**Bescherming tegen bevriezen en invriezen**

Wat zou het toch mooi zijn als ijs bij -18°C de juiste eeteigenschappen heeft, zodat het direct uit de thuisvriezer op tafel kunt gezet kan worden. Suiker maakt het ijs zowel zoet als zacht. Bij de juiste zachtheid is het ijs goed schepbaar en heeft het de beste eeteigenschappen. Dat wil zeggen dat het gemakkelijk wegschept en het ijs het juiste mondgevoel creëert. Het moet zo afsmelten dat het in de mond de juiste verkoeling geeft en tegelijkertijd de smaak laat vrijkomen. Het gesmolten ijs moet daarna goed weg te slikken en vooral niet te plakkerig of juist te waterig zijn.

Met suiker kunnen we de zachtheid van het ijs dus beïnvloeden. Het kunstje om de zachtheid af te stemmen op een bepaalde temperatuur is puzzelen met de eigenschappen van verschillende suikers. Nu zijn er heel veel soorten suiker, maar welke moet je gebruiken? Elke suiker heeft eigen specifieke eigenschappen als het gaat om zoetkracht, oplosbaarheid, smaakprofiel en vriespuntverlagende werking (VVE). Over dat laatste gaat het als we de zachtheid van het ijs willen beïnvloeden. Hieronder zijn de drie suikers genoemd die als antivriesmiddel gebruikt zouden kunnen worden, bij elkaar gezet.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Naam** | **Formule** | **Molmassa** | **Aantal deeltjes** | **Vriespunt Verlagend Effect (VVE)** |  | **Zoetkracht** |
| Sacharose  | C12H22O11 | 342,3 | 1 | Referentiepunt:VVE = 1 |  | Referentiepunt zoet (factor 1) |
| Lactose monohydraat  | C12H24O12 | 360,2 | 1 |  |  | Minder zoet dan sacharose (factor 0.4) |
| Fructose  | C6H12O6 | 180,2 | 1 |  |  | Zoeter dan sacharose (factor 1.7) |

De vriespuntverlagende werking wordt veroorzaakt door de grootte van de moleculen van de oplosbare ingrediënten die in de receptuur voorkomen. Grote moleculen geven weinig vriespuntverlaging en kleine juist veel. Omdat de moleculen van de verschillende suikersoorten verschillend van grootte zijn, hebben ze ook allemaal een verschillend effect op het vriespunt. Het molecuulgewicht is hier een maat voor de grootte van de moleculen.

Sacharose is het referentiepunt. De molmassa van sacharose is 342; daarmee stellen we de Vriespunt Verlagende Effect (VVE) van sacharose op 1.

Dextrose is kleiner dan sacharose en heeft een molmassa van 190. Hierdoor heeft dextrose 342/190 = 1,8 keer zoveel invloed op de vriespuntverlaging als sacharose.

Opdracht 1

A Ga na of de genoemde moleculaire stoffen oplosbaar zijn in water en geef de oplosvergelijking als dit het geval is.

Alle stoffen oplosbaar; voor de pijl vaste stof (s), na de pijl dezelfde stof opgelost (aq).

B Schrijf in de lege kolommen van bovenstaande tabel op uit hoeveel losse deeltjes de opgeloste stof bestaat.

Zie tabel

C Bereken het vriespunt verlagende effect VVE voor de stoffen fructose en lactose monohydraat.

De VVE is afhankelijk van de molmassa en omgekeerd evenredig: een hogere molmassa veroorzaakt een lagere VVE en een hogere zorgt voor een lagere VVE.

Molmassa lactose monohydraat is 360,3. De VVE = 342,3/360,3 = 0,95.

Molmassa fructose is 180,2, dus VVE = 342,3/180,2 = 1,9.

Het belangrijkste argument voor de keuze van een suiker om als ijsverzachter (antivriesmiddel) te gaan gebruiken is natuurlijk om te weten of met een bepaalde hoeveelheid van het gekozen moleculaire stof de gewenste vriespuntdaling bereikt kan worden. De mate van vriespuntdaling wordt bepaald door het aantal opgeloste deeltjes. Hoe meer deeltjes er opgelost zijn, hoe meer het vriespunt van het oplosmiddel daalt. Verder is de vriespuntdaling afhankelijk van het [oplosmiddel](http://nl.wikipedia.org/wiki/Oplosmiddel) en het aantal mol opgeloste stof.

Je kunt de vriespuntdaling zelf berekenen met de volgende formule:

 ΔTvp = Kvp . (n / mo) . i

Hierin is: ΔTvp de vriespuntdaling (Δ betekent verandering, in dit geval daling)

Kvp is de molaire vriespuntdaling, voor water is die constante 1,86 kg.K/mol.

n is het aantal mol opgeloste stof

 mo is de massa van het oplosmiddel in kg

 i is het aantal deeltjes waarin de stof splitst bij oplossen.

Opdracht 2

A Bereken de vriespuntdaling als 15 gram fructose in 50 g water wordt opgelost.

n = aantal mol opgeloste stof: 15/180.2 = 0,08 mol fructose.

 mo = 50/1000 = 0,05 kg

i = 1 en Kvp = 1,86 kg.K/mol

ΔTvp = 1,86 x (0,08/0,05) x 1 = 2,98 °C

B Voer deze berekening ook uit als 15 gram sacharose wordt gebruikt.

n = aantal mol opgeloste stof: 15/342,3 = 0,04 mol fructose.

 mo = 50/1000 = 0,05 kg

i = 1 en Kvp = 1,86 kg.K/mol

ΔTvp = 1,86 x (0,04/0,05) x 1 = 1,5 °C

C Wat valt je op bij deze berekening in vergelijking met de VVE berekening?

* De molmassa is idd bepalend voor de vriespuntdaling.
* De vriespuntdaling met fructose is 2x zo groot, maar ook de zoetkracht. Gebruik van alleen fructose zou mierzoet ijs opleveren!!
* Omdat suikermoleculen niet splitsen in ionen (i = 1) is de bereikte vriespuntdaling met een suiker aanzienlijk kleiner dan met eenzelfde hoeveelheid zout.

D Bereken hoeveel gram lactose monohydraat in 50 ml water opgelost moet worden om dezelfde vriespuntdaling als sacharose te krijgen? Gebruik voor de ΔTvp het antwoord uit opdracht 2B.

1,5 = 1,86 x (n / 0,05) x 1 ,

n = 0,05 x 1,5 / 1,86 x 1 = 0,075 / 1,86 = 0,04 mol lactose monohydraat

 aantal gram lactose monohydraat opgelost: 0,04 mol = x / 360,3; x = 14,5 gram

Opdracht 3

A Er wordt 138,2 gram onbekende moleculaire stof X in een mengsel van water en ijs van 1,0 kg van 0 °C opgelost. Na het oplossen is de temperatuur van het water + ijs −2,58 °C. Bereken de molaire massa van deze stof.

 2,58 = 1,86 x (n / 1) x 1 ,

n = 2,58 / 1,86 = 1,4 mol onbekende stof

 molmassa onbekende stof: 1,4 mol = 138,2 / x; x = 138,2 / 1,4 = 98,7 gram/mol.

B 2,64 g X (moleculaire stof) wordt opgelost in 250 g oplosmiddel (*K*vp = 0,50 kg.K/mol). Hierdoor daalt het vriespunt met 0,125 °C.
Bereken de molaire massa van de stof X.

 0,125 = 0,5 x (n / 0,25) x 1 ,

n = 0,125 x 0,25 / 0,5 = 0,062 mol onbekende stof

 molmassa onbekende stof: 0,062 mol = 2,64 / x; x = 2,64 / 0,062 = 42,6 gram/mol.

Nu we weten hoe de vriespuntdaling berekend kan worden, gaan we verder met de voorbereiding van het daadwerkelijk meten van die vriespuntdaling met drie gegeven stoffen en een zelfbedacht mengsel.

**Experiment Vriespuntdaling**

Doel:

Meten van de reële vriespuntdaling in oplossingen van glucose, sacharose en lactose en een combinatie van glucose en sacharose.

Benodigdheden:

Vergruisd ijs

Glucose

Sacharose

Lactose

4 bekerglazen 300 ml

Thermometer

Roerstaafje

Maatcilinder

Werkwijze

1. Breng 80 gram vergruisd ijs in bekerglas. Voeg hieraan 10 ml water toe.
2. Zet de thermometer in bekerglas en meet de temperatuur.
3. Weeg 15 gram stof af en noteer de massa in de tabel.
4. Voeg de afgewogen hoeveelheid stof toe aan het ijswater in bekerglas. Roer tot de stof is opgelost.
5. Meet de temperatuur en noteer deze wanneer de laagste waarde is bereikt
6. Giet de oplossing in een maatcilinder en noteer het volume.

Waarneming

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Begintemperatuur ijswater | Afgewogen hoeveelheid stof | Laagste temperatuur oplossing | Volume oplossing |
| Glucose  |  |  |  |  |
| Sacharose  |  |  |  |  |
| Lactose |  |  |  |  |
| Eigen mengsel uit eindopdracht |  |  |  |  |

Eindopdracht

Lees de tekst in het kader hoe de VVE van een suikermengsel wordt berekend.

Bedenk met welke suikers in welke hoeveelheden je een koudmakend mengsel met een VVE van 18 zou kunnen maken.

1. Maak die door jezelf bedachte oplossing met een combinatie van suikers en meet de vriespuntdaling op dezelfde manier als in stap 1 t/m 6 van het werkwijze.

Sacharose is bij het bepalen van de vriespuntverlaging het referentiepunt. Het mol gewicht van sacharose is 342; daarmee stellen we de vriespunt verlagende werking van sacharose op 1. Dit noemen we het vriespunt verlagend effect (VVE).

Dextrose is kleiner dan sacharose en heeft een mol gewicht van 190. Hierdoor heeft dextrose 342/190 = 1,8 keer zoveel invloed op de vriespuntverlaging als sacharose. Als we het **percentage** van de verschillende suikers in een recept koppelen aan het vriespunt verlagend effect dat bij die suiker hoort dan kunnen we inzichtelijk maken wat er gebeurt als we suikers gaan vervangen. Als voorbeeld een suikerstroop.



Te zien is dat door het vervangen van een deel van de sacharose door dextrose het vriespunt verlagend effect groter wordt. Het stijgt van 20 naar 24. Voor goed schepbaar ijs ligt de VVE van het recept tussen de 26 en 29 bij een normale vitrinetemperatuur. Als we alle ijssmaken en soorten dezelfde stevigheid willen geven is het van belang dat ze allemaal hetzelfde VVE hebben. Bron: <https://vakbladijs.nl/artikelen/vriespuntverlaging>

Verwerking

Bereken uit je metingen de vriespuntdaling voor de vier oplossingen. Vergelijk de berekende en gemeten waarden van de vriespuntdaling en verklaar de verschillen.

Watermoleculen zijn bewegelijk en hebben onderling aantrekkingskracht. Als de temperatuur van het water daalt, wordt de beweeglijkheid van de moleculen minder en de onderlinge aantrekkingskracht sterker. Als de temperatuur daalt tot 0 graden Celsius, dan wordt de bewegelijkheid van de watermoleculen zo klein, dat het water overgaat van vloeibaar naar vast. Er ontstaan ijskristallen. In die toestand liggen de watermoleculen op een vaste plaats en worden bijeengehouden door hun waterstofbruggen. Als stilstaand zuiver water bevriest, dan rangschikken de watermoleculen zicht in één groot kristalrooster waardoor er keihard ijs wordt gevormd. Denk maar even aan ijsklontjes in de vriezer. Hoe dit in zijn werk gaat is goed te zien in de volgende animatie <http://biomodel.uah.es/en/water/index.htm> Bekijk deze.

Opdracht 5

Teken vier watermoleculen met waterstofbruggen.

Maar waarom bevriezen zuivere vloeistoffen eerder dan oplossingen of mengsels? In zuiver ijs zitten geen opgeloste stoffen, alleen water. De moleculen kunnen daardoor relatief makkelijk hun plek in het kristalrooster innemen. Dat gaat minder makkelijk als er stoffen in het water zijn opgelost. Die opgeloste stoffen verschillen van vorm en lading en passen daardoor niet netjes in het kristalrooster van ijs. Iedere stof die is opgelost, verlaagt de ‘concentratie’ water (waar opgeloste stof zit, kan immers geen water zitten). Er zijn dus in de oplossing minder watermoleculen die kunnen overgaan van vloeibare naar vaste toestand.

Bij ijsmix gaat het eigenlijk precies zo, want in de mix bevriest ook alleen maar het water. Het ijs wordt echter nooit zo hard als een ijsklontje, omdat de oplosbare ingrediënten uit de receptuur het vormen van het ijskristallen bemoeilijkt. Oplosbare ingrediënten zoals suikers, hebben watermoleculen nodig om in oplossing te komen. Dat noemen we gebonden water. Het gebonden water is, als het rond een suikermolecuul zit, niet beschikbaar om zich in het kristalrooster te voegen, waardoor het ijs bij 0 graden Celsius nog zacht is. Hoe meer oplosbare stoffen er in de ijsmix zitten, hoe meer water gebonden wordt, waardoor er steeds minder water beschikbaar is om ijskristallen te vormen, hoe zachter het ijs. Als de temperatuur daalt, zal het gebonden water steeds meer gaan bevriezen waardoor het ijs steeds steviger wordt. Een goed uitgebalanceerde ijsreceptuur heeft precies de juiste hoeveelheid oplosbare ingrediënten om bij een gewenste scheptemperatuur, bijvoorbeeld -14 graden Celsius, makkelijk schepbaar te zijn.

Voor docent: Gebruik eventueel de ijsrekenmachine uit de volgende link <https://ijssalonremon.nl/ijsrekenmachine/> om enkele voorbeelden te laten zien.

Opdracht 6

Naast suiker zijn glycol, glycerol en ureum veel voorkomende antivriesmiddelen. Leg uit dat ook deze stoffen het vriespunt van water ook kunnen laten dalen.

Deze drie moleculen kunnen waterstofbruggen vormen met de watermoleculen door de NH-groep in het ureummolecuul en de OH-groepen die aanwezig zijn in het propaan-1,2-diol molecuul en ethaan-1,2-diol molecuul. Deze stoffen verstoren dus het vormen van waterstofbruggen tussen de watermoleculen onderling en zorgen er zo voor dat het water minder snel zal bevriezen en dus een vriespuntdaling laat zien.