

Avaliação e recomendação de espectrômetros NIR portáteis para o monitoramento da qualidade e definição do estágio de maturação ideal para a colheita de mangas produzidas no Vale do São Francisco

Bárbara Orrana Sobreira da Silva¹; Ítala Tavares Guimarães²; Magnólia Lourenço da Silva Neta³; Emanuel José Nascimento Marques⁴; Sérgio Tonetto de Freitas⁵

Resumo

Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho de diferentes espectrômetros NIR portáteis para a determinação de parâmetros de qualidade na manga 'Keitt' no momento da colheita, e indicar o equipamento mais apropriado para esta finalidade. Foram utilizados três espectrômetros de infravermelho próximo (NIR) portáteis: F-750 Produce Quality Meter (Felix Instruments, Estados Unidos), que permite o registro de dados na faixa espectral de 400 a 1.100 nm; o Tellspec (Tellspec, Estados Unidos), na faixa espectral de 900 a 1.700 nm; e o SCiO (Consumer Physics, Israel), na faixa espectral de 700 a 1.100 nm. A partir dos resultados, todos os três equipamentos apresentam alta eficiência e precisão na determinação de parâmetros de qualidade em mangas 'Keitt' produzidas no Vale do São Francisco. Desta forma, os equipa-

¹Estudante de Biologia, bolsista IC/Facepe, Petrolina, PE.

²Engenheira-agrônoma, mestranda da Univasf, Petrolina, PE.

³Tecnóloga em Alimentos, M.Sc. em Tecnologia de Alimentos.

⁴Químico, D.Sc. em Química.

⁵Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Biologia de Plantas, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, sergio.freitas@embrapa.br.

mentos mais baratos (SCiO e Telspec) são altamente recomendados, entretanto, necessitam de acesso à internet para a avaliação dos frutos.

Palavras-chave: fruticultura, Vale do São Francisco, qualidade.

Introdução

Na mangicultura existem algumas limitações como a falta de métodos precisos para a determinação da qualidade dos frutos para a colheita. Atualmente, os parâmetros utilizados baseiam-se em características visuais pouco precisas como a tonalidade e cerosidade da casca e o formato do ápice e do “ombro” do fruto (Sigrist, 2004). Em consequência disso, grande parte dos frutos ainda imaturos, pois podem ser colhidos antes do estágio de ideal maturação para a colheita (National Mango Board, 2008). Para reverter esse quadro, métodos rápidos e práticos precisam ser desenvolvidos para evitar essa situação.

A espectroscopia na região do infravermelho próximo (NIR, do inglês *near infrared spectroscopy*) é um método analítico proposto para a avaliação da qualidade de mangas, tendo as vantagens de ser preciso, rápido, não destrutivo, assim como não necessitar de preparo de amostras ou uso de reagentes químicos, estando, portanto, alinhado aos preceitos da Química Verde (Jha et al., 2014; Marques et al., 2016).

Atualmente, no mercado são encontrados espectrômetros portáteis que podem ser uma alternativa viável para a introdução efetiva da espectroscopia NIR na área agrícola, permitindo a adoção dessa tecnologia pelos produtores de manga e de outras culturas. Entretanto, o desempenho destes equipamentos deve ser avaliado, a fim de verificar se estes podem ou não ser utilizados para esta finalidade.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de diferentes espectrômetros NIR portáteis para a determinação de parâmetros de qualidade na manga ‘Keitt’ no momento da colheita, e indicar o equipamento mais apropriado para esta finalidade.

Material e Métodos

Mangas ‘Keitt’ foram colhidas em um pomar comercial da empresa Agrodan, localizada no Vale do São Francisco, nos estádios de maturação de 1 a 3, conforme descrito por Santos et al. (2008). Após a colheita, os frutos foram analisados no Laboratório de Fisiologia Pós-colheita da Embrapa Semiárido,

Petrolina, PE. No total, foram 100 frutos. Cada um foi dividido em lado A e B, resultando em 200 amostras.

Os espectros NIR foram coletados com os espectrômetros portáteis: 1) F-750 Produce Quality Meter (Felix Instruments, Estados Unidos), que permite o registro de dados com faixa espectral de 400 a 1.100 nm; 2) Tellspec (Tellspec, Estados Unidos), na faixa espectral de 900 a 1.700 nm e 3) SCiO (Consumer Physics, Israel), na faixa espectral de 700 a 1.100 nm. Os espectros foram registrados em dois pontos distribuídos ao longo da região equatorial, em cada lado dos frutos, posicionando os equipamentos sobre a casca.

Os frutos foram mantidos na temperatura de 25 °C. Durante o armazenamento, uma amostra de dez frutos foi avaliada a cada 5 dias sendo, desta forma, possível avaliar frutos em diferentes estádios de maturação durante o amadurecimento. Em cada avaliação, os frutos foram avaliados quanto aos teores de matéria seca (MS) e sólidos solúveis (SS), conforme a metodologia descrita por Marques et al. (2016).

Os modelos de calibração foram construídos por meio de regressão por mínimos quadrados parciais (PLS) associando os espectros coletados nos frutos com os seus respectivos parâmetros de qualidade determinados pelos métodos de referência.

O teste F ao nível de 95% de confiança foi aplicado para comparar os valores em RMSECV (raiz quadrada do erro médio quadrático de validação cruzada) obtidos pelos espectrômetros NIR, operando o Sisvar 5.6. O software The UnscramblerX, versão 10.4 (CAMO, Oslo, Noruega) foi utilizado para calcular o pré-processamento, selecionar as amostras e variáveis para a construção dos modelos de calibração multivariada.

Resultados e Discussão

Os resultados apresentados nas *Tabelas 1, 2 e 3* são referentes às análises obtidas com cada espectrômetro NIR. As faixas espectrais específicas de cada espectrômetro NIR para serem desenvolvidos os modelos de calibração foram: 750 a 1.065 nm para o F-750; 950 a 1.600 para o Tellspec e 750 a 1.050 nm para o SCiO.

Os modelos para determinar os teores de MS tiveram resultados satisfatórios com RMSECV relativo ≤ 10 para todos os espectrômetros. Resultados similares foram apresentados por Marques et al. (2016). Porém, o valor de RMSECVr para os SS foi alto, quando comparado ao encontrado por Marques et al. (2016), o que, possivelmente, decorreu das diferenças relacionadas aos genótipos de manga estudados.

Tabela 1. Modelo de calibração desenvolvido por regressão por mínimos quadrados parciais (PLS) para as variáveis sólidos solúveis (SS) e matéria seca (MS) empregando-se o espectrômetro portátil F-750.

Parâmetros	Unid.	Intervalo ^a	N ^b	RMSECV ^c	RMSECVr (%) ^d
SS	%	5,6 - 20,3	200	1,93	15,74
MS	%	11,9 - 24,8	200	1,24	7,36

^aIntervalo de valores de acordo com os métodos de referência. ^bNúmero de amostras analisadas. ^cRaiz quadrada do erro médio quadrático de validação cruzada. ^dRMSECV relativo, calculado em relação ao valor médio da faixa do parâmetro de qualidade avaliado.

Tabela 2. Modelo de calibração desenvolvido por regressão por mínimos quadrados parciais (PLS) para as variáveis sólidos solúveis (SS) e matéria seca (MS) empregando-se o espectrômetro portátil Tellspec.

Parâmetros	Unid.	Intervalo ^a	N ^b	RMSECV ^c	RMSECVr (%) ^d
SS	%	5,6 - 20,3	200	2,15	17,65
MS	%	11,9 - 24,8	200	1,85	10,97

^aIntervalo de valores de acordo com os métodos de referência. ^bNúmero de amostras analisadas. ^cRaiz quadrada do erro médio quadrático de validação cruzada. ^dRMSECV relativo, calculado em relação ao valor médio da faixa do parâmetro de qualidade avaliado.

Tabela 3. Modelo de calibração desenvolvido por regressão PLS para as variáveis sólidos solúveis (SS) e matéria seca (MS) empregando-se o espectrômetro portátil SCiO.

Parâmetros	Unid.	Intervalo ^a	N ^b	RMSECV ^c	RMSECVr (%) ^d
SS	%	5,6 - 20,3	200	1,83	14,94
MS	%	11,9 - 24,8	200	1,41	8,39

^aIntervalo de valores de acordo com os métodos de referência. ^bNúmero de amostras analisadas. ^cRaiz quadrada do erro médio quadrático de validação cruzada. ^dRMSECV relativo, calculado em relação ao valor médio da faixa do parâmetro de qualidade avaliado.

Com os resultados obtidos observou-se que todos os equipamentos avaliados apresentaram um desempenho preditivo similar para os parâmetros de qualidade de mangas 'Keitt'. Entretanto, os equipamentos Tellspec e SCiO necessitam de acesso à internet para serem utilizados nas empresas para o controle de qualidade dos frutos, o que pode ser uma limitação para o uso na rotina das mesmas.

Conclusão

Os três espectrômetros portáteis utilizados apresentam alta eficiência e precisão na determinação dos teores de MS em mangas 'Keitt' produzidas no Submédio do Vale do São Francisco. Os equipamentos mais baratos (SCiO e Telspec) são recomendados, entretanto, necessitam de acesso à internet para a avaliação dos frutos.

Referências

- JHA, S. N.; NARSAIAH, K.; JAISWAL, P.; BHARDWAJ, 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. Orlando, 2008. Disponível em: <<https://www.mango.org/research-post/grade-standards-lit-review-executive-summary/>>. Acesso em: 10 maio 2019.
- SANTOS, D. B.; PEREIRA, M. E. C.; VIEIRA, E. L.; LIMA, M. A. C. de. 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: ROZANÉ, D. E.; DAREZZO, R. J.; AGUIAR, R. L.; AGUILERA, G. H. A.; ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Manga**: produção integrada, industrialização e comercialização. Viçosa, MG: UFV, 2004. p. 553-570.

