ALTERAÇÕES NOS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS DE HAMBÚRGUERES BOVINOS COM SUBSTITUIÇÃO DE GORDURA SUÍNA POR PSYLLIUM

Ida Rúbia Machado Moulin[1], Juliana Abreu Rezende[1], Antonio Manoel Maradini Filho[3], Rodrigo Fortunato De Oliveira[4], Alexandre Cristiano Santos Junior[2], Fábio da Costa Henry[1]

[1]Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) Av. Alberto Lamego, nº 2000, Parque Califórnia, CEP: 28013602 - Campos dos Goytacazes, RJ – Brasil, idarubiammoulin@gmail.com, juliana_abreurezende@hotmail.com, fabiocosta@uenf.br.
[2]Instituto Federal do Espírito Santo campus Alegre, Rodovia ES-482 (Cachoeiro-Alegre), Km 47. Distrito de Rive – Caixa Postal 47, CEP: 29500000 - Alegre – ES, Brasil, alexandre.santos@ifes.edu.br.
[3]Universidade Federal do Espírito Santo, Alto Universitário - Departamento de Medicina Veterinária, Centro, CEP: 29500000 - Alegre, ES – Brasil, antonio.maradini@ufes.br.
[4]Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Rua Quinze de Novembro – Centro, CEP: 65900001 - Imperatriz, MA – Brasil, rodrigo.fortunato@uemasul.edu.br.

Resumo
A utilização de fibras alimentares como substitutos de gordura em produtos cárneos pode modificar características visuais determinantes para a percepção de qualidade pelo consumidor. Objetivou-se avaliar os efeitos da substituição parcial da gordura suína por psyllium sobre as coordenadas colorimétricos de hambúrgueres bovinos crus e grelhados. Foram elaboradas cinco formulações contendo níveis crescentes de psyllium: T0 (0%), T1 (2,5%), T2 (5%), T3 (7,5%) e T4 (10%). A cor instrumental foi determinada pelos parâmetros de luminosidade (L*), intensidade de vermelho (a*) e intensidade de amarelo (b*). Nos hambúrgueres crus, foram observadas diferenças significativas para L* ($p<0,001$), a* ($p=0,003$) e b* ($p<0,001$). Após o processamento térmico, os parâmetros também foram significativamente alterados, com redução progressiva principalmente de a* e b*. A substituição da gordura suína por psyllium promoveu, portanto, escurecimento dos hambúrgueres e redução das tonalidades vermelha e amarela, sendo esse efeito mais evidente nos maiores níveis de inclusão.

Palavras-chave: colorimetria. fibra alimentar. produto cárneo. reformulação de alimentos. redução de gordura.

Área do Conhecimento: Ciências da Saúde

Introdução

Introdução

A crescente demanda por alimentos com perfil nutricional aprimorado tem estimulado a reformulação de produtos cárneos tradicionais, especialmente por meio da redução da gordura animal e da incorporação de ingredientes com propriedades funcionais e tecnológicas (Pateiro et al., 2021; Rios-Mera et al., 2021). Entretanto, a gordura desempenha funções importantes na qualidade desses produtos, contribuindo para características como textura, suculência, sabor e aparência. Dessa forma, sua redução ou substituição representa um desafio tecnológico, uma vez que modificações na composição da matriz podem afetar atributos determinantes para a qualidade final e para a percepção do consumidor (Polizer-Rocha et al., 2020).

Entre as estratégias utilizadas na reformulação de produtos cárneos destaca-se a incorporação de fibras alimentares como substitutos parciais da gordura. Esses ingredientes podem apresentar capacidade de retenção de água e formação de estruturas que auxiliam na manutenção das propriedades tecnológicas de produtos com menor teor lipídico, embora seus efeitos dependam da origem, da concentração e das características específicas da fibra empregada (Soncu et al., 2015; Bis-Souza et al., 2018; Polizer-Rocha et al., 2020). Nesse contexto, o psyllium, obtido principalmente da casca das sementes de *Plantago ovata*, destaca-se pelo elevado conteúdo de fibra solúvel e pela presença de polissacarídeos com propriedades hidrocoloidais, características que favorecem sua aplicação na formulação de diferentes alimentos (Franco et al., 2020). Em produtos cárneos, sua

utilização tem sido investigada como alternativa para a substituição parcial da gordura, podendo modificar propriedades físico-químicas e tecnológicas da matriz (Silva et al., 2024).

Apesar das vantagens associadas à utilização de fibras em produtos reformulados, sua incorporação pode modificar a aparência do alimento, particularmente a cor. Em produtos cárneos, a cor é um importante atributo de qualidade e está relacionada à interação entre os pigmentos, especialmente a mioglobina, e as propriedades físicas da matriz que determinam a absorção e a dispersão da luz (Mancini; Hunt, 2005; Suman; Joseph, 2013; King et al., 2023). Instrumentalmente, essas alterações podem ser avaliadas pelo sistema CIELAB, no qual L* representa a luminosidade, a* está relacionado ao eixo vermelho–verde e b* ao eixo amarelo–azul (King et al., 2023). Alterações nesses parâmetros são particularmente relevantes em produtos cárneos reformulados, uma vez que mudanças na proporção de gordura, na concentração de pigmentos e nas características ópticas dos ingredientes adicionados podem modificar a aparência final do produto.

Estudos anteriores demonstraram que a utilização de fibras e substitutos de gordura pode alterar os parâmetros colorimétricos de hambúrgueres bovinos, embora a magnitude e a direção dessas alterações dependam do ingrediente utilizado. Bastos et al. (2014) observaram modificações em L*, a* e b* com a utilização de diferentes substitutos vegetais de gordura, enquanto Soncu et al. (2015) verificaram respostas distintas de acordo com a utilização de fibras de cenoura e limão. Bis-Souza et al. (2018) também demonstraram que fibras solúveis e insolúveis exercem efeitos diferentes sobre a luminosidade e as características cromáticas de hambúrgueres com baixo teor de gordura. Por outro lado, Polizer-Rocha et al. (2020) observaram alterações mais discretas com a utilização de fibra de ervilha, reforçando que a resposta colorimétrica depende da natureza e da concentração do ingrediente empregado. Especificamente para o psyllium, Silva et al. (2024) relataram alterações na coloração de hambúrgueres bovinos submetidos à substituição da gordura suína por mucilagem dessa fibra, evidenciando a necessidade de avaliar sua influência sobre a aparência do produto.

Diante disso, objetivou-se avaliar os efeitos de diferentes níveis de substituição parcial da gordura suína por psyllium sobre os parâmetros instrumentais de cor L*, a* e b* de hambúrgueres bovinos, considerando o produto cru e após o processamento térmico.

Metodologia

Materiais e ingredientes

Para a elaboração dos hambúrgueres, foram utilizados como matérias-primas: paleta bovina (*Triceps brachii*), gordura suína (toucinho sem pele e sem carne), psyllium comercial (Du Loiro®), sal (cloreto de sódio, Globo®), antioxidante INS 316 (Ibracor LF®, Ibrac®), conservante INS 250 (Cura LF 600®, Ibrac®), açúcar (Paineiras®) e alho em pó (Adicel®).

A carne bovina e a gordura suína foram adquiridas no comércio local de Campos dos Goytacazes/RJ, acondicionadas a vácuo e armazenadas sob congelamento (-18 °C) até o processamento. O psyllium foi adquirido em uma casa de produtos naturais localizada na cidade de Alegre/ES.

Tratamentos e confecção dos hambúrgueres

Foram definidos cinco tratamentos, sendo: T0 (sem psyllium e 20% de gordura suína); T1 (2,5% de psyllium e 17,5% de gordura suína); T2 (5% de psyllium e 15% de gordura suína); T3 (7,5% de psyllium e 12,5% de gordura suína) T4 (10% de psyllium e 10% de gordura suína). A confecção dos hambúrgueres seguiu a formulação proposto por Novello e Pollonio (2012) com algumas modificações (Tabela 1).

Tabela 1 – Ingredientes das formulações de hambúrgueres o com substituição da gordura suína por psyllium.

Ingredientes (%)	Tratamentos				
	T0[1]	T1[2]	T2[3]	T3[4]	T4[5]
Carne bovina	77,76	77,76	77,76	77,76	77,76
Gordura suína	19,44	17,01	14,58	12,15	9,72
Psyllium	0,00	2,43	4,86	7,29	9,72
Sal	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Antioxidante	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Conservante	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Açúcar	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Alho em pó	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Total	100	100	100	100	100

[1]T0:Sem adição de psyllium, [2]T1: Substituição de gordura suína por 2,5% de psyllium; [3]T2: Substituição de gordura suína por 5% de psyllium; [4]T3: Substituição de gordura suína por 7,5% de psyllium; [5]T4: Substituição de gordura suína por 10% de psyllium.
Fonte: elaborado pelos autores.

Os hambúrgueres foram confeccionados no setor da Agroindústria de carnes do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes) - campus Alegre e armazenados sob congelamento (-18 °C) até ao momento das análises.

Análises instrumentais de cor

A cor foi avaliada tanto nos hambúrgueres crus como nos assados, ambos mantidos sob temperatura ambiente, utilizando um colorímetro Minolta CR-400 Chroma meter (Japão) (com ângulo de visão de 10°, iluminante D65 e abertura de 8 mm com um cone fechado), conforme descrito por Vital et. al (2016). Seis medições selecionadas em pontos aleatórios foram registradas por amostra, obtendo-se valores de luminosidade (L*), coloração vermelha (a*) e coloração amarela (b*). As leituras das amostras foram realizadas em triplicata, no tempo de 12 dias após processamento das diferentes formulações dos hambúrgueres. Os hambúrgueres foram assados em forno elétrico a 200ºC, por 10min de cada lado.

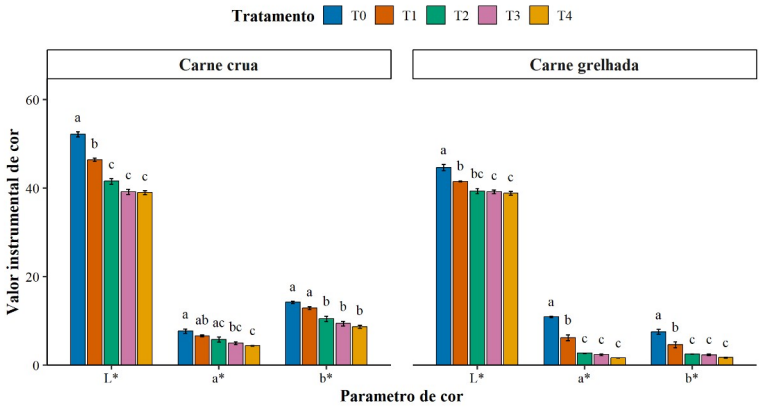
Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Quando identificadas diferenças significativas pelo teste F ($p < 0,05$), as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando a função HSD.test do pacote agricolae. A normalidade dos resíduos foi avaliada por meio do teste de Shapiro-Wilk, considerando-se nível de significância de 5%. Adicionalmente, foi calculado o coeficiente de variação (CV) para cada variável. Para a visualização dos resultados, foram elaborados gráficos de médias com barras de erro (desvio padrão), utilizando o pacote ggplot2. Todas as análises foram realizadas adotando-se nível de significância de 5%.

Resultados

A substituição parcial da gordura suína por psyllium promoveu alterações significativas nas coordenadas instrumentais de cor dos hambúrgueres bovinos, tanto nas amostras cruas quanto nas submetidas ao processamento térmico, que está apresentada na Figura 1. A aparência visual (Figura 2) corroborou os resultados instrumentais, evidenciando diferenças perceptíveis entre os tratamentos.

Figura 1. Coordenadas de cor de hambúrgueres crus e grelhados com diferentes níveis de substituição de gordura por psyllium.



O parâmetro L* representa a luminosidade, a* indica a intensidade de vermelho e b* corresponde à intensidade de amarelo. T0:Sem adição de psyllium, T1: Substituição de gordura suína por 2,5% de psyllium; T2: Substituição de gordura suína por 5% de psyllium; T3: Substituição de gordura suína por 7,5% de psyllium; T4: Substituição de gordura suína por 10% de psyllium. Os valores são médias de análises realizadas em triplicata. Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).
Fonte: os autores (2026).

Figura 2. Aparência visual dos hambúrgueres com diferentes níveis de substituição de gordura suína por psyllium.



T0:Sem adição de psyllium, T1: Substituição de gordura suína por 2,5% de psyllium; T2: Substituição de gordura suína por 5% de psyllium; T3: Substituição de gordura suína por 7,5% de psyllium; T4: Substituição de gordura suína por 10% de psyllium.
Fonte: os autores (2026).

Nos hambúrgueres crus, foram observadas diferenças significativas para luminosidade, L* ($p<0,001$), intensidade de vermelho, a* ($p=0,003$), e intensidade de amarelo, b* ($p<0,001$). Para L*, o tratamento controle (T0) apresentou a maior média, de 52,12, diferindo significativamente dos tratamentos contendo psyllium. Os menores valores foram observados em T2, T3 e T4, que não diferiram entre si, demonstrando redução da luminosidade e consequente escurecimento das amostras com o aumento da substituição.

O parâmetro a* também apresentou redução com o incremento de psyllium. O tratamento controle apresentou a maior média, de 7,72, enquanto T4 apresentou o menor valor, de 4,43. Dessa forma, a maior substituição da gordura suína foi acompanhada pela redução da intensidade da coloração vermelha do produto cru.

Para b*, T0 e T1 apresentaram os maiores valores e não diferiram estatisticamente entre si. Em contrapartida, T2, T3 e T4 apresentaram valores significativamente inferiores, indicando diminuição da intensidade da tonalidade amarela a partir dos maiores níveis de substituição.

Após o processamento térmico, as diferenças de cor entre as formulações permaneceram evidentes. Para L*, o tratamento controle apresentou a maior média, de 44,63, enquanto as formulações contendo maiores níveis de psyllium apresentaram menores valores. T2 apresentou comportamento intermediário, demonstrando que a redução da luminosidade observada no produto cru também permaneceu após o processamento térmico.

Os parâmetros a* e b* dos hambúrgueres grelhados apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos ($p<0,001$). Para a*, ocorreu redução acentuada de 10,91 em T0 para 1,69 em T4, correspondendo a uma diminuição expressiva da intensidade da tonalidade vermelha. De forma semelhante, o parâmetro b* foi reduzido de 7,57 em T0 para 1,73 em T4, indicando menor intensidade da tonalidade amarela nas formulações com maior nível de psyllium.

De maneira geral, os resultados demonstraram um padrão consistente de redução de L*, a* e b* à medida que aumentou a substituição da gordura suína por psyllium. As diferenças foram mais evidentes principalmente nos tratamentos T3 e T4, caracterizados pelos maiores níveis de inclusão da fibra.

Discussão

A cor dos produtos cárneos é determinada pela interação entre os pigmentos da carne, especialmente a mioglobina, e as características físicas da matriz, que influenciam a absorção e a dispersão da luz (Mancini; Hunt, 2005; Suman; Joseph, 2013; King et al., 2023). Assim, a substituição da gordura por psyllium pode modificar a aparência dos hambúrgueres por alterar simultaneamente a composição e a estrutura do produto.

A redução de L* observada com o aumento da substituição indica que a incorporação de psyllium resultou em hambúrgueres mais escuros. Esse comportamento é compatível com a menor participação da gordura na matriz, uma vez que a fração lipídica contribui para a dispersão da luz e pode aumentar a luminosidade do produto. Além disso, o próprio psyllium pode ter contribuído para essa resposta em razão de suas características ópticas. Silva et al. (2024), em estudo com hambúrgueres bovinos formulados com mucilagem de psyllium, observaram comportamento semelhante, com redução da luminosidade à medida que aumentou a substituição da gordura. Esse resultado também se aproxima do observado por Soncu et al. (2015) e Bis-Souza et al. (2018) em formulações com outras fontes de fibra e menor teor de gordura.

Apesar dessa concordância, os efeitos das fibras sobre a luminosidade não são uniformes. Soncu et al. (2015) observaram aumento de L* em algumas formulações contendo fibras de cenoura e limão, enquanto Polizer-Rocha et al. (2020) não identificaram diferença significativa com a adição de fibra de ervilha. Essas divergências indicam que a resposta depende das propriedades específicas de cada ingrediente, incluindo sua coloração, concentração, capacidade de retenção de água e interação com a matriz cárnea. Portanto, o escurecimento observado neste estudo parece estar associado à combinação entre a redução da gordura e as características particulares do psyllium, não podendo ser generalizado para todas as fibras alimentares.

A diminuição de a* demonstra redução da intensidade da tonalidade vermelha nas formulações com maior substituição. Embora esse parâmetro esteja relacionado à mioglobina, os dados obtidos não permitem afirmar que a redução tenha ocorrido por oxidação desse pigmento, pois as formas químicas da mioglobina não foram determinadas. A alteração pode estar relacionada à modificação da matriz e à menor proporção relativa de carne decorrente da incorporação do ingrediente vegetal. Conforme discutido por King et al. (2023), os valores de a* não dependem exclusivamente do estado químico dos pigmentos, mas também das propriedades físicas do alimento e da forma como a luz é refletida pela superfície.

Esse resultado é parcialmente semelhante ao de Silva et al. (2024), que também observaram alteração de a* em hambúrgueres com psyllium. Entretanto, a comparação deve ser feita com cautela, pois diferenças na concentração utilizada, na forma de preparo do ingrediente e na composição das formulações podem modificar a resposta colorimétrica. Dessa forma, a redução de a* observada no presente estudo evidencia uma mudança na aparência do produto, mas não permite estabelecer um mecanismo específico relacionado à mioglobina.

O comportamento de b* reforça a influência da formulação sobre o perfil de cor. A redução desse parâmetro nas formulações com maior inclusão de psyllium indica menor intensidade da tonalidade amarela. Esse resultado difere do observado por Soncu et al. (2015), que verificaram aumento de b* em hambúrgueres contendo fibras de cenoura e limão, provavelmente em razão dos pigmentos naturalmente presentes nesses ingredientes. Também diverge de Silva et al. (2024), que não observaram efeito significativo sobre b* em hambúrgueres com mucilagem de psyllium. A diferença entre os estudos pode estar relacionada ao tipo de psyllium utilizado, à sua forma de incorporação e às proporções de substituição. Assim, mesmo ingredientes pertencentes à mesma fonte vegetal podem produzir efeitos distintos quando aplicados em condições tecnológicas diferentes.

Após a cocção, as diferenças entre os tratamentos permaneceram, indicando que o efeito da reformulação não foi eliminado pelo aquecimento. A cocção modifica naturalmente a cor da carne por promover alterações na mioglobina, especialmente sua desnaturação térmica (Suman et al., 2016). Entretanto, como todos os tratamentos foram submetidos às mesmas condições de processamento, a manutenção das diferenças entre as formulações sugere que a composição da matriz continuou influenciando a reflexão da luz após o aquecimento. Não é possível, contudo, afirmar que o psyllium tenha alterado diretamente a desnaturação da mioglobina, uma vez que essa variável não foi avaliada.

De modo geral, os resultados indicam que níveis mais elevados de substituição da gordura por psyllium modificaram de forma mais evidente os parâmetros de cor, principalmente pela redução da luminosidade e das tonalidades vermelha e amarela. Embora essas alterações possam influenciar a expectativa do consumidor, a avaliação instrumental não permite determinar isoladamente a aceitação do produto. Estudos com outras fibras mostram que mudanças na cor podem ocorrer sem necessariamente comprometer a aceitação sensorial (Bis-Souza et al., 2018; Polizer-Rocha et al., 2020). Portanto, a definição do nível mais adequado de substituição deve considerar, além dos parâmetros colorimétricos, os resultados de aceitação sensorial e as demais propriedades tecnológicas dos hambúrgueres.

Conclusão

A substituição parcial da gordura suína por psyllium alterou significativamente nas coordenadas colorimétricas dos hambúrgueres bovinos. O aumento do nível de psyllium promoveu redução da luminosidade (L*) e das intensidades das tonalidades vermelha (a*) e amarela (b*), tanto nos hambúrgueres crus quanto nos grelhados. As alterações foram mais pronunciadas nas formulações com maiores níveis de substituição, especialmente T3 e T4, evidenciando escurecimento progressivo do produto. Portanto, a influência do psyllium sobre a cor deve ser considerada na definição de sua concentração de aplicação em hambúrgueres bovinos, sendo recomendável associar esses

resultados à avaliação sensorial para estabelecer níveis de substituição capazes de conciliar a reformulação do produto com sua aceitabilidade visual.

Referências

BASTOS, S. C.; PIMENTA, M. E. S. G.; PIMENTA, C. J.; REIS, T. A.; NUNES, C. A.; PINHEIRO, A. C. M.; FABRÍCIO, L. F. F.; LEAL, R. S. Alternative fat substitutes for beef burger: technological and sensory characteristics. Journal of Food Science and Technology, v. 51, n. 9, p. 2046–2053, 2014. DOI: 10.1007/s13197-013-1233-2.

BIS-SOUZA, C. V.; HENCK, J. M. M.; BARRETTO, A. C. S. Performance of low-fat beef burger with added soluble and insoluble dietary fibers. Food Science and Technology, v. 38, n. 3, p. 522–529, 2018. DOI: 10.1590/fst.09217.

FRANCO, E. A. N.; SANCHES-SILVA, A.; RIBEIRO-SANTOS, R.; MELO, N. R. Psyllium (Plantago ovata Forsk): From evidence of health benefits to its food application. Trends in Food Science & Technology, v. 96, p. 166–175, 2020. DOI: 10.1016/j.tifs.2019.12.006.

KING, D. A.; HUNT, M. C.; BARBUT, S.; CLAUS, J. R.; CORNFORTH, D. P.; JOSEPH, P.; KIM, Y. H.; et al. American Meat Science Association Guidelines for Meat Color Measurement. Meat and Muscle Biology, v. 6, n. 4, p. 1–81, 2023. DOI: 10.22175/mmb.12473.

MANCINI, R. A.; HUNT, M. C. Current research in meat color. Meat Science, v. 71, n. 1, p. 100–121, 2005. DOI: 10.1016/j.meatsci.2005.03.003.

PATEIRO, M.; DOMÍNGUEZ, R.; LORENZO, J. M. Recent Research Advances in Meat Products. Foods, v. 10, n. 6, art. 1303, 2021. DOI: 10.3390/foods10061303.

POLIZER-ROCHA, Y. J.; LORENZO, J. M.; POMPEU, D.; RODRIGUES, I.; BALDIN, J. C.; PIRES, M. A.; FREIRE, M. T. A.; BARBA, F. J.; TRINDADE, M. A. Physicochemical and technological properties of beef burger as influenced by the addition of pea fibre. International Journal of Food Science & Technology, v. 55, n. 3, p. 1018–1024, 2020. DOI: 10.1111/ijfs.14324.

RIOS-MERA, J. D.; SALDAÑA, E.; PATINHO, I.; SELANI, M. M.; CONTRERAS-CASTILLO, C. J. Advances and gaps in studies on healthy meat products and their relationship with regulations: The Brazilian scenario. Trends in Food Science & Technology, v. 110, p. 833–840, 2021. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.01.092.

SILVA, C. I. da; VITAL, A. C. P.; CASETTA, J.; SARAIVA, B. R.; NASCIMENTO, L. S.; PENHA, G. P.; PRADO, I. N. do. Effects of the replacement of pork fat by psyllium mucilage in beef hamburgers and display time on chemical-physical characteristics. Observatório de la Economía Latinoamericana, v. 22, n. 8, e6189, 2024. DOI: 10.55905/oelv22n8-060.

SONCU, E. D.; KOLSARICI, N.; ÇIÇEK, N.; ÖZTÜRK, G. S.; AKOĞLU, I. T.; ARICI, Y. K. The comparative effect of carrot and lemon fiber as a fat replacer on physico-chemical, textural, and organoleptic quality of low-fat beef hamburger. Korean Journal for Food Science of Animal Resources, v. 35, n. 3, p. 370–381, 2015. DOI: 10.5851/kosfa.2015.35.3.370.

SUMAN, S. P.; JOSEPH, P. Myoglobin chemistry and meat color. Annual Review of Food Science and Technology, v. 4, p. 79–99, 2013. DOI: 10.1146/annurev-food-030212-182623.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio do Instituto Federal do Espírito Santo – campus de Alegre, da Universidade Estadual do Norte Fluminense e da Universidade Federal do Espírito Santo – campus de Alegre.