

Determinação da qualidade da carne com uso da espectroscopia de reflectância

EDSON FERRAZ EVARISTO DE PAULA*; THAYLA SARA SOARES STIVARI;
JORDANA ANDRIOLI SALGADO; MARIA ANGELA MACHADO FERNANDES;
SUSANA GILAVERTE; ALDA LÚCIA GOMES MONTEIRO

Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Rua dos Funcionários 1540, Juvevê, CEP 80.035-050, Curitiba/PR. E-mail: efevaristo@globocom.com. *Autor para correspondência

RESUMO

Além da crescente demanda por produtos cárneos, a qualidade destes tem sido cada vez mais preconizada pelos consumidores. Por definição, a qualidade da carne pode ser percebida pelos seus atributos sensoriais (cor, textura, sabor e odor), tecnológicos (pH e capacidade de retenção de água), nutricionais (composição química), sanitários (ausência de agentes contagiosos) e também pelos atributos éticos que envolvem sua produção. Os métodos convencionais de determinação da qualidade da carne são destrutivos, demorados e utilizam grande quantidade de amostra. A espectroscopia de reflectância, técnica analítica baseada na realização de leituras espectrais dos comprimentos de ondas, tem se destacado por não apresentar estas características negativas. A efetivação do uso de tecnologias não destrutivas em carnes pode resultar em vantagens práticas para a indústria. Os pesquisadores têm buscado identificar correlações altas entre os métodos convencionais de análises e os valores de reflectância. Para determinação da composição química da carne, os resultados têm sido adequados; porém, para os demais atributos, essa tecnologia tem apresentado limitações, com resultados bastante divergentes na literatura.

Palavras-chave: coloração; infravermelho; NIRS; maciez; textura.

ABSTRACT

Determination of meat quality with reflectance spectroscopy

Besides the growing demand for meat products, their quality has been increasingly advocated by consumers. By definition, meat quality can be perceived by a number of attributes: sensory (color, texture, taste and smell), technological (pH and water retention capacity), nutritional (chemical composition), health (absence of infectious agents) and also ethical attributes involving its production. Conventional methods for determining the quality of meat are destructive and time consuming, and use large amounts of samples. Reflectance spectroscopy, an analytical technique based on spectral readings of the wavelengths, has been highlighted for the absence of these negative characteristics. The use of non-destructive technologies in meat can result in practical benefits for the industry. Researchers have aimed to identify high correlations between the conventional methods of analysis and the reflectance values. The results have been satisfactory in the determination of the chemical composition of meat; however, for the other attributes, that technology has shown limitations, with widely divergent results in the literature.

Keywords: color; infrared; NIRS; tenderness; texture.

INTRODUÇÃO

A carne é considerada ingrediente importante na alimentação humana, principalmente devido ao seu reconhecido valor nutricional e à forte apreciação por parte dos consumidores. Segundo dados da FAO (2002), o consumo médio mundial de carne passará de 45 kg/habitante/ano até o ano de 2030. Desta forma, observa-se que a demanda por produtos cárneos é crescente, sobretudo em países mais desenvolvidos, com conseguinte crescimento da indústria da carne.

SAP 5397

DOI: 10.18188/1983-1471/sap.v12n4p301-307

Data do envio: 07/07/2011

Data do aceite: 25/02/2012

Scientia Agraria Paranaensis - SAP
Mal. Cdo. Rondon, v.12, n.4, out./dez., p.301-307, 2013

Entretanto, a carne é reconhecida por ser um produto muito heterogêneo, pois diversos fatores influenciam suas características finais, e cada vez mais, os consumidores preconizam a qualidade dos alimentos. Nesse contexto, percebe-se que há disposição em pagar mais caro por produtos de qualidade garantida (PRIETO et al., 2008), sobretudo em regiões onde o poder aquisitivo da população é mais elevado.

A obtenção de carne de qualidade envolve vários aspectos inter-relacionados e dependentes de todas as etapas da cadeia produtiva, bem como da maneira de preparo e consumo do produto final. A qualidade da carne pode ser percebida pelos seus atributos sensoriais (cor, textura, sabor e odor), tecnológicos (pH e capacidade de retenção de água), nutricionais (quantidade de gordura, perfil dos ácidos graxos, porcentagem de proteínas, vitaminas e minerais) e sanitários (ausência de agentes contagiosos). Mais recentemente e ainda pouco difundidos, porém não menos importantes, os atributos éticos e de bem estar animal têm sido incluídos, não necessariamente apenas para avaliação da qualidade da carne, mas também dos métodos de obtenção desta.

Ao longo dos anos foram desenvolvidos vários procedimentos químicos, métodos instrumentais e análises sensoriais para determinação da qualidade da carne. Todavia, historicamente a operacionalidade destes é dificultada, pois são técnicas invasivas que requerem amostras consideravelmente grandes e demandam muito tempo na execução (LIU et al., 2004).

Diante disto, as pesquisas têm sido direcionadas no sentido de encontrar e viabilizar novas técnicas para estimar a qualidade da carne, especialmente as não destrutivas. A espectroscopia de reflectância, na região do infravermelho próximo (NIRS) e na região do visível (VISNIRS), vem se destacando como potencial ferramenta para esse tipo de avaliação. Assim sendo, o objetivo da realização desta revisão foi discutir e apresentar avanços na avaliação da qualidade da carne com o uso da espectroscopia de reflectância.

Principais características de qualidade da carne

Do ponto de vista do consumidor, a carne de qualidade é aquela proveniente de animais saudáveis, que foram abatidos e processados de maneira higiênica, que seja rica em nutrientes necessários à alimentação, que apresente aparência típica da espécie a que pertence e seja bem palatável a mesa (FELÍCIO, 1999).

Conforme ressaltado por Andrés et al. (2008), a coloração é o item de primeira escolha do consumidor e influencia grandemente a decisão de aquisição da carne. Isto ocorre, provavelmente, porque a cor é a única característica visivelmente percebida no momento da compra. Porém, a textura (que engloba maciez, suculência e mastigabilidade) é considerada o principal parâmetro para aceitação do produto (RØDBOTTEN et al., 2000), mas se trata de percepções após a compra. Além disso, o sabor e aroma são itens também prezados pelos consumidores.

Nos últimos anos, as principais propriedades de qualidade da carne que vêm sendo estudadas com o uso da espectroscopia de reflectância são: coloração, força de cisalhamento, capacidade de retenção de água, perdas por cocção e pH.

A coloração da carne se deve à presença de pigmentos que são em sua maioria proteínas. Os principais são a hemoglobina (pigmento sanguíneo) e a mioglobina (pigmento muscular) que constitui 80% a 90% do total (ROÇA, 2000).

Não existe uma recomendação padrão do procedimento de avaliação da coloração da carne, pois os colorímetros e espectrofotômetros podem apresentar características distintas quanto ao tipo de iluminante, ângulo de observação e diâmetro de abertura (MACDOUGALL, 1994).

Na tentativa de minimizar as divergências na determinação da coloração da carne e de outros itens em que a mensuração da cor é necessária, a Comissão Internacional da Iluminação (CIE), em 1976, criou padrões (L^* a^* b^*) que permitem definir cor independentemente dos periféricos utilizados. L^* indica a luminosidade e a^* e b^* são as coordenadas de cromaticidade, e

representam duas gamas de cor que vão, respectivamente, do verde ao vermelho e do azul ao amarelo, como explicado por Felício (1999). Pode-se ainda adotar métodos subjetivos com o uso de padrões fotográficos como o “Beef Color – Pictorial Beef Color Standards” (KSU, sem data), que apresenta imagens numeradas em escala de coloração (por exemplo, de 1R – vermelho-cereja a 5R – vermelho-enegrecido, para carne fresca), ou ainda utilizar cartões cromáticos em mostruário como o sistema australiano AUS-MEAT (1994).

A força de cisalhamento é uma medida relacionada à maciez do produto final, ou seja, quanto maior for a força de cisalhamento, mais dura será a carne. A mensuração desta propriedade com o uso de equipamentos específicos, como o Warner-Bratzler, é o método mais amplamente empregado em estudos envolvendo a textura da carne (PINTO et al., 2010).

A capacidade de retenção de água é determinada pela quantidade de água perdida com processamento, como corte, aquecimento, trituração ou prensagem do tecido muscular. Uma menor capacidade de retenção de água acarreta perdas do valor nutritivo pelo exsudato liberado, e resulta em carnes mais secas e com menor maciez. De acordo com Felício (1999), a mensuração desta característica pode ser feita por meio de três procedimentos distintos nos quais: 1) nenhuma força é aplicada; 2) há aplicação de força mecânica, e 3) aplicação de calor.

As perdas por cocção representam as perdas advindas da etapa de preparo da carne para consumo, sendo calculadas pela diferença entre o peso inicial e final da amostra (PINHEIRO et al., 2007).

O pH é um importante parâmetro de qualidade, pois influencia diversos outros fatores como cor, maciez, capacidade de retenção de água, entre outros. É basicamente influenciado pela quantidade de glicogênio no músculo no momento do abate e para mensuração se necessita de pHmetro.

Espectroscopia de reflectância

A espectroscopia de reflectância no infravermelho é uma técnica analítica que usa fonte de luz produtora de comprimento de onda conhecido e permite a obtenção de um quadro completo da composição orgânica de uma substância ou material analisado (VAN KEMPEN, 2001). O aparelho, denominado espectrofotômetro, emite diversos comprimentos de onda conhecidos sobre a amostra e mede a resposta em termos de absorvância e reflectância da mesma. Cada amostra apresenta comportamento exclusivo de interação com as ondas emitidas (absorção, transmissão ou reflexão), o que caracteriza os diferentes espectros obtidos. Segundo Van Kempen & Jackson (1996), a variação nos resultados, decorrentes das diferenças na absorção de luz, é devido à natureza das ligações moleculares, à polaridade e geometria das moléculas, às vibrações e ligações químicas, e ao tamanho, peso e quantidade de átomos presentes em cada amostra.

O procedimento consiste basicamente na realização de leituras espectrais dos comprimentos de ondas da amostra em questão e, em seguida, no estabelecimento de correlações entre os resultados das análises tradicionais e os espectros conseguidos (CECCANTINI, 2008). Trata-se, portanto, de método indireto e com isso, há necessidade de criação de banco de dados com diversas amostras do mesmo tipo de ingrediente, com ampla variabilidade de seus componentes para que seja possível a obtenção de curvas de predição.

De acordo com revisão realizada por Prieto et al. (2009a), a viabilização do uso da técnica da espectroscopia para avaliação da carne seria de grande valia, pois esta apresenta inúmeras vantagens. Dentre elas pode se destacar o fato de não consistir em uma técnica destrutiva; assegura a integridade e permite a identificação automática das amostras; é compatível com o uso em conexões *on-line*; requer pouca quantidade de amostras e a preparação destas é simples; trata-se de uma tecnologia limpa sem emissão de gases e sem resíduos reagentes; o equipamento é de operação simples e apresenta baixa demanda de manutenção. Além disso, pode ser aplicado para classificação de amostras; permite a determinação de diferentes atributos simultâneos e as análises são rápidas (de 15 a 40 segundos). Futuramente, pretende-se viabilizar o uso em grande

escala para avaliação de atributos de qualidade da carne ainda na linha de abate (SHACKELFORD et al., 2004).

No entanto, a técnica apresenta também certas desvantagens conforme descrito por Campestrini (2005). Por ser uma metodologia secundária, há forte dependência dos métodos de referência, em que a confiabilidade está intimamente relacionada com a calibração e a transferência desta entre instrumentos distintos é limitada. A baixa sensibilidade a componentes menores também é uma desvantagem e se associa a variabilidade amostral, ou seja, estreita faixa de variação dos dados afeta negativamente a previsibilidade do NIRS. Também, os dados espectrais, a princípio, são de difícil interpretação e requerem treinamento específico.

As pesquisas que envolvem a utilização da espectroscopia de reflectância na avaliação da qualidade da carne buscam, essencialmente, identificar correlações altas entre resultados dos métodos convencionais de análises com valores de reflectância de infravermelho visível e/ou proximal (PREVOLNIK et al., 2004).

Na década de 80 os estudos eram conduzidos apenas com amostras preparadas e as análises realizadas eram basicamente para determinação de umidade, gordura e proteína (KRUGGEL et al., 1981; BJARNÜ et al., 1982; LANZA, 1983). A partir da década de 90, iniciaram-se os trabalhos com avaliações de atributos tecnológicos, sensoriais e de textura, e nesse caso, já com cortes cárneos intactos (MITSUMOTO et al., 1991; HILDRUM et al., 1994; HILDRUM et al., 1995; PARK et al., 1998).

O uso da espectroscopia para determinação da composição química da carne, na região do infravermelho próximo, já é consagrado com habilidade comprovada por numerosos trabalhos que encontraram coeficientes de determinação (R^2) elevados, entre 0,87 – 0,99 (TOGERSEN et al., 2003; PREVOLNIK et al., 2005; PRIETO et al., 2006). Silva (2008) ressaltou que a eficácia do NIRS para estimar a composição química da carne provavelmente esteja relacionada à possibilidade de realização de análises simultâneas, com garantia de repetibilidade e precisão. Inclusive, conforme enfatizado por Prieto et al. (2009a), este método de determinação da composição química da carne já é reconhecido e aprovado pela AOAC (*Association of Official Analytical Chemists*). Esses mesmos autores, em revisão de trabalhos que utilizaram diferentes conjuntos de amostras para calibração dos aparelhos, descreveram o método como adequado, simples e confiável para mensuração dos componentes químicos de forma rotineira.

Andrés et al. (2007), em estudo para predição de características da carne de cordeiro com uso do NIRS, encontraram bons resultados de estimação para gordura intramuscular ($R^2 = 0,84$) e para porcentagem de água ($R^2 = 0,67$). Entretanto, os coeficientes de determinação encontrados foram baixos para textura ($R^2 = 0,16$), suculência ($R^2 = 0,38$), sabor ($R^2 = 0,34$) e pH 24 horas ($R^2 = 0,32$).

Para predizer atributos da qualidade da carne bovina, Andrés et al. (2008) utilizaram amostras dos músculos *Longissimus thoracis* e *lumborum*, e concluíram que o infravermelho visível e o proximal apresentaram potencial para predizer com acurácia o pH 24 horas ($R^2 = 0,97$), o fator L^* de coloração da carne ($R^2 = 0,85$) e a maciez pela força de cisalhamento ($R^2 = 0,65$). Porém, os resultados encontrados não foram satisfatórios para perdas por cocção ($R^2 = 0,20$) e para os fatores de coloração a^* e b^* ($R^2 = 0,29$ e $R^2 = 0,49$, respectivamente), nesse caso, possivelmente pelo processo de congelamento que as amostras foram submetidas que ocasionou mudanças na coloração e pode ter reduzido a precisão do modelo.

A espectroscopia na região do visível foi considerada adequada por Prieto et al. (2009b) para determinação da coloração, com alta capacidade de predição para L^* , a^* e b^* ($R^2 = 0,87$, $0,87$ e $0,91$, respectivamente). Os autores encontraram valores moderados na estimação de sabor ($R^2 = 0,59$) e força de cisalhamento ($R^2 = 0,54$), e valores baixos para perdas por cocção ($R^2 = 0,35$), suculência ($R^2 = 0,21$) e textura ($R^2 = 0,28$).

Souza et al. (2010) também encontraram coeficientes de determinação consideráveis para L^* e b^* ($R^2 > 0,60$), e moderadas para a^* ($R^2 < 0,42$) e força de cisalhamento ($R^2 = 0,43$). Para esta última, Rezende et al. (2010) detectaram baixa correlação entre essa característica e valores

de reflectância. Além disso, houve divergência nos espectros de acordo com o ponto anatômico avaliado (músculo *Longissimus*: região da 5ª costela ou região da 12ª costela), o que acarretou num questionamento sobre a possível inconsistência do método para esse tipo de avaliação ou se isto ocorreu devido a diferenças importantes em estrutura e maciez ao longo do corpo do animal.

No que diz respeito à capacidade de retenção de água, mais de 15 trabalhos revisados por Prieto et al. (2009a) concordaram sobre a capacidade limitada da espectroscopia para avaliação desta característica, com coeficientes de determinação (R^2) variando de 0,001 até 0,50.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A espectroscopia de reflectância apresenta capacidade consolidada na predição da composição química da carne e possui forte potencial para substituir em breve os procedimentos analíticos convencionais. Porém, esta tem apresentado limitações para estimar os demais atributos e as divergências entre resultados disponíveis na literatura provavelmente se devem principalmente à falta de padronização na utilização da tecnologia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRÉS, S.; MURRAY, I.; NAVAJAS, E.A.; FISHER, A.V.; LAMBE, N.R.; BÜNGER, L. Prediction of sensory characteristics of lamb meat samples by near infrared reflectance spectroscopy. **Meat Science**, v.76, n.3, p.509- 510, 2007.

ANDRÉS, S.; SILVA, B.; SOARES-PEREIRA, A.L.; MARTINS, C.; BRUNO-SOARES, A. M.; MURRAY, I. The use of visible and near infrared reflectance spectroscopy to predict beef *M. longissimus thoracis et lumborum* quality attributes. **Meat Science**, v.78, p.217-224, 2008.

AUS-MEAT. Meat and Fat Colour Standards. **Advancement Meat Research**, v.9, v.12, p.316-336, 1994.

BJARNÛ, O.C.; ARNETH, W.; NOACK, W.; PFEIFFER, G. Multicomponent analysis of meat products by infrared spectrophotometry: Collaborative study. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, v.65, p.696-700, 1982.

CAMPESTRINI, E. Utilização de equipamentos NIRS (*Near infrared reflectance spectroscopy*) nos estudos de valores nutricionais (composição química e digestibilidade) de alimentos para não ruminantes. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.2, n.5, p.240-251, 2005.

CECCANTINI, M.L. Novas técnicas e tecnologias na análise de alimentos aplicados à formulação (NIRs). Seminário de Nutrição Animal. Curitiba, 2008. Disponível em: <[http://www.domit.com.br/SeminarioPos/MarcioCeccantini/Novas%20Técnicas%20e%20Tecnologias%20na%20Análise%20de%20Alimentos\(NIRS\).PDF](http://www.domit.com.br/SeminarioPos/MarcioCeccantini/Novas%20Técnicas%20e%20Tecnologias%20na%20Análise%20de%20Alimentos(NIRS).PDF)>. Acesso em: 10/09/2010.

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE - CIE. **Colorimetry**, CIE Publications n.15.2, 2nd ed., Viena, 1976.

FAO - Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. World agriculture: towards 2015/2030. Roma, Itália, 2002. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/004/y3557e/y3557e00.htm>>. Acesso em: 10/09/2010.

FELÍCIO, P.E. Qualidade da carne bovina: características físicas e organolépticas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre, RS, 1999, p. 89-97.

HILDRUM, K.I.; ISAKSSON, T.; NÑS, T.; NILSEN, B.N.; RØDBOTTEN, M.; LEA, P. Near infrared reflectance spectroscopy in the prediction of sensory properties of beef. **Journal of Near Infrared Spectroscopy**, v.3, p.81-87, 1995.

HILDRUM, K.I.; NILSEN, B.N.; MIELNIK, M.; NAES, T. Prediction of sensory characteristics of beef by near-infrared spectroscopy. **Meat Science**, v.38, p.67-80, 1994.

KANSAS STATE UNIVERSITY – KSU, Department of Animal Science & Industry. **Beef Color- Pictorial Beef Color Standards**. Circular n. 398, Manhattan-Kansas, s/ data.

KRUGGEL, W.G.; FIELD, R.A.; RILEY, M.L.; RADLOFF, H.D.; HORTON, K.M. Near-infrared reflectance determination of fat, protein, and moisture in fresh meat. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, v.64, p.692, 1981.

LANZA, E. Determination of moisture, protein, fat, and calories in raw pork and beef by near infrared spectroscopy. **Journal of Food Science**, v.48, p.471-474, 1983.

LIU, Y.; LYON, B.G.; WINDHAM, W.R.; LYON, C.E.; SAVAGE, E.M. Prediction of physical, color, and sensory characteristics of broiler breasts by visible/near infrared reflectance spectroscopy. **Poultry Science**, v.83, p.1467-1474, 2004.

MACDOUGAL, D.B. Colour meat. In: PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. **Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products - Advances in Meat Research Series**. 9.ed. London: Blackie Academic & Professional, 1994, Cap.3, p.79-93

MITSUMOTO, M.; MAEDA, S.; MITSUHASHI, T.; OZAWA, S. Near-infrared spectroscopy determination of physical and chemical characteristics in beef cuts. **Journal of Food Science**, v.56, p.1493-1496, 1991.

PARK, B.. CHEN, Y.R.; HRUSCHKA, W.R.; SHACKELFORD, S.D.; KOOHMARAIE, M. Near-infrared reflectance analysis for predicting beef longissimus tenderness. **Journal of Animal Science**, v.76, p.2115-2120, 1998.

PINHEIRO, R.S.B.; SILVA SOBRINHO, A.G.; SOUZA, H.B.A.; YAMAMOTO, S.M.; POLIZEL NETO, A. Capacidade de retenção de água e das perdas de água por cocção da carne de ovinos de diferentes categorias. In: ZOOTEC, 2007, Londrina – PR. **Anais...** Londrina – PR, 2007, CD-ROM.

PINTO, M.F.; PONSANO, E.H.G.; ALMEIDA, A.P.S. Espessura da lâmina de cisalhamento na avaliação instrumental da textura da carne. **Ciência Rural**, v.40, n.6, p.1405-1410, 2010.

PREVOLNIK, M.; C'ANDEK-POTOKAR, M.; SKORJANC, D. Ability of NIR spectroscopy to predict meat chemical composition and quality: a review. Czechoslovak. **Journal of Animal Science**, v.49, p.500–510, 2004.

PREVOLNIK, M.; C'ANDEK-POTOKAR, M.; ŠKORJANC, D.; VELIKONJA-BOLTA, Š.; ŠKRLEP, M.; Z'NIDARŠIC, T. BABNIK, D. Predicting intramuscular fat content in pork and beef by near infrared spectroscopy. **Journal of Near Infrared Spectroscopy**, v.13, p.77–85, 2005.

PRIETO, N.; ANDRES, S.; GIRALDEZ, F.J.; MANTECON, A.R.; LAVIN, P. Ability of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to estimate physical parameters of adult steers (oxen) and young cattle meat samples. **Meat Science**, v.79, p.692-699, 2008.

PRIETO, N.; ROEHE, R.; LAVÍN, P.; BATTEN, G.; ANDRÉS, S. Application of near infrared reflectance spectroscopy to predict meat and meat products quality: A review. **Meat Science**, v.83, n.2, p.175-180, 2009a.

PRIETRO, N.; ROSSI, D.W.; NAVASJAS, E.A.; NUTE, G.; RICHARDSON, R.I.; HYSLOP, J. J.; SIMM, G.; ROEHE, R. On-line application of visible and near infrared reflectance spectroscopy to predict physical and sensory characteristics of beef quality. **Meat Science**, v.83, p.175-186, 2009b.

REZENDE, A.G.; LEME, P.R.; SILVA, S.L.; NOGUEIRA, T.L.; GOMES, R.C.; BONIN, M. N. Correlação entre força de cisalhamento e espectroscopia nas regiões do visível e do infravermelho próximo na carne fresca de bovinos Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47, 2010, Salvador - BA. **Anais...** Salvador, 2010, CD-ROM.

ROÇA, R.O. **Propriedades da carne.** Disponível em: <<http://pucrs.campus2.br/~thompson/TPOA-Carne/Roca107.pdf>>. Acesso em: 05/08/2010.

RØDBOTTEN, R.; NILSEN, B.N.; HILDRUM, K.I. Prediction of beef quality attributes from early post mortem near infrared reflectance spectra. **Food Chemistry**, v.69, p.427-436, 2000.

SHACKELFORD, S.D.; WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M. Development of optimal protocol for visible and near-infrared reflectance spectroscopic evaluation of meat quality. **Meat Science**, v.68, p.371-381, 2004.

SILVA, D.L.M. **Utilização da Espectrofotometria de Infravermelho Próximo (NIRS) em Longissimus dorsi Bovino.** (Monografia), Universidade Federal do Tocantins, 2008.

SOUZA, R.A.; SILVA, SAULO DA LUZ; GOMES, R.C.; BONIN, M.N.. Espectroscopia de infravermelho para avaliação de características qualitativas da carne maturada de bovinos Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47, 2010, Salvador - BA. **Anais...** Salvador – BA, 2010, CD-ROM.

TOGERSEN, G.; ARNESEN, J.F.; NIELSEN, B.N.; HILDRIUM, K.I. On-line prediction of chemical composition of semi-frozen ground beef by non-invasive NIR spectroscopy. **Meat Science**, v.63, p.515-523, 2003.

VAN KEMPEN, L. Infrared technology in animal production. **World's Poultry Science Journal**, v.57, p.29-48, 2001.

VAN KEMPEN, T.; JACKSON, D.; NIRS may provide rapid evaluation of amino acids. **Feedstuffs**, v.68, n.50, p.12-15, 1996.