

De chemie van een klevend netwerk

Docenten & toa handleiding



Universiteit Utrecht
Freudenthal Institute for Science and Mathematics Education

Freudenthal Institute for Science and Mathematics Education
Universiteit Utrecht
Postbus 80000
3508 TA Utrecht

De chemie van een klevend netwerk
Marijn Meijer, Astrid Bulte & Albert Pilot

Versie Vlissingen 2^e ronde

© 2007. Centrum voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen.

Document nummer: #07-0x

Deze publicatie mag niet worden verveelvoudigd en verspreid. Voor alle vormen van openbaarmaking is schriftelijke toestemming van de Universiteit Utrecht vereist.

Inhoudsopgave

Doel van de lessenserie	4
Belangrijkste stappen in de karakteristieke ontwerpprocedure	5
Fasen in de module	5
De didactiek.....	5
De vakinhoud.	7
Een probleem stellende benadering.	7
De chemie van het broodbakken.....	8
De introductie	9
Experimenten.....	9
Broodbakken.....	9
De deegbal-test (activiteit 9)	10
Het trek-rek experiment (act 9)	11
Tips:	14

Doel van de lessenserie

Leerlingen leren op een betekenisvolle manier macro-micro denken, waarbij gebruik gemaakt wordt van

- mesostructuren¹ tussen macro en micro niveau
- structuur eigenschap relaties

Dat doen leerlingen door op een betekenisvolle wijze een product te ontwerpen waarbij de oorzaak van een bepaalde eigenschap een grote rol speelt in het ontwerpproces. Daarbij maken ze gebruik van mesostructuren tussen macro en micro niveau. Deze mesostructuren proberen de leerlingen te relateren aan de eigenschap d.m.v. structuur-eigenschap relaties.

Betekenisvol in termen van:

1. Een gesteld probleem leidt tot een keten van motieven om te handelen om uiteindelijk bepaalde concepten of denkwijze te verwerven (motief om meer te weten).
2. Daarbij wordt gebruik gemaakt van intuïtieve noties van leerlingen over de ontwerp procedure en gebruik gemaakt van de aanwezige voorkennis bij leerlingen
3. Dit vindt plaats in een zo authentiek mogelijke situatie waarin het ook relevant is voor leerlingen om de handelingen uit te voeren in een bepaalde volgorde (de procedure) en concepten eigen te maken.

Bij 1) Het probleem betreft hier het ontwerpen van glutenarm voedsel product (brood). Daarbij blijkt dat gluten de elastische eigenschap van brood bepalen. Doordat gluten afwezig zijn, rijst het brood niet, omdat het deeg (zonder gluten) niet in staat is om koolstofdioxide (en waterdamp) vast te houden, doordat het niet elastisch is. Er moet dus een glutenvervanger toegevoegd worden aan het deeg. Uit testen blijkt dit niet zo eenvoudig te zijn, waardoor er een motief wordt opgeroepen om meer te weten over gluten om gerichter een vervanger te vinden die deeg zonder gluten dezelfde eigenschappen geeft als deeg met gluten.

Bij 2) het is de bedoeling dat de handelingen die nodig zijn om het gestelde probleem op te lossen als vanzelf bij de leerlingen opgeroepen worden. Dit draagt bij het gevoel van leerlingen dat het probleem op te lossen is (haalbaar is). Om deze nieuwe leersituatie (er moet een product worden ontworpen) betekenis te geven (Van Oers, 1998) moet er direct vanaf de start een beroep gedaan worden op de aanwezige kennis en noties van de deelnemers in deze situatie (de leerlingen en docent). De betekenis van de leersituatie wordt gezamenlijk vastgesteld door de groep.

Bij 3) Het is de bedoeling om een soort van gemeenschap (in functioneel en sociaal opzicht) op te zetten waarin de leerlingen (als junior medewerkers), de docent (als projectleider) en een externe opdrachtgever (de senior projectleider) participeren. Dit heeft tot doel:

- Om een leergemeenschap te creëren
- Waarbinnen de leerlingen zich probleemeigenaar voelen
- Door een gevoel van betrokkenheid bij het probleem op te roepen en
- Een appèl te doen op de verantwoordelijkheid om het probleem op te lossen

Daarnaast biedt deze situatie ook de gelegenheid om meer inzicht te bieden op delen van de authentieke praktijk ('zo gebeurt het ook'). De gesimuleerde situatie geeft de relevantie om bepaalde handelingen uit te voeren. Tenslotte is het een middel om zicht te houden op het uiteindelijke doel. Het zorgt dat het gevoel van betrokkenheid en daarmee de wil om te handelen vastgehouden wordt.

Daarbij kan gedacht worden aan een ingerichte elektronische leeromgeving als middel om te communiceren met elkaar, voor de onderlinge peer feedback en bestanden uitwisseling.

Het voordeel van een zo'n omgeving is dat deze dynamisch is. Er kan elke moment additionele informatie worden doorgespeeld aan de medewerkers (bijvoorbeeld: intern memo, hulpmiddelen (leerkiem), rapportage formulieren en artikelen).

¹ De term meso heeft de betekenis van 'tussenliggend', 'er tussen in'. In dit geval tussen macro en micro. In de chemische en materiaalkundige literatuur wordt echter vaak de term mesostructuren gebruikt. Binnen dit didactisch onderzoek en dus in het leerlingen materiaal is consequent de term meso structuren of meso niveaus gebruikt

Belangrijkste stappen in de karakteristieke ontwerpprocedure

De opdracht luidt: ontwerp een glutenarm deegproduct op basis van maïs (en/of amaranth), waarbij ook kennis verkregen moet worden om meer glutenarme producten te ontwikkelen.

1. Probleem: maïsbrood blijkt niet te rijzen.
2. Er wordt een vervanger van gluten toegevoegd aan maïsmeel.
3. Testen leiden tot de conclusie dat het wel helpt, maar het is lang niet optimaal.
4. Omdat er niet oneindig veel combinaties getest kunnen worden moet er meer kennis ontwikkeld worden om sneller tot een goed ontwerp te komen.
5. Er worden additionele experimenten uitgevoerd om meer over de oorzaak van de elastische eigenschap van gluten te weten.
6. Er wordt nog een brood gebakken aan de hand van nieuwe hypothesen
7. De opbrengst is een rapport met een verklaringsschema en gemeenschappelijke poster/presentatie voor de directie.

Fasen in de module

Er kunnen 5 fasen onderscheiden worden in de module:

- I. Algemene oriëntatie op het probleem.
Er wordt een motief opgeroepen om één voedselproduct van een bepaald type voedselproducten te ontwerpen met het oog om meer kennis over ontwerpen van dit type voedselproducten te verkrijgen. Deze opgedane kennis moet op korte termijn worden gepresenteerd. De studenten herkennen dat dit soort problemen voorkomen in een dergelijke praktijk en dat er karakteristieke procedure is om tot een oplossing te komen van het ontwerpen van een voedselproduct (het exemplarische probleem).
- II. aan de hand van een eerste test, dat niet voldoet aan de gestelde verwachtingen m.b.t. kwaliteit, wordt er een motief opgeroepen om op zoek te gaan naar een vervanger voor gluten. Op basis van een exemplarisch probleem (een eerste test) worden intuïtieve noties m.b.t. de procedure en de vakinhoud opgeroepen. Er wordt een motief bij de studenten opgeroepen om meer te weten m.b.t. de glutenvervangers.
- III. Door de uitbreiding van de kennis m.b.t. hoe brood zijn uiteindelijke vorm krijgt, wat de rol van gluten daarin is en wat hydrocolloïden nu echt doen in het brood, komen leerlingen tot een oplossing van het ontwerpprobleem. De verbeteringen in het ontwerp zijn duidelijker zichtbaar, waardoor het ontwerpprobleem meer een optimalisatieprobleem wordt dat uitgevoerd kan worden door anderen. Er wordt nu een motief opgeroepen om deze ontwerpfasen af te ronden.
- IV. terugkijken op het proces van ontwerpen, waarbij motief tot expliciteren van de denkwijze opgeroepen wordt.
- V. vervolgens toegepast wordt bij de ontwikkeling van een ander voedselproduct (is onze net verkregen kennis ook bruikbaar in andere situaties? (m.a.w. hebben we wat onze inspanningen?). Het schrijven van een rapport en een presentatie waarin de opbrengst van het ontwerpproces: een denkwijze verkregen bij het ontwerpen van het product, de benodigde stappen in het ontwerpproces wordt verwoord.

De didactiek

Wat is een structuur eigenschap relatie?

Structuur een bepaald regelmatig terugkerend patroon. Dit patroon kan opgebouwd zijn uit: atomen, moleculen, verstrengelingen of rangschikkingen van deeltjes (ionen, (macro)moleculen). De verschillende typen bindingen in en tussen moleculen bepalen de rangschikking van de deeltjes t.o.v. elkaar. Door de verstrengeling of rangschikking van deeltjes ontstaan grotere structuren zoals roosters, amorfe en kristallijne gebieden. Deze structuren vormen weer bovenliggende structuren enz. tot de tastbare structuur van een materiaal of voorwerp in onze leefwereld.

Eigenschappen zijn gedefinieerd als aspecten van voorwerpen die meetbaar zijn, voorbeelden zijn een kookpunt, smeltpunt, geleidbaarheid van warmte of stroom, dichtheid, viscositeit, hardheid, elasticiteit.

Andere eigenschappen zijn hydrofiel, oplosbaarheid, reactiewarmte, brandbaarheid, chemische reactiviteit en absorptie of emissie van elektromagnetische straling.

Dit zijn voorbeelden van intrinsieke stoffeigenschappen. Er zijn ook extrinsieke stoffeigenschappen, zoals poriediameter, deeltjesgrootte, deeltjesvorm enz.. Deze ontstaan vaak pas tijdens een proces van membraanvorming (poriediameter), malen (deeltjesgrootte en -vorm). Dit zijn voorbeelden van structuren, die met het oog (of sterk vergroot met technieken) zichtbaar kunnen worden gemaakt. Structuren kunnen uitgebreid of verfijnd worden en zijn een onderdeel van een groter geheel. Structuren kunnen ook herkend worden door het te relateren aan andere structuren. Soms is deze relatie oppervlakkig: 'Straatstenen als een visgraad motief', 'lijnen door een punt in een plat vlak is hetzelfde als lijnen door één punt in de ruimte' of 'het geraamte van het nieuwe huis staat al'. en tenslotte: het atoommodel van Bohr is te vergelijken met een planetenstelsel.

Een relatie tussen een structuur en een eigenschap geeft aan dat er een logisch verband is in termen van een oorzaak en een gevolg. De voorkomende structuur is de voornaamste oorzaak dat een voorwerp een eigenschap heeft.

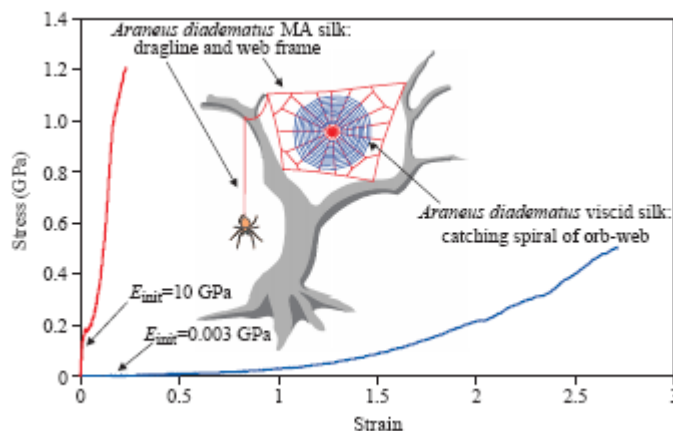
Voorbeelden:

- De regelmatige structuur van kevlar-moleculen, waardoor er zeer platte patronen, welke als vellen in de lengte richting in de kevlarvezels liggen, is oorzaak dat kevlar in de lengte richting een hoge treksterkte heeft.
- Door de aanwezigheid van hydrofiële zijgroepen aan eiwitten/koolhydraten kunnen ze water adsorberen.
- Hoe groter de interactie tussen ketens van hydrocolloïden en amylose des te sneller zal het kristallisatie proces verlopen.
- Door de toenemende mate van kristallisatie van amylose zal de viscositeit tijdens het broodbakproces toenemen.

De meest eenvoudige redenatievorm voor een structuur-eigenschap relatie is de 'als ... dan ...' vorm. De hierboven beschreven relaties kunnen dus beschreven worden als:

- Als de lagen, van ordelijke lange moleculen, een heel regelmatige stapeling kunnen vormen dan heeft deze stof een hoge treksterkte in de lengterichting.
- Als er hydrofiële groepen aan de ketens zitten dan kunnen deze moleculen water absorberen (vasthouden).
- Als er sprake is van een grote interactie tussen ketens van hydrocolloïden en amylose dan zal de snelheid van het kristallisatie proces groter zijn.
- Als de kristallisatie van amylose in deeg toeneemt dan neemt de viscositeit van het deeg toe.

Een structuur eigenschap relatie kan een meer kwantitatief karakter krijgen in de vorm van een grafiek met meetwaarden of een wiskundige vergelijking.



Energieabsorptie is gerelateerd aan de dichtheid, sterkte en de rek bij het breken van een vezel:

$$E_{sp} = 0,5\sigma_{rupt} * \epsilon_{rupt} / \rho$$

De vakinhoud.

De didactiek van micro-macro denken met behulp van structuur-eigenschap relaties kan het best omschreven worden als 'afdalen in stappen'. Het aantal stappen wordt bepaald door de waargenomen microstructuren of meso-niveaus.

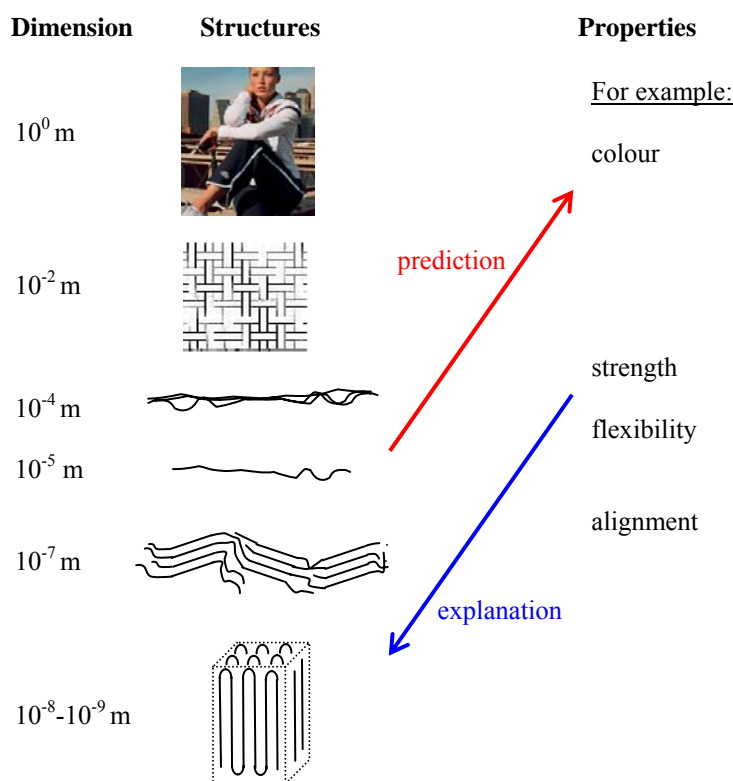


Figure 8. General version of the conceptual model of micro-macro thinking with the explicit use of $-(CH_2-CH_2)_n-$ ions (arrows).

Samengevat komt het er op neer dat de enkele grote stap van macro naar micro (huidige situatie in de schoolscheikunde) verdeeld wordt in de kleinere stappen, afhankelijk van het aantal voorkomende meso structuren. Er kan rekening worden gehouden met de invloed van het productieproces, dat een meer technologische kijk geeft op de chemie. Tenslotte is het huidige gebruikte deeltjes model (dat dus in één stap van macro naar micro gaat) een vreselijke versimpeling van de werkelijkheid die een beperkt aantal eigenschappen enigszins kan beschrijven/verklaren. Deze benadering is ruimer en meer wetenschappelijker, maar daardoor ook complexer.

De leerlingen worden van het macroniveau (datgene dat dicht bij hun beleveingswereld ligt) stapsgewijs naar 'beneden' geleid. De leerlingen worden voortdurend in de positie gebracht dat zij gaan inzien dat ze moeten afdalen om te verklaren wat nu de oorzaak is van de eigenschap.

Een probleem stellende benadering.

Deze benadering bestaat uit de gedachte dat leerlingen een doel moeten behalen, waarbij alles (vaardigheden en nieuwe concepten) tussen begin en eind zo danig opgebouwd zijn dat de leerling gaat inzien dat deze zorg dragen om het gestelde doel te behalen. De leerling weet dus op elk moment in de module wat, waarom en hoe hij/zij iets leert, uitvoert of doet, met de bedoeling om het doel te halen. Er is dus steeds sprake van een inhoudelijke reden om kennis uit te breiden. Op deze manier is de bedoeling dat de leerling continu gemotiveerd is.

De leerlingen krijgen dus gelijk in het begin een probleem voorgesteld, dat opgelost moet worden, maar dat lukt nog niet gelijk. Langzaam aan wordt voortgebouwd op de al aanwezige intuïtieve logische noties en concepten die leerlingen al hebben getracht steeds subproblemen aan te reiken waardoor de leerling naar het gestelde doel wordt gebracht.

In dit lesmateriaal komt deze benadering naar voren doordat er een inhoudelijke reden moet worden opgeroepen om meer te weten. Als het goed is worden de artikelen ook op die gewenste momenten ingebracht. Verdere belangrijke momenten in het lesmateriaal:

Er wordt inhoudelijk aangestuurd op

- dat er gekozen wordt voor maïs
- dat het probleem eerst beperkt moet worden tot de eerste twee processtappen.
- het eerst kijken naar de oorzaak van de elasticiteit van gluten voordat er een goede vervanger geselecteerd kan worden
- dat er eerst een dimensie lager moet worden gekeken om een zo goed mogelijke verklaring proberen op te stellen. Zo goed mogelijk is 'we kunnen het begrijpen, misschien is er een andere verklaring, maar dit is voldoende om criteria op te stellen'
- de selectie van hydrocolloïden om een kwalitatief goed brood te ontwikkelen
- het schrijven van een rapportage. Daarin wordt teruggekeken op het resultaat en de weg daar naar toe.

De chemie van het broodbakken.

Deze staat deels al vermeld in het artikel dat de leerlingen aangereikt krijgt. Goede sites zijn ook:

<http://www.classofoods.com/>

http://www.exploratorium.edu/cooking/bread/bread_science.html voor een prachtige gluten animatie.

De introductie

Leerlingen krijgen een brief waarin ze uitgenodigd worden om deel te nemen aan een project, waarbij een voedselproduct wordt ontworpen. Daarbij is het belangrijk dat er in dit stadium benadrukt wordt

- dat het brood een exemplarisch voorbeeld is uit een hele serie van producten die ontworpen gaan worden.
- Dat het niet alleen gaat om een goed product maar ook om de manier waarop het ontwerp is aangepakt
- Dat de IIn probleemeigenaar gaan 'voelen'.

De verwachting is dat leerlingen nu accepteren dat ze als junior medewerker op school (in hun eigen setting) een opdracht uitvoeren voor een groot bedrijf. De bedoeling is dat de docent ter plekke de deskundige is (de projectleider) en dat er een extern persoon (de senior projectleider) is als vraagbaak optreedt en tenslotte eindverantwoordelijk is (naar die persoon moet er gerapporteerd worden) en verantwoordelijkheid worden afgelegd.

In de brief wordt gewezen op het vervangen van ingrediënten, waardoor dit zoeken naar een glutenvervanger in de week wordt gelegd.

De eerste activiteit is een werkbepreking waarin alles organisatorische zaken m.b.v. het project besproken worden. Inhoudelijk wordt er tijd vrijgemaakt voor het projectvoorstel dat aangepast kan worden door de leerlingen. Het is vooral de bedoeling dat de leerlingen hierna inhoudelijk een plan van aanpak opgaan stellen (oproepen van een intuïtieve notie m.b.t. de procedure). Hierdoor wordt er een beroep gedaan op hun eigen kennis en verwacht wordt dat ze zich het project eigen gaan maken doordat ze het gevoel krijgen dat ze er invloed op uit kunnen oefenen.

De 5-6 groepen in de klas (productontwerpgemeenschap) kunnen hierdoor een eigen draai geven aan het project.

Experimenten

In de module zijn er twee verschillende experimenten, naast het broodbakken: de deegbaltest, en het trek-rek experiment. Deze zijn allemaal beschreven in bron 6.

Broodbakken (activiteit 2, 5, 12)

De voorbereiding

Aangezien men binnen een uur geen brood kan bakken moet dit van tevoren. Het brood wordt wel snel oud. Er zijn twee manieren om brood te bakken, te weten met behulp van een oven of met behulp van een broodbakmachine. De volgende 4 broden dienen gebakken te worden ter vergelijking:

- "Tarwe", Een brood van tarwemeel zonder toevoeging van hydrocolloïden.
- "Half-half" Een 'gewoon' maïsbrood, half maïsmeel, half tarwe meel. Geen hydrocolloïden toevoegen.
- "Maïs" Een brood van maïszetmeel (maïzena).

De gist die wordt gebruikt is levende gist.

Het maïsmeel is te koop bij de betere toko, de supermarkt heeft dit meestal niet en bij de groene winkel is het wel te koop maar duur.

Recept

Met de broodbakmachine:

De recepten hiervoor variëren per machine. Meestal zijn deze recepten te vinden in bijbehorende handleiding. Zo niet dan is hieronder een standaardrecept weergegeven. Voeg in deze volgorde in de bak van de machine:

- 275 mL water
- 3 eetlepels suiker
- 3 eetlepels olie
- 2 theelepels zout
- 3 eetlepels melkpoeder
- 500 gram broodmeel (+ de eventueel 1-5m% hydrocolloïden)
- 3 theelepels gist

Zet de machine aan op het normale programma. Dit duurt meestal zo'n 3 uur.

In het geval dat men met hydrocolloïden werkt moet erop gelet worden dat het deeg elastisch genoeg wordt. Dit kan men bepalen door te controleren of er nog brokken deeg zijn in plaats van dat het een egale massa is. Is het deeg niet dun genoeg voeg dan extra water toe totdat het deeg wel de goede elasticiteit bereikt heeft. Dit zal ongeveer 50 mL water zijn. De Hydrocolloïden nemen namelijk erg veel water op wat zal blijken uit het deegexperiment en uit de theorie over hydrocolloïden op pagina 6.

In de oven:

Men neme een plastic beslagkom en voegt hierin 500 gram broodmeel, 3 eetlepels suiker, 2 theelepels zout (en de 1-5m% hydrocolloïden).

- Roer dit goed door elkaar met een houten lepel.
- Maak een kuiltje in het midden en leg daar 3 theelepels gist in.
- Giet hier 275 mL water bij en roer dit goed door elkaar, dat het een elastisch deeg wordt.
- Zet de kom 30 minuten met een vochtige theedoek eroverheen in een warme ruimte (30-40°C)
- Kneed het deeg stevig.
- Zet de kom wederom met een vochtige theedoek in een warme ruimte, nu voor 45 minuten.
- Verwarm de oven voor op 220°C
- Leg het brooddeeg op een ovenschaal en boetseer er een broodje van.
- Laat het broodje 20-25 minuten bakken in de oven.
- Dit hele proces duurt zo'n 2 uur.

In het geval dat met hydrocolloïden werkt moet er meer water toegevoegd worden, weer richting de 50 mL, maar dit merkt U vanzelf wanneer het deeg niet te kneden valt.

De methode met de broodbakmachine is aan te raden omdat deze methode beter laat vergelijken tussen de verschillende ingrediënten omdat de het broodbakproces in de machine wel steeds precies hetzelfde is.

De deegbal-test (activiteit 9) .

De beschrijving is rechtstreeks afkomstig van de universiteit Wageningen (schoolcampus). Hieronder staat het voorschrift:

Uitvoering

Materialen

- Broedstoof, of een warmwaterbad, waarin een constante temperatuur van 32°C kan worden gehandhaafd
- Tarwemeel
- Balans
- Stopwatch/Horloge
- Maatcilinder
- Bekerglazen
- Schaaltje voor de bereiding van deeg
- Verse bakkergist.

Proefbeschrijving

- Neem van zowel tarwe- als gerstmeel een monster van 10 gram en doe deze elk in een schaalte.
- Voeg per monster 5 cc van een 10% gistsuspensie toe
- Het meel, het water en de gist worden in het schaalte tot een deeg gekneed en vervolgens tot een balletje gevormd.

- Het balletje wordt in een bekeerglas met water met een constante temperatuur van 32°C gebracht (door de bekerglazen in een broedstoof of waterbad te plaatsen).
- Zet de stopwatch aan of noteer de tijd.
- Aanvankelijk zinkt het deegballetje naar de bodem van het glas. Wanneer de gist begint te werken wordt er koolzuur gevormd, dat het deegballetje doet uitzetten. Daardoor wordt het soortelijk gewicht van het balletje lager en gaat het na 10 à 12 minuten drijven.
- Na verloop van tijd is het balletje niet meer in staat om de steeds toenemende hoeveelheid koolzuur vast te houden. Er ontstaan scheurtjes en tenslotte valt het balletje in stukken uiteen, die weer naar de bodem zakken.
- Op het moment dat het balletje uiteen valt, stop je de tijd. De tijd (in minuten) die er verloopt tussen het ogenblik waarop het balletje in de bekeerglazen wordt gedaan en het ogenblik waarop het balletje uiteenvalt is de zogenaamde Pelshenke- of P-waarde. De P-waarde is een maat voor het gasvoortbrengend en het gashoudend vermogen van het deeg. Aangezien deze beide eigenschappen de bakwaarde van tarwe in belangrijke mate bepalen, is het een bruikbare aanwijzing voor de bakkwaliteit.

Veiligheid

Er hoeven geen veiligheidsmaatregelen worden genomen.

Resultaten

Bepaal de P-waarde van beide monsters (tarwe en gerst) en vergelijk de uitkomsten met die van de medepracticanten. Beoordeel de gevonden P-waarden (in minuten) als volgt:

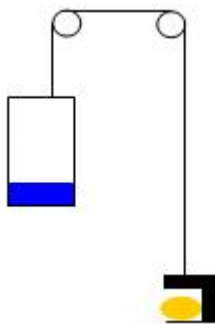
- onder de 25 is slecht
- 25 tot 50 is matig
- boven de 50 is goed.

Bij tarwe met een zeer goede bakkwaliteit vallen de deegballetjes vaak niet eens uiteen. Ze nemen na bijvoorbeeld 90 minuten een schijfvorm aan en zakken dan in hun geheel naar de bodem. De P-waarde wordt dan gemeten tot het ogenblik waarop de schijven de bodem van de bekeerglazen bereiken.

Het trek-rek experiment (act 9)

Om leerlingen bewust te maken van het feit dat deeg elastisch is en waarom dat zo is, wordt het trek-rek experiment uitgevoerd.

Tijdens dit experiment wordt er gebruik gemaakt van een apparaat met 2 katrollen met aan een eind een haak die om het deeg heen gaat. Aan het andere uiteinde is een bak bevestigd die gevuld is met een vaste hoeveelheid water. In Figuur 1 is de opstelling weergegeven:



Figuur 1: opstelling van het trek-rek experiment

Deze opstelling is echter zeer gevoelig voor niet-reproduceerbare resultaten. Dit is de grootste valkuil bij dit experiment, omdat het zeer lastig is reproduceerbare resultaten te krijgen bij dit experiment. Factoren die de reproduceerbaarheid van dit experiment beïnvloeden zijn:

- massa water (de constante kracht waarmee getrokken wordt)
- snelheid van uittrekken
- samenstelling deeg
- kneden

Bij de massa van het tegengewicht zijn verschillende opties uitgeprobeerd. Eerst is een lege bak als tegengewicht genomen, waar met een buret druppelend water aan werd toegevoegd om het tegengewicht stapsgewijs te vergroten. Dit leverde echter geen reproduceerbare resultaten op, omdat het druppelen van de buret bij twee verschillende experimenten met een andere snelheid gaat. Bovendien is de kracht werkt niet constant, wat voor onzekerheid in de resultaten zorgt. Om deze reden is er gekozen voor een tegengewicht met een vaste massa. De resultaten die hierbij verkregen zijn, zijn reproduceerbaar. Aan de hand van experimenten is geconcludeerd dat 200 gram water voor de meest betrouwbare en reproduceerbare resultaten zorgt.

Verklaring: Bij een grotere massa van het water zal het deeg te snel breken, waardoor het niet de kans krijgt te rekken. Bij het experiment is het belangrijk dat er waargenomen kan worden dat het deeg tot draden te vervormen is, die langs elkaar bewegen tijdens het oprekken van het deeg, waarna het deeg breekt. Bij een te grote massa rekt het deeg zo snel op, dat het bewegen van die ketens lastig waar te nemen is, omdat de ketens te snel breken. Bij een kleinere massa van het water zal het deeg in veel gevallen niet breken, omdat de kracht die erop werkt te klein is, waardoor de ketens dus niet langs elkaar zullen bewegen en zeker dus niet zullen breken.

Ingrediënten

Om voor reproduceerbare resultaten te zorgen wordt ongeveer dezelfde hoeveelheid deeg gebruikt als bij het bakken van een normaal brood. De ingrediënten die gebruikt worden voor dit deeg, zijn:

Zout: 11,6 gram

Tarwemeel: 520 gram

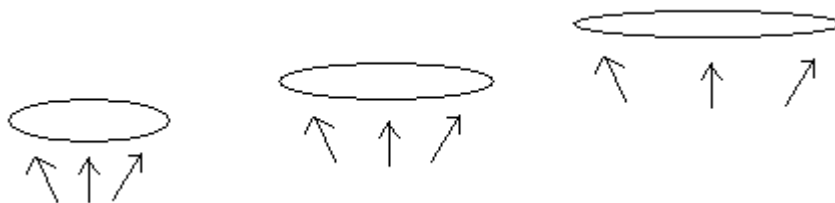
Water: 320 gram

De overige ingrediënten die gebruikt worden voor het bakken van een normaal brood in de broodbakmachine worden niet toegevoegd. Dit betreft de ingrediënten suiker, olie, melkpoeder en gist. Deze worden niet toegevoegd, omdat ze niets toevoegen aan het vormen van het gluten netwerk en daarom alleen de resultaten van de proef kunnen beïnvloeden, omdat elk toegevoegd ingrediënt een invloed heeft op de deegontwikkeling. Vooral gist zorgt door de productie van CO₂ voor een flinke verstoring in reproduceerbaarheid het experiment.

Kneden

Het is belangrijk dat het deeg op één bepaalde manier gekneet wordt, omdat een andere manier van kneden leidt tot de vorming van een ander gluten netwerk, wat dus weer andere resultaten zal opleveren. Om het kneden zoveel mogelijk hetzelfde te houden wordt één broodbak machine gebruikt. Verschillende broodbak machines leveren verschillende resultaten. Alle metingen waarin monsters uit hetzelfde deeg afkomstig uit één broodbak machine kunnen wel vergeleken worden. Maar er zijn wel onacceptabele verschillen geconstateerd tussen verschillende broodbak machines (zie figuur 3). Omdat

Van het deeg dat uit de broodbak machine komt moet een stuk van ongeveer 75 gram gehaald worden. Het is belangrijk dat het stuk deeg dat voor de proef gebruikt wordt 75 gram (+/- 2 gram) weegt. Hieruit moet een cilindervormige deegsliert met de hand gekneet worden van ongeveer 30 cm lang (+/- 1 cm). Het kneden van het deeg gaat als volgt: Voor het kneden moet er meel op de handen en op de ondergrond zitten, om tegen te gaan dat de deeg blijft kleven en voortijdig uit elkaar getrokken wordt. Vervolgens legt de knedende persoon het deeg op een broodplank en duwt het deeg met uitwaaiende beweging van zich af. Dat ziet er als volgt uit in figuur 2:



Figuur 2: het kneden van het deeg: de pijlen geven aan in welke richting de handen het deeg moeten duwen

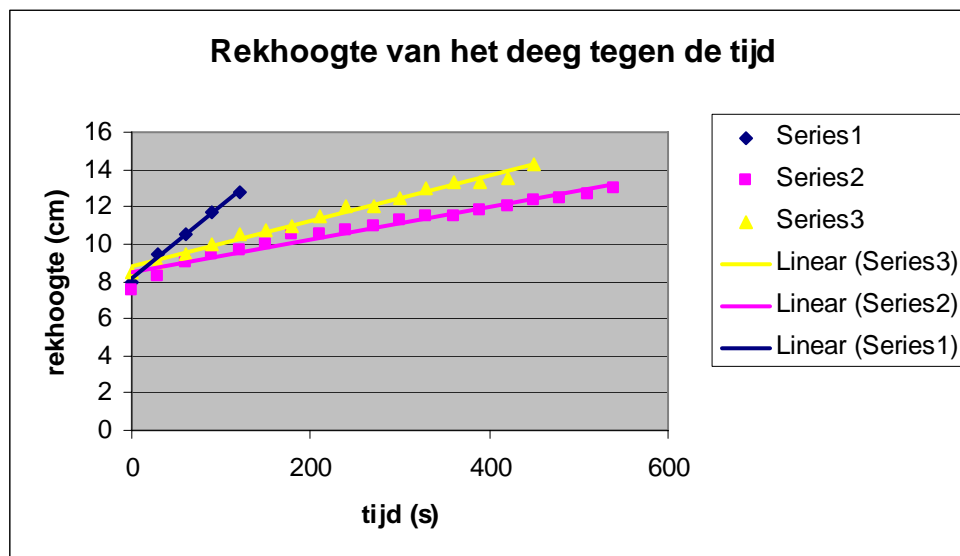
Als deze kneedmethode gebruikt wordt, zal het resultaat een uniforme cilindervormige deegsliert opleveren van ongeveer 30 centimeter lang. Dit kneden moet zo kort mogelijk duren, zodra het deeg de juiste lengte heeft bereikt moet het in de trek-rek opstelling gelegd worden.

Tijdens het experiment is in principe alleen het meten van de verticale lengte van de uitrekking belangrijk. De uitrekking kan op verschillende manieren afgelezen worden, namelijk de hoogte van de haak die om het deeg

heen zit, of de hoogte van het deeg zelf. Deze waarden verschillen uiteraard van elkaar, maar geen van beiden is in principe fout, zolang tijdens de experimenten maar telkens een van deze twee aflees methoden gebruikt wordt. Afwisselen van deze methoden levert metingen op die niet met elkaar te vergelijken zijn.

De factor tijd kan ook meegenomen worden in dit experiment. Hiervoor moeten leerlingen elke 30 seconden de lengte van de uitrekking meten. Bij het verwerken van de resultaten zullen ze dan merken dat als de uitrekking wordt uitgezet tegen de tijd, dat de uitrekking constant stijgend is ten opzichte van de tijd. Dit komt door de visco-elastische eigenschap van het deeg. De gluten ketens die gevormd worden bij het kneden (in de broodmachine en bij het kneden met de hand) zijn elastisch, maar hebben een maximale kracht die erop uitgevoerd kan worden. Als deze kracht op de ketens blijft doorwerken terwijl ze al in een maximaal uitgerekte toestand verkeren (zoals bij het trek-rek experiment het geval is), zullen de ketens breken. Dit principe is te vergelijken met het uitrekken van elastiek. Als elastiek maximaal is uitgerekt zal het ook breken als de kracht die erop staat erop blijft werken.

Een voorbeeld van meetresultaten bij deze proef zijn weergegeven in figuur 3.



Figuur 3: grafiek van de uitrekking van elastiek tegen de tijd. De drie series staan voor 3 experimenten met elk hun metingen.

Figuur 3 is een voorbeeld van een grafiek die gemaakt kan worden met meetresultaten uit experimenten waar de uitrekking elke 30 seconden is gemeten. Uit de grafiek kan afgeleid worden dat de uitrekking lineair stijgt. De drie verschillende lijnen staan voor drie verschillende experimenten. De korte blauwe lijn representeert de uitrekking van deeg waar het trek-rek experiment direct na het kneden in de broodbak machine op is toegepast. De langere lijnen (serie 2 en 3) representeren de uitrekking van deeg dat uit twee verschillende broodbak machines komt, na de tweede keer kneden door de broodbak machine.

Op basis van bovenstaande uitvoering kunnen de leerlingen over gaan tot experimenten met maïsmeel en hydrocolloïden. Dit experiment moet de leerlingen laten beseffen dat de ketens die gluten vormen in het tarwemeel, niet gevormd worden in het maïsmeel, waardoor deeg op basis van maïsmeel niet elastisch is. Daarom worden hydrocolloïden toegevoegd aan het maïsdeeg met kleinere hoeveelheden gewerkt. Dit is mogelijk omdat enkel het effect van het toevoegen van hydrocolloïden waargenomen moet worden. Als er elasticiteit waar te nemen is, kan er een maïsbrood gemaakt worden. De ingrediënten die gebruikt worden bij het maken van maïs deeg voor het trek-rek experiment zijn:

Zout: 1,5 gram & Maïsmeel: 73 gram & Water: 74 gram

Hydrocolloïden: 3-5 m% op basis van maïsmeel (idem aan de samenstelling van activiteit 5)

Omdat er kleinere hoeveelheden gebruikt worden, is het erg lastig om het geheel gekneet te krijgen met een broodbak machine. Daarom kan dit beter in een kom gekneet worden met een lepel. Als het geheel bij elkaar blijft, kan het trek-rek experiment ermee uitgevoerd worden. Het deeg moet niet te lang blijven liggen voordat het trek-rek experiment uitgevoerd wordt, want dan wordt het deeg erg klef en slap. Bij het uitvoeren van het trek-rek experiment zal wel rek waargenomen kunnen worden, maar deze zal niet zo hoog zijn als de rek bij tarwemeel. Verbetering ten opzichte van maïsmeel zonder hydrocolloïden is echter wel goed waarneembaar,

omdat het maïsmeel met hydrocolloïden enigszins rek vertoont. Het tegengewicht moet echter wel verlaagd worden tot 40 gram, omdat het deeg lang niet zo stevig is als tarwedeeg. Bij een tegengewicht van 40 gram is gebleken dat het deeg eerst rekt voordat het breekt bij ongeveer 6 cm.

Om heel precies te zien wat er gebeurt, is het verstandig om dit experiment in tweetallen uit te voeren. De een houdt de tijd van het rekken bij en de andere bepaalt de hoogte bij breuk en bekijkt de structuur. Dit laatste kan eventueel ook gevolgd worden met een camera, die meebeweegt met het omhooggetrokken deeg.

Tips:

Algemeen:

- Gebruik altijd hetzelfde type maïsmeel
- Blijf benadrukken dat ze de eersten zijn die hiermee bezig gaan. Het is tot nu toe nog niemand gelukt.
- Geef ook gewoon toe dat er dus geen oplossing is en dat je als docent het dus ook niet weet. Het is een gezamenlijk probleem!
- Het gaat niet om het verkrijgen van een perfect maïsbrood, maar of deze manier van denken en werken bruikbaar bij het ontwerpen van gluten-arme voedselproducten.
- Zorg voor een foto toestel zodat je alle resultaten elektronisch kan vastleggen. Dat is voor het verslag van de leerlingen en de presentatie handig.
- Jij, als docent, moet aan het eind de presentatie verzorgen. Je moet dus alle bevindingen en mogelijke verklaringen in de presentatie zien te krijgen. Door van te voren teksten en tabellen van hen te vragen wordt hun bijdrage direct zichtbaar en dat motiveert enorm.
- Zorg dat je alles kant-en-klaar in de elo hebt staan.

Activiteit 1 brief en 1^e werkbepreking

Aan de hand van het projectvoorstel kan je het volgende vragen:

- Wat is een haalbaarheidsstudie?
- Waarom brood, als exemplarisch voorbeeld?
- Waarom zijn de doelen zo gedefinieerd?
- Waar moeten we op letten bij het ontwerpen?

Laat de leerlingen eventueel zelf additionele informatie zoeken. Het moet hun probleem worden!

Activiteit 2 broodbakken

Zorg dat elke groep een ander brood bakt (verschillende samenstelling tarwe-, maïsmeel).

Broodbakmachine kan op de timer (maximaal 13 uur).

Let op! Er moet weer een rapportage formulier ingevuld worden.

Activiteit 3 2^e werkbepreking

Verzamel eventueel alle data op het bord.

Laat de leerlingen zelf eerst het probleem definiëren. Als ervaren persoon kan je deze later wel herformuleren. Het blijft/wordt dan hun probleem.

Ook de manier waarop het ontwerpproces verloopt is een leerdoel van de module dat wordt hier mee gestart.

Laat de leerlingen eventueel hier al nadenken waarom er een vervanger nodig is en wat die moet kunnen.

Daardoor gaan ze bron 3 anders lezen.

Team	Keuze vervanger(s)	Samenstelling [in m%]
A		
B		

Activiteit 4 kiezen van een glutenvervanger

Het gaat hier voornamelijk om de argumenten waarom ze een bepaalde glutenvervanger selecteren. Eventueel moet er gezamenlijk afgesproken worden welke team wat doet.

Activiteit 5 1^e testronde

Gebruik maximaal 5 m% hydrocolloid op meel basis.

Je kan eventueel ook in m% variëren

Let op! Er moet weer een rapportage formulier ingevuld worden.

Activiteit 6 meer weten en hoe.

Print eventueel de mail of verstuur deze via de elo.

Print de bijlage (het schema) uit. Dit schema komt steeds terug in de volgende activiteiten. Bespreek eventueel de betekenis van alle onderdelen van het schema.

Hier staat voor het eerst de term mesostructuur. Dit kan een aanleiding vormen om naar activiteit 7 te gaan.

Activiteit 7

Laat dit in de teams plaatsvinden. Bij de volgende activiteit pas echt bespreken.

Activiteit 8

Laat vooral de leerlingen denken en redeneren. Stuur bij indien nodig.

Opnieuw wordt er gekeken naar het ontwerpen.

Gebruik eventueel het schema om inhoudelijk aan te sturen (daar staan de denkstappen). Een meso structuur veranderen komt er in feite op neer om het veranderen van de onderliggende mesostructuur. Dus de samenstelling of type hydrocolloid. Maar we weten nog niet genoeg dus eerst aanvullende experimenten uitvoeren.

Activiteit 9

Kneed steeds op dezelfde manier en gedurende dezelfde tijd bij het trek-rek experiment. Dit heeft invloed op het uiteindelijke resultaat.

Gebruik geen gist bij het trek-rek, maar wel bij de deegbal.

Gebruik dezelfde samenstelling als bij activiteit 5.

De volgende tabel kan op het bord gezet worden (en in elo)

Team	Welke hydrocolloid	M%	Resultaat deegbal	Resultaat trek-rek	opmerkingen
A					
B					

Let op! Er moet weer een rapportage formulier ingevuld worden.

Activiteit 10

Er wordt gesproken over een netwerk van begrippen. Dat kan natuurlijk ook een systematische weergave zijn van een deel van geneste meso structuren. Overal in de bron 10 staan afmetingen. Leerlingen hebben vaak geen idee van de grootte. Gebruik eventueel een gezamenlijk moment om dit toe te lichten. Alle afbeeldingen in de bronnen zijn geordend van klein naar groot (van eiwitketen met S-bruggen naar een elastische matrix).

Wat kunnen de leerlingen hier mee? Ze moeten inzien dat er twee hydrocolloiden nodig zijn om de gluten te vervangen. Eén zonder weerhaken en één met. Daarnaast moeten er voldoende OH-groepen aan zitten en lang zijn, zodat er verstrengelingen kunnen optreden.

In de bron staat ook een tabel en verder is er via de link onderaan tabel 1 in bron 3 structuurformules te vinden.

Activiteit 11

Volgt waarschijnlijk direct uit activiteit 10.

Activiteit 12

Let op! Er moet weer een rapportage formulier ingevuld worden.

Activiteit 13

Mogelijke verdeling:

Verklaring van team A → team B → team C → team D → team E → team A

Activiteit 14

Het maïsbrood is ontworpen. Dat is in ieder geval verbeterd. Nu moeten we terugkijken naar de reden waarom we dit zijn gaan doen. We zijn bezig geweest met een haalbaarheidsstudie. We hebben op een bepaalde manier het probleem aangepakt, uitgevoerd en doordacht. Dat moet dus op papier worden gezet voor vervolgprojecten.

Hierin kan worden gebruik gemaakt van het projectvoorstel en hun eigen ontwerp aanpak (act 2, 6, 8).

Dit leidt vanzelf tot het feit dat de verkregen kennis nog geordend moet worden. Dat gebeurt bij activiteit 15.

Activiteit 15

Het opstellen van een conceptueel vind plaats door uit alle verklaringen, rapportage formulieren en bronnen de relaties te halen. Het is aan te raden om deze in de vorm: 'als [deze structuur] dan [deze eigenschap]' te schrijven.

Gebruik eventueel aan elkaar geplakte flap-over vellen als poster. Uit alle bronnen kunnen meso structuren met afmetingen verkregen worden. Zorg eventueel voor een mogelijkheid om die afbeeldingen uit te printen (en opplakken) of na te tekenen.

Activiteit 16

Hier vindt een toepassing plaats van

1. de gevolgde ontwerpprocedure en
2. de manier van macro-micro denken

bij het ontwerpen van een soortgelijk voedselproduct.

Er zijn hulpvragen geformuleerd.

Activiteit 17

Er is een raamwerk voor zowel de rapportage als de presentatie. Je kan besluiten om het laatste al eerder uit te delen waarbij de leerlingen zelf hun eigen onderdeel kunnen verzorgen. Als docent kan je er dan lijn in brengen en heb je niet zoveel werk hieraan.

Tijdens de presentatie mogen de leerlingen opmerkingen en verbeteringen suggereren. Die je dan later verwerkt en op elo zet.

De leerlingen kunnen eventueel samen het werk m.b.t. enkele onderdelen van het rapport verdelen. Elk team kan de resultaten van het 2^e ontwerp beschrijven en verklaren m.b.v. de bronnen. Daardoor levert elk team toch een eigen rapport af.

Tijdsplanning

(tijd is aangepast n.a.v. try-out newmancollege juli 2007)

Dag/lesnr	activiteit	Tijd [min]	Wat	Team/gezamenlijk	Opmerkingen
	0	5	Brief	Gezamenlijk	
	1	30	Gesprek Bron uitreiken bakproces in notendop	Gezamenlijk	
	2	20 3 uur 10	Voorbereiding Broden bakken Invullen rapp form	Team	Kan buiten de les om (inclusief het invullen van het rapportageformulier)
	3	30	Bron uitreiken artikel hydrocolloïden	Gezamenlijk	Het lezen van het artikel kan buiten de les om
	4	30	Werkplan opstellen	team	Kan buiten de les om afgemaakt worden en via elo verspreid
	5	10 3 uur 30	Voorbereiding Brood bakken Verwerken resultaten	Team team	Kan geheel buiten de les om Resultaten moeten via elo.
	6	20	Bron uitreiken (artikel + mail) en bespreken	gezamenlijk	
	7	15	Bron foto's uitreiken	Team team	
	8	30	Werkbespreking	gezamenlijk	
	9	60 10	Experimenten Rapp form invullen	team	Elk team kan dezelfde samenstelling testen zoals die ook bij act 5 door hen is getest Alle data worden uitgewisseld (elo). Eventueel centraal bespreken om tendensen te ontdekken. Dit is niet ingepland, maar kan ook na act 10 ivm werkplan 2 ^e ontwerp.
	10	30	Bron artikel over glutenbouw	Team (evt gezamenlijke bespreking)	Leerlingen vinden het lastig om bron 10 te ordenen. Bespreek eventueel het systeem, dat bleek te helpen.
	11	20	Afstemmen werkplannen	gezamenlijk	Deze activiteit kan ook logisch volgen uit de voorgaande.
	12	15 3 uur	Voorbereiding Brood bakken	team	
	12	30	Resultaten verwerken	team	Weer uitwisselen en verklaring opstellen m.b.v. rapportage form en het schema.

	13	20	Feed back	team	Een team geeft feedback op één verklaring van een ander team. Dit wordt ook doorgesproken met het betreffende team
	14	15	Terugkijken en vooruitkijken	gezamenlijk	Het uitzoomen begint nu. Wat waren de producten? Wat was het leerdoel van de module?
	15	60	Verklaring opstellen 'poster' ronde Conceptueel schema maken	Team	Eventueel kunnen er teams worden samengevoegd. Posters kunnen ook buiten de les om gemaakt worden. Alle plaatjes uit de bestanden op de elo te halen Zorg voor grote flapovers, stiften e.d..
	16	15	Werken	Team Team	Kan thuis. Op basis van een voorbeeld presentatie kan er per groep aanvullingen/verbeteringen aangegeven worden. Deze moeten doorgegeven worden aan de docent.
	17	20 3 uur	Presentatie verslaglegging	Gezamenlijk Team	Docenten houden oefenpresentatie Elk team kan verder (thuis) werken aan het verslag. Alle data, verklaringen zijn immers via de elo voor iedereen beschikbaar.

Totaal: 510 minuten (exclusief 3*3 uur broodbakken)

Daarvan kan er 220 eventueel thuis of buiten de les om gebeuren. Hierin zit wel de voorbereiding van het testen (de machines vullen).

Als je gebruik maakt van een timer dan moet je zorgen dat het gist niet in contact komt met het water. Gebruik daarom de volgorde zoals in de handleiding staat van de machines (eerst water, dan meel, dan de rest).