I Simpósio Online Sulamericano de Tecnologia, Engenharia e Ciência de Alimentos
Online, 14 a 18 de fevereiro de 2022

USO DE NIRS (NEAR INFRARED REFLECTANCE SPECTROSCOPY) PARA CARACTERIZAÇÃO DE CARNE SUÍNA

Jéssica Luana Guimarães de Oliveira[1], Marieli de Lima[2],

[1] Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, Brasil (jessica.guimaraes@ufu.br)
[2] Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, Brasil (marieli@ufu.br)

Com a crescente demanda por qualidade tanto na indústria, mercado e pelo próprio consumidor faz-se necessário que haja um controle mais eficiente e rápido para caracterização de amostras e até mesmo a detecção de uma possível fraude. O uso de NIRS engloba esta característica e estudos recentes mostram grande potencial desta tecnologia. Seu uso em carne suína, em específico, cresceu bastante nos últimos anos e tem trazido resultados promissores.

Palavras-chave: NIRS, Infravermelho próximo, teor de proteína NIRS, lipídios de carne NIRS, carne suína.

INTRODUÇÃO

Ao longo da história, a indústria da carne necessita de métodos de controle de qualidade da matéria–prima e de processos que sejam rápidos, acurados e não destrutivos, seja para atender suas próprias necessidades de mercado, seja para atender as necessidades do consumidor, que é cada vez mais exigente. Pesquisas publicadas a partir dos anos 2000, mostram que a espectroscopia no visível e infravermelho próximo (Vis/NIRS) apresenta grande potencial para realizar análises quantitativas e qualitativas em carnes e produtos cárneos (Balage, 2013).

A região da NIRS, interesse no presente estudo, está compreendida na faixa de comprimento de onda que vai de 800 nm a 2500 nm (ou 12500 – 4000 cm^{-1}) e é a primeira região espectral que exibe bandas de absorção relacionadas a vibrações moleculares (Robert & Dufour, 2006). A NIRS explora o fato de muitos produtos naturais absorverem radiação próxima ao infravermelho, em uma região ou comprimento de onda específico, especialmente as ligações N-H, O-H e C-H que são fortemente absorvidas pela radiação no infravermelho próximo (Dufour, 2009). Desde sua primeira aplicação industrial na década de 1950 (Locsmandi et al., 2006), a NIRS tem sido amplamente utilizada nas análises laboratoriais em pesquisa e desenvolvimento, controle de qualidade e processos na indústria processadora de alimentos e laboratórios acadêmicos. Este pode ser utilizado para mensurar um ou vários componentes alimentares, dependendo do número de filtros de medição utilizados no instrumento (Lin et al., 2009).

O espectroscópio de refletância no infravermelho próximo (NIRS) é constituído de uma câmara de leitura ótica e de um software para tratamentos matemáticos que, por meio de curvas espectrais dentro da faixa do infravermelho, gera equações para estimar valores de qualidade. Aliado a um *software* estatístico permite a identificação, qualificação e quantificação de compostos orgânicos nos alimentos. Para se obter sucesso na utilização desta tecnologia, é necessário seguir alguns passos como: seleção das amostras, aquisição dos dados, leitura espectral, tratamento matemático, determinação das equações, validação e, finalmente, rotina analítica (Shenk & Westerhaus, 1994).

Prieto et al. (2009) salientam que uma das aplicações mais úteis da NIRS é a detecção de possíveis ações fraudulentas em produtos cárneos e as aplicações na carne suína vem se destacando nos últimos anos devido a diversas características próprias e que favorecem esse tipo de processamento. Um exemplo de ação que constitui fraude é o fato de carnes previamente congeladas serem descongeladas e então vendidas como frescas.

De acordo com Ballin & Lametsch (2008), variações nas temperaturas de armazenamento e de congelamento induzem diferentes alterações físicas que resultam em mudanças de cor devido a alterações na hemoglobina. Além disso, a distribuição e a capacidade de se ligar a água é alterada durante o congelamento; tais mudanças podem ser detectadas pela NIRS. Os estudos relacionados ao uso de NIRS são datadas em sua maioria do início dos anos 2000, época onde estes estudos ganharam força e de

destacaram em meios a outras formas de análise antes conhecidas. A espectroscopia de infravermelho próximo e visível (Vis-NIRS) pode ser usada para discriminar entre a gordura subcutânea da carne amostras de bovinos alimentados com dietas diferentes (Prieto et al., 2012), e classifica autenticar carne com base em características de qualidade, alimentação animal regime, origem geográfica e espécies (Prieto, Pawluczyk, Dugan, & Aalhus, 2017).

Dessa forma, esta revisão tem o objetivo de trazer informações sobre a aplicação e a eficiência da Vis/NIRS em predizer características tecnológicas da carne suína.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do levantamento bibliográfico foram utilizadas palavras-chave como: NIRS, Infravermelho próximo, teor de proteína NIRS, lipídios de carne NIRS, carne suína. Esta pesquisa foi feita utilizando periódicos da CAPES, Science Direct e portal Scielo.

CARACTERÍSTICAS DA CARNE SUÍNA

Em geral, a composição da carne suína consiste em 72% de água, 20% de proteína, 7% de gordura, 1% de minerais e menos que 1% por carboidratos (Bragagnolo, 2002). Os componentes químicos presentes na carne suína fresca tais como gordura, umidade, minerais e proteína, além de constituírem características de importância econômica e nutricional, são importantes em termos de rotulagem e aceitação pelo consumidor. Também, garantem o equilíbrio certo dos ingredientes em produtos cárneos secos, curados ou processados (Zamorra et al., 2011). O teor de umidade da carne tem relação direta sobre sua suculência, que é um fator fundamental para aceitação do produto pelos consumidores (Rodrigues et al., 2004).

Entretanto, quanto maior o percentual de umidade, maior será a necessidade no controle de processos, porque a umidade alta acarreta maior tempo de secagem do produto e também diminui o tempo de conservação, facilitando a proliferação de bactérias (Alishahi et al., 2010). A gordura intramuscular da carne suína é considerada fator chave que influencia características sensoriais tanto da carne como de produtos cárneos. A avaliação do teor de gordura é fundamental para determinar o tempo e condições de maturação de produtos cárneos (Barlocco et al., 2006). Deste modo, a indústria da carne necessita de métodos para análise em tempo real para o controle de qualidade da carne, com capacidade de melhorar a eficiência, garantir a homogeneidade e atender expectativas do consumidor (Zamora et al., 2011).

PRINCÍPIO DE OPERAÇÃO DO NIRS

A utilização NIRS foi possível devido ao desenvolvimento de softwares computacionais, o desenvolvimento de instrumentos e procedimentos quimiométricos adequados. A resposta de certas ligações moleculares pode ser interpretada, por exemplo, com o uso de bandas de absorção com ligações (O-H, N-H, C-H). A radiação pelo NIR gera um espectro que pode ser característica de uma amostra e pode atuar como uma característica de um parâmetro escolhido para o analito (Woodcock; 2008). O espectro gerado pelo NIR possui informações químicas e físicas baseado nas moléculas orgânicas. Essas informações podem indicar a composição do produto, onde componentes químicos diferentes, têm ação de absorção a comprimentos de onda específicos, que podem ser utilizados para definir a composição química de diferentes substâncias. Deve-se considerar picos de absorção de diferentes moléculas químicas que podem se sobrepor em várias partes da região espectral.

Então, o sinal de absorção pode ser fraco, ocorrendo fenômenos que interferem na interação entre a luz e as moléculas, realizando efeitos de dispersão, sendo necessário processar matematicamente os dados espectrais para extrair informações sobre as propriedades das amostras (Berzaghi, 2009).

O uso das informações espectrais do NIRS, para fins de análise, tem como base uma abordagem multivariada para a calibração, determinando um componente de interesse em uma matriz complexa ou, analisando simultaneamente vários componentes, formando um espectro com muitas bandas de vibração unidas na mesma frequência. Forma-se assim absorção de onda em diferentes comprimentos de onda, onde a dificuldade de interpretação dos dados é subtraída pela calibração multivariada (Woodcock; 2008). A aquisição quase instantânea dos resultados permite ao NIRS ser uma ferramenta analítica para monitorar continuamente os processos de produção (Baeten; 2002). Além disso, quando associados às técnicas espectroscópicas, são relativamente simples, permitem uma análise precisa, além de evitar a destruição da amostra e diminuir a presença de resíduos nocivos ao meio ambiente (Raspe; 2013).

USO DO NIRS NA CARACTERIZAÇÃO DE CARNE

Com relação à especiação e classificação da carne, Destefanis et al. (2000), Rodbotten et al. (2000), Cozzolino et al, utilizaram 32 amostras de carne de acordo com a raça e/ou hipertrofia muscular, sistema de alimentação, e sexo por meio das diferenças na composição química ou propriedade física (força de cisalhamento, luminosidade – L*, etc.) de amostras. Cozzolino & Murray (2004) afirmaram que as características químicas e físicas, tais como umidade, pigmentação, gordura intramuscular, ácidos gordos poli-insaturados, textura e outras características

(estrutura muscular e tipo de fibras musculares) poderiam explicar as diferenças entre amostras de carne de diferentes espécies (carne bovina, canguru, carneiro, porco e frango). Neste estudo, as bandas espectrais entre 2200 e 2300 nm foram relacionados com grupos = C - H e C = C insaturados, sugerindo que as diferenças no conteúdo de ácidos gordos poli-insaturados podem ter contribuído para a diferenciação do músculo em espécies diferentes.

McDevitt et al. (2005) relataram que os efeitos de dispersão, devido às variações no conteúdo de gordura de diferentes genótipos ou tratamentos dietéticos, poderia ter proporcionado a base para classificar as carcaças de acordo com o genótipo ou tratamento dietético. No entanto, a discriminação entre os animais do sexo masculino e feminino não foi tão clara, provavelmente porque todos os animais utilizados no estudo eram sexualmente imaturos.

Outro fator que vale a pena ser lembrado e que constitui fraude é o fato de carnes previamente congeladas serem descongeladas e então vendidas como frescas. De acordo com Ballin & Lametsch (2008), variações nas temperaturas de armazenamento e de congelamento induzem diferentes alterações físicas que resultam em mudanças de cor devido a alterações na hemoglobina. Além disso, a distribuição e a capacidade de se ligar a água é alterada durante o congelamento; tais mudanças também podem ser detectadas pela NIRS.

Na revisão de Prieto et al. (2009), os autores mencionaram que a NIRS tem habilidade limitada para estimar os parâmetros tecnológicos da carne tais como pH, força de cisalhamento (FC), perda de água por gotejamento, capacidade de retenção de água. A baixa acurácia da NIRS para essa finalidade deve-se, principalmente, à heterogeneidade das amostras de carne e à baixa precisão dos métodos de referência refletindo nos baixos coeficientes de determinação reportados. Entretanto, os resultados apresentados demonstram que o sucesso da capacidade preditiva da NIRS para tais características não é um consenso, variando de acordo com a metodologia aplicada, principalmente no que diz respeito aos pré-tratamentos e modelos de regressão aplicados.

Brondum et al. (2000) avaliaram a capacidade da NIRS, quando aplicada na linha de abate (online system), em medir a capacidade de retenção de água (CRA) dos músculos Longissimus dorsi e Semitendinosous de 39 suínos, e observaram que as equações obtidas explicaram 38% dessa característica, sendo este um número.

Baseado na análise das publicações nesta área é possível observar uma melhora na capacidade preditiva dos modelos matemáticos baseado na NIRS, constatando assim, o potencial dessa tecnologia para predição das características tecnológicas da carne e de produtos cárneos. Em resumo, a adequada preparação das amostras e coletas dos espectros, associados a algoritmos de pré-tratamento dos dados e a modelos de regressão fazem da NIRS uma excelente tecnologia para predição da composição química, das características tecnológicas e para elaboração de sistemas de classificação em grupos de carnes e produtos cárneos.

A qualidade da carne e, consequentemente, dos produtos fabricados com carne está relacionada a diversos fatores como sistema de produção, alimentação, genótipo, idade e condições pré e pós abate (Barlocco et al., 2006; Bonneau, 2010). Os componentes químicos da carne suína fresca tais como gordura, umidade, minerais e proteína, além de constituírem características de importância econômico-nutricional, são importantes em termos de rotulagem e aceitação do consumidor, e também para garantir o equilíbrio certo dos ingredientes em produtos secos/curados ou processados, (Zamora et al., 2011). Quanto maior o percentual de umidade, maior a quantidade de água na carne, o que apresenta tanto implicações legais quanto no controle de processos legais pelo fato de o consumidor pagar por água como se fosse carne, o que constitui fraude, e no controle de processo porque a umidade alta acarreta em maior tempo de secagem do produto e também diminui o tempo de conservação, uma vez que facilita a proliferação de bactérias (Alishahi et al., 2010). A gordura intramuscular da carne suína é considerada fator chave que influencia características sensoriais tanto da carne como de produtos cárneos (Barlocco et al., 2006).

Em relação à carne *in natura*, o consumidor procura conhecer a composição do alimento que ingere, e a associação da ingestão de gordura a doenças cardiovasculares faz com que esse consumidor esteja preocupado com a quantidade de gordura presente na carne que ele compra e consome (Alishahi et al., 2010). Deste modo, cada vez mais, a indústria da carne requer métodos em tempo real para o controle de qualidade da carne fresca, a fim de ser capaz de melhorar a eficiência, garantir homogeneidade, atender expectativas do consumidor e cumprir com a legislação atual (Zamora et al., 2011).

Os métodos tradicionais para determinação da composição química da carne são normalmente destrutivos, de alto custo, trabalhosos e inadequados principalmente quanto à sua aplicação em linhas de abate comerciais. Nesse sentido, tecnologias como a espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS) têm sido cada vez mais utilizadas para a análise de carne (Prevolnik et al., 2004; Prieto et al., 2009).

Assim, o NIRS se consolida como uma ferramenta interessante de forma a atender os requisitos da indústria, que necessita de um método analítico que possa ser aplicado sem que haja

destruição das carcaças, contaminação ou custo elevado.

CONCLUSÃO

Apesar da variação nos resultados encontrados em vários estudos, estes destacam que a NIRS tem habilidade para predizer a composição química da carne, apresentando grande potencial para substituir as atuais técnicas de referência, muitas vezes demoradas e que utilizam reagentes que podem ser perigosos e tóxicos.

REFERÊNCIAS

ALISHAHI, A.; FARAHMAND, H.; PRIETO, N.; COZZOLINO, D. Identificação de alimentos transgênicos por espectroscopia NIR: uma revisão. Spectrochimica Acta. Parte A: Espectroscopia Molecular e Biomolecular, Amsterdã, v. 751, p. 1-7, jan. 2010.

BAETEN, V.; DARDENNE, P. Espectroscopia: desenvolvimentos em instrumentação e análise, Grasas y Aceites, Sevilla, v. 53, p. 45–63. apr./june 2002.

BALAGE, J. M. Avaliação Da Espectroscopia De Infravermelho Para Determinação De Características Físico-químicas Da Carne Suína. 2013.

BALLIN, N. Z. & LAMETSCH, R. (2008). Métodos analíticos para autenticação de carne fresca vs. descongelada - uma revisão, Meat Science, 80 (2), 151-158.

BARLOCCO, N.; VADELL, A.; BALLESTEROS, F.; GALIETTA, G.; COZZOLINO, D. Predição de gordura intramuscular, umidade e força de cisalhamento Warner-Bratzler em músculo de porco usando espectroscopia de refletância no infravermelho próximo. Animal Science, Penicuik, v. 82, n.1, p. 111 –116, feb. 2006.

BERZAGHI, P.; RIOVANTO, R. Espectroscopia no infravermelho próximo na produção zootécnica: princípios e aplicações. Italian Journal of Animal Science, Pavia, v. 8, n. 3, p. 39-62. jan. 2009.

BONNEAU, M. & LEBRET, B., (2010).Sistemas de produção e influência na qualidade alimentar da carne suína. Meat science, 84 (2), 293 – 300.

BRAGAGNOLO, N.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Teores de colesterol, lipídios totais e ácidos graxos em cortes de carne suína. Ciência e Tecnologia Alimentos, Campinas, v. 22, n. 1, p. 98-104, jan. 2002.

BRONDUM, J., MUNCK, L., HENCKEL, P., KARLSSON, A., TORNBERG, E. & ENGELSEN, S. B. (2000). Predição da capacidade de retenção de água e composição da carne suína por espectroscopia comparativa. Meat Science, 55, 177–185.

COZZOLINO, D., MARTINS, V. & MURRAY, I. (2002). Espectroscopia de infravermelho próximo e visível do músculo Longissimus dorsi da carne como um meio de discriminar entre regimes de alimentação de silagem de milho e pastagem, Journal of Near Infrared Spectroscopy, 10, 187–193.

COZZOLINO, D. & MURRAY, I. (2004). Identificação dos músculos da carne animal por espectroscopia de refletância no infravermelho próximo e visível. Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie, 37, 447–452.

DESTEFANIS, G., BARGE, M., BRUGIAPAGLIA, A. & TASSONE, S. (2000). O uso da análise de componentes principais (PCA) para caracterizar a carne bovina. Meat Science, 56, 255–259.

DUFOUR, E. (2009). Princípios de espectroscopia de infravermelho. In: D.W. Sun (ed.), Espectroscopia de infravermelho para análise e controle de qualidade de alimentos (pp. 3 – 27), New York: Academic Press – Elsevier Inc.

LIN, M., RASCO, B. A., CAVINATO, A. G. & AL-HOLY, M. (2009). Espectroscopia de infravermelho (ir) - espectroscopia de infravermelho próximo e espectroscopia de infravermelho médio. Em: D.W. Sun (ed.), Infrared Spectroscopy for Food Quality Analysis and Control (pp. 119-143), New York: Academic Press -Elsevier Inc.

LOCSMANDI, L., KÖVÉR, G., BAZAR, G., SZABO, A. & ROMVARI, R. (2006). Desenvolvimento de um modelo utilizando espectroscopia de reflectância no infravermelho próximo para a determinação da composição química do fígado gordo de ganso. Acta Alimentaria, 35, 455–463.

MCDEVITT, R. M., GAVIN, A. J., ANDRÉS, S., & MURRAY, I. (2005). A habilidade da espectroscopia de refletância no infravermelho próximo e visível (NIRS) para predizer a composição química de carcaças de frango moídas e discriminar carcaças de diferentes genótipos. Journal of Near Infrared Spectroscopy, 13, 109–117.

PREVOLNIK, M., CANDEK Potokar, M. & SKORJANE, D. (2004). Capacidade da espectroscopia de nir para prever a composição química e a qualidade da carne - uma revisão. Czech Journal of Animal Science UZPI , 49, 500–510.

PRIETO, N., ROEHE, R., LAVIN, P., BATTEN, G. & ANDRÉS, S. (2009). Aplicação da espectroscopia de refletância no infravermelho próximo para prever a qualidade da carne e seus derivados: uma revisão. Meat Science, 83, 175 – 186.

PRIETO, N., PAWLUCAYK, O., DUGAN, MER, & AALHUS, JL (2017). Uma revisão dos princípios e aplicações da espectroscopia do infravermelho

próximo para caracterizar carne, gordura,e produtos à base de carne. Applied Spectroscopy, 71 (7), 1403–1426. https://doi.org /10.1177 / 0003702817709299

RASPE, J. D.; GARCIA, V. A.; SILVA, C. da. Determinação de ésteres etílicos de ácidos graxos por espectroscopia ft-nir e calibração multivariada em reações de transesterificação. exacta, Belo Horizonte, v. 6, p. 27-33. jun. 2013.

ROBERT, P. & DUFOUR, E. (2006). Regras gerais para a atribuição de bandas espectrais. In: espectroscopia de infravermelho e suas aplicações analíticas (Bertrand, D. & Dufour, E., eds). Paris: Lavoisier.

RODBOTTEN, R., MEVIK, B. H., & HILDRUM, K. I. (2001). Predição e classificação de maciez em carne bovina a partir de um arranjo de diodos não invasivo detectado espectros NIR. Journal of Near Infrared Spectroscopy, 9, 199–210.

RODRIGUES, V. C.; ANDRADE, I. F. de. Características físico-químicas da carne de bubalinos e de bovinos castrados e inteiros. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1839-1849, dez. 2004.

SHENK, J.; WESTERHAUS, M. Novo procedimento de padronização e calibração para sistemas analíticos NIR. Crop Science, Florida, v. 31, n. 6, p.1694-1692, nov. 1991.

WOODCOCK, T.; DOWNEY, G.; O‟DONNEL, C. P. Alimentos e bebidas de melhor qualidade: o papel da espectroscopia no infravermelho próximo. Journal of Near Infrared Spectroscopy, Chichester, v.16, p. 1-29. jan., 2008.

ZAMORA-ROJAS, E.; GARRIDO-VARO, A.; DE PEDRO-SANZ, E.; GUERREROGINEL, E.; PÉREZ-MARÍN, D. Monitorização das calibrações NIRS para utilização em análises de rotina de carnes no âmbito de programas de suinocultura ibérica. Food Chemistry, v. 129, p. 1889–1897, dec. 2011.