

Milieuvriendelijk procédé voor koffie, cacao en noten

Zeoliet droogt en brandt

Voedingsmiddelen als koffie, cacao en noten worden meestal met hete lucht gedroogd en gebrand. Die energievervlindende methode gaat gepaard met grote geurhoudende emissiestromen. TNO-MEP heeft een droog- en brandproces ontwikkeld waarbij de warmte wordt overgedragen door direct contact met zeolietkorrels. Het gebruikte zeoliet is speciaal geschikt voor thermische processen als drogen en branden. In vergelijking met heteluchtdrogen en branden levert dit een forse emissie-reductie op, en bij sommige producten ook energiebesparing en kwaliteitsverbetering.

Paul Bussmann,
Carlien Krist-Spit en
Eelco Sleeman*

Zeoliet is een mineraal. Een kokende of bruisende steen is het volgens zijn oorspronkelijke, Griekse betekenis. Zeoliet bestaat uit een geraamte van silica (siliciumoxide), waarin op sommige plaatsen het vierwaardige atoom silicium is vervangen door het driewaardige aluminium. Daardoor ontstaat een overschot aan negatieve lading, dat wordt gecompenseerd door verschillende ionen. Meer dan veertig natuurlijke zeolieten zijn er inmiddels gevonden. Toch is het aantal natuurlijke zeolieten en de winbare hoeveelheid zeoliet te klein voor alle mogelijke toepassingen. Dit staat industrieel gebruik echter niet in de weg omdat vrijwel alle natuurlijke zeolieten ook chemisch te synthetiseren zijn. Bovendien zijn er ook zo'n honderd nieuwe zeolitische materialen ontdekt en gekarakteriseerd.

Het onderzoek naar de eigenschappen en toepassingen van zeolieten is de laatste jaren pas echt goed op gang gekomen. Met name wordt gekeken naar de adsorptie en desorptie van water door zeolieten, naar de scheiding van moleculen, de ionenuitwisseling en de katalytische eigenschappen. Synthetische zeolieten worden in de petrochemische industrie als katalysator ingezet en in de wasmiddelenindustrie als waterontharder.

Zeolieten hebben een hele regelmatige poreuze structuur. De poriegrootte is precies gedefinieerd en verschilt per type. Zeolieten adsorberen alleen moleculen die kleiner zijn dan de poriën. De adsorptie hangt daarnaast ook

af van de polariteit van de moleculen. Moleculen met een sterke dipool, zoals water, worden zeer goed geadsorbeerd. Afhankelijk van het type zeoliet zal hierbij meer of minder adsorptiewarmte vrijkomen [1]. Op die eigenschap baseerde TNO-MEP zijn procesinnovatie voor de voedingsmiddelenindustrie.

Zeolietproces

Al eeuwen lang worden koffiebonen en noten in verschillende landen van herkomst gebrand door ze in heet zand te verhitten. Het principe van het door TNO ontwikkelde zeolietproces lijkt hierop. Figuur 1 geeft een mogelijke opstelling van het systeem op industriële schaal.

Eerst wordt het product gemengd met opgewarmde zeolietkorrels. In de menger wordt het product vervolgens gedroogd en gebrand. Een vastestofscheider (bijvoorbeeld een serie zeven) scheidt product en zeolietkorrels op basis van grootte. Hierbij blijven er geen zeolietkorrels achter in het product. Bovendien is het zeoliet zo sterk dat die nauwelijks slijt. Er zijn dan ook nauwelijks resten in het product waarneembaar. Zeoliet is niet schadelijk voor de gezondheid bij opname. Bepaalde typen zeoliet worden zelfs toegevoegd aan veevoerders.

Het gedroogde en gebrande product vervolgt dan zijn weg naar verdere verwerkingsstappen. De zeolietkorrels worden – bijvoorbeeld via een Jacobs ladder – toegevoerd aan een regeneratie-unit. Hierin wordt de opgenomen

Samenvatting

Recentelijk heeft TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie (MEP) een innovatieve technologie ontwikkeld voor het drogen en branden van koffie, cacao en andere producten. Hierbij wordt gebruik gemaakt van zeolieten. Deze technologie heeft ook toepassingsmogelijkheden voor het mild en snel drogen van andere voedingsmiddelen. Uitvoerig onderzoek heeft plaatsgevonden naar het drogen en branden van cacao met behulp van zeoliet. Uit de experimenten bleek dat met het zeolietproces de conventionele droog- en brandcondities kunnen worden gerealiseerd. Er werd cacao verkegen met de volgende kenmerken. De kleur van de cacao nibs was vergelijkbaar met nibs uit het conventionele industriële proces. Het kiemgetal lag onder de grenswaarde. De uitkomst van een oriënterende smaakbeoordeling was positief.

In vergelijking met de conventionele industriële cacao-brandmethoden met behulp van hete lucht kan de cacao verkregen door het gebruik van zeolieten in een kleinere productieunit worden verwerkt en is de procestijd korter. Daarnaast is een energiebesparing van 20% mogelijk en kan het afgasvolume aanzienlijk worden gereduceerd.

Summary

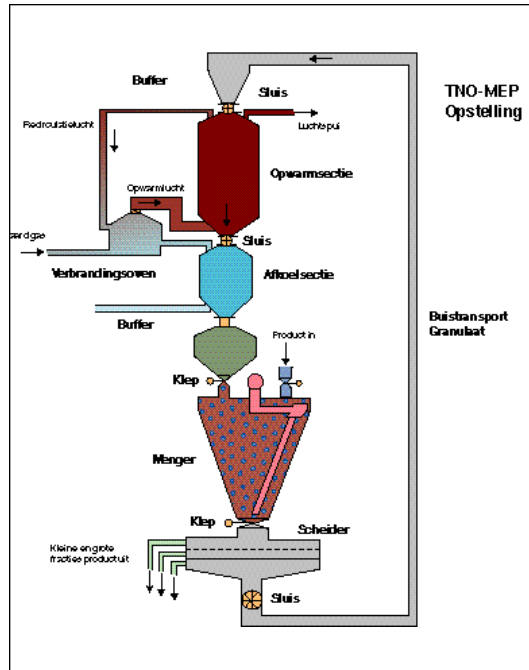
P.J.T. Bussmann, C.E. Krist-Spit & E. Sleeman, Innovative zeolite technology for the drying and roasting of coffee, cocoa and other beans.

In recent years the Netherlands Organization for Applied Scientific Research (TNO) (Institute of Environmental Sciences, Energy Research and Process Innovation) developed an innovative technology for the roasting of coffee, cocoa and other beans, using zeolites. This innovative technology also shows its applicabilities for the 'low temperature' and quick drying of food products.

Extensive research has been performed on the roasting of cocoa by using this zeolite technology. A direct comparison of conventionally roasted cocoa nibs and zeolite roasted nibs was carried out. It turned out that the quality of the zeolite roasted nibs was at least equal to the traditionally roasted nibs, in terms of colour, taste and microbial quality. Moreover, it can be produced in a more compact equipment with a reduced processing time. Energy consumption is reduced by 20%, while the emission volumes of odorous waste gasses are also reduced.

*Dr. ir. P.J.T. Bussmann, mevr. ir. C.E. Krist-Spit en ir. E. Sleeman, TNO-MEP, Apeldoorn; tel. 055-5493493.

Fig. 1 Opstelling voor droog- en brandproces met zeolieten op industriële schaal.
Industrial design of the zeolite drying and roasting system



waterdamp verwijderd zodat de korrels weer klaar zijn voor gebruik.

Niet hete lucht maar een granulaat medium zorgt in dit proces dus voor het drogen en het branden. Uit onderzoek aan koffie, cacao en pinda's bleek dat zeoliet bijzonder geschikt is als medium. Het zeoliet adsorbeert waterdamp uit het product. Geurcomponenten komen hierbij nauwelijks vrij. De lucht uit de menger kan indien nodig in een kleine installatie worden nabehandeld. Tijdens de adsorptie van de waterdamp komt bovendien een aanzienlijke hoeveelheid adsorptiewarmte vrij die direct ten goede komt aan het drogen en branden. In vergelijking met granulaten zonder die eigenschap is van zeoliet de helft minder aan massa nodig om de noodzakelijke hoeveelheid proceswarmte over te dragen.

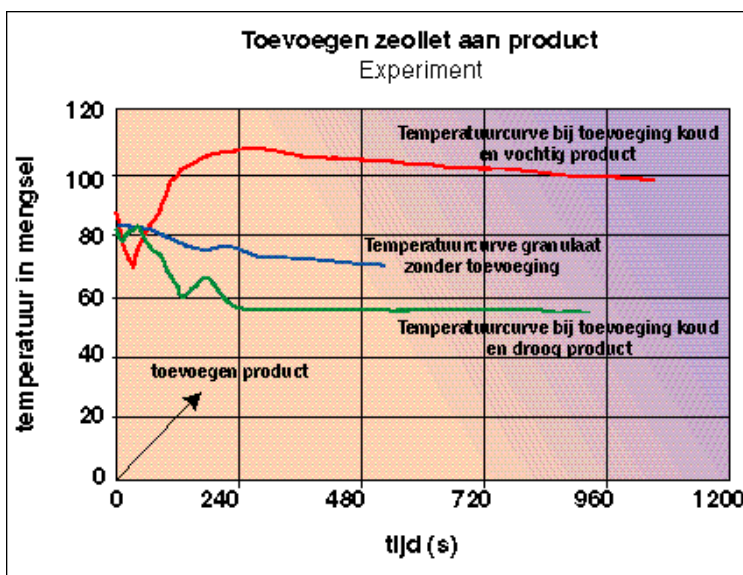


Fig. 2 Resultaten van drie experimenten met granulaat zeoliet van 85°C dat met cacao-nibs van omgevingstemperatuur werd gemengd in een Dewar-vat.
Results of three experiments of granular zeolites (85°C) mixed with cocoa nibs (ambient temperature).

Regeneratie

Tijdens het droog- en brandproces adsorbeert het zeoliet water. De adsorptiecapaciteit is afhankelijk van de temperatuur. In de experimenten bij TNO-MEP liep de capaciteit terug van 21% van het eigen gewicht bij kamertemperatuur, tot circa 3% bij 220°C.

Na de adsorptie wordt het zeoliet gescheiden van het product. De zeoliet wordt opnieuw bruikbaar gemaakt door desorptie van de waterdamp. In de regeneratie-unit worden in tegenstroom hete rookgassen van minimaal 250°C langs de zeolietkorrels geleid. De rookgassen nemen de waterdamp op. Hierbij moet de waterdamp in een zo klein mogelijke emissiestroom worden afgevoerd om het milieu zo min mogelijk te belasten. Anders dan bij heteluchtdrogen en branden wordt de waterdamp dus in twee stappen verwijderd: eerst uit het product en vervolgens uit het zeoliet.

De hete rookgassen maken niet alleen de poriën van het zeoliet leeg, maar warmen het ook op, zodat het zeoliet direct klaar is voor hergebruik. Hoe vaak het zeoliet kan worden gerecirculeerd, is nog niet bepaald. Volgens de leveranciers van zeolieten ligt dit aantal bij droogproces in de petrochemie in de orde van duizenden malen.

Experimenten

Het zeolietproces is in het laboratorium op drie schaalgroottes bestudeerd, namelijk met 100, 1000 en 5000 gram product. De experimenten zijn uitgevoerd met gebroken cacaobonen (nibs), verschillende kwaliteiten koffiebonen, en verschillende soorten pinda's.

Deze verschillende producten worden in de conventionele systemen met hete lucht gedroogd en gebrand. Wel

Table 1 Brandtijd en -temperatuurranges van enkele producten.
Roasting time and temperature ranges of some products

Product	Brandtijd (min.)	Brandtemperatuur (°C)
koffie	0-10	200-260
cacao	30-60	100-150
pinda's	20-40	100-150

verschillen de brandtijden en -temperaturen per product (zie tabel 1).

In de eerste fasen van het onderzoek werd primair onderzocht of de conventionele procescondities door toepassing van zeolietkorrels konden worden nagebootst. De producten zijn in deze fasen alleen beoordeeld op kleur en homogeniteit. Parallel aan de experimenten werd zowel een stationair als dynamisch simulatiemodel ontwikkeld voor het voorspellen van het energieverbruik op industriële schaal. De experimenten op 5000 gram-schaal zijn respectievelijk batchgewijs en (semi)continu uitgevoerd. Bij het batchproces werden product en zeoliet gemengd, waarna het proces zonder verder ingrijpen verliep. Bij het (semi)continue proces werd zeoliet continu aan- en afgevoerd en het product batchgewijs.

Uit de experimenten bleek dat met het zeolietproces de conventionele droog- en brandcondities kunnen worden gerealiseerd. De producten die dit opleverde, hadden de volgende kenmerken:

— Cacao: de kleur van de nibs was vergelijkbaar met nibs uit het industriële proces; het kiemgetal lag onder de grenswaarde; de uitkomst van een oriënterende smaakbeoordeling was positief.

— Pinda's: de kleur van een mengsel met zeoliet gebrande pinda's van verschillende grootte uit verschillende landen was goed en bovendien homogener dan tot dan toe met het conventionele proces was bereikt; de oriënterende smaakbeoordeling was positief.

— Koffiebonen: de koffie had de gewenste kleur; de kleur was voldoende homogeen. Een oriënterende smaakbeoordeling had een negatief resultaat; het proces was echter niet op de smaak geoptimaliseerd.

Schaal tot 100 gram

Met 100 gram product is een aantal werkingsprincipes van het zeolietproces te onderzoeken. Dat zijn de warmteontwikkeling tijdens wateradsorptie bij drogen en verder doorwarmen van een 'nat' product. Daartoe werd een granulaat zeoliet van 85°C in een Dewar-vat gemengd met cacaonibs van omgevingstemperatuur.

De experimenten brachten de mogelijkheden van het zeoliet duidelijk in beeld. Figuur 2 geeft de resultaten weer van drie experimenten. De blauwe curve in de grafiek toont de daling van de temperatuur van het bij aanvang warme granulaat (85°C) tot 70°C na 10 minuten, zonder toevoeging van nibs. De groene curve geeft het temperatuurverloop als koude en droge nibs aan het granulaat (85°C) werden toegevoegd. De temperatuurcurve ligt daarbij duidelijk onder de blauwe afkoelkromme van het granulaat. Het mengsel krijgt uiteindelijk een temperatuur van circa 55°C.

De rode curve geeft de resultaten van een experiment waarbij koude en vochtige nibs (25°C) aan het granulaat (85°C) werden toegevoegd. In eerste instantie daalde de temperatuur van het granulaat-nibs-mengsel zoals dat ook bij de droge nibs het geval was. Na enkele seconden nam de temperatuur echter plotseling toe. Dit was het gevolg van het vrijkomen van adsorptiewarmte. De temperatuur steeg tot boven 100°C, zonder dat daarbij waterdamp vrijkwam.

Schaal tot 1000 gram

Vervolgens werd met behulp van experimenten op een schaal tot 1000 gram een eerste schatting gemaakt van de hoeveelheid zeoliet die nodig is om in de praktijk de gewenste proces- en productcondities te bereiken. Hier toe werd een experimentele opzet ontwikkeld. Het product werd in charges behandeld met een stroom zeolietkorrels, die aan een menger werden toe- en afgevoerd. Hierbij werd niet alleen het drogen en branden van het product bestudeerd maar deed het zeoliet ook dienst als koelmedium.

Koud, met water verzadigd zeoliet kan veel warmte opnemen (grote warmtecapaciteit). Een kleine hoeveelheid verzadigde zeolietkorrels heeft dus al een grote koelcapaciteit. Die kan zeer snel worden toegevoerd en daarmee kan het product ook zeer snel worden gekoeld. Een goede menging tussen het product en de zeolietkorrels is een belangrijke randvoorwaarde voor het bereiken van een homogene afkoeling en een goede benutting van de toegevoerde koelcapaciteit. De benodigde hoeveelheid zeolietkorrels is afhankelijk van de roosttemperatuur en de temperatuur van de koude zeolietkorrels.

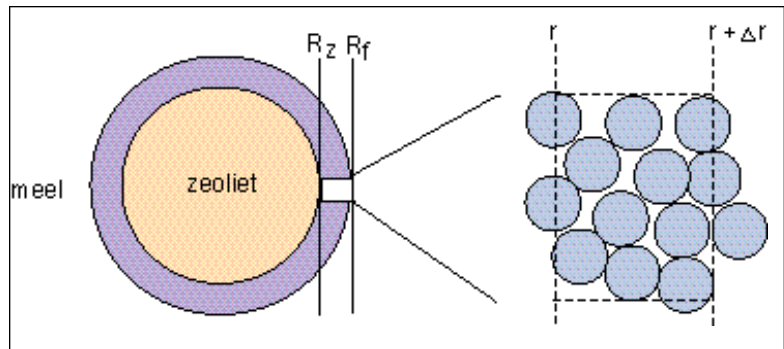
Modellering

In samenwerking met de faculteit Scheikundige Technologie van prof. dr. ir. P.J.A.M. Kerkhof aan de Technische Universiteit Eindhoven werden de processen in de zeoliet-systemen op microschaal in de vorm van formules beschreven en zijn modellen gemaakt. Het doel van het modelleren was om snel te kunnen inschatten wat de mogelijkheden zijn van het adsorptief drogen van een willekeurig voedingsmiddel met zeolieten.

Het opstellen van een correct model is echter niet eenvoudig. In het voedingsmiddel vindt zowel warmte- als stoftransport plaats en de producteigenschappen veranderen tijdens het drogen. Als eenvoudig uitgangspunt is een korreltje zeoliet (diameter 3 mm) genomen dat wordt

Fig. 3 Schematisch overzicht van de situatie welke is gemodelleerd: een zeolietdeeltje omgeven door een poeder. R_z = straal van het zeolietkorreltje, R_f = afstand van poeder tot aan midden van het zeolietbolletje.

Scheme of the studied physical situation: R_z = radius of the zeolite granule, R_f = distance of the powder to the zeolite centre.



omgeven door een laagje fijn verdeeld product (meel met een diameter van 5 µm) (zie fig. 3). Hierin vinden de volgende processen plaats:

- (1) watertransport door het product naar het zeoliet;
- (2) het vrijkomen van warmte bij de adsorptie van water door het zeoliet;
- (3) warmtetransport door het product;
- (4) verdamping van water in het product.

De producteigenschappen zijn daarbij beschreven in termen van effectieve diffusiecoëfficiënten voor warmte- en stoftransport. Een computerprogramma met een gebruikersvriendelijke grafische interface voerde de modelberekeningen uit. De gebruiker geeft aan om welk product het gaat, het type zeoliet dat gewenst is en de begin- en eindcondities van het proces, waarna het model het tijdsafhankelijke droogproces in beeld brengt. Figuur 4 toont enkele resultaten. Uit de resultaten van de berekeningen blijkt dat de snelheid van drogen zeer groot is. Een punt van aandacht is de lokale temperatuurs-verhoging in de directe omgeving van het zeoliet.

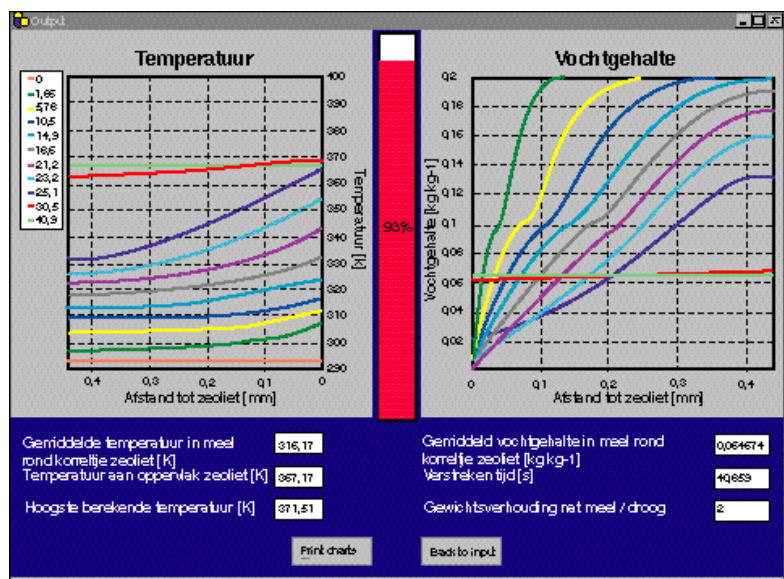


Fig. 4 Enkele resultaten van modelberekeningen met in de rechter grafiek het vochtgehalte en in de linker grafiek de temperatuur op verschillende tijdstippen. De kolom tussen beide grafieken geeft de mate van verzadiging aan.

Some of the results of the model calculations: the plot on the right shows the moisture content, the plot on the left shows the temperature at different moments. The bar in the middle gives the degree of saturation of the zeolite.

Mogelijke apparatuur voor industriële productie

Mengers	Scheiders	Regenerator
— Nauta-menger	— Zeven	— Valbuis voor opwarmsectie
— Lintmenger		— Verbrandingsoven
— Lindor-menger	Transportsysteem	— Valbuis afkoelsectie
— Ploegschaar-menger	— Pneumatisch transport	
	— Jacobs ladder	

Buffervaten

Productoptimalisatie

Met cacao zijn op 5000-gram-schaal experimenten uitgevoerd. Daarbij werd gestreefd naar maximalisering van de te behalen kwaliteit, zowel wat betreft kleur en smaak als microbiologische kwaliteit. Hiertoe is de laboratoriumopstelling verplaatst naar de fabriek van één van de deelnemende bedrijven. Door in de fabriek geproduceerde cacaonibs te vergelijken met cacaonibs die na dezelfde fabrieksvoorbehandeling (de zogeheten 'Dutch processing') middels het zeolietproces zijn gedroogd en gebrand, werd geprobeerd de productkwaliteit te optimaliseren. Hiertoe zijn droogtemperaturen, droogtijden en brandtijden in het zeolietproces gevarieerd. Het zeoliet-proces leidde tot een vergelijkbare productkwaliteit als die in de fabriek. Een betere kwaliteit is zelfs mogelijk indien de voorbehandeling beter op het zeolietproces wordt afgestemd. De kwaliteit is hierbij door een cacao producent beoordeeld.

Ontwerpstudie

Op basis van de onderzoeksresultaten is een installatie voor het drogen en branden van cacao op een industriële schaal van 5 ton droge nibs/h gedimensioneerd. De installatie kon worden gerealiseerd uit bestaande industriële componenten. Het kader geeft een overzicht van mogelijk in te zetten apparatuur. Tevens zijn schattingen gemaakt van minimale en maximale investeringskosten, het energieverbruik en de emissiehoeveelheden.

Energiebesparing

Het energieverlies via de afgassen wordt bij het zeolietproces beperkt doordat de waterdamp uit het product wordt afgevoerd in een kleine afgassenstroom. Dit geldt met name in vergelijking met direct verhitte droog- en brandsystemen, waarbij de waterdamp uit het product is gemengd met de drooglucht en er veel energie verloren gaat omdat er veel drooglucht nodig is om de waterdamp af te voeren.

Ook de compacte apparatuur zal bijdragen aan de energiezuinigheid van het zeolietstelsel. Het volume zeolietkorrels nodig voor het gewenste vermogen is veel kleiner dan de noodzakelijke hoeveelheid drooglucht in conventionele systemen. Compacte apparatuur leidt bij gelijke of lagere proces temperaturen tot een lager warmteverlies naar de omgeving.

In vergelijking met de conventionele industriële cacao brandmethoden met hete lucht is met het zeolietproces een energiebesparing van 20% mogelijk.

Conclusies

Het onderzoek naar een nieuwe methode voor het branden van koffie, cacao en noten heeft geresulteerd in een energiezuiniger en milieuvriendelijker droog- en brandproces. Ook is aangetoond dat het branden met zeoliet kan leiden tot een betere productkwaliteit.

Tevens zijn er, op basis van de positieve resultaten van het onderzoek, nieuwe toepassingsmogelijkheden voor zeolieten in de voedingsmiddelenindustrie gesignaleerd. Onderzoek naar een aantal van deze toepassingen is recentelijk gestart. ■

Literatuur

1.H. van Bekkum, E.M. Flanigen, J.C. Jansen (Eds.). Introduction to zeolite science and practice, Elsevier Science Publishers BV, Amsterdam, 1991.

Tijdschriften

Voedselallergie en -intolerantie

'Food allergy and intolerance – a journal for the world food industry' luidt een nieuw tijdschrift van Leatherhead Food Research Association. Het Britse onderzoeksinstituut brengt dit driemaal per jaar uit. Doelgroepen zijn voedingsmiddelentechnologen, voedingskundigen en functionarissen in de gezondheidszorg.

De gepubliceerde artikelen komen van internationale experts in voedselallergie en -intolerantie. Hoofdaandachtsgebieden zijn productierichtlijnen en advies voor 'good practice', wetgeving (incl. etikettering), klinisch en epidemiologisch onderzoek, detectie van allergenen en de ontwikkeling van vaccins. Een jaarabonnement kost £ 180.



Inlichtingen: Leatherhead Food RA, Publications Department, Randalls Road, Leatherhead, Surrey, KT22 7RY, Groot-Brittannië; tel. +44-1372-376761; fax +44-1372-822374; e-mail: publications@lfra.co.uk.

Rapporten

Markt medische en speciale voeding

Het marktonderzoeksbureau Frost & Sullivan heeft een nieuw rapport uitgebracht over de Amerikaanse markt voor medische en speciale voedingsmiddelen. Die markt groeit snel. Frost & Sullivan onderscheiden drie segmenten, namelijk voeding voor ouderen, voor mensen met een bepaalde ziekte en voor zuigelingen. Voor elk segment geeft de studie de belangrijkste kansen, aanjagers en beperkingen, en een concurrentieanalyse.

Inlichtingen: Frost & Sullivan, Sullivan House, 4 Grosvenor Gardens, Londen SW1W 0DH, Groot-Brittannië; tel. +44-171-7303438; fax +44-171-7303343; internet: www.frost.com.

IDF-publicaties

De 'International Dairy Federation' heeft twee nieuwe rapporten uitgebracht. 'Special Issue' nr. 9901 betreft de toekomst van het zuivelonderwijs ('Future of Dairy Education'). 'World Dairy Situation 1999' is de titel van bulletin nr. 339.

Inlichtingen: IDF, 41, Square Vergote, B-1030 Brussel, België; tel. +32-2-7339888; fax +32-2-7330413; e-mail: info@fil-idf.org; internet: www.fil-idf.org.

Hoofdrospelers bakkerij en snacks

Het nieuwe rapport 'Key players in the global bakery and snacks industries' analyseert de belangrijkste trends in de bakkerij- en de snacksindustrie. Ook geeft het profielen van de veertig grootste producenten ter wereld. Uitgever Leatherhead Food RA vraagt £ 395 voor de uitgave.

Inlichtingen: Leatherhead Food RA, Publications Department, Randalls Road, Leatherhead, Surrey, KT22 7RY, Groot-Brittannië; tel. +44-1372-822241; fax +44-1372-822374; e-mail: publications@lfra.co.uk.

Welzijn vleeskuikens

Wageningen Universiteit en het LEI hebben een rapport uitgebracht over welzijn versus economie in de kuikenvleesketen. De studie zet de mogelijkheden en kosten voor verhoging van het welzijn van vleeskuikens op een rij. Rapport 1.99.09 van het LEI kost f 47.

Inlichtingen: LEI, Postbus 29703, 2502 LS Den Haag; tel. 070-3358330; fax 070-3615624; e-mail: informatie@lei.wag-ur.nl; internet: www.lei.wageningen-ur.nl.

Normen

Microcatalogus

De derde druk van de microcatalogus rangschikt samenvattingen van alle genormaliseerde analysemethoden voor het bepalen van micro-organismen in voedingsmiddelen, diervoeders en water. Deze wordt uitgebracht door het Nederlands Normalisatie-instituut en kost f 39.

NNI, mw. ir. T. Hummelen, stardardization consultant NNI Landbouw & Levensmiddelen, Delft; tel. 015-2690310. Of: NNI-klantenservice, tel. 015-2690391.

