

DO CAMPO À MESA

Nanotecnologia é utilizada para produzir filmes comestíveis e fertilizantes

DINORAH ERENO



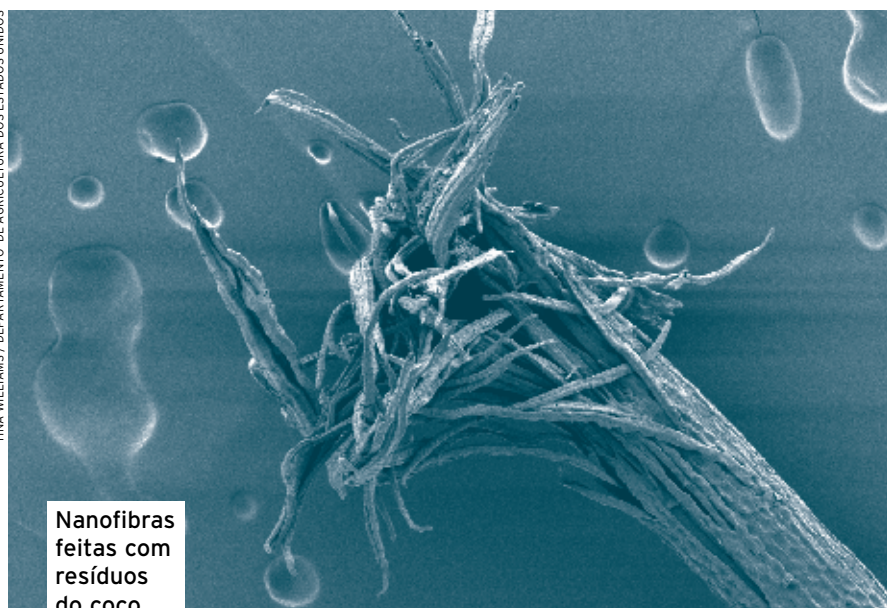
Frutas, plantas e resíduos da agricultura, quando trabalhados em escala nanométrica, têm mostrado grande potencial para serem usados em filmes comestíveis para proteção de vegetais, plásticos reforçados e biodegradáveis, fertilizantes e até mesmo na degradação de pesticidas. O universo que se descortina para a nanotecnologia aplicada à alimentação e à agricultura é muito vasto. No Brasil, grupos de pesquisa têm conseguido resultados bastante promissores, alguns com aplicação imediata, como um biofilme com nanopartículas de prata – estruturas com diâmetro na faixa de 10 a 40 nanômetros – sintetizadas a partir do extrato de uma planta regional indiana (*Ocimum sanctum*) e nitrato de prata, desenvolvido no Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) em parceria com pesquisadores da Universidade Amravati, na Índia. A mistura do polímero obtido a partir de um vegetal e das nanopartículas de prata resulta em uma solução na qual são imersas as frutas que precisam ser protegidas para prolongar o tempo de prateleira.

Após a imersão no líquido, elas ficam recobertas por um filme fino, que funciona como uma barreira de proteção ao reduzir a quantidade de oxigênio que entra e a de gás carbônico que sai, o que evita a perda de água. Quando a fruta é lavada em água corrente, o biofilme é totalmente eliminado. “É uma plataforma excelente para proteção de frutas e vegetais transportados por longos períodos em climas tropicais como a Índia e o Brasil”, diz o professor Nelson Durán, da Unicamp, coordenador da pesquisa, que no Brasil teve a colaboração do Centro de Ciências Naturais e Humanas da Universidade Federal do ABC, em Santo André.

O biofilme foi testado em algumas frutas, entre elas a goiaba. Entre os itens avaliados estavam perda de peso, de proteínas e infecção bacteriana. “A fruta protegida não perdeu quase nada de peso e de proteínas e não teve infecção durante os 15 dias de estudo”, diz Durán. Ela amadureceu, mas não apodreceu. Conhecidas por suas propriedades bactericidas, as nanopartículas de prata utilizadas na composição do biofilme foram obtidas por síntese biológica, enquanto as comerciais são químicas ou obtidas por processos físicos. “O biopolímero usado é comestível e não tóxico e foi aprovado pela Food and Drug Administration, órgão governamental norte-americano de regulação de alimentos e medicamentos, e pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa)”, diz Durán.

As nanopartículas de prata biogênicas foram testadas pelos pesquisadores tanto em relação à citotoxicidade *in vitro* e à toxicidade *in vivo*, em ensaios com animais, como em relação à penetrabilidade em tecidos humanos. “Nas con-

Embalagem
comestível
de goiaba
e quitosana



Nanofibras
feitas com
resíduos
do coco

centrações usadas elas não penetram na pele e não são tóxicas.” A pesquisa em parceria com os pesquisadores indianos faz parte de uma colaboração binacional aprovada em 2008 e iniciada em 2009, como parte de um projeto financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) envolvendo pesquisas com nanopartículas de prata geradas por fungos, bactérias e plantas.

Pesquisadores da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) também trabalham no desenvolvimento de filmes para revestimento baseados em frutas tropicais, resíduos do processamento do algodão e do coco, quitosana e outras matérias-primas. Um dos filmes desenvolvidos pela pesquisadora Henriette Azeredo, da Embrapa Agroindústria Tropical, de Fortaleza, no Ceará, tem como base a polpa de manga com a adição de nanofibras de celulose obtidas da fibra do algodão. “O componente mais resistente da fibra vegetal e da própria madeira é a celulose”, diz o pesquisador Luiz Henrique Mattoso, chefe-geral da Embrapa Instrumentação Agropecuária, de São Carlos, no interior paulista. No estudo Henriette testou a adição de nanofibras de celulose em várias concentrações, com o máximo de 36%, para avaliar o comportamento dos filmes. “Com cerca de 10%, os resultados já foram mui-

to bons”, diz a pesquisadora, que fez a pesquisa durante seu pós-doutorado no Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, encerrado em 2008, como parte de um convênio com a Embrapa. Os filmes de polpa de manga que receberam a adição de nanofibras apresentaram melhor resistência mecânica, melhor barreira à umidade e melhor estabilidade térmica. “A tecnologia ainda não pode ser aplicada porque não se conhecem os possíveis efeitos adversos que as nanofibras, ainda que de celulose, possam ter sobre o organismo humano”, diz. Por isso, um outro projeto, conduzido pela pesquisadora Morsyleide Rosa, também da Embrapa Agroindústria Tropical, tem

Filmes de polpa de manga com nanofibras de celulose são mais resistentes e estáveis

como objetivo fazer a análise toxicológica do novo material.

A regulamentação do uso da agromanotecnologia é uma discussão que vem sendo feita há alguns anos em vários países do mundo. Na Europa, por exemplo, já foram realizadas cinco conferências para tratar do assunto, a última delas em novembro de 2009. Durante a Conferência Internacional para Aplicação das Nanotecnologias na Alimentação e Agricultura, realizada em junho em São Pedro, no interior paulista, o pesquisador Steven Robert, do Instituto para a Política Agrícola e Comercial dos Estados Unidos, destacou três abordagens que devem ser consideradas na questão da regulação do uso da agromanotecnologia. A primeira depende da orientação voluntária do governo e da apresentação voluntária de dados de produtos da nanotecnologia para regulamentação das agências, a segunda refere-se à submissão obrigatória dos produtos desenvolvidos pela indústria aos órgãos reguladores e a terceira, mais radical, propõe a suspensão e aprovação de comercialização dos produtos até haver dados suficientemente revisados para realizar as avaliações de riscos necessárias a um marco regulatório apropriado.

Morsyleide trabalha ainda com resíduos de indústrias regionais – como do coco-verde e algodão – para obtenção de nanofibras de celulose de várias fontes. “Outra matéria-prima interessante para obtenção de nanocelulose é a torta que sobra da prensagem da palma para obtenção do biocombustível de dendê”, diz. O pseudocaulo da bananeira, com alto teor de celulose, também apresentou resultados bastante promissores para a produção de filmes nanocompósitos que podem ser usados em embalagens e em outras aplicações. Uma das linhas de pesquisa é coordenada pelo pesquisador José Manoel Marconcini, da Embrapa Instrumentação Agropecuária, que mistura plásticos com fibras vegetais ou com nanossílicas extraídas da casca do arroz, para aumentar a resistência mecânica dos plásticos tanto convencionais como reciclados. Resultados preliminares apontam que esses materiais nanoestruturados mudam as propriedades ópticas e melhoram as

propriedades mecânicas dos materiais. “No caso da celulose, a região cristalina apresenta resistência mecânica e elasticidade semelhantes às fibras de Kevlar, material mais forte que o aço”, diz Marconcini. “É uma tecnologia que o mundo inteiro está tentando dominar.” O Canadá saiu na frente. Em julho, a empresa canadense Domtar e o instituto de pesquisas FPInnovations lançaram um projeto para construir uma fábrica só para produção de celulose nanocristalina, com previsão de produção de uma tonelada por dia.

Marconcini também trabalha com plásticos biodegradáveis reforçados com fibras de nanocelulose que podem ser empregados em tubetes usados na produção de mudas, em filmes para proteção de plantações ou mesmo para repelir insetos da lavoura com o uso de feromônios. Para essa aplicação, basta amarrar uma fita de um plástico biodegradável na plantação para que ela libere as substâncias desejadas no ambiente. Na Universidade de Marburg, na Alemanha, por exemplo, os pesquisadores estão testando no campo um protótipo feito com fios nanométricos a partir de plásticos biodegradáveis. Esses fios foram fabricados por um processo conhecido como eletrofição, baseado na aplicação de corrente elétrica. O protótipo, que é parecido com uma teia de aranha em miniatura, ao ser colocado no solo vai liberando os princípios ativos selecionados e com o tempo se desmancha.

Desde 2006, a Embrapa coordena a Rede de Nanotecnologia Aplicada ao Agronegócio, que tem sede na unidade de São Carlos e conta com a participação de 150 pesquisadores de 53 instituições, sendo 14 vinculados a centros de pesquisa e 39 a universidades. No ano passado, foi lançado o Laboratório Nacional de Nanotecnologia para o Agronegócio, um investimento de mais de R\$ 10 milhões, mantido com recursos da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e FAPESP. As linhas de pesquisa englobam desde nanobiossensores e sensores eletroquímicos para monitorar processos e produtos agropecuários, nanofilmes comestíveis, produção de fertilizantes, pesticidas e fármacos para

animais. Pesquisadores da Embrapa Gado de Corte, de Campo Grande (MS), e da Instrumentação Agropecuária em colaboração com a Universidade de São Paulo em São Carlos estão trabalhando em nanobiossensores para detecção de patógenos em animais, como febre aftosa e outros vírus, que causam grandes prejuízos aos produtores.

Outra nanotecnologia para aplicação direta no campo é a de fertilizantes encapsulados em zeólitas, um grupo de minerais que possui cavidades nanométricas em sua estrutura porosa. “Quando o fertilizante é colocado no solo, a liberação é feita gradualmente”, diz Marconcini. O objetivo do projeto, coordenado pelo pesquisador Alberto Bernardi, da Embrapa Pecuária Sudeste, de São Carlos, é melhorar a dispersão e a absorção de nutrientes pelas plantas. Uma nova fronteira de pesquisa é o uso de nanocompósitos baseados nesses materiais para liberação controlada de fertilizantes, projeto coordenado pelo pesquisador Cauê Ribeiro, da Embrapa Instrumentação Agropecuária, em colaboração com a Pecuária Sudeste. “Ainda não existe um produto no mercado para fertilização tanto do solo como das folhas”, diz Marconcini. Na área de adubos

foliares, a tendência aponta para as nanoemulsões. “Como o tamanho da gota é menor, utiliza-se menos quantidade de princípio ativo”, relata Mattoso.

As mesmas nanoestruturas são utilizadas em pesticidas que já se encontram no mercado. “Uma garrafinha de um litro substitui um tambor de 20 litros de veneno”, compara Marconcini. A nanotecnologia também tem sido utilizada para degradação de pesticidas convencionais. Uma das tecnologias em estudo na Embrapa é o uso de catalisadores feitos à base de óxidos de titânio e estanho em tamanho nanométrico, em conjunto com a luz ultravioleta, para quebrar mais rapidamente as moléculas dos pesticidas presentes na água. ■



Formulação com suco de goiaba e nanopartículas

EDUARDO CESAR

Artigos científicos

1. DURÁN, N.; MARCATO, P.D. *et al.* Potential use of silver nanoparticles on pathogenic bacteria, their toxicity and possible mechanisms of action. **Journal of the Brazilian Chemical Society**. v. 21, p. 949-59. 2010.
2. AZEREDO, H.M.C.; MATTOSO, L.H.C. *et al.* Nanocomposite edible films from mango puree reinforced with cellulose nanofibers. **Journal of Food Science**. v. 74, n.5, p. 31-35. 2009.