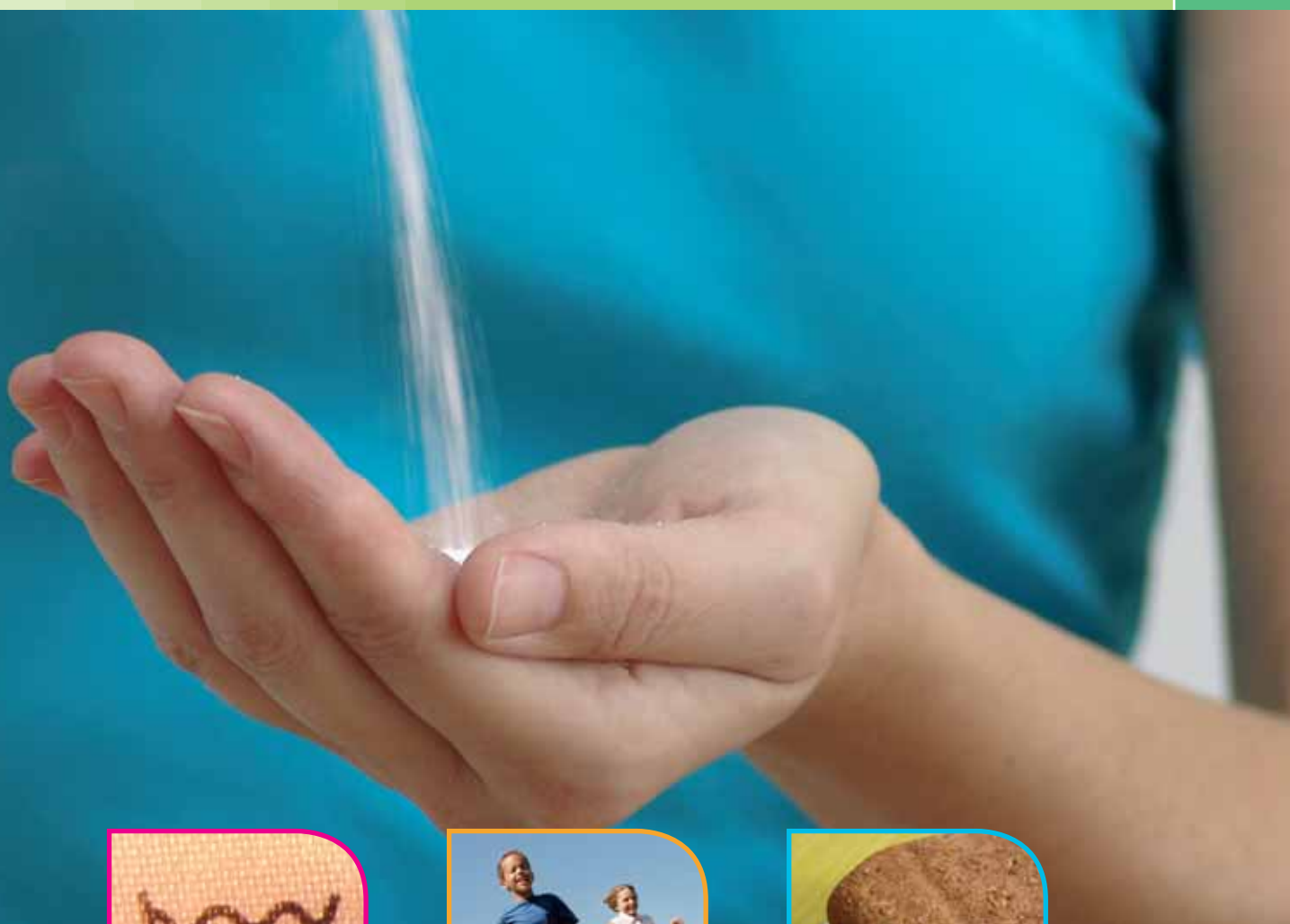


Enzymen: in je lijf en in je leven



VIB is een interuniversitair non-profit-onderzoeksinstituut in de levenswetenschappen. Meer dan 1000 wetenschappers en technici verrichten er basisonderzoek naar de moleculaire mechanismen die instaan voor de werking van het menselijk lichaam, planten en micro-organismen. Dankzij een hechte associatie met vier Vlaamse universiteiten - UGent, K.U.Leuven, Universiteit Antwerpen en Vrije Universiteit Brussel - en een stevig investeringsprogramma bundelt VIB de krachten van 65 onderzoeksgroepen in één instituut. Hun onderzoek heeft als doel nieuwe kennis te verwerven die het inzicht in de moleculaire mechanismen van het leven fundamenteel verbeteren. Met zijn beleid van technologietransfer wil VIB deze kennis omzetten in producten ten dienste van de consument en de patiënt. Daarnaast informeert VIB de Vlaamse bevolking over de ontdekkingen en ontwikkelingen in de levenswetenschappen. Via een breed gamma aan wetenschappelijk onderbouwde informatiedragers en 'communicatieve' activiteiten is het een volwaardig kenniscentrum geworden dat de diverse aspecten van de biotechnologie in de levenswetenschappen belicht.



www.vib.be • info@vib.be

2007, tweede druk, herziene uitgave



een **kijk** op

Enzymen: in je lijf en in je leven



Geen leven zonder enzymen

In ons lichaam is het voortdurend een drukte van jewelste. Voedingsstoffen worden er onophoudelijk afgebroken tot bouwstenen om te worden omgezet voor het opbouwen van lichaamsstoffen. Tegelijk blijft onze lichaamstemperatuur op peil, wordt het transport van zuurstof en andere levensnoodzakelijke stoffen nooit stopgezet, maken we voortdurend nieuwe cellen aan, worden indringers zoals virussen en bacteriën afgeweerd, en gebeurt er nog heel wat meer... Inderdaad: duizenden reacties vinden op hetzelfde ogenblik plaats, en dat terwijl je bijvoorbeeld rustig een boek leest of televisie kijkt.

Deze bioreacties moeten allemaal in goede banen worden geleid - heus geen eenvoudige opdracht! Je kunt ze nog het best vergelijken met de chemische proefjes die je ooit in de scheikunde klas moest doen. De reactie slaagde pas als de ingrediënten in de juiste verhouding en op het juiste moment aanwezig waren. Vaak vergde dat heel wat tijd of moest het mengsel worden opgewarmd om het gewenste product te kunnen vormen.

In het geval van de bioreacties in ons lichaam is opwarming gelukkig niet nodig. Ons lichaam zit namelijk boordevol enzymen die voor een vlot en snel verloop van alle levensprocessen zorgen.

Wat is een enzym?

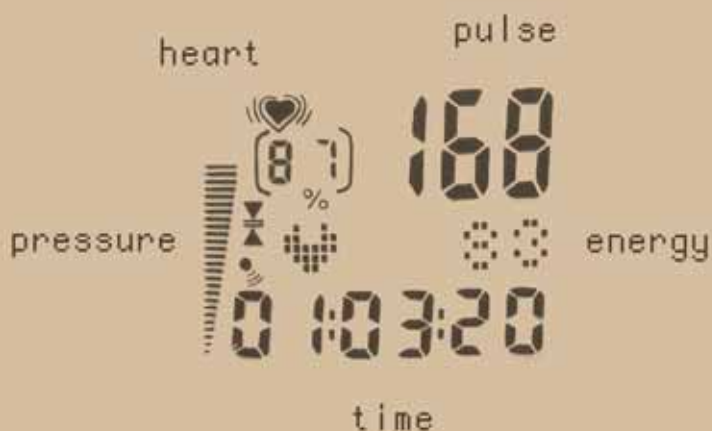


Enzymen zijn heel specifieke eiwitten die bioreacties onvoorstelbaar hard versnellen en ze daarbij heel nauwkeurig begeleiden. Ze grijpen een bepaalde stof en zetten die volgens de wetten van de scheikunde om in het gewenste product. Razendsnel doen ze dit, op één of een paar tienduizendsten van een seconde, én bij een normale lichaamstemperatuur, zonder bijkomende opwarming. De enzymen zorgen er inderdaad voor dat de scheikundige reacties in een levend organisme zowat tien miljard maal sneller verlopen dan in de scheikundeklas.

Een enzym kan 1 tot 10 000 omzettingen per seconde realiseren!



Het enzym **alcoholdehydrogenase** helpt alcohol af te breken in de lever. Hierdoor kunnen we - zij het met mate - alcohol drinken. Chinezen en Japanners beschikken echter over een variant van dit enzym die trager werkt, waardoor zij meer last hebben van alcoholische drankjes.



Voor elke scheikundige reactie in ons lichaam bestaat er een specifiek enzym. Duizenden verschillende enzymen voeren heel gericht, precies, snel en gelijktijdig duizenden verschillende reacties uit. De enzymen van onze spijsvertering zorgen voor de afbraak van vetten, eiwitten en suikers en zetten ze om in nieuwe bouwstenen en energie. Andere enzymen regelen onze bloeddruk, de werking van de spieren of de afvoer van giftige stoffen. Zo is er een hele verzameling van levensnoodzakelijke processen die de enzymen voor hun rekening nemen. Dit is bovendien het geval bij alle levende wezens, of het nu mensen, dieren, planten of bacteriën zijn.

Zonder enzymen zou er geen leven mogelijk zijn

De code voor enzymen

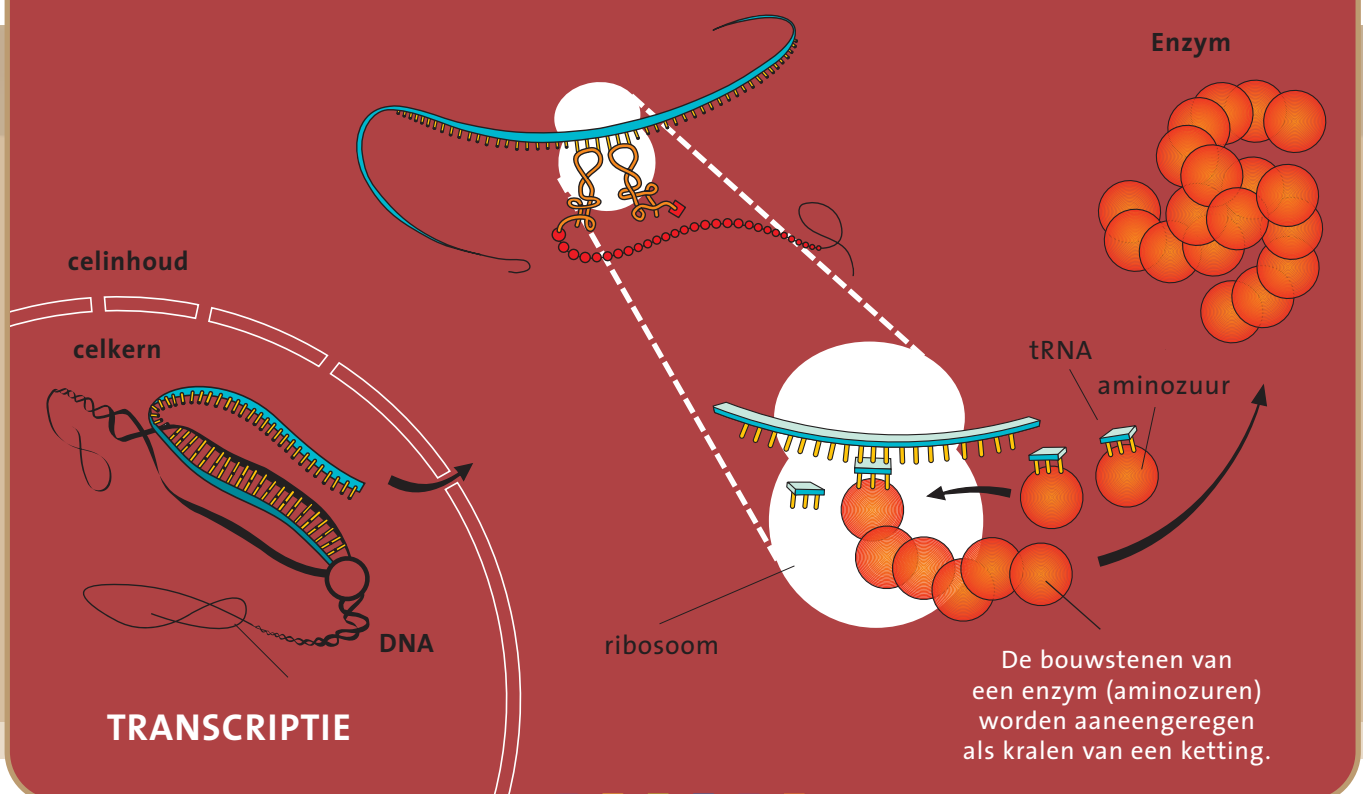
Het erfelijk materiaal (DNA) bevat de informatie voor de aanmaak van enzymen. DNA is een heel lange streng die is samengesteld uit 4 bouwstenen (A, C, G en T). Een stuk DNA met de code voor de aanmaak van één enzym is een 'gen.'

Hoe het lichaam deze DNA-code gebruikt om enzymen aan te maken, lees je in de VIB-brochure 'Wat is biotechnologie?'.



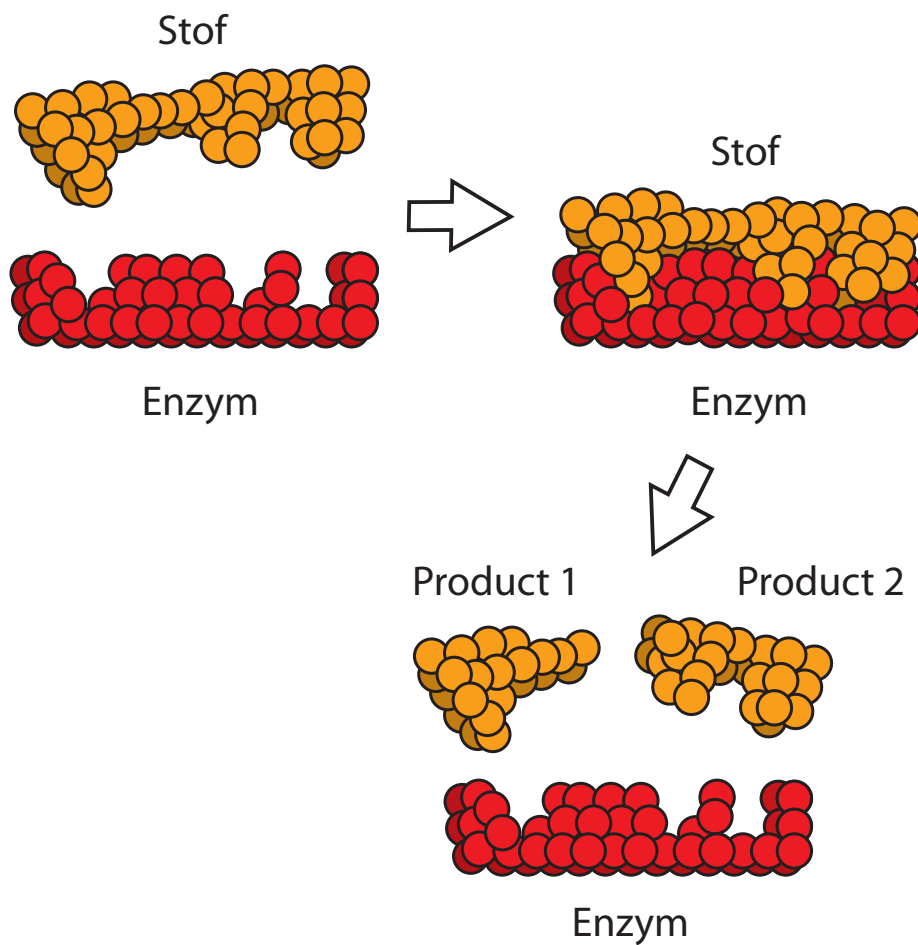
van DNA tot enzym:

TRANSLATIE



Hoe werkt een enzym?

Het enzym grijpt een stof en bindt er zich mee.
Na een korte interactie ontstaan de gewenste eindproducten.



ENZYMEN

Toepassing van enzymen

Het wekt dan ook geen verbazing dat men enzymen voor tal van toepassingen wil gaan benutten. Immers, de reacties die ze begeleiden in mensen, dieren, planten en micro-organismen kunnen ook voor de industrie interessante toepassingen opleveren. Voor chemische reacties zijn vaak extreme temperaturen, hoge drukwaarden of bijtende omstandigheden nodig. Het gebruik van enzymen maakt dit overbodig, waardoor de productie van bepaalde stoffen een stuk makkelijker en goedkoper verloopt.

- Om leer te looien gebruikte men vroeger uitwerpselen van dieren. De daarin aanwezige **proteasen** hadden de eigenschap dat ze eiwitten afbraken. De reactie maakte het makkelijker om de dierenhuid te ontharen en gaf het leer een zachtere structuur. Vanaf 1910 gebruikte men in de leerlooierij enkel nog de noodzakelijke enzymen in plaats van de uitwerpselen die de enzymen bevatten. Het stonk er sindsdien beduidend minder!
- Sommige volksstammen, zoals de Chicha in Zuid-Amerika, gebruiken speeksel om alcoholrijke drankjes te maken. Vrouwen kauwen op graan en mengen het zo met hun speeksel. Speeksel bevat amylase dat zetmeel uit het graan gedeeltelijk omzet in suiker. De fermentatie van de gevormde suiker zorgt voor een alcoholhoudend drankje.



Er bestaan al tal van industriële toepassingen van enzymen. Ze zijn niet meer weg te denken uit de productie van levensmiddelen, textiel, veevoer, papier en (vaat)wasproducten.

Men zou de enzymen kunnen isoleren uit hun natuurlijke bron. Denk bijvoorbeeld aan wat we over het kalvermaagsap vertelden. Zo'n proces heeft echter zijn beperkingen. Er zijn alvast niet genoeg kalveren om de volledige kaasindustrie te bevoorraden. Veel efficiënter en bovendien duurzamer is het om de enzymen industrieel te gaan produceren. Door de grote vraag naar enzymen heeft de enzymenproductie zich ondertussen inderdaad tot een autonome industriële sector ontwikkeld.

cheese!

- Om kaas te maken gebruikte men vroeger het maagsap van jonge kalveren. Tijdens hun eerste levensweken produceren heel wat dieren **chymosine** in hun maag. Chymosine maakt een stof in melk onoplosbaar, waardoor de melk niet direct uit de maag kan wegstromen. Zo hebben de jonge dieren meer tijd om de melk te verteren en er alle nuttige voedingsstoffen uit te halen. Naarmate ze minder melk drinken, maken dieren ook minder chymosine aan. De kaasindustrie maakt vandaag volop gebruik van chymosine voor de eerste stap in de kaasproductie: het 'stremmen' (laten samenklonteren) van de melk. Terwijl men vroeger het enzym uit kalvermagen haalde, wordt de chymosine nu in grote hoeveelheden industrieel geproduceerd.



De productie van enzymen

De industriële productie van enzymen uit micro-organismen

Veel micro-organismen (schimmels, bacteriën en gisten) maken enzymen aan. De kleine organismen kunnen makkelijk worden ingezet voor enzymenproductie op industriële schaal. Ze worden in huizenhoge fermentoren gekweekt in een vloeistof die alle voedingselementen bevat die nodig zijn voor hun groei. Het is tijdens deze groei dat de micro-organismen enzymen produceren. Na een aantal dagen worden ze geïsoleerd en worden de overgebleven micro-organismen vernietigd.



Buitenkant fermentor

Binnenkant fermentor / foto's: Genencor

Fermentoren

Fermentoren zijn gesloten kweekkuipen in roestvrij staal, een soort hightechvarianten van een bierkuip. Een fermentor bevat apparatuur die de ideale groeiomstandigheden voor micro-organismen garandeert. Ze moeten immers over voldoende voedingsstoffen en lucht beschikken en ze mogen het niet te warm krijgen. Andere apparatuur in de fermentoren zuivert de enzymen en vernietigt de micro-organismen. De fermentoren voldoen aan hoge eisen van hygiëne en hebben een inhoud die varieert van enkele tientallen tot vele duizenden liters.

De industriële productie van enzymen uit andere bronnen

Het massaal produceren van enzymen uit andere organismen, zoals de koe of de mens, was lang een onbegonnen werk, tot het in het midden van de jaren 1970 mogelijk werd om micro-organismen genetisch te wijzigen. Als men het gen voor een bepaald enzym in een bacterie of gist inbracht, kreeg men een genetisch gewijzigd organisme (GGO) dat dit enzym zelf kon produceren. Zo zorgde de biotechnologie ervoor dat micro-organismen ook enzymen uit andere organismen konden aanmaken. Sindsdien kan een bacterie bijvoorbeeld probleemloos een koeienenzym produceren.

Het genetisch wijzigen van micro-organismen

Eerst isoleert men het gen met de code voor het gewenste enzym, bijvoorbeeld **chymosine**. Met knip- en plakwerk brengt men dit gen binnen in het DNA van een goed gekend productieorganisme, zoals een bacterie. Zo maakt men een GGO dat één extra enzym, namelijk chymosine, aanmaakt. Het geproduceerde chymosine is identiek aan het natuurlijk, door het kalf aangemaakte enzym. Alleen wordt het nu door een genetisch gewijzigde bacterie geproduceerd.

Hoe dit knip- en plakproces in zijn werk gaat, lees je in de VIB-brochure 'Wat is biotechnologie?'.



Het was het Deense bedrijf Novozymes dat in 1984 voor de primeur zorgde door een GGO-geproduceerd enzym, **amylase**, op de markt te brengen. Amylase is vandaag niet meer weg te denken uit het bakken van brood.

Novozymes produceert het op grote schaal met behulp van een genetisch gewijzigde schimmel. Amylase werd het eerste van een lange reeks van nieuwe GGO-enzymen.



De grote hedendaagse enzymfabrikanten produceren veel van hun enzymen met behulp van GGO's. Hiervoor zijn heel wat redenen op te sommen:

- Vroeger diende men enzymen te isoleren uit de natuurlijke bron. Het betekende vaak dat men met levend materiaal moest werken, zoals wanneer **chymosine** uit de magen van geslachte kalveren werd gehaald. Het procédé was niet echt duurzaam en men slaagde er niet in om aan de groeiende vraag te voldoen. Ondertussen is het een GGO dat chymosine produceert.
- Door met GGO's te werken, wordt de productie van de micro-organismen heel wat efficiënter. De technologie is daardoor sterk in trek.
- De grote rijkdom aan micro-organismen vormt momenteel nog een grotendeels onontgonnen domein. Intensief onderzoek legt echter steeds meer nieuwe soorten bloot. Vaak bevatten de micro-organismen onbekende enzymen die de mogelijkheid van interessante toepassingen in zich dragen. Maar het is niet altijd evident om ze in te zetten voor enzymenproductie op grote schaal. Daarom wordt het gen voor de nieuwe, interessante enzymen met behulp van biotechnologie geïsoleerd en wordt het in beter gekende micro-organismen ingebracht, die aangepast zijn aan industriële fermentatie. Op deze manier wordt een optimale productie gegarandeerd.
- Dankzij de biotechnologie kan men ook de structuur van de enzymen wijzigen, waardoor ze efficiënter gaan werken. Zo heeft men enzymen beter bestand gemaakt tegen een omgeving van agressieve zeep.



Enzymen in ons dagelijks leven

Enzymen vreten vlekken op

Waspoeders vormen een combinatie van zeep en enzymen. Zeep kapselt de losgeweekte vuildeeltjes in die vervolgens samen met de zeep wegspoelen. Hoe hoger de temperatuur, des te efficiënter het proces. Bepaalde vlekken, bijvoorbeeld van chocolade of gras, zijn echter niet zomaar uit kleren weg te spoelen, omdat ze zich erg hard vasthechten aan textiel.



Om de werking van waspoeders te verbeteren voegt men al tientallen jaren specifieke enzymen toe. Die breken het vuil af in plaats van het in te kapselen en zijn wel makkelijk weg te spoelen. De afbraakenzymen van dienst zijn proteasen en lipasen.

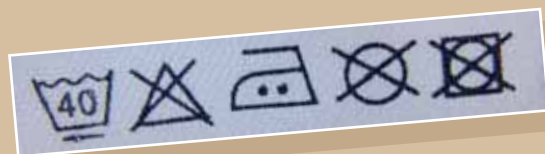
Proteasen breken eiwitten af. **Lipasen** breken oliën en vetten af. Sommige waspoeders bevatten ook **amylasen** en **cellulasen** om zetmeel en cellulose af te breken. Zo krijg je vandaag zelfs de meest hardnekkige vlekken uit je wasgoed, ook die van gras en chocolade!

Enzymen verhogen de efficiëntie van waspoeders:

- De was is proper in een kortere wastijd, want enzymen werken heel snel. Eén enzym kan zorgen voor 1 tot 10 000 omzettingen per seconde.
- Het waswater moet minder warm zijn, waardoor minder energie nodig is.
- Er is minder zeep en water nodig, omdat de enzymen een deel van de functie van zeep overnemen.

Het milieu vaart er dus wel bij.

Eén derde van de wereldomzet aan industrieel geproduceerde enzymen zit in wasproducten. Het gros wordt aangemaakt door GGO's. Vooral in Europa is de vraag naar enzymen in waspoeders groot, omdat men bij een zo laag mogelijke temperatuur wil wassen.



Nooit meer vaal en grijs, maar blijvend turkoois blauw

Wasproducten bevatten soms ook andere enzymen. De kleding die je draagt krijgt na verloop van tijd namelijk een fletse kleur door de wrijving van de stof tegen je lichaam. Stoffen bevatten voornamelijk cellulosevezels. Bij wrijving ontstaan er kleine ongekleurde cellulosevezeltjes die naar buiten uitsteken. Deze kleine vezeltjes komen in de weg van de oorspronkelijke kleur te zitten en geven zo de kleding een afgedragen uitzicht. In sommige waspoeders zit een specifiek **cellulase** dat deze kleine cellulosevezeltjes afbreekt. Het resultaat: opgefleurde kleuren!



'Stonewash' zonder stenen

Als men vroeger een nieuwe jeans een afgedragen look wilde geven, waste men die samen met puimstenen in de wasmachine; de jeans werd dus letterlijk 'gestonewashed.' Maar stenen kunnen de jeans en de wasmachine beschadigen. Voor een sterker effect drenkte men de stenen bovendien vaak in - milieuvriendelijk - zuur.

Vandaag zorgt een enzymenbehandeling voor gestonewashede jeans. Jeans is 100% katoen en katoen bestaat uit cellulose. De cellulosevezels in katoen zijn op een complexe manier vertakt. De blauwe kleurstof zit op die vertakkingen gebonden. Een combinatie van bepaalde **cellulase**-enzymen kan de vertakkingen lichtjes afbreken, waardoor de jeans gaat ontkleuren. Zo komt de blauwe kleur vrij zonder beschadiging van de stof. Door het gebruik van verschillende cellulosemengsels krijgt men allerlei kleurschakeringen in jeans, die door de behandeling trouwens ook aan soepelheid wint.



Chloorvrij gebleekt papier

Papier bestaat in alle kleuren, maar de meest voorkomende blijft wit. Houtpulp, de grondstof van papier, bevat een stof die een bruine kleur veroorzaakt: lignine. Ongebleekt papier ziet er dus wat bruiner uit. Lignine kon men vroeger enkel met behulp van milieuvriendelijke, chemische middelen zoals chloor of chloordioxide verwijderen. Ondertussen wordt meer en meer op chloorvrije middelen zoals peroxide overgestapt. Helaas zijn die minder efficiënt. Relatief nieuw is het gebruik van enzymen, meer bepaald van **laccases**, enzymen uit houtzwammen. Hun werking in de natuur is duidelijk zichtbaar: de boomstammen waarop houtzwammen groeien, rotten weg en verbleken. Voor de industriële toepassing gebruikt men door GGO's geproduceerde laccases.



chloorvrij gebleekt kringlooppapier
papier recyclé blanchi sans chlore

Ook contactlenzen moeten gewassen worden

Dragers van contactlenzen weten het maar al te goed: lenzen hebben 's avonds een badje nodig. Ze staan overdag immers bloot aan heel wat vuil dat het zicht kan belemmeren of ooginfecties kan veroorzaken. Een regelmatige schoonmaakbeurt is dus van wezenlijk belang.

Ook hier staan enzymen in voor de afbraak van de vuilresten. In bepaalde types lensvloeistof zit er minstens één van de volgende drie enzymen: **papaïne**, **pancreatine** en **subtiline**. De afbraakproducten worden makkelijk in de vloeistof weggespoeld, waardoor lenzen bij het krieken van de dag weer gebruiksklaar zijn.



Enzymen in onze voeding

Beter brood bakken

Gist laat deeg rijzen, waardoor brood lekker luchtig wordt. Gist zet suikers in het deeg namelijk om in koolzuurgas. Maar bloem bevat te weinig suikers voor een optimale gasontwikkeling. Daarom voegt men aan het deeg amylase toe. **Amylase** zet het zetmeel uit de bloem om in suikers. De gist in het deeg kan daarmee aan de slag, met als resultaat een brood dat meer volume heeft. Amylase zorgt daarenboven voor makkelijker kneedbaar deeg, een bruinere korst en langer houdbaar brood.

Deeg is soms (te) kleverig. Dit komt omdat zemelen (de taaie buitenhuid van de graankorrels) lange complexe suikerketens bevatten die als lijm werken. Deze 'lijm' bemoeilijkt het proces van rijzen en bakken. Daarom voegt de bakker vaak **xylanase** toe. Het enzym wijzigt de suikerketens en heeft een gunstige invloed op het volume, de kruimelstructuur en de houdbaarheid van brood.



Sappiger sap

Bij het persen van een sinaasappel is het vaak een hele klus om al het sap eruit te krijgen. Dan zwijgen we nog van het persen van een appel! Voor industriële productie moet fruit tot het allerlaatste druppeltje uitgeperst worden. Dit kan met **pectinase**. Het enzym breekt de pectine af die van nature in de celwand van planten zit. Pectine is een soort kleefstof die de cellen aan elkaar houdt. Zonder pectine wordt de celwand zachter en levert persen meer sap op. De vruchtensapindustrie maakt er al zestig jaar gebruik van.

Na een pectinasebehandeling ziet vruchtensap er door de achterblijvende resten van pectine en zetmeel wel nog troebel uit. Hier bieden **amylase** en een ander type van **pectinase** de oplossing. Ze breken het zetmeel en de pectine af, waardoor het sap makkelijk te filteren en weer helder te maken is.



Voorbeelden van toepassingen van enzymen in ons dagelijks leven

Toepassingsgebied	Enzym	Effect
VOEDING		
<i>Bakkerijproducten</i>	Amylase	<ul style="list-style-type: none"> • gelijkmatige kruimelstructuur en groot broodvolume
	Maltogeen Alfa-amylase	<ul style="list-style-type: none"> • groter behoud van versheid • het eerste door GGO's geproduceerde enzym op de markt
	Xylanase	<ul style="list-style-type: none"> • makkelijker te hanteren deeg en verbeterde kruimelstructuur
<i>Zuivelproducten</i>	Chymosine	<ul style="list-style-type: none"> • stremmen van melk om kaas te maken
	Protease	<ul style="list-style-type: none"> • afbraak van allergene eiwitten
	Lipase	<ul style="list-style-type: none"> • verbeteren van kaasrijping
<i>Brouwerij</i>	Amylase	<ul style="list-style-type: none"> • afbraak van zetmeel tot fermenteerbare suikers
	Beta-glucanase	<ul style="list-style-type: none"> • voorkomen van 'chill-haze' bij pils (troebel worden bij afkoelen)
<i>Fruitsappen</i>	Pectinase / Amylase	<ul style="list-style-type: none"> • verhogen van sapopbrengst en helderheid
<i>Wijn</i>	Pectinase	<ul style="list-style-type: none"> • behoud van kleur en helderheid
VEEVOEDING		
	Fytase	<ul style="list-style-type: none"> • maakt veevoer vrij van fosfor, zodat dieren het makkelijk kunnen opnemen
NIET-VOEDING		
<i>Textiel</i>	Amylase	<ul style="list-style-type: none"> • afbraak van zetmeel in de waslaag die op textielvezels gebracht is ter bescherming van de vezels tijdens het weven
<i>Wasproducten</i>	Cellulase	<ul style="list-style-type: none"> • alternatief voor stonewashing
	Cellulase	<ul style="list-style-type: none"> • afbraak van cellulose in kleinere componenten die zich makkelijker laten wegspoelen
	Lipase	<ul style="list-style-type: none"> • afbraak van lipiden, de belangrijkste component van oliën en vetten
<i>Pulp en papier</i>	Protease	<ul style="list-style-type: none"> • afbraak van eiwitvlekken in kleinere componenten die zich makkelijker laten wegspoelen
	Lipase	<ul style="list-style-type: none"> • afbraak van lipiden in hars, aangezien sommige boomsoorten veel hars bevatten, wat de papierproductie bemoeilijkt (vlekken en gaten)
<i>Leer</i>	Laccase	<ul style="list-style-type: none"> • afbraak van lignine in hout, want lignine zorgt voor een ongewenste bruine kleur
	Lipase	<ul style="list-style-type: none"> • afbraak van weefselresten die nog aan het leer zijn gehecht
	Protease	<ul style="list-style-type: none"> • afbraak van eiwitten waardoor het leer makkelijker kan worden onthaard en ook aan soepelheid wint

Enzymen en duurzaamheid

Biologisch afbreekbaar

Enzymen zijn puur natuur. Ze zijn volledig biologisch afbreekbaar zonder schadelijke restproducten.

Een groenere procesindustrie

Vaak zet men chemische reacties in voor de aanmaak van producten. Dit gaat meestal gepaard met extreme condities: een hoge of lage zuurtegraad, hoge temperaturen, specifieke (giftige) oplosmiddelen en veel energie. Meestal heeft men ook te maken met relatief veel ongewenste nevenproducten. Het gebruik van enzymen maakt dezelfde reacties mogelijk in waterige oplossingen, bij een mildere zuurtegraad en zachtere temperaturen. Met enzymen bekomt men soms in één stap het gewenste product, terwijl de chemische reacties twee of drie stappen nodig hebben. Het resultaat is een lager energieverbruik.

Aangezien enzymen heel specifiek tewerkgaan, ontstaat er ook minder afval onder de vorm van ongewenste bijproducten. Werken met enzymen is dus een duurzamer alternatief.

Een chemische industrie op basis van hernieuwbare grondstoffen

Petroleum is nog steeds de belangrijkste grondstof voor de productie van brandstoffen. Sinds een aantal jaren zijn er echter 'bioraffinaderijen' die hernieuwbare grondstoffen zoals maïs en koolzaad voor de productie van biodiesel en bio-ethanol gebruiken. Deze met behulp van enzymen verkregen biobrandstof moet tegen 2010 5,75% van alle Belgische brandstof uitmaken.

In vergelijking met de traditionele petrochemie hebben bioraffinaderijen verschillende voordelen: ze werken met hernieuwbare grondstoffen, hun producten zijn biologisch afbreekbaar en het productieproces veroorzaakt geen bijkomende broeikasgassen.



Ik rij Bio!
Da's Logisch.





Het eerste composteerbare festivalbekertje

Zomertijd is festivaltijd. Helaas betekenen festivals ook tonnen afval. De Gentse Feesten produceren bijvoorbeeld meer dan 500 ton afval, waarvan een groot deel plastic bekertjes. Festivals doen al jaren inspanningen om die afvalberg binnen de perken te houden.

Biotechnologie biedt vandaag een mogelijke oplossing. Door hernieuwbare grondstoffen en enzymen te gebruiken, kan een volledig biologisch afbreekbaar plastic gemaakt worden: **PLA** (Poly Lactic Acid: polymelkzuur).

Het folkfestival van Dranouter koos in 2004 voor de afbreekbare PLA-bekers die binnen 50 dagen volledig worden afgebroken tot natuurlijke humus. Het Belgische festival zorgde daarmee voor een wereldprimeur!

GGO's, enzymen en duurzaamheid

De productie van enzymen door GGO's resulteert in een grotere duurzaamheid. Het proces is veel efficiënter en vergt dus minder energie. De gebruikte GGO's zijn bovendien volstrekt veilig.

Enzymen zijn vandaag niet meer weg te denken uit een rits van toepassingen. Sommige worden al eeuwen gebruikt. Vroeger vertrok men van de natuurlijke bronnen, zoals uitwerpselen, speeksel, maagsap, enzovoort. Vandaag worden enzymen in grote hoeveelheden industrieel geproduceerd. Moderne technologieën worden hiervoor ingezet, zoals het genetisch wijzigen van micro-organismen. De nieuwe technieken en hun producten zijn veilig en dragen bij tot duurzame ontwikkeling.



een **kijk** op

Enzymen: in je lijf en in je leven

In ons lichaam is het constant superdruk. Continu worden voedingsstoffen afgebroken tot bouwstenen, die onmiddellijk ingezet kunnen worden voor de opbouw van lichaamsstoffen. Tegelijkertijd blijft onze lichaamstemperatuur op peil, is er doorlopend transport van zuurstof en andere levensnoodzakelijke stoffen, maken we nieuwe cellen aan, worden indringers zoals virussen en bacteriën afgeweerd, en nog zoveel meer... duizenden reacties tegelijkertijd, en dat terwijl je rustig een boek leest of naar televisie kijkt.

Meer informatie?

VIB beschikt over verschillende brochures:

1. Erfelijkheid bij de mens: aan genen zijde
2. Wat is biotechnologie?
3. Biotechnologie: gezondheid
4. Biotechnologie en planten
5. Klonen en celkerntransplantatie
6. De veiligheid van genetisch gewijzigde gewassen
7. Xenotransplantatie: het beest in de mens...
8. Enzymen: in je lijf en in je leven
9. Stamcellen, cellen van de toekomst?
10. Gentherapie: genen genezen

Je kan ze gratis aanvragen bij VIB op onderstaand adres of downloaden via www.vib.be



www.vib.be

Voor meer informatie kan je contact opnemen met VIB:

Rijvisschestraat 120, 9052 Gent

Tel. +32 9 244 66 11 / Fax +32 9 244 66 10

info@vib.be