



De vele beloftes van fermentatie



Veel van ons voedsel, zoals zuurkool, chocola en yoghurt, komt voort uit fermentatie; het is voorgedauwd door bacteriën, schimmels of gisten. Maar deze micro-organismen kunnen nog veel meer. Onderzoekers werken in gespecialiseerde labs aan nieuwe tempé, chemicaliën en biobrandstof.

TEKST HANS WOLKERS
FOTO VERSE BEELDWAREN

De mogelijkheden van fermentatie zijn eindeloos', zegt hoogleraar Eddy Smid. Bij het Wageningse Laboratorium voor Levensmiddelen-microbiologie werkt hij met behulp van fermentatie aan de ontwikkeling van nieuwe, gezonde voedingsmiddelen met een unieke smaak, een betere voedingswaarde of langere houdbaarheid. Micro-organismen spelen daarbij een centrale rol. Het principe is oud: al duizenden jaren maakt de mens gebruik van bacteriën, schimmels en gisten om voeding te bewerken (zie kader). Maar wetenschappers vinden nog steeds nieuwe toepassingen. Smid bijvoorbeeld zoekt continu naar de beste match tussen verschillende micro-organismen. 'Daarvoor hebben we Tinder voor Microben verzonnen. Dat is een hulpmiddel om te voorspellen welke micro-organismen bij elkaar passen op basis van >



FOTO ALAMY



FOTO SHUTTERSTOCK

Door lupine te fermenteren tot tempé, en vervolgens de propionzuurbacterie vitamine B12 te laten vormen, ontstaat een duurzame vleesvervanger.

‘Lupinetempé is rijk aan eiwit en vitamine B12’

het profiel van zo’n microbe, zoals het voerkeursvoedingssubstraat en de stoffen die het organisme vormt.’

Een bekende match is die van melkzuur- en propionzuurbacteriën. Samen maken ze de beroemde Emmenthaler kaas. Het door melkzuurbacteriën gevormde melkzuur is een prima voedingsbodem voor de propionzuurbacteriën. Die vormen op hun beurt smaak- en aromacomponenten die de kaas een zoetige smaak geven. ‘Die propionzuurbacteriën zijn ook vitamineproducenten, onder andere van vitamine B12’, vertelt Smid. ‘Die eigenschap hebben we de afgelo-

pen jaren ingezet om een nieuwe tempé te ontwikkelen met deze essentiële vitamine. Normaal gesproken komt vitamine B12 alleen in dierlijke producten voor.’

Tempé, een vleesvervanger van gefermenteerde sojabonen, wordt gemaakt door de schimmel *Rhizopus*, die melkzuur produceert. Onderzoekers uit het team Smid voegen de propionzuurbacterie toe, die de tempé verrijkt met vitamine B12. Deze nieuwe vleesvervanger is interessant voor veganisten, die geen dierlijke producten eten en daarom geen B12 binnenkrijgen.

LUPINETEMPÉ

Omdat de productie van soja in veel gevallen gepaard gaat met grootscheepse ontbossing, zocht Smid naar een duurzaam alternatief. Dat vond hij enkele jaren geleden in lupine, een Europees gewas met een vergelijkbare voedingswaarde als soja. Met dezelfde schimmel die gebruikt wordt bij soja, kon de onderzoeker de lupine fermenteren tot lupinetempé, waarna een fermentatie met de propionzuurbacterie vitamine B12 vormde. Smid: ‘Zo kregen we een duurzaam product rijk aan eiwit én vitamine B12’.

Een van de geïnteresseerde bedrijven, die tevens participeert in Smids onderzoek, is de Vegetarische Slager. ‘Gefermenteerde producten zijn mogelijk nog veel interessanter voor vleesvervangers dan de huidige plantaardige grondstoffen’, zegt Niko Koffeman, medeoprichter van het bedrijf. ‘Fermentatie leidt tot natuurlijke, onbewerkte producten. Als er dan ook nog natuurlijk vitamine B12 in voorkomt, hebben we iets unieks in handen.’ Door regionaal geteelde Europese lupine te gebruiken is het product bovendien duurzamer. Binnen enkele jaren verwacht Koffeman de nieuwe tempé in de schappen. Ook Filip Oosterlinck, productmanager bij De Hobbit, een Belgische producent van natuurlijke, biologische vleesvervangers, werkt mee aan de onderzoeken van Smid. Het overgrote deel van de klassieke vleesvervangers die het bedrijf produceert, zoals tempé en natto, is gefermenteerd en geïnspireerd op de Oosterse keuken. ‘Die fermentatieprocessen zijn al duizenden jaren oud. Ze zorgen voor complete, veilige en

natuurlijke voeding zonder toevoegingen', zegt Oosterlinck. 'Omdat fermentatie tot zoveel nieuwe producten kan leiden, verwacht ik dat we steeds meer gefermenteerde vleesvervangers op de markt zullen brengen op basis van nieuwe grondstoffen, zoals kikkererwten of zwarte bonen.'

CHEMICALIËN MAKEN

Relatief nieuw is de toepassing van fermentatie buiten de voedingssector. Jeroen Hugenholtz, onderzoeker bij Wageningen Food & Biobased Research, richt zich op het maken van chemicaliën uit reststromen. Hij bestudeert hoe processen te sturen en te optimaliseren zijn door de keuze van micro-organismen, grondstoffen en fermentatie-omstandigheden, zoals temperatuur en zuurgraad (pH). 'Met ons onderzoek naar efficiënte fermentatie van reststromen willen we bedrijven nieuwe kansen en inzicht geven in kosteneffectieve productie van chemicaliën', zegt Hugenholtz.

'Door afvalstromen zoals gft te gebruiken, is het in theorie mogelijk zeker 50 procent op de kosten te besparen doordat de grondstof goedkoop is.' Een voorbeeld van een geslaagde omzetting van een afvalstroom in chemicaliën, is de productie van bioplastic uit gft. Daarbij produceren diverse bacteriesoorten onder zuurstofloze omstandigheden

vetzuren. Vervolgens zet de bacterie *Pseudomonas* deze vetzuren om in polyhydroxyalkanoaat (PHA), een bouwsteen voor bioplastic.

Andere soorten microben produceren weer andere stoffen uit gft: melkzuurbacteriën vergisten suikers tot melkzuur, de grondstof voor polymelkzuur (PLA), een ander type bioplastic. 'Wij controleren en sturen dit soort omzettingen door een of twee bacteriën in te zetten en vervolgens de pH en zuurstoftoevoer te manipuleren', vertelt Hugenholtz.

Een groot voordeel van microben is volgens Hugenholtz dat ze onzuivere reststromen kunnen omzetten, iets wat in de chemie onmogelijk is: daar moeten de uitgangsstoffen juist heel zuiver zijn. Daarnaast is fermentatie duurzamer en schoner: er zijn geen oplosmiddelen, zuren, logen of hoge temperaturen nodig, zoals in de traditionele chemie. Maar volgens Hugenholtz komen we er niet met alleen micro-organismen. Hij ziet fermentatie en traditionele chemie als elkaar aanvullende processen. 'Vaak is het efficiënt om producten die gevormd zijn tijdens fermentatie verder te verwerken via chemische processen. Zo zetten we het door fermentatie gevormde melkzuur vervolgens chemisch om tot polymelkzuur, PLA.'

Er zijn miljoenen soorten bacteriën en >



EDDY SMID

hoogleraar
Levensmiddelenmicrobiologie



FOTO GUY ACKERMANS

JEROEN HUGENHOLTZ

onderzoeker bij Wageningen
Food & Biobased Research

FERMENTATIE NIET ALLEEN VOOR VOEDING

Elke dag eten we producten waar schimmels, gisten en bacteriën hun stempel op hebben gedrukt. Zuurkool, bier, wijn, yoghurt, kaas, maar ook koffie, cacao en parmaham zijn allemaal gefermenteerde voedingsmiddelen. Daarin hebben bacteriën, gisten en schimmels stoffen omgezet in aroma's of antibacteriële stoffen zoals bacteriocinen; stoffen die werken tegen specifieke ziekteverwekkers. Fabrikanten van rauwmelkse kaas voegen bijvoorbeeld bacteriocinevormende microben toe tijdens de fermentatie van hun product, om de groei van de ziektemakende *Listeria*-bacterie te remmen. Ook buiten de voedingsindustrie is fermentatie van groot belang. Zo produceren gisten en bacteriën antibiotica, insuline en andere medicijnen, maar ook chemicaliën en brandstoffen. Extra interessant wordt het als daarvoor reststromen worden gebruikt.

Overigens leveren afvalstromen soms ook producten op die bruikbaar zijn in voeding. Een afvalstroom die relatief veel eiwitten bevat, kan door fermentatie veel aminozuren en daarvan afgeleide smaakcomponenten opleveren die toepasbaar zijn in de levensmiddelenindustrie.

‘Bedrijven hebben interesse in duurzame alternatieven voor palmolie’



FOTO GUY ACKERMANS

JACCO VAN HAVEREN
programmamanager
Biobased Chemicals
& Fuels

schimmels, die samen talloze voedingscomponenten, chemische stoffen of de bouwstenen daarvan kunnen maken uit afvalstromen. Zo maakt de bacterie *Pichia pastoris* uit suikers polypeptiden, korte eiwitketens van slechts een tiental aminozuren. Sommige van die kleine eiwitten kunnen ingrediënten in cosmetica vervangen. Het zal echter nog wel enkele jaren duren voor de eerste toepassingen op de markt komen, verwacht Jacco van Haveren, programmamanager Biobased Chemicals & Fuels in Wageningen. ‘De ontwikkeling kan jaren kosten, maar als het goed werkt, kan het snel gaan.’

Een ander voorbeeld is *Clostridium*. Deze bacterie produceert alcoholen, aldehyden en vetzuren, stoffen die bruikbaar zijn als basis voor biobrandstof, oplosmiddelen, en cosmetische en farmaceutische producten. Sommige vetzuren zijn ook geschikt als conserveermiddel. Op dit moment gebruikt zowel de voedings- als de cosmetische in-

dustrie het conserveermiddel benzoaat. Deze stof wordt geassocieerd met hyperactiviteit in kinderen en wordt soms omgezet in het giftige benzeen. Het Wageningse onderzoek richt zich op de ontwikkeling van veilige alternatieven, op basis van biobased vetzuren. ‘Bedrijven hebben onder meer veel interesse in duurzame alternatieven voor palmolie. Niet alleen in voeding, maar ook in cosmetica’, zegt Van Haveren, ‘Door fermentatie gevormde vetzuren vormen de basis voor verschillende oliën die palmolie kunnen vervangen.’

VLEIGTUIGBRANDSTOF

Beloftevol is ook het onderzoek naar toepassingen voor biobrandstof. ‘De *Clostridium*-bacterie maakt uit een reststroom van aardappelschillen een mix van aceton, ethanol en vooral butanol’, vertelt Van Haveren. ‘Butanol is een bouwsteen voor biobrandstof en commercieel het meest interessant. We proberen nu het proces zodanig te sturen dat er nog meer butanol wordt gevormd.’ Door met traditionele chemie drie butanolmoleculen aan elkaar te koppelen, ontstaat dodecaan, dat potentieel als vliegtuigbrandstof geschikt is. ‘We mikken erop dat de productie van vliegtuigbrandstof op basis van reststromen van aardappelschillen en andere natte biomassa binnen tien jaar economisch haalbaar is’, stelt van Haveren. ‘Maar we hebben daarvoor wel geldschietters en fondsen nodig om te investeren in een fabriek.’

BIOBASED ALTERNATIEVEN VERMINDEREN KLIMAATUITSTOOT CHEMISCHE INDUSTRIE

Fermentatie is een van de technologieën die ingezet worden bij het produceren van biobased chemicaliën. De chemische industrie werkt met de productie daarvan – en met mildere processen – aan het verminderen van de klimaatuitstoot. Wageningen draagt hier als kennispartner aan bij.

Voor alle op aardolie gebaseerde basischemicaliën zijn biobased alternatieven te maken. Dit kunnen stoffen zijn met de-

zelfde structuur als de petrochemicaliën (zogenoemde drop-in-stoffen), maar ook nieuwe chemicaliën met nieuwe en unieke eigenschappen, zoals afbreekbaarheid of niet-giftigheid, die toegepast kunnen worden in verpakkingen of cosmetica. Wageningen Food & Biobased Research doet in samenwerking met de industrie onderzoek naar de ontwikkeling van biobased chemicaliën die bovendien duurzaam zijn geproduceerd en betere

eigenschappen hebben. Dat is goed voor het milieu, maar ook voor de concurrentiepositie van bedrijven.

‘Biobased drop-in-producten zullen een significante bijdrage kunnen leveren aan de reductie van CO₂-emissies’, aldus Jacco van Haveren, programmamanager Biobased Chemicals and Fuels. Met het maken van nieuwe stoffen, kunnen bovendien ongewenste aspecten van de huidige chemicaliën opgelost worden.

Misha Valk, hoofd Future Fuels van het Nederlandse bedrijf SkyNRG, wereldmarktleider in duurzame vliegtuigbrandstof, ziet bij het verduurzamen van de luchtvaart een belangrijke rol weggelegd voor fermentatie van reststromen. 'Op dit moment is de commerciële productie van biokerosine uit afgewerkte plantaardige of dierlijke olie mogelijk', zegt hij. 'Een nieuwe fabriek in Delfzijl zal vanaf 2022 jaarlijks 100 duizend ton duurzame kerosine gaan produceren. Maar er is bij lange na niet genoeg oude olie om aan de vraag te voldoen. Daarom zal fermentatie in de nabije toekomst zeker een belangrijke technologie zijn om commercieel kerosine te maken uit reststromen.'

BOTTLENECKS

Door fermentatie verkregen chemicaliën en grondstoffen maken op dit moment nog maar een fractie uit van de totale vraag. 'Slechts 5 tot 7 procent van alle chemicaliën is biobased', stelt Van Haveren. 'Hiervan is een schamele 5 tot 10 procent verkregen door fermentatie.' Een van de bottlenecks voor grootschalige productie is dat processen deels nog in ontwikkeling zijn. Het onderzoek naar opschaling van in het laboratorium ontwikkelde omzettingen is bovendien duur.

Een positieve uitzondering vormt de productie van bioplastic op basis van PLA (polymelkzuur). Dat wordt nagenoeg volledig verkregen door fermentatie van de suikers in landbouwproducten en reststromen. Maar ondanks de grootschalige, commerciële productie van zo'n 150- tot 200 duizend ton per jaar, maakt PLA slechts een heel klein deel uit van de in totaal 300 miljoen ton plastic die jaarlijks wereldwijd wordt geproduceerd. Wel zit de groei er goed in, aldus Van Haveren. Doordat de goedkope olie langzaam maar zeker oprakt, kan de biobased chemie steeds beter concurreren met de petrochemie. 'Op dit moment is PLA-plastic nog iets duurder dan conventioneel plastic, maar als we dit op nog grotere schaal gaan produceren, kan het prijstechnisch zeker concurreren met plastics op oliebasis.'



FOTO ALAMY

De clostridiumbacterie maakt uit een reststroom van aardappelschillen onder meer butanol. Door met traditionele chemie drie butanolmoleculen aan elkaar te koppelen, ontstaat dodecaan, dat potentieel als vliegtuigbrandstof geschikt is.

‘De productie van vliegtuigbrandstof uit restbiomassa zal binnen tien jaar economisch haalbaar zijn’

Zorgen om het klimaat, het opraken van de olie en de giftigheid van sommige traditionele chemicaliën, zoals het conserveermiddel benzoaat, zijn volgens hem een extra stimulans om in te zetten op chemische bouwstenen waarbij fermentatie een hoofdrol speelt. Dat levert duurzamere en veiliger producten, dankzij een duizenden jaren oude traditie om micro-organismen voor ons te laten werken. ■

www.wur.nl/fermentatietechnologie