

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE ESPECTRÔMETROS NIR PORTÁTEIS PARA A DETERMINAÇÃO NÃO DESTRUTIVA DA QUALIDADE DE MANGA ‘PALMER’

EMANUEL JOSÉ NASCIMENTO MARQUES¹; BÁRBARA ORRANA SOBREIRA DA SILVA²; ÍTALA TAVARES GUIMARÃES³; SÉRGIO TONETTO DE FREITAS⁴

INTRODUÇÃO

A mangicultura representa uma importante atividade agrícola para o Brasil e nos últimos anos a região Nordeste tem contribuído de forma significativa para a produção de frutos destinados à exportação e à comercialização no mercado interno. Entretanto, a colheita dos frutos realizada em estágio inicial de maturação é um dos principais problemas existentes na cadeia produtiva de manga, já que estes podem ser confundidos, por características visuais, com frutos que ainda não iniciaram a maturação. Este fato resulta em frutos com baixa qualidade de consumo, impactando diretamente o consumo e a comercialização do produto (NATIONAL MANGO BOARD, 2008; JHA et al., 2014). De acordo com um levantamento realizado pela *National Mango Board* (2008), cerca de 25% dos frutos que chegam aos Estados Unidos encontram-se imaturos, pois foram colhidos antes do estágio de maturação ideal. Estes frutos não estão fisiologicamente desenvolvidos para amadurecer e, desta forma, permanecem verdes e se deterioram sem passar pelo estágio de fruta madura (SIGRIST, 2004).

O problema descrito anteriormente está associado à falta de precisão dos métodos utilizados para determinação do estágio de maturação e/ou qualidade de consumo dos frutos, normalmente baseados em avaliações visuais. Neste contexto, a espectroscopia na região do infravermelho próximo (NIR, do inglês *Near Infrared Spectroscopy*) é uma das técnicas analíticas que têm sido propostas para a avaliação da qualidade de mangas, permitindo a quantificação de diversos parâmetros de qualidade, dentre os quais pode-se destacar os teores de matéria seca (MS), sólidos solúveis (SS) e cor de polpa (CP) (JHA et al., 2014; MARQUES et al., 2016).

A espectroscopia NIR apresenta a vantagem de ser rápida, não destrutiva, não necessitar de preparo de amostras ou uso de reagentes químicos, estando, portanto, alinhada aos conceitos da Química Verde. Entretanto, seu uso em condições de campo foi limitado durante muitos anos, em função de restrições impostas pelo tamanho e pouca robustez dos equipamentos disponíveis no

1. Embrapa Semiárido. Email: emanueljn@gmail.com

2. Embrapa Semiárido/Universidade de Pernambuco. Email: orrana49@gmail.com

3. Embrapa Semiárido/Universidade Federal do Vale do São Francisco. Email: itala_guimaraes@outlook.com

4. Embrapa Semiárido. Email: sergio.freitas@embrapa.br

mercado. Apenas recentemente, o desenvolvimento de novas tecnologias utilizadas na construção dos espectrômetros NIR têm permitindo a redução significativa do tamanho e do custo destes equipamentos. Assim, os espectrômetros NIR portáteis representam atualmente uma alternativa atrativa para as agroindústrias e produtores realizarem o monitoramento da qualidade dos frutos na cadeia produtiva de manga. Entretanto, o uso destes equipamentos para a determinação da qualidade dos frutos ainda deve ser avaliado, a fim de verificar se estes apresentam um desempenho adequado para esta finalidade.

O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho de dois espectrômetros NIR portáteis para a determinação de parâmetros de qualidade em mangas da variedade “Palmer”, cultivadas na região do Vale do Submédio São Francisco.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram colhidos cerca de 100 frutos de manga da variedade “Palmer”, nos estádios de maturação de 1 a 3 (SANTOS et al., 2008), em dois pomares comerciais localizados no polo de fruticultura irrigada da região do Vale do Submédio São Francisco (polo Petrolina-Juazeiro). Os frutos foram transportados para o Laboratório de Pós-colheita da Embrapa Semiárido, localizado em Petrolina-PE, onde foram lavados, secos e mantidos em temperatura de 24°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) até o início das análises, que ocorreu no mesmo dia da colheita.

Os espectros foram registrados empregando-se os seguintes espectrômetros portáteis: (1) F-750 Produce Quality Meter (Felix Instruments, Estados Unidos), identificado neste estudo como NIRS-1; e (2) Scio (Consumer Physics, Israel), identificado neste estudo como NIRS-2. Os espectros foram registrados em dois pontos distribuídos ao longo da região equatorial, localizados em cada lado do fruto. As medidas foram realizadas posicionando-se cada espectrômetro diretamente sobre a casca dos frutos.

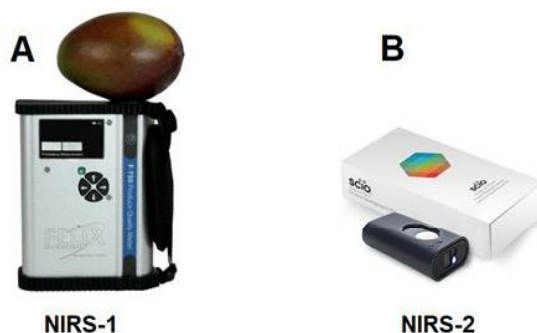


Figura 1. Espectrômetros NIR portáteis utilizados neste estudo: F-750 Produce Quality Meter, identificado como NIRS-1 (A); e Scio versão 1.2, identificado como NIRS-2 (B).

As análises de referência foram realizadas empregando-se as regiões dos frutos correspondentes às áreas previamente utilizadas para a aquisição dos espectros. O teor de MS foi determinado pela diferença entre a massa da amostra úmida e seca. A determinação de SS foi realizada por meio de um refratômetro digital portátil (Atago, Tóquio, Japão) com compensação automática de temperatura. A determinação da CP foi realizada utilizando-se um colorímetro (modelo ColorTec-PCM, Accuracy Microsensors, NY, EUA). Os resultados obtidos foram expressos em termos dos parâmetros L, C e h.

Os modelos de calibração multivariada foram desenvolvidos por regressão PLS (do inglês *Partial Least Squares*), relacionando-se os espectros dos frutos com os valores de MS, SS e CP, determinados pelos métodos de referência. A técnica de pré-processamento SNV (do inglês *Standard Normal Variate*) foi utilizada para eliminação de efeitos de espalhamento da radiação. O software The Unscrambler X versão 10.4 (CAMO, Oslo, Noruega) foi utilizado para realizar a modelagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os modelos de calibração multivariada foram desenvolvidos utilizando as faixas espectrais entre 750 e 1100 nm para o NIRS-1, e entre 750 e 1050 nm para o NIRS-2. Essas faixas foram escolhidas, pois corresponderam a regiões espectrais sem ruído significativo. Para a avaliação de CP, apenas o parâmetro h (“ângulo hue”) foi considerado (relacionado com a tonalidade de cor da polpa). Os resultados obtidos na etapa de validação cruzada para os modelos de calibração multivariada desenvolvidos são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados obtidos na etapa de validação cruzada para os modelos de calibração multivariada desenvolvidos para a determinação de matéria seca (MS), sólidos solúveis (SS) e cor de polpa (CP) utilizando os diferentes espectrômetros NIR portáteis.

Parâmetro	Faixa ^a (valor médio) ^b	NIRS-1				NIRS-2			
		n ^c	VL ^d	R ² ^e	RMSECV ^f (RMSECV _r) ^g	n	VL	R ²	RMSECV (RMSECV _r)
MS (%)	9,2-20,0 (14,5)	198	6	0,84	0,9 (6,1%)	190	6	0,82	1,0 (6,6%)
SS (%)	4,8-16,9 (10,6)	198	5	0,87	1,3 (11,8%)	194	7	0,85	1,4 (12,9%)
CP (h)	87,73-111,68 (96,57)	198	5	0,84	3,05 (3,2%)	193	7	0,87	2,59 (2,7%)

^a Faixa de concentração das amostras analisadas pelos métodos de referência; ^b valores médios para cada parâmetro de qualidade; ^c número de amostras; ^d número de variáveis latentes do modelo desenvolvido por regressão PLS; ^e coeficiente de determinação; ^f raiz quadrada do erro médio quadrático de validação cruzada (RMSECV, do inglês *Root Mean Square Error of Cross Validation*); ^g RMSECV relativo, calculado em relação ao valor médio da faixa do parâmetro de qualidade avaliado. *Número de outliers sempre < 5% do total de amostras de calibração.

Os modelos desenvolvidos para a determinação de MS apresentaram bom desempenho preditivo para os dois instrumentos avaliados. Os valores de RMSECV_r (RMSCV relativo, calculado como a razão entre RMSECV e o valor médio do parâmetro de qualidade avaliado, multiplicada por 100) foram 6,1% para NIRS-1, e 6,6% para NIRS-2 (Tabela 1). Para o parâmetro CP também foram obtidos bons desempenhos preditivos. Neste caso, os valores de RMSECV_r foram 3,2% para NIRS-1, e 2,7% para NIRS-2 (Tabela 1). Em contrapartida, os valores de RMSECV_r obtidos para SS foram mais elevados: 11,8% para NIRS-1, e 12,9% para NIRS-2 (Tabela 1).

Após a aplicação de teste F (ao nível de 95% de confiança) para comparação entre os valores de RMSECV, verificou-se que não há diferença estatística significativa entre os resultados obtidos pelos diferentes instrumentos, para cada parâmetro de qualidade avaliado.

CONCLUSÕES

Verificou-se que os dois espectrômetros NIR portáteis avaliados podem ser utilizados para a determinação de MS, SS e CP em mangas da variedade “Palmer”, cultivadas no Vale do Submédio São Francisco, já que os modelos de calibração desenvolvidos apresentaram exatidão aceitável para atestar a qualidade dos frutos. Adicionalmente, verificou-se que os dois instrumentos apresentam desempenho analítico equivalentes.

AGRADECIMENTOS

EMBRAPA, FACEPE (No. BFP-0130-5.01/17) e CNPq/ INCTAA (No. 465768/2014-8).

REFERÊNCIAS

- JHA, S. N.; NARSAIAH, K.; JAISWAL, P.; BHARDWAI, R.; GUPTA, M.; KUMAR, R.; SHARMA, R. Nondestructive prediction of maturity of mango using near infrared spectroscopy. **Journal of Food Engineering**, v.124, p.152–157, 2014.
- MARQUES, E.J.N., FREITAS, S.T., PIMENTEL, M.F., PASQUINI, C. Rapid and non-destructive determination of quality parameters in the ‘Tommy Atkins’ mango using a novel handheld near infrared spectrometer. **Food Chemistry**, v.197, p.1207-1214, 2016.
- NATIONAL MANGO BOARD. Executive Summary - Mango Grade Standards Review, 2008. Disponível em: <<http://www.mango.org/en/Research>>. Acesso em: 10 de maio de 2019.
- SANTOS, D. B.; PEREIRA, M. E. C.; VIEIRA, E. L.; LIMA, M. A. C. Caracterização físico-química dos estádios de maturação da manga 'Tommy Atkins' produzida no município de Iaçu-BA. **Magistra**, v.20, p.342-348, 2008.
- SIGRIST, J. M. M. **Tecnologia pós-colheita para a comercialização de manga *in natura***. In: ROZANE, D. E.; DAREZZO, R. J.; AGUIAR, R. L.; AGUILERA, G. H. A.; ZAMBOLIM, L. (Ed.). *Manga - Produção integrada, industrialização e comercialização*. Viçosa: UFV, 2004. 604 p.