



HAL
open science

Metodologias para traçabilidade da dieta de ruminantes e sua importancia para a cadeia produtiva da carne no Brasil: revisao

Sophie Prache, Lisandre de Oliveira, Thais Devincenzi, Carlos Nabinger, Paulo Carvalho, Gilberto Kozloski

► To cite this version:

Sophie Prache, Lisandre de Oliveira, Thais Devincenzi, Carlos Nabinger, Paulo Carvalho, et al.. Metodologias para traçabilidade da dieta de ruminantes e sua importancia para a cadeia produtiva da carne no Brasil: revisao. Revista Portuguesa de Ciencias Veterinarias, 2013, 108 (585-586), pp.1-7. hal-02647242

HAL Id: hal-02647242

<https://hal.inrae.fr/hal-02647242v1>

Submitted on 29 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Metodologias para traçabilidade da dieta de ruminantes e sua importância para a cadeia produtiva da carne no Brasil: revisão.

Methodologies for traceability of ruminants diets and their importance to meat production in Brazil: a review.

Lisandre de Oliveira^{1*}, Thais Devincenzi¹, Carlos Nabinger¹, Paulo C.F. Carvalho¹,
Gilberto V. Kozloski², Sophie Prache³

¹Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Avenida Bento Gonçalves, 7712, 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil.

²Programa de Pós-graduação em Zootecnia (PPGZ), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil.

³Institut National de la Recherche Agronomique – INRA, Clermont-Ferrand-Theix, França.

Resumo: A preocupação dos consumidores com a origem dos alimentos é crescente. No setor pecuário, o tema traçabilidade adquire importância cada vez maior, especialmente no Brasil, que é hoje o maior exportador de carne bovina do mundo. Este artigo revisa o conhecimento atual no que diz respeito à traçabilidade da dieta dos animais a partir de seus produtos, apresentando os potenciais traçadores envolvidos na temática. Marcadores de plantas (e.g. carotenóides, terpenos e compostos fenólicos) e ácidos graxos, são potenciais traçadores na carne. Já a origem geográfica tem sido identificada com sucesso através de métodos espectrais ou com base na análise de isótopos estáveis na carne. Em síntese, cada técnica em particular possui indicações próprias de uso de modo que, provavelmente, o futuro da traçabilidade incluirá a utilização concomitante de diversas técnicas. O tema, portanto, constitui-se em objeto de alto impacto tecnológico que necessita ser incluído na pauta de pesquisa no Brasil.

Summary: The consumer concerns about the origin of their food are rising. In this regard, the traceability acquires increasing relevance in the livestock sector, especially in Brazil, which is the biggest beef exporter in the world. This paper reviews the current knowledge regarding the traceability of the animals feedings using their products, showing the potential markers concerned in the issue. Plant biomarkers (e.g. carotenoids, terpenes and phenolic compounds) and fatty acids are potential tracers in the meat. Geographical origin has been successfully identified by spectroscopy or stable isotopes. In conclusion, each technique has particular indications for own use, so that, probably the future of traceability includes concomitant use of several techniques. Thus, the issue represents a target of high technological impact that needs to be included in the research agenda in Brazil.

Introdução

A bovinocultura de corte é um dos setores primários mais importantes para a economia brasileira, uma vez que o Brasil detém um dos maiores efetivos bovinos e é um dos maiores exportadores de carne do mundo. Con-

tudo, o mercado consumidor de carne, particularmente dos países desenvolvidos, se modificou na última década no sentido de aumentar suas exigências em relação à segurança alimentar, sob seu aspecto sanitário e à qualidade do produto, sob seus aspectos organolépticos e nutracêuticos. Por esta razão, as indústrias alimentícias e os sistemas de produção, originalmente focados no quantitativo, têm se esforçado em atender essas novas demandas de qualidade e segurança. Nesse contexto, a identificação de origem através da traçabilidade dos produtos pode ser útil. O conceito de traçabilidade diz respeito às origens dos produtos, refere-se, portanto, à identidade animal, raça e origem geográfica. Também pode se referir a traçabilidade dos processos de produção, incluindo o uso de dietas (Prache, 2009).

Além de garantir segurança na inocuidade dos alimentos, a traçabilidade pode ser utilizada como forma de resgate e valorização do patrimônio genético ou cultural, pois o território, o “saber-fazer” e a tradição conferem ao produto aspectos e percepções hedônicas peculiares que lhe conferem valor comercial aditivo. Exemplo são os Cordeiros franceses Pré-Salé (pré-salgado) do Mont-Saint Michel. A carne destes animais é diferenciada, pois se alimentam de espécies herbáceas adaptadas à salinidade, uma vez que os solos são constantemente cobertos pelo mar. No sul do Brasil pode-se citar o exemplo da Associação dos Produtores da carne do Pampa Gaúcho da Campanha Meridional (APROPAMPA). Ela detém a chancela da Indicação de Procedência Carne do Pampa Gaúcho da Campanha Meridional, a qual é produzida majoritariamente em pastagens naturais que possuem em sua composição ampla variedade de espécies de elevado valor forrageiro. Em todos estes casos, a origem e o modo de produção estão especificados em regulamentos técnicos e a utilização de métodos de traçabilidade pode ser útil

*Correspondence: lisandreoliveira@gmail.com.
Telefone e fax +555532208355

como ferramenta de controle e fiscalização dos mesmos, tanto por órgãos associados à indústria, ao poder público ou mesmo ao consumidor.

Outro potencial uso de métodos de traçabilidade é a autenticação de sistemas de produção, particularmente em relação ao seu impacto ambiental ou ao bem estar animal. Sistemas de produção de carne a pasto, com menor utilização de insumos, bem como sistemas de produção que utilizam a biodiversidade natural como base alimentar dos ruminantes são bem-vistos pelos consumidores e podem ser autenticados por meio de métodos analíticos, proporcionando vantagens competitivas e de valorização na comercialização do produto (Prache *et al.*, 2009; Monahan *et al.*, 2010). Por exemplo, as pastagens naturais do Bioma Pampa são ecossistemas pastoris onde a atividade pecuária é a melhor forma de utilização sustentável desse recurso (Nabinger *et al.*, 2009). A consequência da diversidade vegetal na dieta dos animais nesse sistema resulta em carne com sabor e aroma característicos, e com perfil de ácidos graxos diferenciado na gordura, mais adequado para a saúde humana (Devincenzi *et al.* 2012; Freitas, 2010).

Diversos tipos de marcadores de traçabilidade têm sido propostos e estudados: (i) marcadores diretos, provenientes diretamente da dieta, incluindo isótopos estáveis; (ii) marcadores indiretos, que sofrem alterações pelo metabolismo animal; e (iii) caracterização espectral óptica dos tecidos e produtos de origem animal (adaptado de Prache *et al.*, 2005b). O objetivo desta revisão é apresentar conceitos fundamentais, indicando o potencial e as limitações do uso desses marcadores como ferramenta de controle de origem da carne no Brasil.

Marcadores diretos

Os marcadores diretos são substâncias presentes em componentes da dieta e que tem como principal característica, não serem sintetizados pelo metabolismo do animal. Parte destes compostos após ingeridos podem ser metabolizados noutras substâncias, no entanto, uma porção poderá ser depositada diretamente nos tecidos e produtos. Alguns exemplos são os pigmentos carotenoides, os polifenóis, os compostos voláteis (Prache, 2009) além de isótopos estáveis.

Pigmentos carotenoides

Pigmentos carotenoides, tais como xantofila, caroteno e licopeno, estão envolvidos nos processos fotossintéticos das plantas e das algas superiores. Eles são responsáveis pelas colorações amarela, laranja e vermelha, respectivamente (Nozière *et al.*, 2006a). Além de serem amplamente distribuídos nas plantas, não podem ser sintetizados “de novo” pelos animais, mas podem ser convertidos em outros carotenoides

(Cardinault *et al.*, 2006a). De Oliveira *et al.*, (2011) demonstraram que os pigmentos carotenoides podem ser identificados no plasma de ovinos a partir de 24 primeiras horas após a ingestão de forragens verdes, cuja concentração se eleva até o sexto dia onde então, atinge o platô.

Pigmentos carotenoides contribuem para a cor e as características nutricionais da carne de herbívoros (Prache *et al.*, 1990; Priolo *et al.*, 2002a; Dunne *et al.*, 2006; Röhrle *et al.*, 2011). São potenciais marcadores para autenticação de produtos baseados em forragens verdes, tanto para ovinos (Prache e Theriez, 1999; Priolo *et al.*, 2002b; Dian *et al.*, 2007) quanto para bovinos (Serrano *et al.*, 2006; Röhrle *et al.*, 2011).

Animais alimentados com dietas exclusivas de concentrado podem ser discriminados pela ausência (ou baixas concentrações) dos pigmentos carotenoides no plasma e tecidos. Cereais, tubérculos e seus derivados apresentam nenhuma ou baixa concentração de luteína (Wolter, 1988), único pigmento depositado por ovinos (Yang *et al.*, 1992; Prache *et al.* 2003b; a). A zeaxantina, por sua vez, carotenóide abundante no milho, não é armazenada na carne dos ovinos (Prache *et al.*, 2003a) ou bovinos (Röhrle *et al.* 2011).

Vale a pena ressaltar que todos os processos de conservação de forragem alteram a concentração de carotenoides (i.e. variando entre 60% e 90% conforme o método Wolter, 1988). A utilização de pigmentos carotenoides para a traçabilidade no Brasil esbarra, portanto, em limitações da técnica, pois os sistemas mistos (recria a pasto e terminação com suplementação concentrada ou confinamento) são os mais comumente praticados e ainda não são capazes de serem traçados (Prache *et al.*, 2009; Röhrle *et al.*, 2011).

Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são um grupo diversificado de fitoquímicos derivados da fenilalanina e tirosina (Naczk e Shahidi, 2004), definidos como substâncias possuidoras de anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais (Lee *et al.*, 2005). Abarcam fenóis simples, ácido hidroxibenzóico e derivados do ácido cinâmico, flavonoides, taninos e cumarinas. São originados do metabolismo secundário das plantas, sendo essenciais para o seu crescimento e reprodução (Naczk e Shahidi, 2004).

Forragens são ricas em compostos fenólicos (flavonóides e outros) com potencial para autenticação de dietas (Prache *et al.*, 2005a). Eles podem ser separados em quatro grupos: ácidos fenólicos, ligninas, estilbenos e flavonoides. Sua ocorrência em tecidos animais provém invariavelmente do alimento ingerido (Hoquette *et al.*, 2005). No entanto, após a ingestão da forragem, ocorrem diversas transformações dos polifenóis, tanto no rúmen como no figado. Dependendo da via de metabolização, as moléculas encontradas no

leite ou carne podem ser similares ou muito diferentes daquelas ingeridas (Prache, 2007).

Besle *et al.* (2005) identificaram 54 diferentes compostos fenólicos no leite utilizando cromatografia líquida de alto desempenho e isto permitiu a diferenciação entre leites provenientes de pastagem natural ou de dieta rica em concentrado.

Pratesi *et al.* (2008) estudaram os compostos fenólicos visando a traçabilidade de um queijo local na Itália. Relataram que diversas forrageiras possuem compostos passíveis de serem usados como marcador. No entanto, as espécies mais representativas na dieta (*Bromus sterilis*, *Lolium perenne* e *L. multiflorum*) contêm poucos compostos traçáveis.

Compostos fenólicos possuem potencial utilização para traçar a carne brasileira produzida sob pastagens naturais mistas o que permitirá a valorização da produção a “baixo impacto e insumos”, no entanto, questões como o metabolismo dos compostos (Prache, 2009) e as técnicas mais indicadas para a identificação do marcador não estão completamente elucidados.

Compostos voláteis

Compostos voláteis são moléculas orgânicas lipídicas praticamente insolúveis em água (Vasta e Priolo, 2006) e de origem quase exclusivamente vegetal (Prache *et al.*, 2007). Em pastagens naturais existe grande diversidade de terpenos (voláteis) que podem ser usados como traçadores da região de origem (Cornu *et al.*, 2001). Estes compostos têm reconhecidas propriedades aromáticas e são componentes majoritários dos óleos essenciais (Martin *et al.*, 2005).

Os compostos voláteis da carne são responsáveis pelo sabor. A concentração desses compostos, bem como seu perfil, varia de acordo com a diversidade das famílias botânicas presentes na dieta (Mariaca *et al.*, 1997): *Apiaceae*, *Asteraceae* e *Lamiaceae* contêm grandes quantidades e uma gama larga de terpenos, inversamente a *Poaceae* (Cornu *et al.*, 2001). Por exemplo, Vasta *et al.* (2011) identificaram o terpenoide germacrene D no músculo de bovinos alimentados a pasto, não sendo detectado naqueles que recebiam concentrado e palha.

Assim, a utilização de compostos voláteis mostra-se promissora (carne brasileira produzida à base de pastagens diversificadas). No entanto, variações sazonais (Calderón *et al.* 2006), diurnas (Vasta *et al.* 2012) ou o efeito do metabolismo sobre estes compostos ainda não estão esclarecidos e podem ser fator de confundimento. Além disso, terpenos podem ser extraídos e concentrados em óleos essenciais, podendo ser adicionados à ração concentrada (e.g., aditivos litogênicos) e ocasionar dificuldade na diferenciação das dietas. Calderón *et al.* (2006) sugerem investigações sobre possível complementaridade entre as análises de pigmentos carotenoides e de terpenos para melhor diferenciar os sistemas de produção.

Composição Isotópica

A análise de isótopos por espectrometria de massa é outra metodologia que tem sido utilizada para autenticar regimes alimentares ou origem geográfica da carne. O conteúdo de elementos-traço e isótopos em animais é afetado pela dieta, qualidade da água, presença de contaminantes ambientais, composição do solo, entre outros (Ballin, 2010).

A determinação da origem geográfica do leite e queijos tem sido estimada com sucesso a partir da medida das relações de isótopos estáveis de oxigênio ($\delta^{18}\text{O}$, ou seja, $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) na água do leite, assim como do nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$, ou seja, $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) e carbono ($\delta^{13}\text{C}$, ou seja, $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) (RENOU *et al.*, 2004). A proveniência da carne de cordeiros de diferentes regiões da Europa também foram identificadas adequadamente (Piasentier *et al.*, 2003).

Os tecidos provenientes de animais alimentados com forragens de ciclo metabólico C_4 (e.g. milho) apresentem maiores concentrações de ^{13}C do que animais alimentados com forragens de ciclo metabólico C_3 (e.g. pastos de azevém). Essa diferenciação nas concentrações de ^{13}C é decorrente da rota metabólica utilizada pela planta e sendo assim, permite identificar animais oriundos de sistemas de terminação que utilizam grão e silagem de milho em confinamentos ou de pastagem (Deniro e Epstein, 1978).

Renou *et al.* (2004) demonstraram que os valores da $\delta^{18}\text{O}$ no leite e carne também são afetados pela latitude e altitude do local de produção, permitindo discriminar leite e carne produzidos em áreas montanhosas daquelas produzidas em regiões baixas, ou mesmo, o tipo de dieta ingerida pelos animais. Animais alimentados com dietas concentradas normalmente recebem água previamente armazenada e tratada enquanto que animais a pasto ingerem água de reservas naturais, com maior concentração de ^{18}O devido à maior evaporação do ^{16}O .

Diferenças na proporção $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ também estão relacionadas com a forragem consumida e, dessa forma, podem fornecer informações sobre o nível de intensificação dos sistemas de produção (Schmidt *et al.*, 2005). Leguminosas são menos ricas em ^{15}N , pois utilizam o nitrogênio do ar como fonte nitrogenada. Já a aplicação de fertilização com N, aumenta os teores de ^{15}N nas plantas (Kriszan *et al.*, 2009).

A variação do rácio dos isótopos de oxigênio ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) e, a relação entre o deutério e o hidrogênio da água nos tecidos animais também pode ser utilizada como ferramenta para identificar a origem geográfica do produto cárneo. Contudo, seu uso pode ser limitado devido à variação sazonal da composição isotópica das fontes de água. A concentração do deutério na água armazenada se modifica em função do volume de chuva, da altitude, latitude, distância do mar e entre estações do ano. O uso de múltiplos isótopos pode melhorar a fiabilidade da informação ou da identificação de origem (Bonner e Förstel, 2004).

Em conclusão, a análise da composição de isótopos estáveis em tecidos e produtos animais, realizada por espectrometria de massa, tem o potencial de fornecer informações relevantes sobre a dieta do animal e origem geográfica. No entanto, deve-se considerar que animais podem consumir dietas mistas, modificarem sua dieta ao longo do tempo ou podem estar sujeitos à troca de ambiente ou região geográfica, limitando ou tornando mais complexo o uso da técnica isotópica de traçabilidade (Prache, 2009).

Marcadores indiretos

São aqueles marcadores que são transformados pelo metabolismo do animal.

Ácidos Graxos

Em monogástricos, o perfil de ácidos graxos depositados na gordura é reflexo direto da composição de ácidos graxos da dieta. Em ruminantes, como ovinos e bovinos, ácidos graxos insaturados estão sujeitos à biohidrogenação pela microflora ruminal, sendo depositados como gorduras saturadas. Desse modo, a composição de ácidos graxos dos produtos cárneos de ruminantes é somente parcialmente dependente da dieta (Sheath *et al.*, 2001).

o entanto, parte dos ácidos graxos insaturados da dieta pode escapar da biohidrogenação ruminal e, dessa forma, influenciar a composição dos ácidos graxos dos produtos (Nuernberg *et al.*, 2005; Enser *et al.*, 1998; Nozière *et al.*, 2006a).

Nozière *et al.* (2006b), demonstraram que mesmo dietas não muito contrastantes (i.e., silagem vs. feno da mesma gramínea) resultaram em diferenças analiticamente perceptíveis no perfil de ácidos graxos no leite. Quando houve a troca alimentar de silagem para o feno, a proporção dos ácidos graxos cáprico (C10:0), mirístico (C14:0) e linoleico (C18:2) na gordura do leite aumentaram e do esteárico (C18:0) e linolênico (C18:3) diminuíram. Contudo, vários fatores podem modificar o metabolismo ruminal dos ácidos graxos poli-insaturados e por consequência, influenciar o perfil de ácidos graxos que são depositados na carne (Chilliard *et al.*, 2007), incluindo composição da dieta ou tipo e nível de suplementação. Enser *et al.* (1998) e Nuernberg *et al.* (2005) observaram que carne de animais alimentados com pasto tem menor relação n-6/n-3, e seriam, portanto mais saudáveis do que a carne de animais que consomem grão. Adicionalmente, Demeyer e Doreau (1999) observaram que dietas baseadas em concentrado diminuem o pH ruminal, o que reduz a lipólise e a biohidrogenação, resultando em carne com perfil lipídico mais insaturado.

Em conclusão, a composição dos ácidos graxos da gordura da carne tem potencial de ser utilizada para identificar o padrão dietético, porém com limitações.

Por exemplo, para uma mesma dieta base, a adição de óleo vegetal na ração pode dificultar a discriminação dos sistemas alimentares ao qual foram submetidos os animais (Scollan *et al.*, 2001).

Métodos globais baseados nas propriedades ópticas

A identificação dos marcadores diretos é feita através de métodos químicos de análise laboratorial, os quais são normalmente de alto custo, demandam a utilização de reagentes químicos e preparação laboriosa de amostras. A utilização dos métodos globais parte do pressuposto de que a alimentação dos animais ocasiona diferenças na composição de seus tecidos, fezes e fluidos, que por consequência causam alterações nas suas propriedades ópticas, as quais podem ser utilizadas para autenticar a dietas de ruminantes. Embora este método físico demande equipamento de alto custo inicial, tem a vantagem de realizar a análise sem utilização de reagentes químicos e a preparação das amostras é menos laboriosa.

Um exemplo da utilização das propriedades ópticas dos compostos como traçadores foi reportado por Prache e Theriez (1999). Esses autores foram os pioneiros a demonstrar que a capacidade de absorção de luz por pigmentos carotenoides podem ser utilizadas como biomarcadores de dietas, através da chamada espectroscopia no espectro de luz visível (VIRS - Visible and infrared scanner). Esta técnica consiste na emissão de luz visível na amostra e na análise do padrão de comprimentos de onda refletidos (i.e. assinatura), utilizando um espectrofotômetro, o qual vai variar em função dos comprimentos de onda absorvidos. Baseado nesse princípio propuseram um método que estima o tipo de dieta ingerida pelos animais em função do grau de absorção de luz na faixa entre os 450 e os 510 nm, que corresponde aos comprimentos de onda absorvidos pelos carotenóides. Esta técnica pode ser associada a outras medidas de cor proporcionadas pelo espectrofotômetro para identificação de origem do produto. Por exemplo, bovinos criados extensivamente a pasto geralmente apresentam gordura mais amarelada do que os bovinos criados intensivamente, com alimentação concentrada, e isso é causado por carotenóides ingeridos com a dieta. A cor amarelada reduz se ocorre a troca de dieta de pastagens para concentrado, em situações, por exemplo, de terminação em confinamento (Dunne *et al.*, 2009). Dessa forma, dados de cor (como o índice de amarelo b*) podem ser úteis na discriminação.

A espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS - Near-infrared spectroscopy) se diferencia do VIRS por ler o espectro de luz refletido nos comprimentos de onda entre os 400 e os 2500 nm e também tem o potencial de identificar características da carne (Prache, 2009). No entanto é um método laboratorial que exige preparação das amostras e um grande número de pa-

drões lidos para a obtenção de uma curva de calibração com boa precisão e sensibilidade. Um dos principais requisitos para a boa detecção do espectro é respeitar o prazo máximo de três meses para a leitura da amostra, pois substâncias como os carotenoides, ácidos graxos e compostos fenólicos são passíveis de oxidação durante o armazenamento.

Os métodos espectrais tem o potencial de estimar não somente o tipo de dieta ingerida pelos animais (Cozzolino et al., 2002), mas também outras informações como, por exemplo, a predição da tenrura da carne (Prieto et al., 2009), a detecção do uso de promotores de crescimento (Berzaghi et al., 2006) ou mesmo a indicação da idade dos animais. Contudo, como reportado por Röhrle et al. (2011) e Prache (2009), os métodos espectrais são hábeis para discriminar dietas contrastantes, por exemplo, forragem verde vs. concentrado, mas são limitados para identificar sistemas mistos em que animais são criados a pasto e terminados em confinamento.

Considerações Finais

Um modelo conceitual é apresentado na Figura 1, indicando que vários marcadores podem ser usados na traçabilidade da carne, cada qual com seus potenciais e limitações em identificar o sistema alimentar e/ou a origem geográfica. Por exemplo, dietas mistas são mais difíceis de serem identificadas através de marcadores do que dietas únicas e/ou contrastantes (i.e. forragem vs. concentrado). Já a origem geográfica tem sido identificada com sucesso através de métodos espectrais ou com base na análise de isótopos de oxigênio e hidrogênio na carne. Em síntese, cada técnica em particular possui indicações próprias de uso de modo que, provavelmente, o futuro da traçabilidade incluirá a utilização concomitante de diversas técnicas. De qualquer maneira, constitui-se em objeto de alto impacto tecnológico que necessita ser incluído na pauta de pesquisa no Brasil.

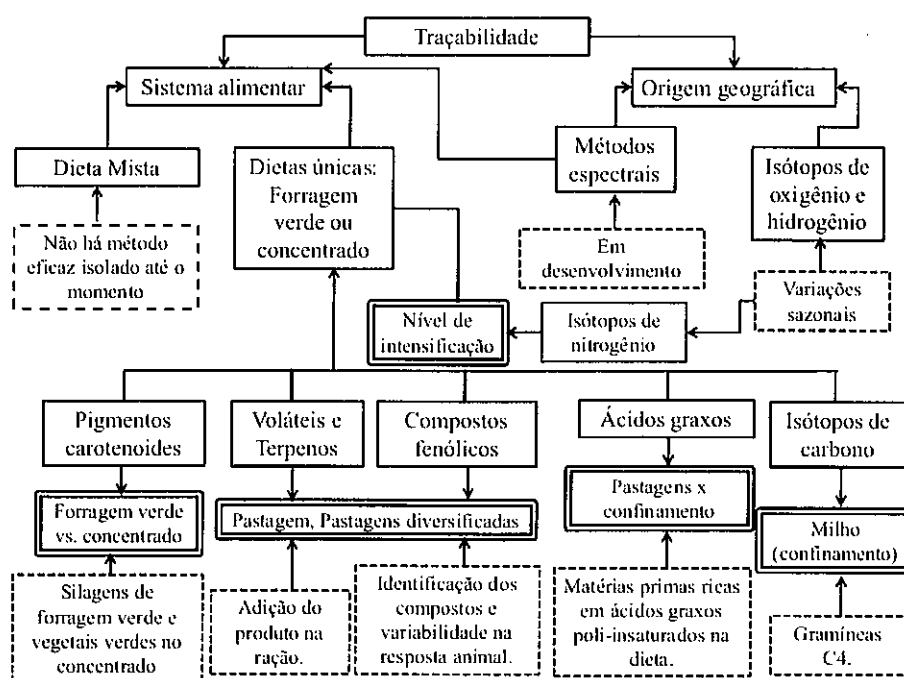


Figura 1 - Modelo conceitual para Traçabilidade da Dieta e Origem de produtos cárneos de ruminantes. O sucesso da identificação do sistema alimentar é relativo a dieta ofertada. Dietas mistas são até o momento mais difíceis de serem identificadas do que dietas únicas e/ou contrastantes (forragem x concentrado). Já a origem geográfica tem sido identificada com sucesso através de métodos espectrais e isótopos de oxigênio e hidrogênio. No entanto, todas as técnicas possuem suas indicações (retângulos com linhas duplas) e limitações (retângulos tracejados).

Bibliografia

Ballin, NZ (2010). Authentication of meat and meat products. *Meat Science*, 86(3), 577-587.

Berzaghi P, Segato S, Cozzi G, Andrighetto I (2006). Mid and Near Infrared Spectroscopy to Identify Illegal Treatments in Beef Cattle. *Veterinary Research Communications*, 30, 109-112.

Bestle, JM, Lamaison, JLBD, Pradel P, Fraisse D, Viala D, Martin B (2005). Flavonoids and other phenolics in milk as a putative tool for traceability of dairy production systems. In: Hocquette, J.F, Gigli, S. (Eds.), *Indicators of milk and beef quality*, EAAP Publ, Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands. Wageningen Academic Publishers. 112, 345-350.

- Boner M e Förstel H (2004). Stable isotope variation as a tool to trace the authenticity of beef. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 378(2), 301-310.
- Calderón F, Tornambé G, Martin B, Pradel P, Chaveaud-Duriot B, Nozière P (2006). Effects of mountain grassland maturity stage and grazing management on carotenoids in sward and cow's milk. *Animal Research*, 533-544.
- Cardinaut N, Doreau M, Poncet C, Nozière P (2006). Digestion and absorption of carotenoids in sheep given fresh red clover. *Animal Science*, 82(1), 49-55.
- Chilliard Y, Glasser F, Ferlay A, Bernard L, Rouel J, Doreau M (2007). Diet, rumen biohydrogenation, cow and goat milk fat nutritional quality: a review. *European Journal of Lipid Science Technology*, 109, 828-855.
- Cornu A, Carnat AP, Martin B, Coulon JB, Lamaison JL, Berdagué JL (2001). Solid-Phase Microextraction of Volatile Components from Natural Grassland Plants. *Journal of Agriculture Food Chemister*, 49, 203-209.
- Cozzolino D, De Mattos D, Vaz Martins D (2002). Visible/near infrared reflectance spectroscopy for predicting composition and tracing system of production of beef muscle. *Animal Science*, 74, 477-484.
- De Oliveira L, Carvalho PCF, Prache S (2011). Response of lamb plasma carotenoid concentration to a shift from a low to a high dietary carotenoid level. *Animal FirstView*, 1-4.
- Demeyer D e Doreau M (1999). Targets and procedures for altering ruminant meat and milk lipids. *Proceedings of the Nutrition Society*, 58(3), 593-607.
- DeNiro, MJ, Epstein S (1978). Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 42(5), 495-506.
- Devincenzi T, Nabinger C, Cardoso FF, Nalério ES, Carassai JJ, Fedrigo JK, Tarouco JU, Cardoso LL (2012). Carcass characteristics and meat quality of Aberdeen Angus steers finished in different pastures. *Brazilian Journal of Animal Science*, 41(4), 1051-1059.
- Dian PHM, Andueza D, Barbosa CMP, Amoureux S, Jestin M, Carvalho PCF, Prado IN, Prache S (2007a). Methodological developments in the use of visible reflectance spectroscopy for discriminating pasture-fed from concentrate-fed lamb carcasses. *Animal*, 1, 1198-1208.
- Dunne PG, Monahan FJ, O'Mara FP, Moloney AP (2009). Colour of bovine subcutaneous adipose tissue: A review of contributory factors, associations with carcass and meat quality and its potential utility in authentication of dietary history. *Meat Science*, 81(1), 28-45.
- Dunne PG, O'Mara FP, Monahan FJ, Moloney AP (2006). Changes in colour characteristics and pigmentation of subcutaneous adipose tissue and M. longissimus dorsi of heifers fed grass, grass silage or concentrate-based diets. *Meat Science*, 74(2), 231-241.
- Enser M, Hallett KG, Hewett B, Fursey GAJ, Wood JD, Harrington G (1998). Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production system and implications for human nutrition. *Meat Science*, 49(3), 329-341.
- Freitas AK (2010). Perfil dos ácidos graxos da vegetação e da carne bovina produzida no Bioma Pampa, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Porto Alegre, RS. Tese.
- Hocquette J, Richardson R, Prache S, Medale F, Duffy G, Scollan N (2005). The future trends for research on quality and safety of animal products. *Italian Journal of Animal Science*, 4, 49-72.
- Kriszan M, Amelung W, Schellberg J, Gebbing T, Kühbauch W (2009). Long-term changes of the $\delta^{15}\text{N}$ natural abundance of plants and soil in a temperate grassland. *Plant and Soil*, 325(1), 157-169.
- Lee SJ, Umamo K, Shibamoto T, Lee KG (2005). Identification of volatile components in basil (*Ocimum basilicum* L.) and thyme leaves (*Thymus vulgaris* L.) and their antioxidant properties. *Food Chemistry*, 91(1), 131-137.
- Mariaca RG, Berger TFH, Gauch R, Imhof MIBJ, Bosset JO (1997). Occurrence of volatile mono- and sesquiterpenoids in highland and lowland plant species as possible precursors for flavor compounds in milk and dairy products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 4423-4434.
- Martin B, Verdier-Metz I, Buchin S, Hurtaud C, Coulon JB (2005). How do the nature of forages and pasture diversity influence the sensory quality of dairy livestock products? *Animal Science*, 81(02), 205-212.
- Monahan FJ, Moloney AP, Downey G, Dunne PG, Schmidt O, Harrison SM (2010). Authenticity and traceability of grassland production and products. In: Schnyder H, Isselstein J, Taube F, Auerswald K, Schellberg J, Wachendorf M, Herrmann A, Gierus M, Wrage N, Hopkins A. (Eds.), *Proceedings of the 23th General Meeting of the European Grassland Federation*, Kiel, Germany, 15, 401-414.
- Nabinger C, Ferreira ET, Freitas AK, Carvalho PCF, Sant'Anna DM (2009). Produção animal com base no campo nativo: aplicações de resultados de pesquisa. In: Pillar VDP, Müller SC, Castilhos ZMS, Jacques AVA (Eds.), *Campos Sulinos - conservação e uso sustentável da biodiversidade*, MMA, Brasília, 175-198.
- Nacz M e Shahidi F (2004). Extraction and analysis of phenolics in food. *Journal of Chromatography*, 1054(1-2), 95-111.
- Nozière P, Graulet B, Lucas A, Martin B, Grolier P, Doreau M (2006). Carotenoids for ruminants: From forages to dairy products. *Animal Feed Science and Technology*, 131(3-4), 418-450.
- Nozière P, Grolier P, Durand D, Ferlay A, Pradel P, Martin B (2006). Variations in Carotenoids, Fat-Soluble Micronutrients, and Color in Cows' Plasma and Milk Following Changes in Forage and Feeding Level. *Journal of Dairy Science*, 89(7), 2634-2648.
- Nuernberg K, Dannenberger D, Nuernberg G, Ender K, Voigt J, Scollan ND, Wood JD, Nute GR, Richardson RI (2005). Effect of a grass-based and a concentrate feeding system on meat quality characteristics and fatty acid composition of longissimus muscle in different cattle breeds. *Livestock Production Science*, 94(1-2), 137-147.
- Piasentier E, Valusso R, Camin F, Versini G (2003). Stable isotope ratio analysis for authentication of lamb meat. *Meat Science*, 64(3), 239-247.
- Prache S, (2007). Developing a diet authentication system from the composition of milk and meat in sheep: a review. *The Journal of Agricultural Science*, 145(5), 435-444.
- Prache S, (2009). Diet authentication in sheep from the composition of animal tissues and products. *Revista Brasileira De Zootecnia-Brazilian Journal of Animal Science*, 38, 362-370.
- Prache S, Arousseau B, Thériez M, Renner M (1990). Les défauts de couleur du tissu adipeux sous-cutané des carcasses d'ovins. *INRA Productions Animales*, 3, 275-285.
- Prache S, Cornu A, Berdagué JL, Priolo A (2005a). Trace-

- ability of animal feeding diet in the meat and milk of small ruminants. *Small Ruminant Research*, 59(2-3), 157-168.
- Prache S, Cornu A, Berdagué JL, Priolo A (2005b). Traceability of grass-feeding in small ruminants meat and milk: A review *Options Méditerranéennes*, A(6), 423 - 428.
- Prache S, Kondjoyan N, Delfosse O, Chauveau-Duriot B, Andueza D, Cornu A (2009). Discrimination of pasture-fed lambs from lambs fed dehydrated alfalfa indoors using different compounds measured in the fat, meat and plasma. *Animal*, 3(4), 598-605.
- Prache S, Martin B, Nozière P, Engel E, Besle JM, Ferlay A, Micol D, Cornu A, Cassar Malek I, Andueza D (2007). Authentification de l'alimentation des ruminants à partir de la composition de leurs produits et tissus. *INRA Productions Animales*, 20(4), 295-308.
- Prache S, Priolo A, Grolier P (2003a). Effect of concentrate finishing on the carotenoid content of perirenal fat in grazing sheep: its significance for discriminating grass-fed, concentrate-fed and concentrate-finished grazing lambs. *Animal Science*, 77, 225-233.
- Prache S, Priolo A, Grolier P (2003b). Persistence of carotenoid pigments in the blood of concentrate-finished grazing sheep: Its significance for the traceability of grass-feeding. *Journal Animal Science*, 81(2), 360-367.
- Prache S e Theriez M, (1999) Traceability of lamb production systems: carotenoids in plasma and adipose tissue. *Animal Science*, 69, 29-36.
- Pratesi V, Ghiselli L, Pardini A (2008). Pasture plants of central Italy and possible traceable compounds in sheep cheese. *Options Méditerranéennes. Série A: Séminaires Méditerranéens*, 79, 109-112.
- Prieto N, Ross DW, Navajas EA, Nute GR, Richardson RI, Hyslop JJ, Simm G, Roche R (2009). On-line application of visible and near infrared reflectance spectroscopy to predict chemical-physical and sensory characteristics of beef quality. *Meat Science*, 83(1), 96-103.
- Priolo A, Micol D, Agabriel J, Prache S, Dransfield E (2002a). Effect of grass or concentrate feeding systems on lamb carcass and meat quality. *Meat Science*, 62(2), 179-185.
- Priolo A, Prache S, Micol D, Agabriel J (2002b). Reflectance spectrum of adipose tissue to trace grass feeding in sheep: influence of measurement site and shrinkage time after slaughter. *Journal Animal Science*, 80(4), 886-891.
- Renou JP, Deponge C, Gachon P, Bonnefoy JC, Coulon JB, Garel JP, Vérité R, Ritz P (2004). Characterization of animal products according to geographic origin and feeding diet using nuclear magnetic resonance and isotope ratio mass spectrometry: cow milk. *Food Chemistry*, 85(1), 63-66.
- Röhrle FT, Moloney AP, Osorio MT, Luciano G, Priolo A, Caplan P, Monahan FJ (2011). Carotenoid, colour and reflectance measurements in bovine adipose tissue to discriminate between beef from different feeding systems. *Meat Science*, 88(3), 347-353.
- Scollan ND, Choi NJ, Kurt E, Fisher AV, Enser M, Wood JD (2001). Manipulating the fatty acid composition of muscle and adipose tissue in beef cattle. *British Journal of Nutrition*, 85(1), 115-124.
- Serrano E, Prache S, Chauveau-Duriot B, Agabriel J, Micol D (2006). Traceability of grass-feeding in young beef using carotenoid pigments in plasma and adipose tissue. *Animal Science*, 82(6), 909-918.
- Sheath GW, Coulon JB, Young OA (2001). Grassland management and animal product quality, *Proceedings of the XIX International Grassland Congress*, Sao Paulo, Brazil, 1019-1026.
- Vasta V e Priolo A (2006). Ruminant fat volatiles as affected by diet. A review. *Meat Science*, 73, 218-228.
- Vasta V, Luciano G, Dimauro C, Röhrle F, Priolo A, Monahan F J, Moloney A P (2011). The volatile profile of longissimus dorsi muscle of heifers fed pasture, pasture silage or cereal concentrate: Implication for dietary discrimination. *Meat Science*, 87(3), 282-289.
- Vasta V, Ventura V, Luciano G, Andronico V, Pagano RI, Scerra M, Biondi L, Avondo M, Priolo A (2012). The volatile compounds in lamb fat are affected by the time of grazing. *Meat Science*, 90(2), 451-456.
- Wolter R (1988). *Alimentation vitaminique*, Alimentation de bovins, ovins et caprins, Institut National de la Recherche Agronomique, France, 113-120.
- Yang A, Larsen T, Tume R (1992). Carotenoid and retinol concentrations in serum, adipose tissue and liver and carotenoid transport in sheep, goats and cattle. *Australian Journal of Agricultural Research*, 43(8), 1809-1817.