. Voeg de grafiek bij je antwoordbladen.**

Vraag 3.2.4

Teken op het grafiekpapier een grafiek die de activiteit van polyfenoloxidase weergeeft als functie van de pH. Verbind de verschillende punten door lijnen, zodat je een beter idee krijgt van de algemene vorm van de grafiek.

- ❖ **Teken een grafiek op het grafiekpapier, label met 3.2.4, en plak er de sticker met je teamcode op. Voeg de grafiek bij je antwoordbladen.**

3.3 Analyse

Nina en Martin hebben onlangs andere enzymen getest in andere onderzoeken. Probeer nu door gebruik te maken van je eigen testresultaten en bevindingen een antwoord te formuleren op de volgende vragen:

Vraag 3.3.1

Binnen welk van de onderstaande temperatuurintervallen zal de activiteit van polyfenoloxidase het hoogst zijn? (Slechts één interval is correct).

- A 0 °C – 70 °C.
- B 40 °C – 70 °C.
- C 20 °C – 30 °C.
- D 0 °C – 20 °C.
- E 50 °C – 70 °C.

- ❖ **Schrijf de correcte letter (A, B, C, D of E) op bij vraag 3.3.1 op je antwoordblad.**

Vraag 3.3.2

Welke bewering verwoordt correct de optimale activiteit van polyfenoloxidase (slechts één juist antwoord)?

- A De reactie staat in rechtstreeks (lineair) verband met de oplosbaarheid van gassen in vloeistoffen. Bij hoge temperaturen - t.o.v. kamertemperatuur - zijn gassen beter oplosbaar in vloeistoffen. Wanneer het warmer is lost zuurstofgas beter op in het cytoplasma, de reactiesnelheid is groter, wat dan weer resulteert in een verhoogde melanineproductie.
- B De reactie staat in rechtstreeks (lineair) verband met de oplosbaarheid van gassen in vloeistoffen. Bij lage temperaturen - t.o.v. kamertemperatuur - zijn gassen beter oplosbaar in vloeistoffen. Wanneer het kouder is lost zuurstofgas beter op in het cytoplasma, de reactiesnelheid is groter, wat dan weer resulteert in een verhoogde melanineproductie.
- C De reactie staat in rechtstreeks (lineair) verband met de oplosbaarheid van gassen in vloeistoffen. Bij lage temperaturen - t.o.v. kamertemperatuur - zijn gassen beter oplosbaar in vloeistoffen. Wanneer het kouder is lost zuurstofgas beter op in het cytoplasma, de reactiesnelheid is kleiner, wat dan weer resulteert in een verlaagde melanineproductie.
- D De temperatuur heeft geen invloed op activiteit van polyfenoloxidase.

❖ Schrijf de correcte letter (A, B, C of D) op bij vraag 3.3.2 op je antwoordblad.

Vraag 3.3.3

In welk van de volgende pH-intervallen is polyfenoloxidase het meest actief? (Slechts één antwoord is correct).

- A pH 0-3
- B pH 0-10
- C pH 0-5
- D pH 4-8
- E pH 6-9
- F pH 7-10

❖ Schrijf de correcte letter (A – F) op bij vraag 3.3.3 op je antwoordblad.

Vraag 3.3.4

Stukjes geschilde appel worden snel bruin. In dit geval hebben we ook te maken met een reactie waardoor catechol wordt omgezet in *o*-quinonen door polyfenoloxidase. Vervolgens polymeriseren deze *o*-quinonen tot melanine, dat een bruine tot zwarte kleur heeft. Een gelijksoortige reactie kan optreden bij gekneusde appels. Welke van de hieronder beschreven opslag- of behandelingsmethodes voorkomt of vertraagt de werking van polyfenoloxidasen en dus ook bruinkleuring? (Slechts één antwoord is correct).

- A We bewaren appels en ander geschild fruit in de koelkast, omdat de activiteit van polyfenoloxidase vermindert bij lage temperaturen.
- B We ventileren continu opslagplaatsen van fruit, zodat we voldoende toevoer krijgen van zuurstofgas. Dit stopt de activiteit van polyfenoloxidase.
- C Fruit wordt opgeslagen in ruimtes onder een stikstof- of koolstofdioxide-atmosfeer. Op deze manier is er geen toevoer van zuurstofgas en neemt de activiteit van polyfenoloxidase af.
- D We druppelen wat citroensap op stukjes appel of ander fruit.
- E We druppelen wat water op stukjes appel of ander fruit.
- F We drogen stukjes appel of ander fruit met een haardroger om verkleuring te voorkomen. Op deze manier verhogen we de temperatuur en de aanvoer van zuurstofgas.
- G Gedroogde appelstukjes worden behandeld met sulfieten. Deze werken als anti-oxidanten en houden het fruit knapperig en voorkomen bruinkleuring.

❖ Vul nu de letters van de juiste antwoorden (A – G) in bij vraag 3.3.4 op je antwoordblad.

Vraag 3.3.5

Een specifiek type enzymen werd geïsoleerd uit bacteriën die leven in een gematigd basisch milieu bij temperaturen van 70 °C of hoger. Bepaal welke curves in de grafieken het temperatuurinterval en het pH-interval waarbinnen deze enzymen functioneren weergeven [figuur 3.7-(a) en (b) aan het einde van dit document]. (Slechts één antwoord is correct).

- A Curves 1 en 5
- B Curves 2 en 4
- C Curves 2 en 5
- D Curves 3 en 4
- E Curves 3 en 5

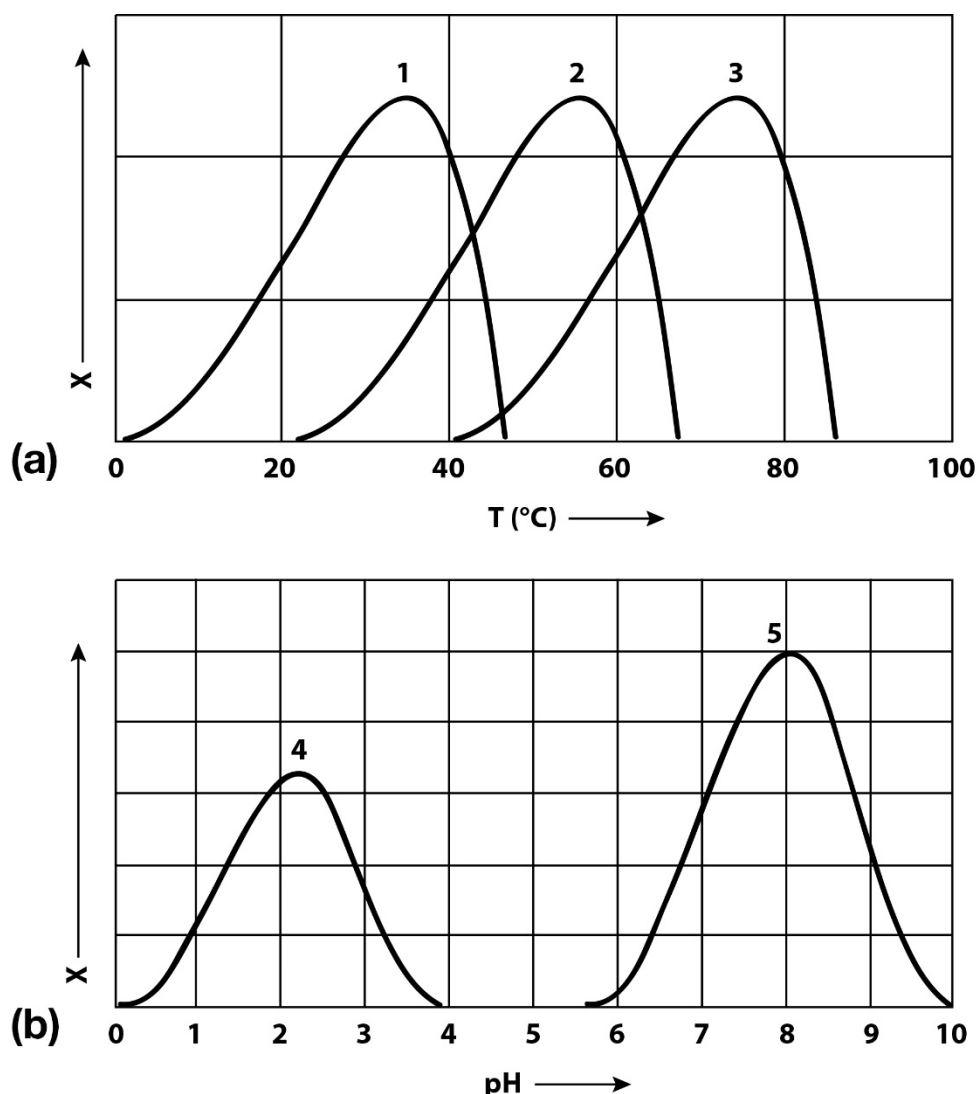
❖ Vul de correcte letter in bij vraag 3.3.5 op het antwoordblad.

Vraag 3.3.6

Welk temperatuurinterval en pH-interval zouden de reeks van enzymen kunnen weergeven die geïsoleerd zijn uit een menselijke maag? [figuur 3.7-(a) en (b) op het einde van dit document]. (Slechts één antwoord is correct).

- A Curves 1 en 4
- B Curves 1 en 5
- C Curves 2 en 4
- D Curves 2 en 5
- E Curves 3 en 4

❖ Vul de correcte letter in bij vraag 3.3.5 op je antwoordblad.



Figuur 3.7: Activiteit van de verschillende enzymtypes bij verschillende temperaturen (a) en verschillende pH-waardes (b). X = enzymactiviteit.