

Nº28, out/99, p.1-5

AValiação DO USO DA TOMOGRAFIA DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA PARA ESTUDO DE INFESTAÇÃO DE MOSCAS-DAS-FRUTAS

Clovis Isberto Biscegli¹
Antonio Souza do Nascimento²
Luiz Alberto Colnago¹

A tomografia de ressonância magnética - TORM foi utilizada primordialmente na medicina como técnica de diagnóstico por imagem. Esse método é também apropriado para investigação e monitoramento de danos causados por infestação porque permite a visualização não-invasiva de atributos do interior dos frutos, normalmente não detectados por técnicas convencionais. A aplicação da TORM para a avaliação da qualidade de frutos vem crescendo e importantes resultados estão na literatura. Crestana et al. (1990) demonstraram o potencial de aplicação da TORM em alguns casos de interesse da Agricultura e da Engenharia de Alimentos. Utilizando a mesma técnica Joyce et al. (1993) avaliaram injúria em manga após o tratamento hidrotérmico. Sonego et al. (1995) utilizaram o método de imagem por TORM para avaliar características químicas e físicas em frutos de nectarina *Prunus persica* com desordens fisiológicas. Chen et al. (1996) desenvolveram um equipamento semi-industrial para avaliar o grau de maturação em frutos de abacate *Persia americana* em tempo real, a uma velocidade de 250mm/s. Recentemente, Biscegli et al. (1996) e Nascimento et al. (1999) mostraram resultados da avaliação não-destrutiva do interior de frutas usando a TORM, com imagem que permite a observação de detalhes da parte sadia da polpa, dos tecidos danificados e do caroço.

A utilização de um método capaz de monitorar o interior do fruto sem destruí-lo representará um forte aliado ao desenvolvimento de equipamento capaz de avaliar a qualidade do fruto no *Packing House*, antes da embalagem e embarque para o mercado consumidor.

O mercado *in natura* de frutas tropicais é extremamente exigente do ponto de vista da qualidade, e especialmente quanto aos aspectos quarentenários, quando o produto se destina à exportação. O comércio de frutas *in natura* deixa os países importadores extremamente vulneráveis à introdução de espécies exóticas de moscas-das-frutas (Carey & Dowell, 1989). Em decorrência desse fato, os países importadores de frutas impõem barreiras quarentenárias, visando evitar a introdução de pragas exóticas em seus territórios.

¹ Embrapa Instrumentação Agropecuária, Caixa Postal 741, CEP 13560-970, São Carlos, SP

² Embrapa Mandioca e Fluticultura, Caixa Postal 007, CEP 44380-000, Cruz das Almas, BA

PA/28, CNPDIA, out/99, p.2

A ocorrência de espécies quarentenárias de moscas-das-frutas no Brasil (*Ceratitis capitata*, *Anastrepha obliqua* e *A. fraterculus*) obriga os exportadores a efetuarem o tratamento hidrotérmico da manga quando o destino é o mercado norte-americano.

Os tratamentos quarentenários para desinfestação de frutos incluem métodos químicos e físicos, que podem ser utilizados de forma individual ou combinados. As frutas brasileiras destinadas à exportação foram tratadas por fumigação com dibrometo de etileno (EDB) até meados da década de 80, visando eliminar prováveis ovos e larvas das moscas-das-frutas. A partir de outubro de 1987 a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) proibiu a entrada de produtos tratados com esse fumigante, por se tratar de uma substância cancerígena. Com a proibição dos fumigantes para o tratamento de frutos visando à exportação, novas técnicas tiveram que ser desenvolvidas com o objetivo de controlar as moscas-das-frutas, dando garantia quarentenária aos países importadores de frutos *in natura*.

Em 1953, nos Estados Unidos da América foram realizados, de forma pioneira, testes com água quente visando controlar espécies de moscas-das-frutas. Desse programa resultou o tratamento hidrotérmico, tecnologia de desinfestação de frutos aprovada para diversas espécies de moscas-das-frutas: moscas-das-frutas do Caribe (Sharp et al., 1989), moscas-das-frutas oriental (Sharp et al., 1988,1989; Segara-Carmona et al., 1990), moscas-das-frutas mexicana (Sharp et al., 1989) e para mosca do mediterrâneo. Atualmente, a exportação de manga *in natura* para os mercados norte-americano e japonês está condicionada ao tratamento hidrotérmico, visando dar segurança quarentenária quanto à introdução de espécies exóticas de moscas-das-frutas naqueles países (Malavasi, 1989). Esse tratamento foi aprovado para o Brasil em outubro de 1990 para as espécies *C. capitata*, *A. obliqua* e *A. fraterculus* (Nascimento et al., 1992). Este trabalho visou detectar a presença de larvas da mosca do mediterrâneo *Ceratitis capitata* em frutas tropicais, e o grau de destruição provocado nas suas polpas. Infestação dos frutos: mangas, *Mangifera indica* (var. Tommy Atkins e Cartola), mamão *Carica papaya* (var. *Sun Rise Solo*) e maçã foram expostos em laboratório na *Embrapa Mandioca e Fruticultura*, a uma colônia de *C. capitata* sexualmente maduras, por um período que variou de 6 a 12 horas. Após a infestação, os frutos foram estocados em ambiente controlado (25°C mais ou menos 2°C), por períodos que variaram de 4 a 17 dias, para a eclosão e desenvolvimento das larvas. Para a análise dos frutos foi usado o tomógrafo de ressonância magnética instalado na *Embrapa Instrumentação Agropecuária*, em São Carlos - SP.

Esse tomógrafo se baseia em estação de trabalho Sun e módulos eletrônicos, software de controle, de aquisição e reconstrução de imagens através da transformada rápida de Fourier bidimensional (2DFT). As imagens de frutos (manga, mamão e maçã) infestados foram obtidas com a bobina de 14cm de diâmetro e operando à frequência de 85,53MHz. Seqüência de pulsos conhecidas como "spin-eco" foram usadas. Cada aquisição foi armazenada com 512 pontos, resultando na memória do computador, matrizes de dados de 256x256. A imagem obtida mostra a distribuição espacial dos prótons, e no caso de frutas são predominantemente detectados os prótons de hidrogênio da água.

PA/28, CNPDIA, out/99, p.3

Desde que a TORM pode detectar variações na concentração, mobilidade e difusão da água, a técnica tem enorme potencial para monitorar fatores de qualidade em frutas. Fatores como concentração de moléculas que contêm prótons, tempos de relaxação T1 e T2, difusão e seqüência de pulsos usadas influem na qualidade da imagem obtida.

As diferenças na intensidade existentes nas imagens estão associadas à presença de diferentes materiais constituintes das amostras através de mudanças na densidade de prótons ou tempos de relaxação. A escolha da seqüência de pulsos também influencia no destaque ou não de uma determinada característica da amostra, onde T1 ou T2 podem predominar. Assim, usando-se seqüência adequadas de tempo de repetição T_r e de eco T_e , é possível ressaltar quantidade de água mais livre, delimitando regiões mais ou menos brilhantes na imagem. A presença de fibras, de pele e de popa são menos intensas devido às baixas concentrações de água livre. A fig.1 mostra imagens da secção tomográfica de uma manga infestada onde os detalhes do caroço, da popa sadia e degradada, dos vazios (popa destruída pela larva) e os contornos são perfeitamente definidos.

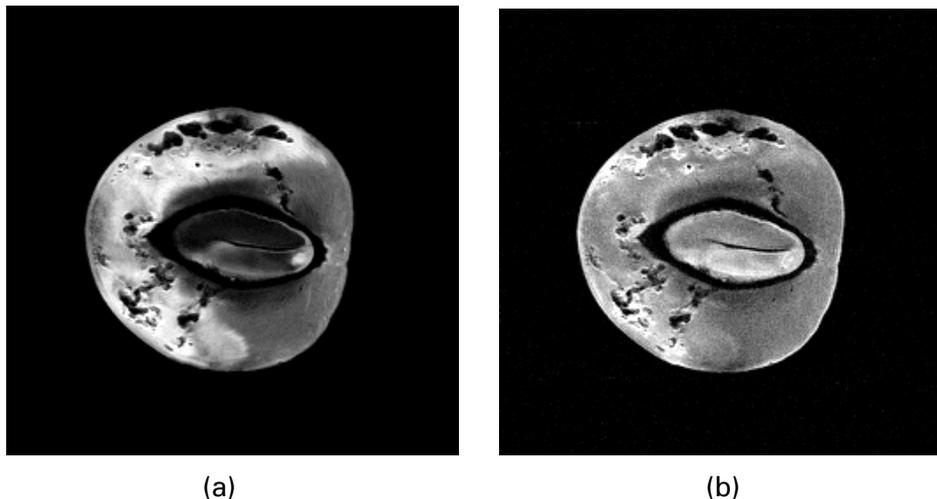


Figura 1 - Imagem tomográfica de manga Carlota após 17 dias de infestação. a) adquirida com $T_r = 6s$ e $T_e = 0,06s$ que privilegia água móvel (T1), tecidos moles e b) adquirida com $T_r = 0,5s$ e $T_e = 0,015s$ que privilegia (T2), tecidos saudáveis.

Para ilustrar o potencial do uso da TORM e abrir possibilidades de investigação em outras frutas de interesse, são apresentadas 6 imagens multisseqüenciais de mamão (fig. 2) e de maçã (fig. 3) infestados por moscas-das-frutas.

O uso da TORM permite a investigação não-destrutiva do interior de frutos infestados por larvas de moscas-das-frutas. Estão em andamento trabalhos que visam encontrar metodologia de identificação do estágio inicial de infestação que seja rápida e de baixo custo, bem como permitam quantificar os resultados.

PA/28, CNPDIA, out/99, p.4

Abrem-se possibilidades da aplicação da TOM para avaliação de fatores de qualidade de frutos pós-colheita, como ponto de maturação, desordens fisiológicas, influência de atmosfera controlada, danos mecânicos e correlação com aspectos organolépticos.

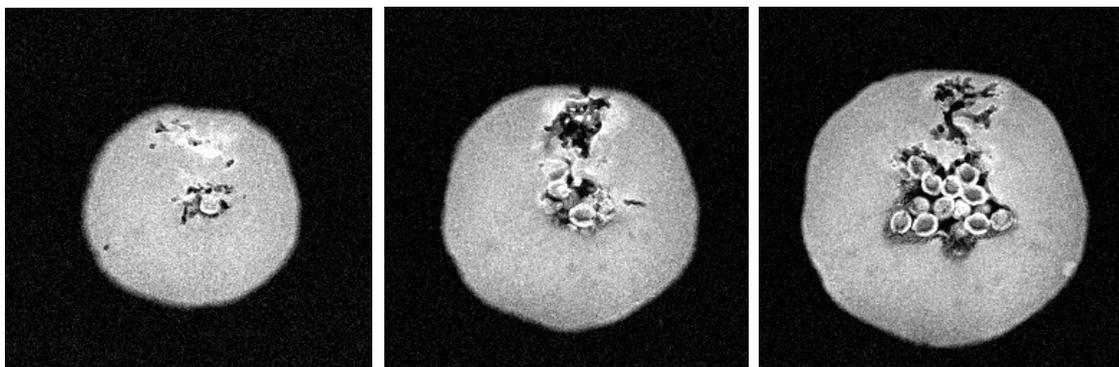


Figura 2 - Secção tomográfica transversal multisseqüencial de mamão infestado por larvas de *Ceratitidis capitata*.

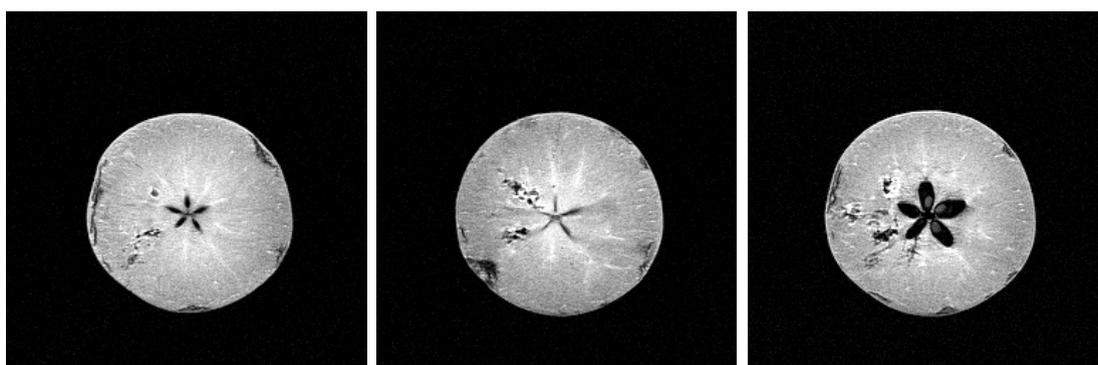


Figura 3 - Secção tomográfica coronal multisseqüencial de maçã infestada por larva de *Ceratitidis capitata*.

Referências Bibliográficas

BISCEGLI, C.I.; CRESTANA, S. Aplicações da tomografia de ressonância magnética para avaliação não-destrutiva do interior de frutas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA, 1., nov. 1996, São Carlos, SP. **Anais do I SIAGRO**. São Carlos: EMBRAPA-CNPDIA, 1997. p.140-144.

CAREY, J.R.; DOWELL, R. Exotic fruit fly pest and California agriculture. **California Agriculture**, Berkeley, v.43, n.3, p.38-40, 1989.

CHEN, P.; MCCARTHY, M.J.; KIM, S.M.; ZION, B. Development of a high-speed NMR technique for sensing maturity of avocados. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.39, n.6, p.2205-2209, 1996.

PA/28, CNPDIA, out/99, p.5

CRESTANA, S.; KAUTEN, R.; NIELSEN, D.R. Microtomografia de ressonância magnética nuclear para investigações não-destrutivas em engenharia de alimentos e agricultura. In: ENCONTRO SOBRE ESCOAMENTO EM MEIOS POROSOS, 18., 1990, Nova Friburgo, RJ. **Anais...** Nova Friburgo: Colégio Anchieta, 1990. v.2, p.689-698.

JOYCE, D.C.; HOCKINGS, P.D.; MAZUCCO, R.A.; SHORTER, A.J.; BRERETON, I.M. Heat treatment injury of mango fruit revealed by nondestructive magnetic resonance imaging. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.3, p.305-311, 1993.

MALAVASI, A. Problemas fitossanitários envolvidos na exportação de mangas. In: SIMPÓSIO SOBRE MANGICULTURA, 2., 1989, Jaboticabal, SP. **Anais...** Jaboticabal: [s.n.], 1989.

NASCIMENTO, A.S. do; BISCEGLI, C.I.; MENDONÇA, M. da C.; CARVALHO, R. da S. Avanços em tratamentos quarentenários para exportação de manga brasileira: tratamento hidrotérmico e tomografia de ressonância magnética. In: ALVES, R.E.; VELOZ, C.S., org. **Exigências quarentenárias para exportação de frutas tropicais e subtropicais**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical/ CYTED/CONACYT, 1999. p.155-171.

SEGARA-CARMONA, A.E.; FRANQUI, R.A.; RAMIREZ-RAMOS, L.V.; SANTIAGO, L.R.; TORRES-RIVERA, C.N. Hot water dip treatments to destroy *Anastrepha obliqua* larvae (Diptera:Tephritidae) in mangoes from Puerto Rico. **Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, Rio Pedras, v.74, n.4, p.441-447, 1990.

SHARP, J.L. Immersion of Florida mangos in hot water as a quarantine treatment for caribbean fruit fly (Diptera:Tephritidae). **Journal of Economic Entomology**, College Park, v.82, n.1, p.186-188, 1989.

SHARP, J.L.; OUYE, M.T.; INGLE, S.J.; HART, W.G.; ENKERLIN, W.R.H.; CELEDONIO, H.H.; TOLEDO, J.A.; STEVENS, L.; QUINTERO, E.; REYES, J.; SCHUARZ, A. Hot water quarantine treatment formangoes from the State of Chiapas, México, infested with mediterranean fruit fly and *Anastrepha serpentina* (Wiedemann) (Diptera:Tephritidae). **Journal of Economic Entomology**, College Park, v.82, n.6, p.1663-1666, 1989.

SHARP, J.L.; OUYE, M.T.; THALMAN, R.; HART, W.; INGLE, S.; CHEW, V. Submersion of "Francis" mangoes in hot water as a quarantine treatment for heated West Indian fruit fly and Caribbean fruit fly (Diptera:Tephritidae). **Journal of Economic Entomology**, College Park, v.81, p.1431-436, 1988.

SONEGO, L.; BEN-ARIE, R.; RAYNAL, J.; PECH, J.C. Biochemical and physical evaluation of textural characteristics of nectarines exhibiting woolly breakdown: NMR imaging, X-ray computed tomography and pectin composition. **Postharvest Biology and Tecnology**, Amsterdam, v.5, p.187-198, 1995.