

Bestaat er een kwaliteitsmaat voor voedsel?

E.P.A. van Wijk, R. Van Wijk

Inleiding

Kwaliteit van mensen beoordelen aan hun stoffelijke samenstelling betekent dat we maar moeilijk van elkaar te onderscheiden zijn. Er is ook nog zoiets als persoonlijkheid en uitstraling. Met andere woorden, bij het presenteren van de eigenschappen van een levend organisme, hebben we de keuze tussen wetenschappelijk-exacte en tastbare data en uiterst complexe netwerken waarvan de oorsprong en wisselwerkingen niet precies bekend zijn, zodat het moeilijk is om een objectief oordeel te vellen. Dezelfde redenering geldt voor levensmiddelen. Kwaliteit van levensmiddelen wordt niet alleen door de inhoudstoffen bepaald. Dit artikel beschrijft het dilemma waarin de kwaliteitsanalyse zich bevindt.

Historische ontwikkeling

Het belang van kwaliteit bleek in de middeleeuwen reeds uit de strenge straffen die bijvoorbeeld bronnenvergiftigers en melkvervalsers kregen. In de tijd van de industriële revolutie werd de vraag naar kwaliteit sterker. In die tijd werden in een hoog tempo steden uitgebouwd om de toestroom van pioniers een plaats te geven. Daarnaast werd duidelijk dat de toenemende consumptie van levensmiddelen niet eenvoudig te ondervangen was door een uitbreiding van de landbouw. De eerste 'levensmiddelen-experts' grepen hun kans: zij mengden populaire genotmiddelen met minderwaardige producten en deden voorkomen dat dit niet had plaatsgevonden. Ook wetenschappers vonden in die tijd dat het loont na te denken over diensten die niet op de rekening staan maar wel betaald moeten worden. Zij begonnen onderzoek naar vervalsingen en dit wetenschappelijk te bespreken, zoals in de Society of Public Analysts (1874) en The Analysts

(1876). Nu wordt deze industrie nauwgezet gecontroleerd en zijn wetenschappers betrokken bij het veredelen van levensmiddelen.

De beschermende kwaliteitscontrole die toen ontstond, blijkt voor de consument van deze tijd in toenemende mate nodig. Kwaliteitsinstituten zijn dag en nacht bezig met het zoeken naar vreemde stoffen in levensmiddelen. Voor het bijmengen van stoffen die schadelijk zijn voor de gezondheid zijn maximumwaarden vastgesteld. Zolang iedere aparte component de betreffende grenswaarde niet overschrijdt, wordt de kwaliteit van het voedingsmiddel ingedeeld in de categorie 'geen bijmengingen'. Tot op heden is echter onopgehelderd in welke mate de kwaliteit van het voedsel zelf wordt bepaald door vreemde stoffen. Zolang er chemicaliën aan ons voedsel worden toegevoegd, verhoogt dat het risico op een verminderde kwaliteit. Echter verhindering van toevoegingen is nog geen garantie voor een hoge kwaliteit.

De levensmiddelenindustrie is recent nog een stap verder gegaan. Nieuwe varianten voedingsmiddelen zijn ontstaan die voorzien zijn van versterkings-substanties, aromastoffen, kleur en conserveringsmiddelen en zelfs psychofarmaca. Daarmee weet de industrie de consument te beïnvloeden door:

- De natuurlijke versheid van het product zolang mogelijk te bewaren.
- De natuurlijke smaak van het product zoveel mogelijk na te maken en liefst te overtreffen.
- De geur van het product te behouden zelfs wanneer het levensmiddel onder normale omstandigheden de oorspronkelijke echte geur zou hebben verloren.
- Het aanzien van het product zolang mogelijk goed te houden ook al is de inhoud het niet meer.

Daarnaast worden andere stoffen, die nutteloos lijken, verwijderd. Dit proces wordt ook wel levensmiddelenfunctionaliteit genoemd. Het begrip functionaliteit doet denken aan een optimaliseringsproces dat door de natuur zelf wordt gevolgd wanneer een voedingsproduct groeit, ontwikkelt en rijpt.

Belangrijk is de vraag waarom een levensmiddelenchemicus dit optimaliseringsproces uitvoert en in hoeverre rekening wordt gehouden met het optimaliseringsproces dat normaliter door de natuur wordt gevolgd. De consument kan in het gehele proces alleen nog inzicht krijgen door een biochemieboek mee te nemen naar de supermarkt. Echter zelfs een volledige lijst met daarin voor ieder product alle bijmengingen en werkzaamheden met daarbij nog eens een lijst van mogelijke effecten en bijwerkingen zou in de praktijk geen zin hebben omdat we niet beschikken over een objectieve maat die ons wat kan zeggen over bijvoorbeeld:

- het onderscheid tussen een natuurlijke verse salade en een salade die op een kunstmatige manier vers wordt gehouden,
- de consequenties van manipulaties zoals het namaken en kunstmatig verlengen van de versheid, kleur, geur en smaak voor de kwaliteit van het product.

Eén van de belangrijke zaken in deze kwestie is niet alleen te weten wat een levensmiddel is, maar ook wat het betekent voor de gezondheid van de consument

Zien we de mens als een verterings-machine?

Heel simpel gezegd kan een mens worden beschouwd als een machine die met energie wordt gevoed en arbeid verricht. Een groot deel van deze energie wordt als warmte afgegeven. Volgens het aloude Descartiaanse denken heeft voedsel voor de mens de volgende functies:

- levering van noodzakelijke energie voor innerlijke en uiterlijke arbeid, zoals hartslag en contracties van de spieren,

- levering van bestanddelen voor de ontwikkeling voor cellen,
- productie van warmte.

Naast deze bekende klassieke functies van voeding is er nog een andere, vaak onderschatte, functie.

Deze functie houdt verband met de hoge graad van ordening van alle processen in het lichaam en de noodzaak dat de voedselvertering deze ordening niet mag verstoren maar juist op een hoog niveau moet houden. Dit kan worden geïllustreerd aan de hand van het grote celverloop in ons lichaam. Per seconde sterven er zo ongeveer 10^7 cellen. Dit lijkt niet veel als we bedenken dat het gehele lichaam ongeveer 10^{14} cellen omvat. Toch vereist het een exacte timing en ruimtelijke precisie om de totale substantie van iedere cel, waar nodig in het lichaam, te kopiëren, ondanks het onregelmatig verlopen van het voedselaanbod met niet altijd even goed passende bouwelementen. Toch kan het organisme met een enorme precisie de tijdelijke schommelingen in de voedseltoevoer evenwichtig verdeelen en uit die puzzel passende en niet passende substraten halen voor die cellen die het nodig hebben. Afwijkingen in ook maar enkele procenten in de groeisnelheid op een bepaalde plaats, kan tot storingen leiden. Deze precisie is op geen enkele manier met de huidige techniek na te maken.

Een andere functie van voeding is de warmteproductie in ons lichaam. Bij apparaten wil men dat er zo min mogelijk energie in de vorm van warmte verloren gaat. Hoe lager het verlies aan warmte, des te hoger de optimale werking van het apparaat is. Bij levende organismen is het echter zo dat een derde deel van de opgenomen energie wordt omgezet in warmte. In tegenstelling tot de warmteontwikkeling bij technische apparaten heeft de warmteafgifte bij levende wezens een belangrijke regulerende functie. Ondanks extreme temperatuurverschillen in de buitenomgeving kan een mens zijn lichaamstemperatuur constant houden. De productiesnelheid van lichaamseigen stoffen hangt sterk af van de omgevingstemperatuur en over het algemeen geldt de

regel dat de reactiesnelheid van biochemische omzettingen bij een temperatuursverhoging van 10 graden verdubbelt. Als men bedenkt dat er in iedere cel ongeveer 100.000 chemische reacties per seconde plaatsvinden en dat de mens uit ongeveer 10^{14} cellen bestaat dan kan men zich voorstellen hoe belangrijk het is om de lichaamstemperatuur constant te houden om zo de onderlinge afstemming tussen biochemische processen niet te verstoren. De warmtehuishouding in ons lichaam is dus van een zeer wezenlijk belang. In de fysica is het begrip entropie een maat voor de ongeordendheid van een systeem. Voeding moet dus er voor zorgen dat de ordening van de processen in het lichaam optimaal blijft en dus de entropie laag. In deze context is het belangrijk dat: *kwaliteit van voedsel zich laat beschrijven in termen van de uitwerking op geordendheid van processen in het lichaam. Hoge kwaliteit betekent: de voedselopname verbetert de geordendheid van het systeem. Een mindere kwaliteit leidt tot dissonantie.*

Rol van voeding in de ordening van het systeem?

Erwin Schrödinger, vader van de ‘Schrödinger vergelijking’ ontving in 1933 de Nobelprijs voor de natuurkunde. In deze vergelijking wordt de fundamentele wetmatigheid beschreven voor de opbouw en ordening van microscopische materie. Nog steeds wordt in de natuurwetenschappen gebruik gemaakt van deze vergelijking om eigenschappen van chemische verbindingen die worden ontwikkeld beter te begrijpen.

Zoals vele grote fysici had ook Schrödinger het vermogen zijn kennis in andere wetenschapsgebieden toe te passen. Voor de levensmiddelentechnologie is de volgende stelling uit Schrödingers boek *What is Life* van groot belang:

“De kunstgreep waarmee een organisme zich stationair op een hoog ordeningsniveau weet te behouden met een relatief laag entropieniveau bestaat in werkelijkheid uit een constant opnemen/opzuigen van ordening uit zijn omgeving.”

Wat bedoelt Schrödinger nu eigenlijk met ordening en waarom hebben we eigenlijk voedsel nodig voor deze ordening? Is er een samenhang tussen een ‘hoog geordende toestand van voedsel’ (bestaande uit meer en minder complexe organische verbindingen) en de ‘ordening van de verbruiker’?

De ordening waar Schrödinger van sprak is een dynamische ordening. Dit houdt meer in dan de simpele ordening van bijvoorbeeld een kristal. ‘Ritmes’ zijn zeer wezenlijke elementen in ons leven. Er zijn talloze voorbeelden zoals actiepotentialen die oscilleren in milliseconden, zenuwcellen en spiercellen die vibreren met frequenties van tienden van een seconde (microvibraties). Er zijn ook tal van fysiologische functies met ritmes in seconden (zoals hartslag) en minuten. In slaap bijvoorbeeld wordt een ritmiek in uren onderscheiden. Natuurlijk is er ook een totaal biochemische verloop dat samenhangt met ons dag- en nachtritme en op nog langere termijn kan men de maandritmen onderscheiden die bijvoorbeeld samen kunnen hangen met stemmingen.

Ook in ons voedingspatroon is sprake van een ritmiek. We nemen over het algemeen een bepaald voedsel tot ons op een bepaald moment van de dag. Over het algemeen past het ene voedingsmiddel beter in de ochtend en een ander beter bij onze fysiologie in de avond. Het tijdstip waarop een bepaald levensmiddel wordt verteerd is belangrijk voor de handhaving van de ordening. Volgens Schrödinger treedt er anders een vermenging en daardoor vermindering van de dynamische ordening op. Van belang is dus op welk tijdstip welk levensmiddel de beste werking op ons systeem heeft. Schrödinger stelde zelfs het volgende: “Consument bedenk dat je ordening belangrijker is dan je energietoever.”

Deze fysische benadering is sterk theoretisch gericht en het is niet makkelijk direct in te zien hoe ons voedsel met zijn complexe biochemie iets van doen heeft met de ruimte- en tijddordering in ons. De eerste die daar een helder beeld van wist te scheppen was de fysicus Ilya Prigogine, ook een

Nobelprijswinnaar. Prigogine demonstreerde voor het eerst het bestaan van chemische klokken. Eenvoudig gesteld worden door energietoevoer chemische reacties aangedreven die periodiek oscilleren. Prigogine wees erop dat de ordening die Schrödinger bedoelt, betekent dat deze chemische klokken gelijk worden gezet. Een klassiek voorbeeld van een ritmisch verlopend proces is de glycolyse. De laatste jaren is van een steeds groter aantal metabole reacties aangetoond dat ze in de cel of zelfs in grote populaties van cellen ritmisch plaats vinden.

Met het stellen dat levende wezens complexe chemische klokken zijn die iedere keer gelijk gezet moeten worden, door op het juiste moment de juiste moleculen toe te dienen, om zo hun stabiliteit te bewaren, is dit levensmiddelenkwaliteit-probleem nog niet opgelost. Het is onwaarschijnlijk te geloven dat men altijd de beste moleculen uit het voedsel gebruikt. Er moet meer aan de hand zijn: de informatie die het eten ons geeft is uiteindelijk het allerbelangrijkste. Degene die honger heeft, signaleert een behoefte en een voedingsmiddel zorgt voor een bevrediging van deze behoefte. Door te eten komt het tot een informatie-uitwisseling, dit is de boodschap van het eten.

In navolging van Schrödinger rekent ook Prigogine af met de opvatting dat de productie van warmte, als gevolg van eten, een afvalproduct (zoals bij een machine) is. De productie van warmte is eerder een maat vóór de (ordende) kwaliteit van het voedsel in plaats van daartegen. Hoe meer warmte er ontstaat bij een gelijke energietoevoer, hoe meer orde er werkstelligd kan worden en des te groter is de waarde van het verbruikte voedsel.

Wanneer deze lijn van redeneren wordt gevolgd, zou men aan de warmte en behaaglijkheid die men ervaart kunnen aflezen of voeding op de juiste manier is geconsumeerd. Je zou bij wijze van spreken in het naar ordening strevende organisme oneindig veel microscopisch kleine thermometertjes in de cellen kunnen steken en het temperatuursverloop in de cellen meten. Zo zou exact de werking van de

voedselopname op het verloop van de temperatuurverandering in het meetsysteem afgelezen kunnen worden. Dit is praktisch gezien wat ingewikkeld maar theoretisch gezien zou dit zelfs inzicht kunnen geven in de vraag waarom Chinezen bij voorkeur rijst eten en Europeanen meelproducten, ook al is de voedingswaarde hetzelfde. Een voorbeeld van het belang hiervan blijkt uit een gebeurtenis in 1943. Zendingen voorzagen Bengalen van meelproducten omdat de rijstvoorraad te krap werd. Hierbij kwamen 3 miljoen mensen om. Ze konden de omschakeling niet aan naar een vanuit biochemisch oogpunt gelijkwaardige product. Kan aan het voedingsmiddel al worden afgelezen of het ordening in de gebruiker stabiliseert of vergroot?

Het doel, de kwaliteit van levensmiddelen te definiëren, lijkt dan weliswaar bijna bereikt, maar we blijven nog steeds met de vraag zitten wat nu eigenlijk goede en slechte levensmiddelen zijn. Het is nu van belang om de verschillende elementen in de bovengevoerde redenering op een rijtje te zetten met de vraag in hoeverre het begrip 'voedselkwaliteit' ook uit het voedingsmiddel al is af te leiden. De volgende drie elementen kunnen helpen dichter bij een oplossing van dit dilemma te komen:

- Schrödingers redenering volgend, gaat het om de mate van ordening in de consument *na* voedselinname, en niet om de levensmiddelen die men beoordelen moet op kwaliteit. Schrödinger stelt dat voedsel de entropie (ongeordeerdheid) van de verbruiker moet verminderen. Logischerwijs volgt hier dan uit dat voedsel dat de entropie zo laag mogelijk houdt, de beste kwaliteit heeft. De gedachte van Prigogine volgend, ontstaat de vraag of voor een mens, wanneer die als een chemische klok (Belousov-Zhabotinski-reactie) wordt beschouwd, aan een bromaat-ion reeds valt af te lezen of dit het ideale voedingsmiddel is. Een chemicus weet dat, over het algemeen, een bromaat-ion beter dan een chloraat-ion in staat is de Belousov-Zhabotinski-reactie aan te drijven. Hij zal benadrukken dat men van te voren kan bepalen welke substantie in welke dosering op welke

tijd een bepaalde chemische klok in een mens aan de gang houdt. In principe zou daarmee ook deze vraag zijn opgelost.

- De evolutionaire betekenis van ons eten. Het probleem doet zich voor dat reeds de menukaart van een eencellige alg zeer uitgebreid is. Op die kaart staan niet alleen bromaat-ionen, maar ook nog eens 26 andere chemicaliën. Al deze chemicaliën zijn betrokken in het metabole proces waardoor deze cellen in de loop van vele maanden tot enkele centimeters lang uitgroeien. Iedere stof is op het juiste tijdstip in de juiste concentratie nodig. Wanneer het bij een eencellige al zo complex is, hoe zal dat dan zijn bij complexe organismen als de mens? Bovendien moeten er constante aanpassingen mogelijk zijn omdat de omgeving van het organisme verre van statisch is. Hier raakt men aan de evolutionaire betekenis van ons eten. We leven niet van exact vastgestelde hoeveelheden van verschillende chemicaliën. Vroeger leefde we van insecten en naarmate die voorraden krappert werden zijn we overgestapt op planten en nu zijn we alleseters geworden. Het heeft mogelijk alles te maken met het verschijnsel dat van nature de meeste mensen verse groente kiezen boven ingevroren groente of de smaak van een scharrelei prefereren boven die van een ei uit een legbatterij.
- Het derde element is dat alle levende wezens van licht leven. Planten voeden zich direct met zonlicht. Tijdens de fotosynthese ontstaan de elementaire voedingsmoleculen uit water en kooldioxide. De beide substanties verbinden zich in planten door middel van de inwerking van zonlicht. Fotosynthese dat als een elementaire bron van levensmiddelen kan worden gezien laat ook zien dat biologische systemen de eigenschap bezitten zonlicht op te slaan en daarmee zowel het thermische verval als de overgang naar nutteloze warmtestraling kunnen vertragen. Vanuit fysisch gezichtspunt zijn 'lichtvasthouders' van een extreem hoge kwaliteit.

Zou dit gegeven een uitweg bieden in de zoektocht naar een methode om de lage entropie van voedingsmiddelen vast te stellen?

Vermogen om licht vast te houden

In de volgende paragraaf gaan we in op de methode van vertraagde luminescentie, die het vermogen bepaalt van producten, met potentiële voedingswaarde, om licht vast te houden. Vertraagde luminescentie is een karakteristiek verschijnsel van biologische systemen (Inaba, 1988; Popp, 1999; Musumeci et al, 2000). De methode berust op het feit dat ieder biologisch systeem het vermogen heeft om energie voor langere tijd op te slaan. Voor het meten van vertraagde luminescentie wordt een product blootgesteld aan energie, bijvoorbeeld een hoeveelheid licht (excitatie). Vervolgens wordt in het absolute donker gemeten hoe energie geleidelijk weer vrijkomt uit het product, als uitgestraalde lichtkwanten (fotonen).

Belangrijk om te noemen is dat vertraagde luminescentie van een biologisch product duidelijk onderscheiden moet worden van de gangbare fluorescentie van een product. Fluorescentie is evenals vertraagde luminescentie een vorm van luminescentie en wordt ook wel toegepast in kwaliteitsonderzoek. Fluorescentie heeft andere luminescentie-eigenschappen. Bij fluorescentie is de uitstraling zeer kortdurend, minder dan een miljoenste seconde. Bij vertraagde luminescentie daarentegen vindt de emissie plaats over een langer tijdsinterval, en kan van minuten tot uren duren. De informatie die van de beide vormen van luminescentie wordt verkregen is eveneens verschillend. Terwijl bij fluorescentie de nadruk ligt op (*intra-*)moleculaire eigenschappen van moleculen, geeft vertraagde luminescentie informatie over de ordening van de dynamische *intermoleculaire* bindingsstructuur, de ordening. De moleculaire basis van vertraagde luminescentie bij plantaardige organismen werd reeds uitvoerig beschreven in de tachtiger jaren. Niet lang daarna werden de eerste aanwijzingen verkregen dat de vertraagde luminescentie correleert met fundamen-

teel biologische processen, zoals het kiemvermogen van zaad (Souren et al., 2000). Vertraagde luminescentie werd eveneens in de tachtiger jaren beschreven voor dierlijke organismen; echter in deze systemen is de vertraagde luminescentie aanzienlijk lager en vereist een veel gevoeliger apparaatuur. Ook bij dierlijke systemen werd een correlatie gevonden met fundamenteel biologische processen zoals de toestand van differentiatie (Van Wijk and Schamhart, 1991; Van Wijk et al., 1993).

Vertraagde luminescentie en vitaliteit

De informatie in vertraagde luminescentie over de intermoleculaire bindingsstructuur heeft geleid tot de toepassing van vertraagde luminescentie voor het beoordelen van de biologische kwaliteit. Het aspect van de biologische kwaliteit dat middels vertraagde luminescentie wordt beoordeeld, heeft te maken met de intermoleculaire bindingsstructuur. De achterliggende gedachte is dat tijdens de ontwikkeling – groei en differentiatie – van een biologisch product zich een voortdurende veranderende intermoleculaire bindingsstructuur en ordening voordoen, waarbinnen de energie-‘flow-storage’-eigenschappen worden weerspiegeld in vertraagde luminescentie. Bij volwaardige uitgroei en rijping van het biologische systeem ontstaat een maximaal stabiele ordening met een vertraagde luminescentie-erval dat de kenmerken heeft van een ‘verbonden’ systeem. In de natuur zijn tal van externe stressvolle omstandigheden van invloed op de ontwikkeling, zowel op aspecten van groei als van differentiatie. Daarbij kan de afstemming van deelprocessen op irreversibele manier worden ontregeld en bereikt de intermoleculaire bindingsstructuur niet de optimale biologische kwaliteit die behoort bij een volwaardig uitgegroeid en uitgerijpt systeem.

- Een goed voorbeeld van onderzoek naar de relatie tussen vertraagde luminescentie en de vitaliteit van een biologisch systeem is het kiemvermogen van zaad. Kiemvermogen is een objectief meetbare grootheid van de vitaliteit van het zaad

is en wordt gewoonlijk met een kiemproef gemeten. Zaadmonsters met een hoge vitaliteit vertonen een geringere vertraagde luminescentie dan zaadmonsters met een laag kiemvermogen. Aan de vraag waarom de vertraagde luminescentie informatie heeft over de vitaliteit van het zaad is door verschillende onderzoekers gewerkt. De resultaten hebben aangetoond dat vertraagde luminescentie de intermoleculaire ordening weerspiegelt.

- De relatie tussen vertraagde luminescentie en intermoleculaire ordening wordt nog duidelijker bij groene planten. Bij planten is vertraagde luminescentie veel hoger dan bij zaden. Bij planten speelt chlorofyl in vertraagde luminescentie een belangrijke rol. Experimenten wijzen erop dat de chloroplasten de belangrijkste fotonemitters zijn in groene planten. Interessant is het experiment van Drinovec et al (2000) waarin aandacht besteed werd aan de invloed van de chloroplaststructuur op vertraagde luminescentie tijdens de ontwikkeling van zaad naar groene plant. Zij onderzochten ook de mogelijkheid om de effecten van stress te detecteren middels vertraagde luminescentie-metingen. Het algemene stresssyndroom in planten resulteert in veranderingen in de werking en structuur van chloroplasten en kan worden gedecteerd als een verandering in de energiekoppeling tussen moleculen.
- Vertraagde luminescentie en voedselkwaliteit. Er zijn verschillende publicaties over VL-metingen in verband met de kwaliteit van voedsel. Zo maakte Lambing (1992) een vergelijking van de vertraagde luminescentie-karakteristieken van verschillende soorten melk (natuurlijke, gepasteuriseerde en hitte-gesteriliseerde melk). In andere experimenten is de relatie met versheid en stevigheid van peren onderzocht (Leible en Popp, 1995). In beide onderzoeken werd waargenomen dat een onderscheid in melk- c.q. peer-eigenschappen kan worden gemaakt met behulp van vertraagde luminescentie. Onderzoek van tomaten leidde tot een soortgelijke conclusie (Popp, 1999). In dit

geval waren de tomaten-samples afkomstig van verschillende soorten kweekmethoden. De meeste resultaten met voedsel zijn echter tot nu toe verschenen in weinig toegankelijke rapporten. Er is tot op heden geen algemeen toegankelijk overzicht beschikbaar over dit onderwerp.

Conclusie

Samengevat kunnen we stellen dat het concept van voedselkwaliteit en gezondheid in principe berust op de zienswijze van Schrödinger, zoals weergegeven in zijn boek *What is Life (The Physical Aspect of the Living Cell)*, dat dateert uit 1944. Voedsel wordt gebruikt om de toestand van leven van het organisme te handhaven. Levende materie tracht op deze wijze een terugval naar de toestand van een thermodynamisch evenwicht te mijden. Het is door de snelle terugval in de inerte evenwichtstoestand te vermijden, dat een organisme levend en gezond blijft. Hoe een levend organisme dat doet wordt normaliter beschreven in termen van eten, drinken, ademen en assimileren; het proces van metabolisme. Lange tijd is dit uitgelegd als dat we ons voeden met energie waarbij vooral de calorische waarde van belang lijkt. Dit beeld is later bijgesteld door het begrip ordening meer te benadrukken. Organismen houden zichzelf in stand door continue ordening te onttrekken uit hun omgeving. In het geval van hogere dieren kennen we de geordendheid waar zij zich mee voeden, zoals de extreem hoog-geordende toestand van de materie in meer of minder gecompliceerde organische materialen die hen als voedsel dienen. Als zij het gebruikt hebben geven ze het terug in een sterk afgebroken vorm – niet helemaal afgebroken, maar er kan weer wat mee gedaan worden. Dit gebeurt zowel in het stapsgewijze proces van spijsvertering binnen het lichaam, als dat het gebeurt tussen verschillende typen van organismen in een groter ecologisch verband (Schrödinger, 2002).

In dit concept speelt de intermoleculaire bindingsstructuur een belangrijke rol. Niet de samenstellen-de moleculen maar de intermoleculaire bindings-

structuur bepaalt hoe de structuur toegankelijk is voor de stapsgewijze metabolische afbraak. Dit standpunt is algemeen geaccepteerd voor zowel intra- als intercellulaire metabolische activiteit.

Literatuur

- Drinovec L., Jerman I., Lahajnar G. (2000) The influence of growth stage and stress on kinetics of delayed ultraweak bioluminescence of *Picea abies* seedlings, in: *Biophotonics and Coherent Systems* (ed. Belousov L., Popp F.A., Voeikov V., Van Wijk R.), Moscow University Press, Moscow, pp.439-445
- Inaba H., (1988) Super-high sensitivity systems for detection and spectral analysis of ultraweak photon emission from biological cells and tissues, *Experientia*, 44, pp.550-558
- Lambing K. (1992) Biophoton measurement as a supplement to the conventional consideration of food quality, in: *Recent advances in Biophoton Research and its Applications* (ed. Popp F.A., Li K.H., Gu Q.), World Scientific, Singapore, pp.393-413
- Leible M.B., Popp F.A. (1995) Biophoton analyse: A method for the measurement of food quality, in: *Biophotonics, Non-equilibrium and Coherent Systems in Biology, Biophysics* (ed. Belousov L. and Popp F.A.), Biotechnology, BioInform Services & Medium Ltd, Moscow, pp.415-421
- Musumeci F., Scordino A., Triglia A. (2000) Delayed luminescence and structure of simple biological systems, in: *Biophotonics and Coherent Systems* (ed. Belousov L., Popp F.A., Voeikov V., Van Wijk R.), Moscow University Press, Moscow, pp.141-150
- Popp F.A. (1999) *Die Botschaft der Nahrung*, Zweitausendeins-Verlag, Frankfurt, p.90 and pp.106-107
- Prigogine I. (1961) *Introduction to Thermodynamics of Irreversible Processes*, New York, Wiley and Sons
- Schrödinger E. (2002) *What is Life? The Physical Aspects of the Living Cell*, Cambridge University

- Press, Cambridge
- Souren J.E.M., Boon-Niermeyer E., Van Wijk R. (2000) Germination capacity of tomato seeds and ultra-weak photon-induced delayed luminescence, in: *Biophotonics and Coherent Systems* (ed. Belousov L., Popp F.A., Voeikov V., Van Wijk R.), Moscow University Press, Moscow, pp.411-417
 - Van Wijk R., Schamhart D.H.J. (1991) Light induced photon emission by rat hepatocytes and hepatoma cells, *Cell Biophys.*, 18, pp.15-29
 - Van Wijk R., Mei W.P., Popp F.A., Van Aken H. (1993) Light-induced photon emission by mammalian cells, *Journal of Photochem. Photobiol.*, B18, pp.75-79

> **Samenvatting****Bestaat er een kwaliteitsmaat voor voedsel?**

Kwaliteit van voedsel laat zich beschrijven in termen van de uitwerking op de geordendheid van processen in het lichaam. Hoge kwaliteit betekent dat de voedselopname de geordendheid van het systeem verbetert. De vraag of aan het voedingsmiddel kan worden afgelezen of het de ordening in de gebruiker vergroot is minder gemakkelijk te beantwoorden. Theoretische overwegingen suggereren een relatie tussen de ordeningsgraad van het voed-

sel en de ordening van de gebruiker. De overwegingen suggereren tevens dat het vermogen om licht op te slaan hierover informatie kan verschaffen. De methode van vertraagde luminescentie wordt momenteel toegepast om deze hypothese te toetsen. Deze methode is inderdaad in staat om de ordeningsgraad en vitaliteit van een biologisch product vast te stellen.

> **Summary****Measuring the quality of food**

Quality of food can be described in its influence on the ordering of physiologic processes. High quality improves the ordering of the system. The question whether this capacity can be estimated directly from the food cannot be directly answered. Theoretically, the ordering of the food product is related to the ordering of the consumer. These consi-

derations suggest that this information can be obtained from the capacity of food to store light. The method of delayed luminescence has been applied to test this hypothesis. Data suggest that this method indeed demonstrates the ordering and vitality of the biologic product.

Key words

food quality ■ health ■ biophoton ■ delayed luminescence ■ metabolic oscillations

Auteur

E.P.A. van Wijk, R. Van Wijk

ADRES

Koppelsedijk 1a

4191 LC Geldermalsen

E meluna.wijk@wxs.nl