

Capítulo 11

Potenciais Aplicações de Nanotecnologia em Alimentos

Odilio Benedito Garrido Assis

1. Introdução

Embora seja ainda um tema polêmico, não muito compreendido pela maioria e motivo de acaloradas discussões, a nanotecnologia já faz parte de nosso cotidiano em diversas áreas e avança irreversivelmente; a passos largos, na agricultura e na indústria de alimentos. Muitas das práticas hoje designadas como nanotecnológicas já eram empreendidas com resultados satisfatórios, independentes de sua classificação e, com o avanço tecnológico, elas têm sido mais abrangentes e frequentes. A natureza per se tem realizado processos e arranjos em nanoescala por milhares de anos.

A nanotecnologia vem da palavra grega nano “**νάνος**” (anão) e teve sua dimensão formalizada em 1960 pelo sistema internacional de unidades (SI) como um fator de 10^{-9} , que é igual a $1/1.000.000.000$ m, ou seja, um milésimo de milionésimo de um metro. Empregando dimensões existentes na natureza, podemos dizer que 1 nano corresponde à distância formada por um colar contendo cinco átomos de silício unidos sequencialmente. Para simples comparação, uma célula humana tem um tamanho médio de 10 microns, o que equivale a 10.000 nanômetros. Veja Tabela 1 para escalas.

Tabela 1: Comparação de escalas nas dimensões macro e molecular.*

Tamanho (nm)	Exemplos	Terminologia
0,1 – 0,5	Ligações químicas individuais	Molecular/atômica
0,5 – 1.0	Pequenas moléculas	Molecular
1 – 1000	Proteínas, DNA, mesóporos, nanopartículas inorgânicas	Nano
$10^3 - 10^4$	Canais de microfluidos, MEMS, células vivas, chip de silício	Micro
$>10^4$	Matéria considerada normal	Macro

Fonte: *baseado em Rutzke ed. (2003).

No conceito prático, nanotecnologia consiste na capacidade de criar dispositivos ou alterar a matéria a partir da escala molecular, usando técnicas e ferramentas que permitam a manipulação de espécies nessas dimensões. Em outras palavras, pode ser considerada como um conjunto de atividades ou mecanismos que ocorrem em uma escala extremamente diminuta, mas que tenham implicações na escala macroscópica, ou seja, no mundo sensorial. Embora a definição de nanotecnologia possa ser arbitrária e passível de interpretações científico-filosóficas, o conceito moderno, e por nós adotado, aproxima-se ao apresentado por Bawa et al. (2005):

A nanotecnologia pode ser definida como o desenho, caracterização, produção e ou geração de dispositivos por manipulação controlada do tamanho e da forma, na escala nanométrica, que resultem em sistemas com pelo menos uma característica ou propriedade nova ou superior (tradução livre).

Ou seja, a nanotecnologia não se limita apenas à manipulação da matéria na escala próxima a 10^{-9} m, mas essencialmente requer que o resultado dessa manipulação traga uma nova propriedade ou característica diferenciada ao produto.

A nanotecnologia encontra-se inserida em um contexto mundial, no qual, no momento, predominam as pesquisas e produtos oriundos dos países desenvolvidos. Contudo, diversos países de economia de base agropecuária como o Brasil, a Índia, a Tailândia, o México, África do Sul e a Argentina, entre outros, têm estabelecido programas específicos de nanotecnologias e nanociências, em grande parte, focados em aplicações no setor agroindustrial, de meio ambiente, farmacêutico e alimentício. Salamanca-Buentello et al. (2005), em estudo sobre aplicação de nanotecnologias em temas básicos, apontam uma série de áreas

nas quais o domínio das nanotecnologias teria papel fundamental em países emergentes e produtores de commodities. Algumas dessas áreas podem ser apresentadas na forma da Tabela 2:

Tabela 2: Dez principais aplicações e benefícios da nanotecnologia para os países em desenvolvimento*

Posição Relativa de Importância	Aplicação da Nanotecnologia
1	Geração, armazenamento e conversão de energia
2	Aumento da produção agrícola e pecuária
3	Tratamento de água e remediação ambiental
4	Exames e diagnose médico-veterinários precoces
5	Sistemas de liberação controlada de drogas e agentes ativos
6	Processamento de alimentos, melhor aproveitamento e conservação
7	Redução da poluição do ar e remediação atmosférica
8	Novos materiais e sistemas construtivos
9	Monitoramento da saúde e tratamentos profiláticos
10	Detecção e controle de pestes

Fonte: *baseado em Salamanca-Buentello et al. (2005).

Desses dez itens, sete a oito estão diretamente vinculados à atividades agroindustriais ou ao processamento e conservação de alimentos, e a Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) vem atuando em pesquisa em nanotecnologia aplicada na maioria destes temas. O pleno domínio de qualquer um desses itens, embora estratégicos, não configura apenas um progresso local, mas, invariavelmente, tem impacto mundial.

2. Mercado da nanotecnologia

A nanotecnologia movimentou em 2008 um mercado calculado em US\$ 12,7 bilhões e deve atingir algo como US\$ 2 trilhões já em 2012 (RUSNANOTECH, 2011). Segundo um recente inventário apresentado pelo *Project on Emerging Nanotechnology*¹, em 2010 havia no mundo 1317 produtos com base em nanotecnologia registrados ou comercializados por 587 companhias, sendo 107 relacionados à agricultura ou alimentos. No entanto, em valores absolutos, o mercado de nanotecnologia na área de alimentos não ultrapassou os US\$ 4 milhões (valores de 2009) (CHAUDHRY; CASTLE, 2010), o que indica a existência de um enorme potencial, tecnológico ou mercadológico.

Segundo o grupo de consultoria suíço Helmut Kaiser Consultancy (2008), o mercado atual de nanotecnologia aplicada aos alimentos é liderado pelos EUA, seguido do Japão e da China, com uma projeção para o predomínio chinês como o grande consumidor de alimentos, *in natura* ou nanoprocessados, a partir da segunda década desse século.

No Brasil, pesquisas e aplicações da nanotecnologia em alimentos ainda são incipientes e, segundo dados oficiais (ABDI, 2010), o investimento público geral em nanotecnologia (não somente em agricultura e alimentos), no período 2000-2007 foi da ordem de R\$ 160 milhões. Somando os investimentos do setor privado, estima-se um total de R\$ 320 milhões no período (SANTOS, 2008). Embora sejam valores significativos, não representam o potencial de produção e alternativas de exploração do segmento no país.

¹ www.nanotechproject.us

3. Nanotecnologia no agronegócio

A nanotecnologia não é uma ciência ou atividade isolada e, sim, uma área associada a demais conhecimentos básicos que conjuntamente podem, de forma direta ou indireta, gerar benefícios em toda a cadeia produtiva e de consumo. Exemplos de aplicações de nanotecnologia na agroindústria e alimentos são inúmeros, e as pesquisas atuais têm como objetivos: i) a confecção de dispositivos de liberação controladas, seja de agrotóxicos, seja de demais insumos, que promovam o aumento da produtividade, a redução da toxicidade, de impactos ambientais e a consequente segurança final do produto; ii) o desenvolvimento de dispositivos de rastreabilidade e registro de produtos individuais ou de cargas, por meio de sensores para a detecção e monitoramento de patógenos desde a colheita, manufatura, processamento e transporte; iii) o estabelecimento de sistemas e técnicas que promovam a preservação, reduzam a maturação e controlem as qualidades nutricionais por meio de revestimentos *in situ*, ativos e comestíveis, que geram atmosferas controladas; e iv) a produção de embalagens chamadas “inteligentes” e/ou “ativas” que tenham indicativos de alterações globais, de composição, textura, aparência, temperatura ou ataque microbiano em alimentos, ou que interfiram na minimização de efeitos indesejáveis. Essas são apenas algumas dentre inúmeras possibilidades decorrentes da nanotecnologia.

4. Nanotecnologia em alimentos

De forma geral, pode-se dizer que o foco da nanotecnologia na agricultura e em alimentos, de certa forma, difere das suas tradicionais aplicações nas demais áreas técnicas. Em alimentos, por estes serem muitas vezes órgãos vivos e perecíveis, técnicas múltiplas são requeridas e boas práticas e procedimentos convencionais normatizados devem ser respeitados e cuidadosamente implementados nos diversos segmentos da cadeia, isto é, práticas ou ações específicas de nanotecnologia devem ser observadas para o plantio, a fertilização, a colheita, o emalo, o transporte, etc., tornando este um campo de pesquisa consideravelmente mais complexo que em outras áreas.

Com o uso ou aplicações de técnicas de nanotecnologia, um novo termo surge: *nanofood*, ou em sua versão aportuguesada “nanoalimento”. *Nanofood* tem sido definido, em termos genéricos, como um conceito amplo, consequente das aplicações das nanotecnologias em algum ponto da cadeia. Assim, pode-se contextualizar “nanofood” como o alimento ou derivado que tenha sido cultivado, produzido, processado ou embalado usando técnicas ou ferramentas de nanotecnologia ou que venha a receber nanonutrientes ou nanopartículas controladamente adicionadas ou, ainda, que, a partir da matéria-prima desses alimentos, sejam manufaturados nanomateriais para o consumo humano.

Com base no trabalho de Moraru et al. (2003), podemos esquematizar o ciclo de produção dos nanoalimentos em uma sequência de manipulações, de forma que em cada etapa do processamento algum fator nanotecnológico possa ser inserido (Figura 1).

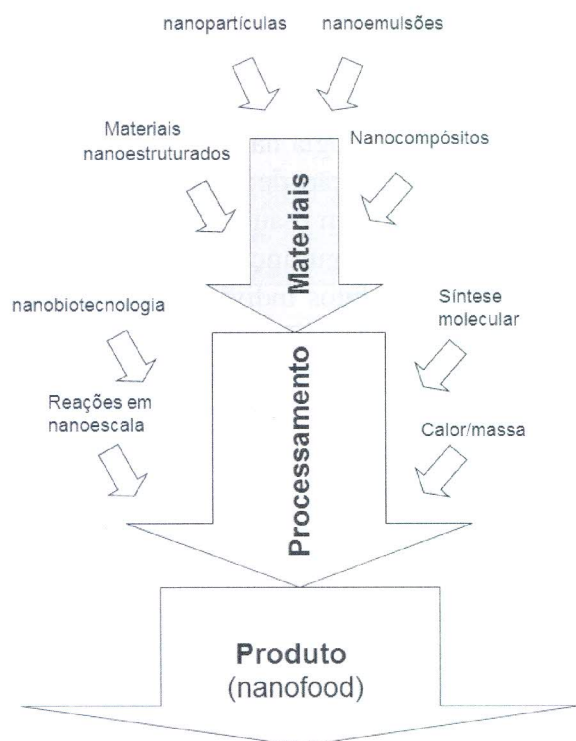


Figura 1: Conceito do uso de nanotecnologia no processamento de alimentos. Baseado em Moraru et al. (2003).

Uma das áreas que tem sido mais avaliada em nanotecnologia quando se trata de alimentos é, sem dúvida, a do desenvolvimento de nanopartículas para a liberação controlada de agentes ativos. Tecnologias de encapsulamento têm sido desenvolvidas para a formação de uma matriz orgânica, com capacidade de reter o composto ativo, seja por imobilização superficial, seja por retenção interna por períodos determinados de tempos (JELINSKI, 1999).

A eficiência desses sistemas está baseada em diversos fatores, como a inexistência de interações fortes entre as nanopartículas e a matriz (alimento), sua alta afinidade com os agentes a serem retidos, assim como a facilidade de sua posterior liberação. Essa tecnologia está diretamente relacionada à etapa de processamento, embora os demais segmentos possam também fazer uso da inserção de nanopartículas. Em suma, benefícios poderão ser trazidos pelo desenvolvimento de nanopartículas ativas como: a produção de novos materiais funcionais com presença de enzimas ou biopolímeros com ações catalíticas que acelerem ou alterem reações; o processamento em escalas reduzidas e com alto controle da composição, reprodutibilidade e qualidade, e novas combinações ou inserções, gerando novos produtos com sabores diferenciados, valores nutricionais distintos, enriquecidos, funcionais ou nutracêuticos. A descrição de detalhes técnicos que elucidem todos esses processos estaria além do escopo deste texto, embora informações específicas possam ser localizadas com facilidade na internet.

Nos EUA, termos como “nanocêutico” e “nanofuncional” já têm marca registrada e, frequentemente, produtos vêm identificados como “biofortificados” para evitar controvérsias com respeito à segurança da presença de nanotecnologia. Temos, como exemplo, o pão da marca Tip Top Up, comercializado na Austrália, que contém nanocápsulas de ômega 3².

Além do ômega 3, demais aditivos nanoencapsulados que estão sendo avaliados em alimentos incluem formas sintéticas de carotenoides (licopeno), ácido benzoico, ácido cítrico, ácido ascórbico e suplementos como vitaminas, isoflavonoides, antioxidantes, β -caroteno, luteínas e coenzimas do tipo Q10 (CHAUDHRY; CASTLE, 2010). As nanovesículas lipossômicas têm sido as estruturas mais empregadas no encapsulamento e transporte desses compostos.

² www.tiptop.com.au

De um modo geral, uma nanopartícula é consideravelmente mais reativa (do ponto de vista químico) que partículas maiores. Devido ao seu tamanho, apresentam elevada área de interação e alta mobilidade, o que pode conduzir sua carga em posições ou homogeneidades não alcançadas por processos convencionais.

Recentemente, uma lista das principais tecnologias em alimentos, não somente nanoencapsulamentos, passíveis de serem produzidos e comercializados foi publicada³. De forma similar, a rede Nanowerk⁴, lista quais setores estão entre as potenciais aplicações comerciais da nanotecnologia em alimentos. Ambas informações estão resumidas na Tabela 3.

Tabela 3: Potenciais aplicações comerciais da nanotecnologia em alimentos

Setores		
Processamento	Embalagem e conservação	Suplementos
Nanocápsulas para elevar a disponibilidade de neutracêuticos	Anticorpos imobilizados sobre nanopartículas fluorescentes para a detecção química de patógenos	Nutrientes em nanodimensões para facilitar a absorção
Nanoencapsulamento de odores e sabores	Nanossensores biodegradáveis para temperatura, umidade e tempo (monitoramento)	Compostos nanoencapsulados com melhor estabilidade e liberação controlada
Nanotubos e nanopartículas para elevar a viscoelasticidade	Nanoargilas e nanofilmes como matérias de barreira para prevenir degradações e prevenir absorção de oxigênio	Nutrientes nanoencapsulados para a liberação dos compostos ativos sem alteração de cor ou sabor dos alimentos
Infusão de nanocápsulas de esteroides para reposição de colesterol em carnes	Nanossensores para a detecção do nível de etileno	Sprays para dispersão de moléculas ativas ou vitaminas para inserção de nutrientes <i>in situ</i>
Nanopartículas com agentes antimicrobianos seletivos	Coberturas antimicrobiana e antifúngica com a presença de compostos inorgânicos	
Nanoemulsões para melhorar a dispersão de nutrientes	Filmes poliméricos com melhores propriedades de barreira e mecânica	

Fonte: *baseado em *Nanotechnology food coming to a fridge near you*⁵

Estes serão, sem dúvida, os principais produtos que efetivamente serão comercializados nos próximos anos.

O conceito de nanofood talvez possa vir a ser reduzido com o tempo, vindo a limitar ou identificar o emprego da nanotecnologia na cadeia. A nanotecnologia como ciência tem, contudo, o potencial inerente de revolucionar a indústria alimentícia, não somente em seu produto final, mas na capacidade de manipulação celular, alterando características organolépticas ou nutricionais dos compostos e a simultânea inserção de nanopartículas para a liberação de nutrientes, aromas ou antimicrobianos.

Um dos grandes desafios, e também uma grande oportunidade, é a transformação de resíduos da agricultura e mesmo da indústria de alimentos em materiais funcionais, sejam como nutrientes para o consumo humano ou animal, ou para a conversão em energia, que se configura como um dos grandes gargalos para futuros desenvolvimentos. O emprego da engenharia molecular associado a processos

³ www.nanoalimentos.com

⁴ www.nanowerk.com

⁵ www.nanowerk.com

controlados por enzimas nanoprocessadas poderá se tornar, em um futuro próximo, um dos grandes benefícios da nanotecnologia, fazendo que qualquer biomassa, em princípio, possa ser transformada em alimento ou em energia.

Embora muitas possibilidades de aplicações aqui descritas sejam factíveis, há sem dúvida limitações naturais de mercado, seja por serem economicamente inviáveis, seja ou por sua complexidade, dificultando a adoção em larga escala ou em determinados países cujas infraestruturas tecnológicas sejam deficientes. De qualquer forma, o avanço tecnológico é um fenômeno irreversível, e a nanotecnologia aplicada no setor de alimentos é assumida como uma inovação bem-vinda.

5. Nanotecnologia aplicada a pós-colheita

O uso da nanotecnologia na conservação de alimentos, intactos ou processados, já é uma realidade, principalmente no desenvolvimento de coberturas protetoras e de embalagens. Estas últimas podem ser separadas em dois tipos: embalagens ativas ou inteligentes. Embalagem ativa inclui materiais que possam atuar em uma ou mais características, como apresentar agentes imobilizados que reduzam infestações ou que liberam elementos antioxidantes, visando a preservação da aparência e qualidade. As inteligentes reagem ao seu entorno, atuando no sentido de minimizar as atividades, como reduzir a permeação de gases em determinados momentos da maturação, ou indicar, de forma visual, o excesso de temperatura ou a presença de um patógeno. Já dispomos de tecnologia de revestimentos comestíveis à base de nanotecnologia que elevam, em semanas, o tempo de consumo de frutas e hortaliças intactas, mesmo quando armazenadas em condições não controladas (ASSIS et al., 2008), e espera-se que, em um futuro próximo, essa preservação possa ser estendida por meses, senão por anos.

Embora não esteja plenamente regulamentado, e até mesmo inaceitável em alguns países (CHAU et al., 2007), o emprego de compostos inorgânicos para aplicação na conservação in situ de alimentos já tem sido testado há bom tempo com promissores resultados na conservação pós-colheita. Patente americana de 1998 (MARS Inc., 1998) já descrevia o desenvolvimento e aplicação de coberturas composta de nanopartículas de dióxido de titânio, dióxido de magnésio e óxido de silício para aplicação em frutos para a redução da taxa de respiração e limitar a permeação de gases.

Certos metais, como a prata e o zinco, que possuem forte atividade antimicrobiana, já são encontrados comercialmente em forma de nanopartículas para usos gerais, e alguns produtos, como embalagens poliméricas, cartonados, badejas, vasilhames e tecidos, já são comercializados com a presença desses metais (NANO&ME, 2011). Recentemente, coberturas comestíveis, associadas a essas nanopartículas, foram aplicadas em frutos intactos (GUDACHE et al., 2010) e testadas em bandejas de poliestireno expandido para contato com minimamente processados (FERNÁNDEZ et al., 2010), visando a redução da microflora bacteriana de ocorrência típica nestes casos.

A rede McDonalds no EUA passou a empregar, em seus produtos invólucros de papelão que incorporam nanomateriais antimicrobianos desde 2006 (NANOPUBLIC, 2006). Embalagens plásticas sintéticas, contudo, são as que têm grande potencial de uso da nanotecnologia e grande aplicações na área de pós-colheita, principalmente as formadas por nanocompósitos. A nanotecnologia torna essas embalagens mais leves, mais resistentes, menos suscetíveis à ação de elementos externos e mecanicamente mais duradouras. Testes realizados em conservação de frutas e hortaliças apresentaram eficiências significativas no aumento de vida de prateleira quando embalagens nanoestruturadas foram empregadas (ARORA; PADUA, 2010).

Laminados poliméricos nanoestruturados já são encontrados no mercado (GARCIA, 2003). Nestes, dispersão aquosa de argilas em dimensões nanométricas são incorporadas à matriz polimérica alterando significativamente as propriedades mecânicas e de permeação (BRAGANÇA et al., 2007). Esfoliadas de argila de geometria laminar, ao serem dispersas em matriz polimérica, formam compósitos com morfologia intercalada que alteram o caminho difusional (tortuosidade), o que traz benefícios com relação à permeação de gases, principalmente O_2 . Na Figura 2, temos ilustrados possíveis permeações em um filme polimérico, em condições de irregularidade de espessura e presença de argila esfoliada.

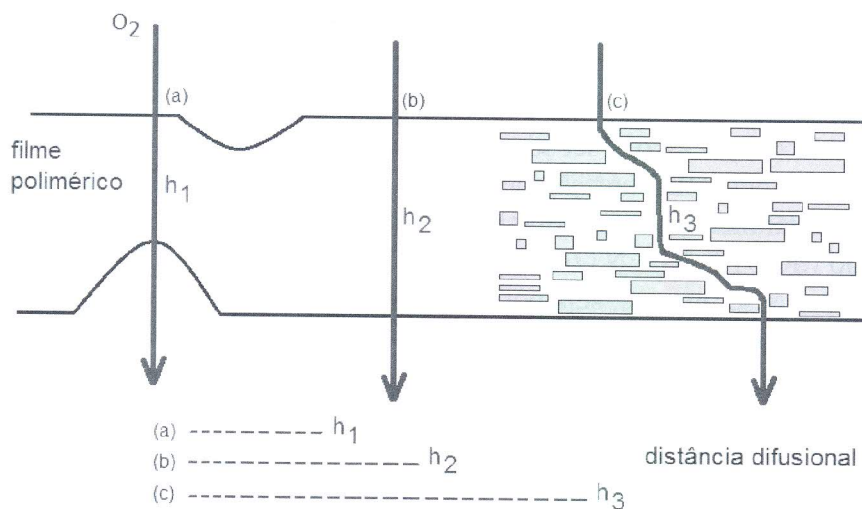


Figura 2: Ilustração de possíveis caminhos de permeação em um filme (embalagem) polimérica. Em (a), o percurso na presença de irregularidades na espessura. Em (b), a distância normal em filme de espessura homogênea e em (c), o ganho de tortuosidade na presença de nanolaminados de argila dispersos na matriz.

A presença de esfolhados de argila permite, por exemplo, retardar a perda de gás de dióxido de carbono, em refrigerantes ou bebidas gaseificadas, tornando a concentração conservada por meses ou mesmo anos. A presença de nanoargilas em garrafas PET reduz a permeação de oxigênio e CO₂ em valores próximos a 80-90% quando comparadas aos envases tradicionais (FISHER, 2008).

6. Avanços nas análises

As ferramentas e modelos teórico-experimentais que hoje surgem como resultado da prática de nanotecnologia estão permitindo que se entenda com melhor clareza os diversos componentes constituintes e como estes estão estruturados nos alimentos. Com o avanço dessas técnicas, poderemos manipular as moléculas conformando alimentos mais saudáveis, saborosos e seguros. A “nanoestruturação” de materiais, em particular de alimentos, abre uma janela de possibilidades para a criação de novos produtos que poderão impactar não somente no processamento industrial, mas igualmente na área de conservação e armazenamento.

De um modo geral, visualiza-se o emprego de nanotecnologias em alimentos, essencialmente, como o enriquecimento pela presença de compostos encapsulados ou nanonutrientes e dispositivos de melhora, seja pela aplicação *in situ* ou *ex situ* (embalagens) que promovam uma maior preservação e manutenção de coloração, higiene e qualidades gerais. Mas deverá ser na melhoria das análises que o primeiro grande impacto será sentido.

O desenvolvimento e aplicação de sensores para a rápida detecção de patógenos, ou embalagens ativas que prontamente indiquem a presença de contaminações são fatores fundamentais na conservação e na tomada de decisões, principalmente no setor pós-colheita.

A infecção de um alimento, seja de origem vegetal ou animal, pode levar dias, semanas ou até meses para ser detectada e, na maioria das vezes, quando se dá essa identificação, todo o organismo já se encontra impróprio ao consumo. Esse é um dos grandes motivos de perdas de alimentos no mundo. Calcula-se que somente no Brasil, perdas anuais pós-colheita por causas bióticas (doenças patogênicas) são estimadas em cerca de 15% a 20% (CHITARRA; CHITARRA, 1990). Somadas as perdas por injúrias físicas e desperdício, a quantidade perdida seria suficiente para abastecer 29,3% da população brasileira (FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS, 2002).

A detecção precoce de pequenas quantidades de contaminantes químicos, fungos, vírus ou bactéria na agricultura e colheita e no processamento pelos chamados nanosensores bioanalíticos já é uma realidade tecnológica. Nos sensores bioanalíticos o reconhecimento se dá pela presença de biomoléculas de alta afinidade e especificidade com o alvo a ser identificado. Esses sensores conseguem integrar a química, física e biologia simultaneamente na detecção de reações em escala molecular. A manipulação biológica é apenas parte do sensor, cuja interação molecular é otimizada gerando um sinal característico que pode ser ampliado e identificado (SCOTT; CHEN, 2003).

A possibilidade de análise precoce, seja por técnicas nanosensoras invasivas, seja por não invasivas, permite a tomada de decisões em tempo real e nas etapas estratégicas da cadeia, garantindo a produtividade, conservação e qualidade dos alimentos.

7. Receios com respeito aos nanoalimentos

Os alimentos produzidos através do uso das nanotecnologias devem ser sujeitos a uma avaliação de risco específica antes de serem aprovados, rotulados e colocados no mercado. Sempre que é citada a nanotecnologia e, em particular, nanopartículas em alimentos, levanta-se a questão da segurança. Dúvidas pairam sobre a possibilidade de compostos nestas dimensões poderem mover-se e acumular-se em tecidos ou órgãos sensíveis, resultando em toxicidade e riscos à saúde humana e ao meio ambiente.

Há, nesse sentido, um esforço mundial para o desenvolvimento de protocolos e ensaios que avaliem e garantam a segurança da aplicação controlada de nanopartículas. Estudos preliminares têm sugerido que materiais inorgânicos, como prata, dióxido de titânio, zinco e demais componentes normalmente empregados como suplementos alimentares podem apresentar superior toxicidade quando ingeridos na forma de nanopartículas (MILLER; SENJEN, 2008). Contudo, dados concretos e reprodutíveis ainda são incertos e têm sido tratados, no momento, com cautela, e a qualquer declaração sobre segurança ou não de nanoalimentos deve ser embasada à luz de investigações científico-empíricas.

Neste ano de 2011, a Organização Internacional de Padronização (ISO) lançou a norma ISO/TR 1321:2011, que consiste em uma primeira tentativa no sentido de descrever procedimentos para identificar, avaliar e tratar riscos do desenvolvimento e emprego de nanomateriais. Essa norma oferece um guia sobre como as informações pertinentes a potenciais danos ou riscos da nanotecnologia devem ser divulgadas e tratadas no âmbito da produção e do consumo (ABDI, 2011).

O que se tem como certeza é que a nanotecnologia, se dominada e bem aplicada, se constituirá em uma ferramenta poderosa em termos de economia e de seguridade alimentar, garantindo reduções de perdas e aumento de oferta de alimentos, principalmente pelos países produtores e exportadores como o Brasil.

Referências

ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Panorama Nanotecnologia**. Brasília, DF, 2010. (Série Cadernos da Indústria ABDI, v. 19).

ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. ISO lança nova norma para a nanotecnologia. **Nano em Foco**, Brasília, DF, v. 32, maio 2011.

ARORA, A.; PADUA G. W. Review: Nanocomposites in food packaging. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 75, n. 1, p. R43-R40, 2010.

ASSIS, O. B. G.; FORATO, L. A.; BRITTO, D. Revestimentos comestíveis protetores em frutos minimamente processados. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 22, p. 99-106, 2008.

BAWA, R.; BAWA, S. R.; MAEBIUS, S. B.; FLYNN, T.; WEI, C. Protecting new ideas and inventions in nanomedicine with patents. **Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine**, [S. l.], v. 1, p. 150-155, 2005.

BRAGANCA, F. C.; VALADARES, L. F.; LEITE, C. A. P.; GALEMBECK, F. Counterion Effect on the Morphological and Mechanical Properties of Polymer-Clay Nanocomposites Prepared in an Aqueous Medium. **Chemistry of Materials**, Washington, v. 19, p. 3334-3342, 2007.

CHAU, C-F.; WU, S-H.; YEN, G. C. The development of regulations for food nanotechnology. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 18, p. 269-280, 2007.

CHAUDRY, Q.; CASTLE, L. General insights on issues emerging from food applications. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FOOD AND AGRICULTURE APPLICATIONS OF NANOTECHNOLOGIES – NANOAGRI, 2010, São Pedro, SP. **Proceedings...** São Pedro: Aptor Software, 2010. p. 6-12.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças**. Lavras, MG: Escola Superior de Agricultura de Lavras - FAEPE, 1990.

FERNÁNDEZ, A.; PICOUET, P.; LLORET, E. Cellulose-silver nanoparticle hybrid materials to control spoilage-related microflora in absorbent pads located in trays of fresh-cut melon. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 142, n. 1-2, p. 222-228, 2010.

FISHER, D. **The next innovative wave: nanotechnology in packaging**. New York: Rochester Institute of Technology, 2008. Disponível em: <<http://www.iopp.org/files/public/FisherRITNanotechnology.PDF>>. Acesso em: 20 maio 2011.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **O Mapa do fim da fome: metas sociais contra a miséria**. 2002. Disponível em: <http://www.fgv.br/ibre/cps/mapa_fome.asp>. Acesso em: 12 abr. 2011.

GARCIA, E. E. Nanocompósitos: Novas opções em materiais e embalagens. **Boletim de Tecnologia e Desenvolvimento de Embalagens**, [S. l.], v. 15, n. 1, 2003. 6 p. CETEA Informativo.

GUDACHE, J. A.; INGLE, A. P.; GADE, A. K.; DURAN, N; MARCATO, P. D.; RAI, M. K. **Agar-silver nanoparticles films for fruit preservation**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FOOD AND AGRICULTURE APPLICATIONS OF NANOTECHNOLOGIES – NANOAGRI, 2010. **Proceedings...** São Pedro, SP: Aptor software, 2010. p. 117.

HELMUT KAISER CONSULTANCY. **Study: Nanotechnology in food and food processing industry worldwide**. [2008]. Disponível em: <<http://www.hkc22.com/nanofood.html>>. Acesso em: 10 maio 2011.

JELINSKI, L. Biologically related aspects of nanoparticles, nanostructured materials and nanodevices. In: SIEGEL, R. W.; HU, E.; ROCO, M. C. (Ed.). **Nanostructure Science and Technology: A Worldwide Study**. Washington: NSTC: IWGN, 1999. Disponível em: <www.wtec.org/loyola/nano/toc.htm>. Acesso em: 04 maio 2011.

MARS Inc (McLean, Va). Daniel L. Beyer et al. **Edible products having inorganic coatings**. US n. PI5741505. 1998.

MILLER, G.; SENJEN, R. **Out of the laboratory and on to our plates: Nanotechnology in Food & Agriculture**. 2nd ed. [Fitzroy]: Friends of the Earth, 2008. 68 p.

MORARU, C. I.; PANCHAPAKESAN, C. P.; HUANG, Q.; TASHISTOV, P.; LIU, S.; KOKINI, J. I. Nanotechnology: A new frontier in food science. **Food Technology**, Chicago, v. 57, n. 12, p. 24-29, 2003.

NANOPUBLIC. **McDonalds wraps burgers in nano**. 2006. Disponível em: <<http://www.nanopublic.com/2006/08/mcdonalds-wraps-burgers-in-nano.html>>. Acesso em: 18 maio 2011.

NANO&ME. **Nano in packaging**. [2011?]. Disponível em: <<http://www.nanoandme.org/nano-products/packaging/safety-issues/>>. Acesso em: 04 maio 2011.

RUSNANOTECH - NANOTECHNOLOGY INTERNATIONAL FORUM, 2011, Moscow. Disponível em: <<http://www.rusnanoforum.ru/Post.aspx/Show/27760>>. Acesso em: 23 maio 2011.

RUTZKE, C. J. (Ed). **Nanoscale Science and Engineering for Agriculture and Food Systems**. The United States Department of Agriculture, September 2003. Disponível em: <<http://www.nseafs.cornell.edu/web.roadmap.pdf>>. Acesso em: 14 maio 2011.

SALAMANCA-BUENTELLO, F.; PERSAD, D. L.; COURT, E. B.; MARTIN, D. K.; DAAR, A. S.; SINGER, P. A. Nanotechnology and the developing world. **PLoS Medicine**, [Cambridge,], v. 2, n. 5, p. 383-386, 2005.

SANTOS, L. A. **Sistema Brasileiro de Inovação em Nanotecnologia: uma análise preliminar**. 2008. 194 f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

SCOTT, H.; CHEN, H. (Ed.). **Nanoscale science and engineering for agriculture and food systems**. Washington, DC: The United States Department of Agriculture, 2003. 63 p. National Planning Workshop Report.