

Toepassingen van nanotechnologie in voeding

Het is niet verbazingwekkend dat nanotechnologie ook in de voedingssector in de belangstelling staat. Per slot van rekening is het inherent een ondersteunende technologie met een zeer breed toepassingsgebied. Met diverse structurelementen op de nanoschaal, zoals eiwitfibrillen, micellen en allerlei onderdelen van planten- en dierencellen, is ons voedsel bovendien in essentie een nanogestructureerd materiaal waar met de inzet van nanotechnologie logischerwijze nieuwe mogelijkheden ontstaan. Dat is ook de reden dat nagenoeg alle grote voedingsbedrijven op de een of andere manier zich met nanotechnologie bezig houden. Maar de toepassingen van nanotechnologie roepen ook vragen op. Is het wel veilig om nanotechnologie in voedsel te stoppen? Consumenten willen vers en natuurlijk voedsel. Meer en meer komt gemak om de hoek kijken. Hoewel we zo nu en dan, en de ene persoon meer dan de ander, flink tijd willen investeren om een voortreffelijke maaltijd te maken, komt het toch ook heel vaak voor dat we vlot en zonder veel inspanning het eten op tafel willen hebben staan. Technologie kan ons daarbij helpen. De magnetron is daarvan natuurlijk al een goed voorbeeld, maar ook andere technologieën als micro- en nanotechnologie bieden nieuwe mogelijkheden.¹ Maar er zijn ook andere uitdagingen voor de mensheid – zoals gezond en veilig voedsel voor iedereen, duurzame voedselproductie, en het voorkomen van voedingsgerelateerde aandoeningen – waar dit soort moderne technologieën hun diensten kunnen bewijzen.

Het is de bedoeling om in dit artikel een aantal van die mogelijkheden de revue te laten passeren en hier en daar vragen en dilemma's aan te dragen die bij die toepassingen

aan de orde kunnen zijn. Daar ik geen ethicus ben zal ik niet specifiek op de ethische aspecten ervan ingaan, maar wel uitdrukkelijk de dilemma's beschrijven, zodat die kunnen dienen als startpunt en inspiratiebron voor de discussie. De hierboven genoemde globale uitdagingen zijn de kapstok om het verhaal aan op te hangen.

VOLDOENDE VOEDSEL

Afgezien van het verwerpelijke idee om onze transportbehoefte te bevredigen in concurrentie met voedsel voor mensen, door bijvoorbeeld maïsmeel om te zetten in bio-brandstof, kent de wereldvoedselproblematiek nog andere aspecten die minder triviaal zijn. Eén van deze is de verandering in de samenstelling van ons voedsel. Behalve dat er steeds meer mensen op de aarde wonen, stijgt het gemiddelde welvaartspeil ook voortdurend. De historie van de welvaartsstijging in de westerse wereld laat zien dat daardoor ook de wensen ten aanzien van voeding veranderen. Het ligt in de lijn der verwachtingen dat dit ook met de populaties in de ontwikkelingslanden zal gebeuren. Op dit moment is het dieet daar nog vooral plantaardig en koolhydraatrijk, maar dat zal gaan veranderen. Er zal een groter behoefte gaan ontstaan aan hoogwaardige voedingsproducten op basis van dierlijk eiwit. Het probleem met dierlijk eiwit is echter dat de productie daarvan erg inefficiënt en vervuilend is. Om één kilogram vlees te produceren heeft een dier, een beetje afhankelijk van welk dier, ongeveer tien kilogram plantaardig eiwit nodig en grote hoeveelheden schoon water. Het proces resulteert, naast het genoemde vlees, ook nog in relatief grote hoeveelheden mest en urine. Wil de groeiende wereldbevolking in de toekomst op een vergelijkbare schaal vlees eten als nu in de geïndustrialiseerde wereld gebruikelijk is, dan is de aarde te klein om dat op de traditionele manier te produceren. Of we zijn in staat om op grote schaal eetpatronen zodanig

aan te passen dat we met minder vlees genoeg nemen, òf we vinden een meer efficiënte manier om vlees te produceren. Hoewel achter de eerste mogelijkheid een wereld van ethische dilemma's schuil gaat, is de tweede mogelijkheid in de context van nanotechnologie in voeding interessanter. Het doel daarvan is om liefst direct van plantaardig eiwit een vleesproduct te produceren zonder tussenkomst van de productiefaciliteit dier.

Vlees is een combinatie van smaak en textuur die blijkbaar bij veel mensen goed in de smaak valt. Het reproduceren van de juiste smaak is doorgaans niet het grootste probleem, het namaken van de juiste textuur, het mondgevoel dat we ervaren als we vlees eten, is echter geen trivialiteit. In essentie is vlees een eiwitproduct met een structuur met een hiërarchische opbouw die begint op het nanoniveau met eiwitfibrillen en eindigt op macroniveau bij de biefstuk op ons bord. Juist deze structuurhiërarchie is één van de grote problemen om een product te maken dat de gewenste eigenschappen van vlees benadert. De basis voor een dergelijk product wordt gelegd op het nanoniveau en vereist dus, bijna per definitie, de inzet van nanotechnologie om de gewenste functionaliteit en basisstructuur te produceren. Omdat dit één van de heilige gralen is van de voedingsindustrie èn omdat er een gigantische markt open ligt als het mogelijk is om een goed product te ontwikkelen, wordt er veel onderzoek gedaan naar het structureren van eiwitfibrillen op de nanoschaal. En hoewel de eerste producten nog ver van een vermarktbaar product liggen, zijn er al wel interessante resultaten geboekt.²

De grote vraag bij dit soort toepassingen van nanotechnologie is in hoeverre de consument een dergelijk product accepteert. Misschien is het wel veel verstandiger als de voedingsindustrie niet probeert om alternatieven voor vlees te ontwikkelen, maar om nieuwe eiwitrijke producten te maken die dezelfde voedingswaarde hebben en eenzelfde genotservaring opwekken. In de periferie van deze ontwikkelingen is de vraag gerechtigd wie het echte vlees krijgt

en wie de afnemer van het alternatieve product wordt. Als de koopkracht de bepalende factor wordt is de uitkomst voorspelbaar.

GEZONDE VOEDING

Als iedereen altijd gevarieerd eet en elke dag voldoende groenten en fruit binnen krijgt is er weinig te verbeteren ten aanzien van voedingspatronen. Helaas zijn er behoorlijk veel mensen die niet zo verstandig eten. Maar ook ouderen en zieken kunnen problemen krijgen omdat ze niet de juiste nutriënten binnen krijgen om hun gezondheid optimaal te waarborgen. De voedingsindustrie speelt hierop in door producten op de markt te zetten waaraan extra hoeveelheden van belangrijke voedingsstoffen zijn toegevoegd. Hoewel de wetenschap er nog helemaal niet uit is of dit zin heeft, lijken dit soort producten wel degelijk een markt te hebben. Hier rijst de eerste vraag: in hoeverre is het verantwoord om producten op de markt te zetten die een bepaalde gezondheidsbelofte in zich hebben, maar waarvan de claims niet of moeilijk onderbouwd kunnen worden.

Nanotechnologie komt in dit geval om de hoek kijken als nutriënten niet rechttoe rechtaan aan producten kunnen worden toegevoegd. Dat kan zijn omdat ze de smaak van een product zouden beïnvloeden, of omdat ze bereidingsprocessen niet goed doorstaan, of omdat ze gevoelig zijn voor zuurstof, of omdat ze in het maag-darmkanaal te snel worden afgebroken, etc. Vaak ook is de biobeschikbaarheid van stoffen slecht en wordt er nanotechnologie ingezet om die te verbeteren. In die gevallen wordt er gebruik gemaakt van zogenaamde encapsulatietechnieken, die ook veel in de farmaceutische industrie worden gebruikt om de nutriënten in een klein containertje te verpakken.³ Het containertje kan een soort microscopisch blaasje, een zogenaamde vesikel of micel, zijn of een deeltje waarin de stoffen zijn

opgesloten. In alle gevallen moet het voldoende klein zijn om niet als artefact te worden ervaren, en in sommige gevallen, bijvoorbeeld in heldere dranken, moet het zo klein zijn dat het zichtbaar licht niet verstrooit en zo de drank troebel zou maken. De nanotechnologie gereedschapskist is nodig om dit soort containertjes klein en goedkoop en met de juiste functionaliteit te vervaardigen. Zelfassemblage van dit soort supramoleculaire structuren zorgt ervoor dat er niet veel extra processtappen nodig zijn om ze te maken. Verder is de opbouw van de wand van de containertjes bepalend voor hun gedrag en waartegen ze bestand zijn. Idealiter wordt de inhoud van het containertje namelijk vrijgegeven op die plek in het maag-darmkanaal waar de nutriënten het meeste effect hebben. Dat het niet triviaal is om dit soort 'controlled release' afgiftesystemen te ontwikkelen, zal duidelijk zijn. Gedegen kennis van het gedrag van de systemen op nanoniveau is onontbeerlijk.

Een dilemma bij deze toepassingen is of het op de lange termijn wel verstandig is om op deze manier, dus met geavanceerde technologie, onnatuurlijke en ongezonde eetpatronen te repareren. Ook is de vraag gerechtigd of elk lid van de wereldbevolking wel in gelijke mate van dit soort technologie zal kunnen profiteren. Worden triviale gezondheidsaspecten van de rijken niet eerder aangepakt dan de levensbedreigende problemen van de armen? Een probleem van andere aard is dat dit soort systemen al op de markt zijn, maar dat de fabrikanten nauwelijks communiceren hoe die nieuwe functionaliteit wordt verkregen. Beschikt de consument wel over voldoende informatie over het product om de voor- en nadelen ervan af te wegen?

Ten aanzien van de veiligheid van dit soort producten is het goed gesteld. Niet alleen is er goede regelgeving die voorkomt dat producten die een gezondheidsrisico inhouden op de markt worden gebracht, ook de nanotechnologie die gebruikt wordt is veilig. De containertjes zijn namelijk zodanig ontworpen dat ze uit elkaar vallen om hun inhoud vrij te geven. Wat er over blijft, zijn losse moleculen die toe-

gestaan zijn voor gebruik in voedingsproducten. De productontwikkelaar moet echter wel aandacht besteden aan de afgiftepatronen van de nutriënten. Door verbeterde bio-beschikbaarheid bijvoorbeeld, zou er een concentratiepiek in het bloed kunnen optreden. Door de eigenschappen van de containertjes goed af te stemmen op de randvoorwaarden die voor de inhoud gelden, kunnen dit soort problemen ondervangen worden. Per slot van rekening stelt de nanotechnologie die ontwikkelaar in staat om met grote nauwkeurigheid nieuwe functionaliteit te realiseren.

VOORKOMEN VAN VOEDINGSGERELATEERDE PROBLEMEN

Behalve dat onze levensstijl aanleiding kan geven voor tekorten van bepaalde nutriënten, heeft ons recent verleden aangetoond dat er ook epidemieën van voedingsgerelateerde ziektes kunnen ontstaan. Ons lichaam is geoptimaliseerd om langere periodes van tekorten te kunnen doorstaan. Evolutionair woog dit ruimschoots op tegen het nadeel dat we dik worden in langdurige tijden van overschotten. Maar in dit tijdsgewricht leven de meesten van ons hun hele leven in overvloed. Bovendien is de hoeveelheid eten die we ter beschikking hebben niet gerelateerd aan de inspanning die ervoor moet worden geleverd. En tot overmaat van ramp verbruiken we maar een schijntje van de energie die de prehistorische mens nodig had om in leven te blijven, onder andere omdat we veel minder kwijt zijn aan het op temperatuur houden van ons lichaam. Tegelijkertijd is ons eten veel calorierijker geworden. Dus we verbruiken minder, maar krijgen meer binnen. Ons lichaam weet daar wel raad mee: opslaan die hap. Het gevolg is dat we in hoge mate overgewicht hebben ontwikkeld en dat de maatschappij nu voor de uitdaging staat om in de toekomst de gevolgen daarvan het hoofd te bieden. Het is nog maar de vraag of ons curatieve gezondheidssysteem over een

paar jaar nog betaalbaar is als meer en meer slachtoffers van de obesitasepidemie zich met diabetes type II bij de dokter melden. Ook hier geldt: voorkomen is beter dan genezen. Er is een paradigmaverschuiving nodig van curatieve gezondheidszorg waarbij de geneeskunde gezondheidsproblemen oplost, naar preventieve gezondheidszorg waarbij wordt gestreefd om gezondheidsproblemen te voorkomen. Het zal duidelijk zijn dat voeding een belangrijk onderdeel van het preventieve gezondheidszorgconcept is en dat bijvoorbeeld de juiste nutriënten afgeleverd op de juiste plek in het lichaam, zoals hierboven besproken, hieraan een bijdrage kunnen leveren. Maar ook als het gaat om minder energie of zout in voedingsproducten kan nanotechnologie zijn diensten bewijzen, zoals het voorbeeld van de Nanonaise kan demonstreren.

Veel voedingsproducten zijn gebaseerd op een emulsie en vaak is dat een olie-in-water emulsie. Melk, margarine en mayonaise zijn voorbeelden hiervan. Bij een olie-in-water emulsie bevinden zich in een waterfase kleine oliedruppeltjes die gestabiliseerd worden door oppervlakteactieve stoffen. Eten we een dergelijke emulsie dan ervaren we een textuur die we blijkbaar aangenaam vinden en die ontstaat door de interactie tussen de druppeltjes. Deze interactie wordt volledig bepaald door de buitenkant van de druppeltjes. De binnenkant is in feite alleen ballast. Maar, in het geval van olie, wel erg energierijke ballast. Door nu een groot deel van de olie binnen in de druppeltjes te vervangen door water, wordt een substantieel deel van de energie weggehaald. De interactie tussen de druppeltjes verloopt echter nog steeds hetzelfde, dus de smeulige textuur van de mayonaise is nog intact. Met dezelfde geur en smaakstoffen wordt op deze manier een mayonaise verkregen die smaakt als volvette, traditionele mayonaise, maar aanzienlijk minder energie bevat: de Nanonaise.

Om Nanonaise te maken is een combinatie van micro- en nanotechnologie nodig. Met behulp van een microstructureerd membraan waarvan het oppervlak op nanoni-

veau is gemodificeerd kan een dubbele emulsie worden gemaakt: water-in-olie-in-water.^{4,5} Het bijkomende voordeel is dat de druppeltjes nagenoeg even groot zijn, waardoor ook nog eens de stabiliteit van de emulsie is toegenomen.

Maar zal dit wel een oplossing vormen voor het probleem? Zal de consument niet toegeven aan de neiging om te compenseren en van halfvolle mayonaise niet gewoon twee keer zoveel eten? Zijn dit soort technologische oplossingen geen schijnoplossingen voor een probleem dat in de aard van de mens, en misschien wel in de aard van elk biologisch organisme opgesloten ligt?

VOEDSELKVALITEIT EN -VEILIGHEID

Voedsel in de geïndustrialiseerde wereld is nog nooit zo veilig geweest als op dit moment. Het is voor de voedingsindustrie een van de hoogste prioriteiten om dat nog verder te verbeteren. Toch komt het nog relatief vaak voor dat mensen ziek worden van het eten van voedsel dat niet goed meer is.⁶ Er is dus nog ruimte voor verbetering. Hoewel verboden contaminanten, bewust of onbewust toegevoegd aan een voedselproduct, ook een veiligheidsrisico vormen, zijn het de bederfprocessen die doorgaans de meeste problemen veroorzaken.

Voedsel is meestal van organische oorsprong en natuurlijk verteerbaar voor de mens. Maar daardoor is het ook verteerbaar voor andere biologische organismen. Sterker nog, de natuur heeft een heel scala aan organismen ter beschikking om organische stoffen af te breken en de moleculaire bouwstenen weer beschikbaar te maken voor andere organismen. Het zijn vooral de micro-organismen die ons parten spelen als het om voedsel gaat. Zolang een organische component onderdeel is van een levend organisme, zijn er allerlei mechanismen om te voorkomen dat deze afbraak plaatsvindt, maar zodra de component of het

product geogst is beginnen deze processen zich te manifesteren. In het verleden zijn er diverse trucs gevonden om de processen af te remmen. Afkoeling, zout of suiker, conserveermiddelen, zuurstofdeprivatie en dergelijke zijn bekende voorbeelden daarvan. Tegenwoordig wil de consument echter vaak hooguit mild geconserveerde producten waarbij spitsroeden wordt gelopen tussen de mildheid van de conserveerprocessen en de risico's op productbederf. Het is dan ook zaak om door de hele keten heen de kwaliteit van de grondstoffen en producten goed in de gaten te houden.

Micro- en nanotechnologie zijn bij uitstek geschikt om hier de helpende hand te bieden. Bij bederfprocessen komen doorgaans allerlei stoffen vrij die een indicatie zijn hoe ver het bederf reeds gevorderd is. Het is niet voor niets dat we prima kunnen ruiken of de gekookte ham bedorven is. Door nu met een elektronische neus, die extreem gevoelig is voor de stofjes die vrijkomen de atmosfeer rondom deze producten in de gaten te houden kan de progressie van de processen die uiteindelijk tot een bedorven product leiden worden gevolgd. Een dergelijke elektronische neus is gebaseerd op de receptoren die we in onze neus hebben zitten. Met nanotechnologie worden die zodanig op bijvoorbeeld een silicium nanodraadje gezet dat de binding van het molecuul dat iets zegt over het bederf aan de receptor de elektrische geleidbaarheid van het nanodraadje beïnvloedt.⁷ Het resulterende signaal is een maat voor de concentratie van de bederfgerelateerde moleculen en zegt dus iets over de staat waarin het product verkeert. Natuurlijk kunnen met nanotechnologie ook andere receptoren dan die in onze neus zitten worden gebruikt, waardoor ook moleculen kunnen worden gemeten die wij niet kunnen ruiken.

Bij versproducten is het helemaal een race tegen de klok om door het hele jaar de meest exotische producten op tijd bij de consument te krijgen. Maar bij bepaalde producten zoals vlees en vis moet ook worden nagegaan of er niet specifieke micro-organismen als campylobacter aanwezig zijn

in of op het product, of dat er niet teveel van andere micro-organismen zoals salmonella in het product zitten. De regelgeving rondom dit soort producten schrijft voor dat er een monster wordt genomen van 25 gram om te bekijken of het aan de eisen voldoet. Het probleem hierbij is echter dat het minimaal één dag, maar vaak ook meer dagen duurt voordat de resultaten bekend zijn. Het zal duidelijk zijn dat dat in de versmarkt eigenlijk slecht uit komt. Bovendien vereisen de tests een goed geoutilleerd laboratorium met gekwalificeerd personeel. Voor de sector zou het een uitkomst zijn als er een apparaatje wordt ontwikkeld waarmee dit soort bepalingen dicht bij de bron en snel kunnen worden uitgevoerd, liefst door productiepersoneel. Er wordt op dit moment druk onderzoek binnen de micro- en nanotechnologie gedaan om aan deze vraag tegemoet te komen. Daarbij wordt dankbaar gebruik gemaakt van allerlei diagnostische principes die voor de medische sector zijn ontwikkeld.

Ook ten aanzien van dit soort toepassingen, hoe nuttig ze op het eerste gezicht ook lijken, kunnen vragen worden gesteld. Zo heeft het verleden al vaker laten zien dat producten, die niet meer toegelaten kunnen worden tot de westerse markt vrolijk worden afgezet op markten die minder mogelijkheden hebben om te bepalen of ze nog goed zijn. Natuurlijk, als de nanosensoren goed gebruikt worden zijn de grondstoffen of producten al gebruikt voordat de kwaliteit een probleem wordt. Maar de verbeterde meet-systemen maken het ook mogelijk om de logistiek van de producten zodanig te organiseren dat maximale winst wordt gehaald. Als de prognose is dat de kwaliteit nog wel even goed blijft, kunnen producten naar regio's worden vervoerd waar er meer voor wordt betaald; als de kwaliteit al behoorlijk is afgenomen en ze snel moeten worden genuttigd, kunnen ze lokaal bij de low-budget supermarkt worden verkocht. En wat niet meer goed is gaat naar landen waar ze het niet zo nauw nemen of gewoon niet in staat zijn om de controle goed uit te voeren.

Een andere vraag die wordt opgeroepen, is natuurlijk of al dat gesjouw met producten wel wenselijk is en of wij met onze wensen ten aanzien van exotische producten of seizoensgebonden producten die we het hele jaar ter beschikking willen hebben, niet een onacceptabele wissel trekken op de mogelijkheden van toekomstige generaties. De vraag die daaraan gekoppeld kan worden is, of wij technologie moeten ontwikkelen die dit faciliteert. Het dilemma wordt dan: ontwikkelen we de mogelijkheden om het aantal incidenties van voedselvergiftiging te reduceren, maar die tegelijkertijd de sector in staat stellen om de logistiek van voedingsproducten nog 'efficiënter' in te richten.

GEMAK

Mensen willen lekker en gezond eten. Bovendien willen ze doorgaans producten die natuurlijk en vers zijn. Maar tegelijkertijd willen ze vaak niet teveel tijd en moeite kwijt zijn met koken, willen ze maar één keer per week naar de winkel en zijn ze boos als iets te snel bederft. Het zal duidelijk zijn dat dit niet allemaal tegelijk gerealiseerd kan worden. Toch benaderen we de bevrediging van al deze wensen meer en meer. De sleutel daarbij is moderne verpakkings-technologie. En ook daarbij speelt nanotechnologie een belangrijke rol.

We kopen onze sla niet meer als krop, maar voorgesneden. Maar doordat elk vers product bacteriën bevat die het bederfproces op gang brengen en die bacteriën zich helemaal te goed kunnen doen aan de wonden die door het snijden zijn veroorzaakt, gaat dit gemak onder normale omstandigheden ten koste van de kwaliteit en bewaartijd. Echter, door de gesneden sla te verpakken en de lucht in de verpakking te vervangen door een gasmengsel dat nauwelijks zuurstof bevat, kunnen die bacteriën zich niet zo snel vermenigvuldigen en wordt het bederf behoorlijk vertraagd. Voorwaarde daarbij is dat de verpakking goed dicht

is voor zuurstof. Nu is dat technologisch niet moeilijk als je glas of metaal mag gebruiken. Maar de verwende consument wil lichtgewicht en wil het product in de verpakking ook kunnen zien. De folies die dan over blijven zijn echter behoorlijk lek voor zuurstof. En zelfs stoffen als Poly-EtheenTereftalaat (PET) zijn onvoldoende dicht om zuurstofgevoelige producten te beschermen. Dat is de reden dat, tot voor kort, bier niet in een PET-fles te krijgen was. Door nanodeeltjes toe te voegen aan de kunststof waarvan de verpakkingsfolie is gemaakt, worden de zogenaamde barrière-eigenschappen van het materiaal zodanig verbeterd dat de inlek van zuurstof voldoende is gereduceerd. Met dit soort nanocomposieten zijn verpakkingen ontwikkeld die de versheid van producten aanzienlijk verbeteren.

Op een gegeven moment beginnen de micro-organismen zich echter toch te ontwikkelen. Door nanodeeltjes van zilver aan het verpakkingsmateriaal toe te voegen, of een polymeerlaag aan te brengen met antimicrobiële eigenschappen, kunnen de bacteriën voor een deel worden gedood. Hierdoor wordt de bacteriedruk in de verpakking gereduceerd, waardoor het product op zijn beurt langer goed blijft.

Maar hoe staat het met dit soort toepassingen van nanotechnologie in verpakkingsmateriaal, als dat materiaal wordt weggegooid? Blijft die technologie dan nog zijn werk doen en doodt het ook de nuttige bacteriën in een rioolzuiveringsinstallatie of in het aquatische milieu? Weten we wel voldoende over de lange termijn effecten om te voorkomen dat dit op termijn een probleem wordt?

Het huidige systeem van uiterste verkoopdatum heeft het grote nadeel dat veel producten die nog prima geschikt zijn voor consumptie worden weggegooid omdat ze te lang bewaard zijn. De uiterste verkoopdatum gaat namelijk uit van ongunstige scenario's en houdt rekening met een forse veiligheidsmarge die nodig is als bijvoorbeeld de bewaarcondities niet helemaal optimaal zijn. Door bij versproducten te kijken naar de combinatie van bewaartijd en bewaar-

temperatuur, is al een veel nauwkeurigere schatting te maken van de kwaliteit van het product. De OnVu-indicator (zie: www.onvu.com) biedt die mogelijkheid.

Zoals in de vorige paragraaf is beschreven kan nanotechnologie worden gebruikt om bepaalde stoffen te meten. Het principe van receptor-ligandbinding kan echter ook worden gebruikt om in de verpakte atmosfeer van een versproduct te meten. Door de binding te vertalen naar een chemische reactie die verkleuring van een indicator geeft, kan de consument direct in de winkel al zien of het verpakte product nog vers is. Ook zijn er al indicatoren op de markt die te hoge concentraties van bepaalde bacteriën aangeven (zie: www.toxinalert.com).

Door de stoffen te detecteren die bij rijpingsprocessen vrijkomen kan de rijpheid van een verpakt product worden geïndiceerd (zie: www.ripesense.com). Consumenten die liever harde, maar zure appels kopen, kiezen de verpakkingen waar weinig rijping wordt aangegeven; mensen die meer van zachte zoete appels houden kopen de andere.

Als consument zou ik erg gecharmeerd zijn van een indicator die mij vertelt welk pak melk nog lang te bewaren is. De supermarktketens zijn echter veel minder enthousiast. Zij weten dat de klanten de vakken zullen afzoeken naar de meest verse producten en zijn bang dat ze met veel onverkoopbare artikelen blijven zitten. In dat geval zou de technologie, die in essentie een bijdrage kan leveren aan minder afval, juist aanleiding zijn voor veel meer afval.

CONSUMENTENACCEPTATIE

Het zal duidelijk zijn geworden dat ook in de voedingssector nanotechnologie nuttige bijdragen kan leveren, maar dat er ook een keerzijde aan de medaille kan zitten. Toepassingen van nanotechnologie in en om voeding zullen door de consument per geval kritisch worden bekeken en hij of zij zal het liefst een afweging maken van de voor- en

nadelen voordat het product gekocht wordt. En, zoals bij andere technologieën is gebleken, na verloop van tijd zal men gewend zijn aan sommige toepassingen en er vertrouwen in hebben dat bijvoorbeeld de risico's inderdaad verwaarloosbaar zijn.

Op dit moment staat de veiligheid van nanotechnologie volop in de belangstelling. Daarbij valt echter op dat men geen onderscheid maakt tussen de technologie en één van de productcategorieën: de nanodeeltjes, terwijl de risico's juist vrijwel uitsluitend bij de nanodeeltjes optreden. En dan ook nog eens bij een specifieke klasse van nanodeeltjes: die nanodeeltjes die door bepaalde barrières in biologische organismen kunnen dringen en voldoende lang kunnen blijven zitten om een reactie van het weefsel op te roepen. Dit zijn nanodeeltjes met specifieke eigenschappen die niet oplossen of afgebroken worden, de zogenaamde persistente nanodeeltjes. Doordat er echter geen onderscheid wordt gemaakt, worden alle producten van nanotechnologie door de tegenstanders besmet verklaard. Hiermee dreigt het kind met het badwater te worden weggegooid. Er is communicatie met consumenten, gebruikers en de maatschappij als geheel nodig om de informatieachterstand die bij de meeste mensen aanwezig is in te halen.

Één van de manieren om te communiceren over nanotechnologie in producten is door duidelijk te maken in welke producten het aanwezig is. Juist bij nanotechnologie in voeding is de behoefte aan dit soort informatie bij de consument sterk aanwezig. De voedingsindustrie is daarin echter zeer terughoudend. Op dit moment ontkent de sector dat nanotechnologie wordt gebruikt in voedingsproducten. Dat kan ze doen doordat het gebrek aan een bruikbare definitie van nanotechnologie haar in staat stelt een rigide definitie te hanteren waar nagenoeg alle toepassingen van nanotechnologie in voeding buiten vallen. Dit is echter niet eenvoudig op te lossen.

Het probleem met de definitie van nanotechnologie in voeding is dat de meeste voedingsproducten van nature

nanogestructureerd zijn, zoals al eerder betoogd is. Wil iets nanotechnologie zijn, dan moet het, naast voldoende klein, ook bewust door de mens gemaakt of aangepast zijn. Maar niet elke aanpassing op de nanoschaal kan nanotechnologie worden genoemd. Zo worden er tijdens het koken van een eitje modificaties aangebracht aan de eiwitten in het ei, waardoor de textuur dramatisch verandert. Niemand zal een gekookt eitje echter een product van nanotechnologie willen noemen. Wanneer zijn de modificaties aan de nanostructuur dan wel aanleiding om het nanotechnologie te noemen? Is het eerder besproken kunstvlees, waarbij natuurlijke eiwitfibrillen zodanig worden gestructureerd dat de gewenste textuur ontstaat, eigenlijk wel nanotechnologie?

Een ander probleem is dat veel wat we nu nanotechnologie noemen vroeger gewoon een andere naam had. Nanotechnologie stelt ons in staat om met grotere precisie zaken te doen op de nanoschaal, maar daarmee is het in essentie geen andere processtap geworden. Zo zijn vesikels en micellen vaak onderdeel van traditionele voedingsproducten en worden er al decennia lang siliciumoxidedeeltjes gebruikt. Siliciumdioxide (SiO_2) is een toegestane stof en heeft ook een eigen E-nummer. Het is ook een hele bekende stof want zand en glas zijn er ook van gemaakt. Tot voor kort zat er vrij veel spreiding in de deeltjesgrootte van het siliciumoxide, van redelijk groot tot ruim onder de 100 nm. In essentie waren dus een deel van de SiO_2 -deeltjes nanodeeltjes. Nu zijn we met nanotechnologie beter in staat om de deeltjesgrootte te controleren en kunnen we ze met minder spreiding maken. Daardoor kunnen we met minder SiO_2 hetzelfde gewenste effect krijgen. Maar zijn het nu opeens andere deeltjes geworden? Is het risico veranderd?

Nog een probleem is de detectie van nanotechnologie of meer specifiek nanodeeltjes in voedingsproducten. Afgezien van enkele exotische deeltjes zoals nanoplatina of nanogoud, zijn we helemaal niet in staat om nanodeeltjes in de complexe voedingsproductmatrix te detecteren. Dus als

een fabrikant niet vrijwillig aangeeft dat er nanomaterialen in het product zijn verwerkt, is dat nauwelijks na te gaan. Dit is een grote handicap voor de handhaving van eventuele toekomstige wetgeving rondom het gebruik van nanotechnologie in toepassingen als voeding. Maar juist wet- en regelgeving kunnen voor het grote publiek vertrouwen-wekkend zijn, omdat dat betekent dat een onafhankelijke instantie toezicht houdt op de toepassingen. En pas als er vertrouwen bij consumenten is, zal er acceptatie van de technologie zijn en komen de voordelen en beloftes in beeld.

NOTEN

- 1 C.I. Moraru, C.P. Panchapakesan, Q. Huang, P. Takhistov, S. Liu & J.L. Kokini, 'Nanotechnology. A New Frontier in Food Science', in: *Food Technology* 57(2003), p. 24-29.
- 2 J.M. Manski, A.J. van der Goot & R.M. Boom, 'Formation of Fibrous Materials from Dense Calcium Caseinate Dispersions', in: *Biomacromolecules*, 8(2007), p. 1271-1279.
- 3 J. Weiss, P. Takhistov & D.J. McClements, 'Functional Materials in Food Nanotechnology', in: *Journal of Food Science*, 71(2006), p. R107-R116.
- 4 C.J.M. van Rijn, 'Nano and micro engineered membrane technology', in: *1st ed. Membrane science and technology series 10*, Elsevier 2004, Amsterdam / Boston, p. 384.
- 5 K.L. Mittal & P. Kumar, *Handbook of microemulsion science and technology*, Marcel Dekker 1999, New York, xiv, p. 849.
- 6 *WHO global strategy for food safety: safer food for better health*, World Health Organization 2002.
- 7 C. Lieber, 'Nanoscale science and technology: building a big future from small things', in: *Mrs Bulletin*, 28(2003), p. 486-491.