

## Intenção de compra de produtos com micoproteína e estudo de aplicação de *Pleurotus albidus* nas características químicas e tecnológicas de hambúrguer bovino

Roberta Garcia Barbosa | <https://orcid.org/0000-0002-2074-431X> - Edi Franciele Ries | <https://orcid.org/0000-0001-6688-2913> - Patrícia Fernanda Schons | <https://orcid.org/0000-0002-6161-1214> - Stefany Grützmann Arcari | <https://orcid.org/0000-0001-7327-3024> - Tahis Regina Baú | <https://orcid.org/0000-0002-2809-9079> - Ane Luize de Oliveira | <https://orcid.org/0000-0003-3117-4276> - Hãna Be | <https://orcid.org/0009-0000-6608-7944> - Fernanda Stoffel | <https://orcid.org/0000-0003-0939-0968>

### RESUMO

Espécies de cogumelos comestíveis do gênero *Pleurotus* são consideradas alimentos de elevado potencial nutricional e fonte alternativa de proteínas, fibras e carboidratos. Seu emprego em produtos cárneos pode ser uma alternativa para redução do teor de gordura e inserção de fibras neste grupo de alimentos reconhecido pelo seu alto teor lipídico e baixo teor de fibras. Neste contexto, este trabalho objetivou verificar o conhecimento dos consumidores sobre o emprego de cogumelos em alimentos, bem como sua intenção de compra. Além disso, objetivou desenvolver a farinha de micoproteína de *Pleurotus albidus* em meio de cultivo em estado sólido com grãos de trigo, analisá-la e aplicá-la em hambúrgueres bovinos nas concentrações de 0, 25, 50 e 100 % em substituição a gordura adicionada. Os hambúrgueres bovinos elaborados foram avaliados quanto a sua composição centesimal e características tecnológicas (pH, atividade de água, cor, estabilidade da emulsão, perda por cocção e textura). Os resultados encontrados no formulário de intenção de compra mostraram-se promissores no que diz respeito ao possível consumo destes alimentos, pois os respondentes demonstraram interesse no consumo e preocupação com a inserção de fontes alternativas de proteínas na alimentação. A farinha de macrofungo produzida tem 13,10% de proteína (b.s.), 10,65% de lipídios e 56,00% de carboidratos. Ao analisar os hambúrgueres, observou-se que a substituição da gordura promoveu diminuição de lipídios e aumento dos carboidratos. Quanto às análises tecnológicas, observou-se melhoria da textura, estabilidade da emulsão e diminuição na perda por cocção ao adicionar quantidades crescentes de farinha de micoproteína, porém diminuindo a luminosidade.

**Palavras-chave:** cogumelos comestíveis; macrofungos; proteínas alternativas.

## Purchase intention of products with mycoprotein and study of the application of *Pleurotus albidus* in the chemical and technological characteristics of beef burger

### ABSTRACT

Species of edible mushrooms of the genus *Pleurotus* are considered foods of high nutritional potential and an alternative source of proteins, fibers and carbohydrates. Its use in meat products can be an alternative for reducing the fat content and adding fiber in this food group known for its high lipid content and low fiber content. In this context, this work aimed to verify consumers' knowledge about the use of mushrooms in food, as well as purchase intention. In addition, it aimed to develop mycoprotein flour from *Pleurotus albidus* using solid-state cultivation in wheat grains, analyze it and apply it in beef burgers at concentrations of 0, 25, 50 and 100% in substitution of fat. The prepared beef hamburgers were evaluated for their chemical composition and technological characteristics (pH, water activity, color, emulsion stability, cooking loss and texture). The results found in the purchase intention questionnaire were extremely promising with regard to the possible consumption of foods with mycoproteins, as the respondents showed interest in consumption and concern with the inclusion of alternative sources of protein in their diet. The macrofungus flour produced has 13.10% protein (d.b.), 10.65% lipids and 56.00% carbohydrates. When analyzing the hamburgers, it was observed that the substitution of fat promoted a decrease in lipids and an increase in carbohydrates. For the technological analyses, when increasing amounts of mycoprotein flour were added, there was an improvement in the texture and stability of the emulsion, a decrease in loss by cooking and lower luminosity.

**Keywords:** edible mushrooms; macrofungi; alternative proteins.

Recebido em: 1/4/2023. Aprovado em: 8/11/24.

Avaliado pelo sistema duplo-anônimo. Publicado conforme as normas da ABNT.

<https://doi.org/10.35700/2316-8382.2025.v15Nesp.3555>

## INTRODUÇÃO

Os macrofungos comestíveis são cultivados e comercializados mundialmente, podendo ser consumidos por pessoas de todas as idades e condições de saúde. São utilizados há séculos como alimento, com aumento do consumo nos últimos anos, devido à busca por alternativas alimentares, à melhoria da conscientização da população, por serem uma alternativa à escassez de alimentos e por contribuir para a diminuição da poluição do meio ambiente. Ainda, são muito apreciados por seus atributos sensoriais e sua composição nutricional, podendo ser considerados alimentos funcionais pois, além de nutrir, produzem efeitos metabólicos benéficos à saúde (Stoffel *et al.* 2019; Chang, 2008).

Macrofungos do gênero *Pleurotus* são comestíveis, ricos em carboidratos, fibras, vitaminas, sais minerais, lipídios e proteínas. E, devido a sua composição, o interesse em sua utilização no desenvolvimento de alimentos funcionais vem crescendo. Apresenta propriedades terapêuticas, tais como efeito imunomodulatório, antitumoral, antimicrobiano, anti-inflamatório, antiviral, anti-hiperglicêmico, entre outras (Stoffel *et al.* 2019).

Dentre as espécies de macrofungos do gênero, a espécie *Pleurotus albidus*, isolada do bioma Mata Atlântica no Estado do Rio Grande do Sul, vem sendo estudada e tem demonstrado resultados satisfatórios em diversas aplicações devido a seu alto valor nutricional e apreciadas características sensoriais (Stoffel *et al.* 2019). Adicionalmente, *P. albidus* se destaca devido a seu elevado rendimento durante sua produção, com bom desenvolvimento do micélio e boa adaptabilidade para produção no cultivo em estado sólido (CES) (Kirsch *et al.*, 2016).

Produtos cárneos são alimentos industrializados que constituem fontes de proteínas e da maioria das vitaminas e minerais de que necessitamos. A depender do produto, são associados a uma imagem negativa para a saúde devido à presença excessiva de gorduras não saudáveis (gordura saturada) e da ausência de fibras (Brasil, 2019). Assim, nos últimos anos, alimentos mais saudáveis, como produtos análogos à carne e/ou com substituição parcial de gordura, tiveram um aumento de popularidade. Porém se sabe que a gordura presente nos produtos cárneos exerce influência nas propriedades físicas, químicas, nutricionais e microbiológicas, e sua retirada deve ser avaliada (Fani, 2013).

Diversos estudos vêm sendo desenvolvidos com o intuito de avaliar a utilização dos macrofungos no desenvolvimento de novos produtos (Stoffel, *et al.*, 2019; Stoffel, *et al.*, 2021). Em produtos cárneos, o desafio é encontrar substitutos equivalentes a carne, gordura e demais matérias-primas cárneas empregadas (Kumar *et al.*, 2019). Micélios do *Pleurotus sapidus*, foram avaliados quanto às alterações nas características sensoriais e tecnológicas com a adição de produtos análogos a salsichas veganas em comparação ao controle com carne bovina e de frango, e os resultados demonstraram que os micélios são uma alternativa para a substituição (Stephan *et al.*, 2018). Outro estudo utilizou cogumelo *Agaricus brasiliensis* em substituição a carne em um produto análogo a hambúrguer, e observaram-se resultados satisfatórios em relação às características microbiológicas e sensoriais (Lemos, 2009).

Devido à necessidade de disponibilização de alimentos alternativos que utilizem menos recursos ambientais para sua produção, e visando suprir a crescente demanda mundial de alimentos, aliada à necessidade de produção com qualidade nutricional e funcional, esta pesquisa objetivou: produzir o macrofungo *Pleurotus albidus* em cultivo em estado sólido em grãos de trigo; aplicar a farinha produzida na elaboração de hambúrguer bovino com diminuição do componente gordura presente; e

verificar as alterações químicas e tecnológicas provocadas pela adição do macrofungo. Além disso, paralelamente, foi conduzida uma avaliação de intenção de compra de produtos elaborados a partir de macrofungos para compreender os conhecimentos e potencial de consumo pela população.

## METODOLOGIA

### APLICAÇÃO DE FORMULÁRIO DE INTENÇÃO DE COMPRA

O formulário de pesquisa de intenção de compra foi aprovado no Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos (CAAE: 49119121.8.0000.0121). O formulário foi divulgado via e-mail e via rede social. O formulário sobre a intenção de consumo de macrofungos continha um questionário com perguntas de múltipla escolha e foi aplicado de forma on-line por meio da plataforma Google Forms® para 96 consumidores. Foi composto de 6 perguntas que caracterizam os respondentes e 15 perguntas sobre conhecimento e a intenção de consumo (Quadro 1).

Quadro 1 – Perguntas empregadas no formulário de intenção de compra.

Perguntas de caracterização dos respondentes	
1) Qual seu gênero?	4) Qual seu estado civil?
2) Faixa etária	5) Qual a renda familiar mensal, ou seja, o total em salários-mínimos considerando a soma de todos os rendimentos da família?
3) Qual a sua escolaridade?	6) Com relação a estilo de vida e hábitos alimentares, considerando o consumo de produtos de origem animal e seus derivados, você se considera: 1) vegetariano; 2) Vegano; 3) Flexitariano; 4) Onívoro; e 5) Outros
Perguntas sobre o conhecimento e a intenção de consumo	
7) Você sabe o que são macrofungos?	15) Você já COMPROU alimentos que utilizam macrofungos em sua elaboração?
8) Sabendo que macrofungos são cogumelos, você sabia que os cogumelos comestíveis e micoproteínas já vêm sendo ESTUDADOS para o desenvolvimento de diferentes produtos alimentícios?	16) Levando em consideração a necessidade de encontrarmos fontes alternativas na alimentação para mitigar a escassez mundial de alimentos, e os benefícios nutricionais e sensoriais, você considera que sua decisão de consumir alimentos que utilizam macrofungos em sua elaboração pode ser alterada?
9) Você sabia que os cogumelos comestíveis já vêm sendo UTILIZADOS na elaboração e comercialização de alimentos?	17) Você substituiria o consumo de carnes por carnes elaboradas a partir de macrofungos?
10) Você sabia que os cogumelos comestíveis são considerados FONTES alternativas de proteínas, contendo ainda fibras, lipídios, carboidratos, vitaminas e minerais?	18) Você imagina quais são os entraves para a comercialização de alimentos produzidos com cogumelos comestíveis?
11) Você sabia que os cogumelos comestíveis têm compostos bioativos, podendo atuar como alimentos funcionais e nutracêuticos, com o efeito imunomodulatório, antitumoral, antimicrobiano, anti-inflamatório, antiviral, anti-hiperglicêmico, entre outros?	19) Carnes cultivadas são chamadas aquelas carnes elaboradas a partir de células animais, em laboratório. Você substituiria o consumo de carnes por outras fontes alternativas de carne, como carnes cultivadas ou carnes elaboradas a partir de vegetais?
12) Você sabe quais pessoas NÃO podem consumir alimentos elaborados com macrofungos?	20) Quanto você considera que seria possível pagar para o consumo de carnes produzidas de fontes alternativas de proteínas, como as carnes elaboradas a partir de micoproteínas, vegetais ou carnes cultivadas?
13) Você compraria alimentos que utilizam macrofungos em sua elaboração?	21) Você acredita que a produção de carne cultivada é uma tendência para o futuro do consumo de carnes no planeta?
14) Você já PROVOU alimentos que utilizam macrofungos em sua elaboração?	

Fonte: os autores.

## OBTENÇÃO E ANÁLISE DA FARINHA DE MICOPROTEÍNA DE *PLEUROTUS ALBIDUS*

A farinha do macrofungo foi elaborada de acordo pelo descrito por Stoffel *et al.* (2019). O macrofungo foi inoculado em grãos de trigo adquiridos no comércio local de São Miguel do Oeste – SC, cozidos e esterilizados em autoclave (1 atm, durante 1 h), incubado ( $24 \pm 2$  °C) até completa colonização. Após, o conteúdo total (grão + micélio de *Pleurotus albidus*) foi seco em estufa (40 °C) e moído (moinho de facas) para obtenção de uma farinha de micoproteína. Após o preparo, foi embalada em sacos de polietileno e mantida refrigerada a temperatura de 2,5 °C ( $\pm 2,5$  °C) até sua aplicação na elaboração dos hambúrgueres e realização das análises físico-químicas.

A avaliação centesimal dos teores de umidade, cinzas, lipídios e proteína foi determinada em triplicata, de acordo com os métodos analíticos da AOAC (2016) e os carboidratos foram determinados por diferença. As avaliações de pH (potencial hidrogeniônico) e atividade de água (Aw) foram realizadas em triplicata. Para a análises de pH, foi utilizado potenciômetro (modelo mPA-210, marca Ms tecnopon Instrumentação, Piracicaba, SP), previamente calibrado com solução tampão, de acordo com o manual do equipamento. E, na análise de atividade de água (Aw), utilizou-se equipamento modelo LabMaster AW NEO (marca Tecnal, São Paulo, SP).

## ELABORAÇÃO DAS FORMULAÇÕES DE HAMBÚRGUER

O preparo das formulações de hambúrguer foi realizado no Laboratório de Carnes e Derivados do IFSC – Câmpus São Miguel do Oeste. Os hambúrgueres de carne bovina com adição de macrofungo foram elaborados seguindo a metodologia de Terra (1998) com modificações. Foram desenvolvidas quatro formulações de hambúrguer com substituição da gordura animal (toucinho) por concentrações crescentes (0; 25; 50 e 100 %) de farinha de macrofungo, conforme apresentado na Tabela 1. A formulação foi elaborada com: farinha de macrofungos previamente elaborada, carne suína e gordura suína inspecionada – adquiridas do comércio local de São Miguel do Oeste (SC) –, proteína texturizada de soja (Vitao Alimentos, Curitiba, PR), sal (Cisne, São Paulo, SP), ácido ascórbico (Dinâmica Química Contemporânea, Indaiatuba, SP), pimenta preta (Brusto, São Miguel do Oeste, SC), glutamato monossódico (Ajinomoto, Limeira, SP) e tripolifosfato de sódio (Adicel, Belo Horizonte, MG).

Tabela 1 – Formulações dos hambúrgueres produzidos com macrofungo.

Matérias-primas e Ingredientes	Formulações elaboradas com diferentes % de macrofungo adicionado			
	F1 - 0 %	F2 - 25 %	F3 - 50 %	F4 - 100 %
Carne bovina magra	73,5 %	73,5 %	73,5 %	73,5 %
Gordura suína (toucinho)	20 %	15 %	10 %	0 %
Farinha de macrofungo	0 %	10 %	15 %	20 %
Proteína texturizada de soja	2,5 %	2,5 %	2,5 %	2,5 %
Sal	2,0 %	2,0 %	2,0 %	2,0 %
Ácido Ascórbico	0,2 %	0,2 %	0,2 %	0,2 %
Pimenta preta	0,2 %	0,2 %	0,2 %	0,2 %
Glutamato monossódico	1 %	1 %	1 %	1 %
Tripolifosfato de sódio	0,6 %	0,6 %	0,6 %	0,6 %

Fonte: os autores.

Os ingredientes foram pesados, homogeneizados durante 5 minutos e moldados com diâmetro de 12,7 cm e espessura de 1,5 cm. Após o preparo, foram embalados individualmente em sacos de polietileno e mantidos refrigerados a temperatura de 0 a 5 °C até o momento das análises tecnológicas e congelados a -12 °C para avaliação da composição centesimal.

## ANÁLISES TECNOLÓGICAS E DE COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

A avaliação centesimal dos hambúrgueres foi determinada em triplicata, de acordo com os métodos analíticos da AOAC (2016) e expressa como base seca (b.s.). As avaliações das características tecnológicas, realizadas em triplicata, foram determinadas utilizando as amostras de hambúrguer cru, pelas análises de pH, Aw, cor e estabilidade de emulsão.

A análise de cor avaliada pelos três parâmetros, o CIE L\*, a\*, b\*, em que o parâmetro L\* representa a luminosidade das amostras, que variam de 0 a 100; o parâmetro a\* representa a cor relacionada ao verde (-) vermelho (+), e o parâmetro b\* é associado às cores azul (-) e amarelo (+), usando o Sistema CIElab (1976) com colorímetro digital Delta Vista (marca Delta Color, São Leopoldo, RS).

A estabilidade de emulsão foi realizada pelo método de Choi *et al.* (2009), por meio da avaliação da separação do fluido total e da separação da gordura. As amostras foram pesadas em tubos de ensaio e mantidas em temperatura 75 °C por 30 minutos. Após o tempo, foram resfriadas até aproximadamente 4 °C, para facilitar a separação das camadas de água e gordura. O fluido total separado da amostra (fluido total) e a porção superior do fluido separado (gordura) foram medidos com micropipetador monocal e calculados conforme equações abaixo.

$$\text{Fluido total} \left( \frac{\text{mL}}{\text{g}} \right) = \left[ \frac{(\text{camada de água (mL)} + \text{camada de gordura (mL)})}{\text{peso da amostra (g)}} \right] \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Gordura} \left( \frac{\text{mL}}{\text{g}} \right) = \left[ \frac{\text{camada de gordura (mL)}}{\text{peso da amostra (g)}} \right] \times 100 \quad (2)$$

As amostras, então, após cozidas em forno elétrico a temperatura de 170 °C até atingirem 72 °C, foram analisadas, em triplicata, quanto a perda por cocção (PC) e textura. Para a análise de PC, os hambúrgueres foram pesados em balança semianalítica, antes de serem levados ao forno e após o assamento, logo que estivessem à temperatura ambiente, a fim de verificar a perda de umidade no assamento, obtendo o resultado em percentual.

$$\text{Perda no cozimento (PC)} \frac{\text{g}}{100 \text{ g}} = \left[ \frac{(\text{hambúrguer cru (g)} - \text{hambúrguer assado (g)})}{\text{hambúrguer cru (g)}} \right] \times 100 \quad (3)$$

Foram avaliadas quanto à textura, pela medida da força de cisalhamento (FC) por metodologia descrita por Wang *et al.* (2018). Os ensaios foram realizados no texturômetro TA.XT Plus (Stable Micro Systems, Texture Exponent 32 software, Surrey, Reino Unido), com célula de carga de 50 kg e provido de lâmina de Warnes-Bratzler, operando com velocidade de 2,0 mm/s. Foi realizada a análise em quadruplicata, em temperatura ambiente, no centro geométrico da amostra com 2 cm de comprimento, 1 cm de largura e 1 cm de altura.

## ANÁLISE ESTATÍSTICA

As determinações analíticas foram realizadas em triplicata ou quadruplicata, e os resultados expressos como média  $\pm$  desvio padrão e submetidos à análise de variância (ANOVA), com teste Tukey ao nível de 5 % de significância. Os resultados encontrados no formulário foram descritos e analisados como percentual de respostas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### FORMULÁRIOS DE INTENÇÃO DE COMPRA

#### CARACTERIZAÇÃO DA POPULAÇÃO RESPONDENTE

Com os resultados obtidos no formulário de intenção de compra, foi possível, primeiramente caracterizar a população respondente por meio das respostas obtidas nas seis (6) primeiras perguntas (Quadro 1). Em relação ao gênero, 68,8 % dos respondentes eram mulheres e 31,3 % homens; sendo que as faixas etárias predominantes foram de 29 a 39 anos com 47,9 % e de 18 a 28 anos com 27,1 %.

A escolaridade dos respondentes variou entre ensino fundamental com 2,1 %, ensino médio com 16,7 %, ensino superior 27,1 %, especialização 13,5 %, mestrado 18,8 %, doutorado 15,6 % e pós-doutorado 6,3%. O estado civil de 44,8 % dos respondentes foi de solteiros; 20,8 % com união estável; 29,2 % casados; 3,1 % divorciados e 2,1 % outros.

A renda familiar de 6,3 % dos respondentes foi declarada de até 2 salários-mínimos (SM); 41,1 % de 2 a 4 SM; de 37,9 % de 5 a 10 SM; de 13,7 % de 11 a 20 SM e de 1,1 % maior que 20 SM. Comparando-se aos dados do IBGE (2022), nota-se que os respondentes declararam maior renda que a média da população brasileira, já que 70 % da população nacional recebe até 2 SM.

Quando perguntados sobre os hábitos alimentares, 74 % dos respondentes se declararam onívoros (consomem todos os tipos de alimentos de origem animal e vegetal); 20,8 % flexitarianos (consomem todos os tipos de alimentos, porém diminuem o consumo de alimentos de origem animal); 5,2 % vegetarianos (eliminam a carne e, às vezes, outros alimentos de origem animal da alimentação), e nenhum se declarou vegano (restringe completamente o consumo de produtos de origem animal). Com este resultado observou-se que a maior parte da população avaliada (91 %) consome produtos de origem animal e vegetal.

#### CONHECIMENTO SOBRE MACROFUNGOS E INTENÇÃO DE CONSUMO

Quando questionados sobre o conhecimento do que são os macrofungos (Pergunta 7), 56,3 % dos respondentes do questionário declararam que sabem o que são macrofungos e o restante ou não sabe (28,1 %) ou não tem certeza (15,6 %). Com este resultado obtido, pode-se observar que praticamente metade da população respondente conhece o termo e sabe o que significa.

Este resultado demonstrou a importância do trabalho realizado, tendo em vista a necessidade de maior conhecimento sobre o tema, já que muitos respondentes ainda não conhecem os macrofungos. O baixo conhecimento dos macrofungos, aliado à pouca disponibilidade de espécies no Brasil, pode

estar relacionado ao baixo perfil de consumo destes alimentos (Cabrera *et al.*, 2020; Rodrigues; Okura, 2022;).

Outro resultado observado é de que 62,5 % dos respondentes já tinham conhecimento de que os macrofungos são estudados para desenvolvimento de produtos (Pergunta 8) e 77,1 % já tinha conhecimento de que os macrofungos já são usados em alimentos (Pergunta 9).

Quando perguntados se tinham conhecimento de que os macrofungos são fontes de proteínas, 50 % não sabia ou sabia parcialmente (Pergunta 10); e que são fonte de compostos bioativos 82,1 % não sabia ou sabia parcialmente (Pergunta 11). A maior parte da população entrevistada (82,5 %) respondeu que não sabe se tem restrição ao consumo de alimentos elaborados com macrofungos (Pergunta 12). Ainda 11,5 % imaginam que as crianças não podem consumir estes alimentos e 5,2 % que pessoas com necessidades especiais de saúde não podem realizar o consumo.

Estes resultados são de extrema relevância, pois demonstram que a população necessita de mais informações científicas sobre o tema, que informe sobre os benefícios que os macrofungos oferecem para a saúde e sobre seu consumo irrestrito. Sabe-se, atualmente, que os cogumelos são reconhecidos como alimentos nutracêuticos ou funcionais, pois têm efeitos benéficos e nutricionais sobre uma ou mais funções do corpo, melhorando a saúde, o bem-estar e diminuindo o risco de doença (Bach, 2017).

A primeira pergunta relacionada a intenção de compra (Pergunta 13) de alimentos com adição de macrofungos questiona se o respondente compraria o alimento, sendo que 81,3 % disseram que comprariam e 16,7 %, que não possuem opinião formada. Quando perguntados se já haviam provado alimentos com cogumelos comestíveis (Pergunta 14), 31,3 % afirmaram que nunca consumiram e têm a intenção de fazê-lo; e apenas 2,1 % nunca consumiram e não têm a intenção. No mesmo sentido, quando questionados se já haviam comprado (Pergunta 15), 62,5 % responderam que nunca compraram ou não sabem se compraram e 4,2 % dizem que compram regularmente. Ainda que seu consumo venha aumentando nos últimos anos, os cogumelos ainda não ocupam lugar significativo nas refeições brasileiras, seja devido ao preço encontrado no mercado, dificuldades enfrentadas durante seu cultivo ou falta de conhecimento acerca de seus benefícios (Rodrigues & Okura, 2022).

Nas respostas à Pergunta 16, que interroga sobre a necessidade uso de fontes alternativas na alimentação para mitigar a escassez mundial de alimentos, e intenção de consumo dos respondentes, 95 % destes já consomem ou consumiriam tendo em vista os benefícios. Quando perguntados se substituiriam a carne por estes alimentos (Pergunta 17), os resultados mostraram que 64,6 % substituiriam; 17,7 % não substituiriam; e 17,7 % não têm opinião formada, resultados que apontam para a intenção dos consumidores em substituir o consumo de carne. Apesar disso, os dados de consumo mostram que o consumo atual de cogumelos no Brasil é baixo, sendo de 160 g/pessoa/ano (ANPC, 2019).

Para conhecer a opinião dos respondentes sobre os possíveis problemas na comercialização dos alimentos com macrofungos, foi perguntado se eles imaginavam os entraves para a comercialização desses alimentos (Pergunta 18), podendo ser escolhida mais de uma resposta. As respostas mostraram que 77,9 % acreditam ser efeito da desinformação dos consumidores; 53,7 % medo, receio do consumo dos consumidores; 48,4 % acreditam que ocorrem dificuldades em reproduzir as características sensoriais e tecnológicas dos alimentos que estamos habituados ao consumo, como sabor, cor, etc. e disponibilidade. Dentre os problemas de comercialização destes alimentos, um fator importante a ser considerado é que o Brasil se encontra no grupo de países que menos consomem e produzem cogumelos no mundo. Para sanar os problemas de produção, algumas alternativas seriam: utilizar pequenas propriedades rurais, aproveitando área territorial que pode ser improdutiva e/ou de terreno

acidentado, aumentar as informações sobre receitas e benefícios à saúde, melhorar a divulgação científica sobre esses produtos e incentivar de forma sistêmica a diversificação da dieta do brasileiro (Bach, 2017).

Quando perguntado sobre o possível valor pago para a aquisição de produtos alimentícios elaborados com macrofungos (Pergunta 20), apenas 10,5 % indicaram que pagariam a mais em comparação às carnes convencionais; 41,1 % pagariam o mesmo; 37,9 % pagariam valores menores e 10,5 % não estariam dispostos a comprar carnes elaboradas de proteínas alternativas. Os resultados mostram que os consumidores não estão dispostos a pagar mais pelos produtos, os quais ainda apresentam preço elevado quando comparados com outras proteínas de origem vegetal e animal. Aliando isso à falta de tradição no consumo de cogumelos, ao desconhecimento dos benefícios e da forma de preparo, o reflexo é o baixo consumo desse alimento no país (Cabrera *et al.*, 2020).

Para a finalização do questionário, foi realizada a Pergunta 21, que dizia: “Você acredita que a produção de carne cultivada é uma tendência para o futuro do consumo de carnes no planeta?” e 79,2 % disseram que sim, demonstrando o interesse e a expectativa dos respondentes com relação ao consumo de proteínas alternativas como as elaboradas por macrofungos. A população gostaria de reduzir o consumo de proteínas animais ou substituí-las por uma proteína alternativa, e diante dessa tendência há uma abertura para o consumo desse tipo de produto, mas ainda há desafios e barreiras que devem ser superados.

## OBTENÇÃO E ANÁLISE DA FARINHA DE MICOPROTEÍNA DE *PLEUROTUS ALBIDUS*

A análise das características físico-químicas da farinha do macrofungo obteve os resultados apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Características físico-químicas da farinha de micoproteína.

	Farinha em base seca (b.s.)	Farinha em base úmida (b.u.)
pH		5,99±0,24
Atividade de água		0,51±0,00
Umidade (%)		9,83±0,50
Proteína (%)	13,10±1,52	11,82±1,52
Lipídios (%)	10,62±3,67	9,58±3,69
Cinzas (%)	5,55±1,78	2,15±1,79
Carboidratos totais* (%)	56,00±1,04	65,80±0,88

\*\*Valor de carboidratos totais calculados por diferença

Resultados expressos como Média ± desvio padrão

Fonte: os autores.

A farinha elaborada apresentou teor de 13,10 % de proteína (b.s.), 10,65 % de lipídeos (b.s.), 5,55 % de cinzas (b.s.) e 56,00 % de carboidratos (b.s.) calculados por diferença. Estes resultados diferiram dos encontrados por Stoffel *et al.* (2019), que também avaliaram a farinha elaborada por *Pleurotus albidus* por meio do cultivo em estado sólido em grãos de trigo e encontraram 18,34 % de proteína (b.s.), 0,11 % de lipídeos (b.s.), 3,31 % de cinzas (b.s.) e 49,50 % de carboidratos (b.s.) calculados por diferença. Os resultados podem ter diferido devido a diversos fatores como, por exemplo, as condições ambientais, como temperatura e umidade relativa, e como tempo de cultivo dos macrofungos. Neste

trabalho, por exemplo, foram utilizados 28 dias entre a inoculação do fungo e o preparo da farinha, e o estudo citado utilizou o tempo de 15 dias.

Apesar de estes produtos serem considerados com alto teor proteico (Stoffel, 2021), como também evidenciado neste estudo, as farinhas de macrofungos oferecem os carboidratos como maior constituinte nutricional.

A umidade foi de 9,83 %, semelhante a 9,58 % encontrado por Lemos (2009) ao analisar a farinha do cogumelo *Agaricus brasiliensis* utilizada para preparo de hambúrguer bovino. Comparativamente ao estudo realizado por Stoffel *et al.* (2019), que encontrou 5,56 como pH resultante da farinha de *Pleurotus albidus*, foi observado neste trabalho um resultado de pH semelhante, de 5,99. A atividade de água ( $A_w$ ) apresentou-se menor no estudo citado, estando em 0,34, menor que neste estudo, no qual foi encontrado 5,1.

## COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DO HAMBÚRGUER ADICIONADO DE MACROFUNGO

A composição centesimal dos hambúrgueres desenvolvidos é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 – Composição centesimal dos hambúrgueres elaborados com adição da farinha de micoproteína.

	0 % de farinha	25 % de farinha	50 % de farinha	100 % de farinha
Umidade (%)	61,15±0,83 <sup>a</sup>	60,99±0,61 <sup>a</sup>	57,51±1,84 <sup>b</sup>	59,61±0,45 <sup>a,b</sup>
Proteína (%)	44,63±1,15 <sup>b,c</sup>	50,11±2,64 <sup>a</sup>	43,62±1,14 <sup>c</sup>	48,6±0,88 <sup>a,b</sup>
Lipídios (%)	39,30±1,53 <sup>a</sup>	28,92±0,29 <sup>b</sup>	22,42±0,37 <sup>c</sup>	4,85±0,20 <sup>d</sup>
Cinzas (%)	9,70±0,17 <sup>a</sup>	8,84±0,50 <sup>b</sup>	9,82±0,09 <sup>a</sup>	10,16±0,07 <sup>a</sup>
Carboidratos totais* (%)	4,71±0,08 <sup>c</sup>	14,09±0,11 <sup>c</sup>	21,38±0,64 <sup>b</sup>	36,86±0,30 <sup>a</sup>

\*Valor de carboidratos totais calculados por diferença

Resultados expressos como Média ± desvio padrão

Letras iguais na mesma linha indicam que não há diferença significativa ( $p < 0,05$ ).

Fonte: os autores.

A umidade dos hambúrgueres com 50 % de farinha foi menor do que quando se utilizou 0 e 25 % de farinha. Este fator pode estar ligado à presença do cogumelo desidratado, que por ter menor quantidade de água (9,83 %) que o toucinho suíno substituído (26 %) (TBCA, 2023). Com 100 % de farinha, a umidade diminuiu, porém não diferiu estatisticamente das demais.

A proteína não apresentou aumento de maneira uniforme com o aumento de farinha nas formulações. Já os lipídeos, como era esperado, sofreram diminuição gradual à medida que a gordura foi substituída nas formulações dos hambúrgueres, o que reflete a qualidade das matérias-primas adicionadas na formulação. O teor de gordura do hambúrguer estabelecido no regulamento técnico de identidade e qualidade de hambúrguer (RTIQ) dado pelo Ministério da Agricultura e do Abastecimento, que fixa as características mínimas de qualidade que este produto cárneo deve apresentar, preconizando teor de gordura de no máximo 23% (Brasil, 2022).

A presença de maior quantidade de farinha nas formulações não alterou de maneira constante o total de cinzas das amostras (8,8 a 10,2 %), com menores teores em 0 %, 50 % e 100 % e com maior valor no hambúrguer com 25 % de farinha de macrofungo (10,2 %). O aumento do teor de cinzas com adição de farinha de macrofungo também foi observado por Stoffel *et al.* (2021) ao adicionar a farinha de *Pleurotus albidus* em biscoitos.

Como consequência da substituição da gordura por farinha de macrofungos, foi observado um aumento significativo, passando de 4,71 a 36,86 %, e constante para os teores de carboidratos nas formulações com maior teor de farinha. Este resultado deve-se ao fato de que a farinha de macrofungo tem alto teor de carboidratos presentes em sua composição. Segundo o RTIQ, o conteúdo de carboidrato dos hambúrgueres elaborados estaria fora dos padrões estabelecidos de conter, no máximo, 3 % de carboidratos (Brasil, 2022).

## CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DO HAMBÚRGUER ADICIONADO DE MACROFUNGO

Tabela 4 – Características tecnológicas dos hambúrgueres elaborados com adição da farinha de micoproteína.

Análise realizada	0 % de farinha	25 % de farinha	50 % de farinha	100 % de farinha
pH	5,72±0,01 <sup>b</sup>	5,70±0,02 <sup>b</sup>	5,73±0,03 <sup>b</sup>	5,83±0,05 <sup>a</sup>
Atividade de água	0,948±0,001 <sup>a</sup>	0,946±0,002 <sup>a,b</sup>	0,943±0,001 <sup>b,c</sup>	0,940±0,001 <sup>c</sup>
Cor a*	8,45±0,96 <sup>a</sup>	7,46±0,08 <sup>a</sup>	9,56±0,23 <sup>a</sup>	7,68±0,11 <sup>a</sup>
Cor b*	9,74±0,06 <sup>c</sup>	13,41±0,08 <sup>b</sup>	16,47±0,44 <sup>a</sup>	11,75±0,22 <sup>b</sup>
Cor L*	55,02±2,00 <sup>a</sup>	41,69±0,27 <sup>b</sup>	39,18±0,17 <sup>b,c</sup>	35,77±1,65 <sup>c</sup>
Estabilidade de emulsão (fluido total) (mL/g)	23,32±0,36 <sup>a</sup>	17,77±0,04 <sup>b</sup>	2,36±0,00 <sup>c</sup>	0,59±0,00 <sup>c</sup>
Estabilidade de emulsão (gordura) (mL/g)	6,97±0,15 <sup>a</sup>	2,37±0,00 <sup>b</sup>	0,59±0,00 <sup>c</sup>	0,59±0,00 <sup>c</sup>
Perda por cocção %	41,52±0,98 <sup>a</sup>	28,36±1,12 <sup>b</sup>	24,55±2,08 <sup>c</sup>	16,96±0,69 <sup>d</sup>
Força de cisalhamento (FC) (g)	3.576±620 <sup>a</sup>	2.281±448 <sup>b</sup>	2.373±193 <sup>b</sup>	2.553±479 <sup>b</sup>

Resultados expressos como Média ± desvio padrão

Letras iguais na mesma linha indicam que não há diferença significativa ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ) no parâmetro avaliado.

O pH (Tabela 4) apresentou aumento apenas de 0,1 unidades com adição de 100 % de farinha no lugar da gordura em relação às demais formulações, demonstrando reflexo na microbiota dos hambúrgueres com farinhas. A atividade de água dos hambúrgueres com substituição total da gordura suína pela farinha foi menor em relação aos hambúrgueres com 0 e 25 % de utilização de farinha.

Houve diferença na luminosidade (cor L) das amostras, diminuindo este parâmetro com o aumento da inserção da farinha de macrofungo. A cor é um relevante fator a ser verificado no desenvolvimento dos produtos, visto que a gordura desempenha importante papel na luminosidade. A cor b foi maior para o hambúrguer com 50 % de farinha, indicando maior coloração amarela. Já a coloração a, a qual indica maior intensidade do vermelho, e que é importante para o aspecto visual dos produtos cárneos, não sofreu alterações entre os tratamentos.

Bis (2016) formulou hambúrgueres com diferentes fibras alimentares como substitutos de gordura e observou que a adição de fibras contribui para redução da luminosidade, sendo este comportamento similar ao observado neste estudo com a adição de farinha de macrofungo. Entretanto Lopez-Vargas *et al.* (2014) observaram aumento da luminosidade ao utilizar albedo de maracujá como substituto de gordura em hambúrguer. As características de cor do ingrediente utilizado podem ser responsáveis pela cor do produto final, por isso o impacto da inclusão de um aditivo ou ingrediente deve ser avaliado. Em produtos cárneos, processos como a oxidação lipídica podem levar a desnaturação da mioglobina devido à liberação de radicais livre que oxidam o ferro.

Assim, a redução no teor de gordura também contribui com as alterações dos parâmetros de cor (Olivo, 2006).

Avaliando os parâmetros de estabilidade da emulsão, observou-se diminuição do fluido total à medida que a adição de farinha de macrofungo foi aumentada. Esta característica pode ser vantajosa quando se deseja aumentar a capacidade de retenção de água dos produtos cárneos. Logo, a adição de macrofungos pode favorecer hambúrgueres de cogumelos frente aos de carne e vegetal, uma vez que se diminui a perda de água e encolhimento durante o preparo (Terra, 1998).

O mesmo resultado foi observado quando foi avaliada a estabilidade pela separação de gordura. Como esperado, ao adicionar mais farinha na substituição da gordura da formulação, observou-se menor separação da gordura, com valores passando de 6,97 mL/g na formulação sem farinha de macrofungo para 0,59 mL/g para a formulação com 100 % de farinha em substituição à gordura. Estes dados revelam que quanto maior o teor de lipídios presentes no hambúrguer (Tabela 3), maior a separação de gordura. Entretanto esta relação é observada até 50% de substituição (Tabela 4), uma vez que a separação da gordura foi igual nos hambúrgueres com substituição de 50 e 100% de gordura por farinha de macrofungo.

Quanto à perda por cocção, observa-se que a inserção de farinha promoveu melhoria neste parâmetro, indicando uma possível propriedade tecnológica neste produto, visto que a perda de líquido observada nesta análise reflete os benefícios da indústria e do consumidor que, durante o passamento ou cozimento realizado previamente ao consumo, irão perceber menor perda de peso e consequente melhoria na suculência do alimento.

O uso de calor, como o assamento, em produtos cárneos, promove a desnaturação das proteínas. Nesta etapa, são observadas a redução da capacidade de retenção de água e encolhimento da rede proteica, com consequente liberação de parte da água para a superfície do produto (Purslow, 2016). Neste estudo, foi verificado que a redução de gordura (Tabela 3) promoveu menor perda por cocção (Tabela 4), sendo que este comportamento é similar ao observado por Bertoloni *et al.* (2011) e Velioglu *et al.* (2010). A adição de farinha de macrofungo resultou em aumento no teor de carboidratos dos hambúrgueres e estas macromoléculas aumentam a retenção de água, contribuindo para uma menor perda por cocção.

A Força de Cisalhamento, medida em g, apresentou-se menor sempre que a farinha estava presente em substituição à gordura. Os valores oscilaram entre 2.281 g e 3.576 g, evidenciando que a utilização de diferentes teores de farinha nas diferentes formulações de hambúrguer com macrofungo influenciaram nas propriedades de textura da formulação final. Os valores mais baixos indicam hambúrgueres mais macios, de maior facilidade na mastigação. O mesmo efeito foi observado por Kirsch *et al.*, 2016, que observou aumento de dureza em adicionar biomassa de *P. albidus* em barras de cereal, por Kim *et al.* (2011), que prepararam produto análogo a hambúrguer de carne com micélio de *Agaricus bisporus* e observaram aumento da dureza.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O questionário de intenção de compra e conhecimento sobre macrofungos mostrou que, devido a grande parte da população desconhecer o que são, seus benefícios e aplicações, o consumo de micoproteínas na forma de cogumelos ou substituintes de produtos cárneos é baixo em Santa Catarina.

A alta intenção de compra dos respondentes, aliada ao baixo consumo atual, demonstra um interessante mercado consumidor a ser desenvolvido. Logo, deve-se ter maior divulgação dos termos relacionados aos macrofungos e cogumelos comestíveis, com o intuito de promover mais conhecimento sobre o tema e, conseqüentemente incentivar o consumo, que ainda se mostra baixo no Brasil.

Os resultados indicam a importância de continuidade de pesquisas e investimentos na área, e que promovam mais conhecimento sobre este produto e outros elaborados a partir de macrofungos.

## REFERÊNCIAS

ANPC. **Cogumelos**. Associação Nacional dos Produtores de Cogumelos. [2019]. Disponível em: <https://www.anpccogumelos.org/>. Acesso em: 20 mar. 2023.

AOAC. **Official methods of analysis**. 20. ed. Washington: Association of Official Analytical Chemists, 2016.

BACH, F. **Avaliação do potencial nutricional, antioxidante e antibacteriano de cogumelos comestíveis**. 2017. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

BERTOLONI, William *et al.* Utilização de proteínas plasmáticas em hambúrgueres bovinos com diferentes teores de gordura. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 12, n. 3, 2011.

BIS, C. V. **Efeito das fibras alimentares como substitutos de gordura em hambúrguer de carne bovina e paio**. 2016. Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São José do Rio Preto, 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia alimentar para a população brasileira**. 2. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2019. Disponível em: [http://189.28.128.100/dab/docs/portaldab/publicacoes/miolo\\_guia\\_ajustado2019\\_2.pdf](http://189.28.128.100/dab/docs/portaldab/publicacoes/miolo_guia_ajustado2019_2.pdf). Acesso em: 26 set. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n. 724, de 23 de dezembro de 2022**. [2022]. Aprova o “Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Hambúrguer”. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 26 dez. 2022. Disponível em: <https://alimentusconsultoria.com.br/portaria-sda-no-724-de-23-de-dezembro-de-2022-mapa/>. Acesso em: 21 mar. 2023.

CABRERA, Lilian Cervo; CONSTANTINO, Leonel Vinícius; ANTUNES, Pâmela dos Santos; GONÇALVES, Leandro Simões Azeredo & CORTE, Lídia Erpen-Dalla. Characterization of edible mushroom production: a case study in the region of Londrina, Paraná. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. 1-14, 2020.

CHANG, Shu-Ting. Overview of mushroom cultivation and utilization as functional foods. In: CHEUNG, P. C. K. **Mushrooms as functional foods**. New Jersey: Wiley-Interscience, 2008. p. 1-33.

CHOI, Yun-Sang *et al.* Characteristics of low-fat meat emulsion systems with pork fat replaced by vegetable oils and rice bran fiber. **Meat Science**, v. 82, n. 2, p. 266-271, 2009.

FANI, M. **Substitutos de Gordura**. Aditivos e Ingredientes, São Paulo, v. 135, p. 42-54, 2013. Disponível em: <https://aditivosingredientes.com/artigos/todos/substitutos-de-gordura-em-alimentos>. Acesso em: 28 mar. 2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama do censo 2022**. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>. Acesso em: 26 set. 2023

KIM, Kyoungiu; CHOI, Byungsun; LEE, Inhee; LEE, Hyeyoung; KWON, Soonhyang; OH, Kyoungyoung; KIM, Augustine Yonghwi. Bioproduction of mushroom mycelium of *Agaricus bisporus* by commercial submerged fermentation for the production of meat analogue. **J Sci Food Agric.**, v. 91, p. 1561-1568, 2011.

KIRSCH, Larissa de Souza; MACEDO, Ana Júlia Porto, TEIXEIRA, Maria Francisca Simas. Production of mycelial biomass by the Amazonian edible mushroom *Pleurotus albidus*. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 47, n. 3, p. 658-664, 2016.

KUMAR, Pavan *et al.* The structure of meat analogs. *In*: Melton, L.; Shahidi, F.; Varelis, P. (ed.) **Encyclopedia of Food Chemistry**. London: Elsevier, 2019. p. 105–109.

LE MOS, F. M. de R. **Elaboração e caracterização de produto análogo a hambúrguer de cogumelo *Agaricus brasiliensis***. 2009. 147 f. Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

LÓPEZ-VARGAS, Jairo H.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, Juana; PÉREZ-ÁLVAREZ, José Ángel; VIUDA-MARTOS, Manuel. Quality characteristics of pork burger added with albedo-fiber powder obtained from yellow passion fruit (*Passiflora edulis var. flavicarpa*) co-products. **Meat science**, v. 97, n. 2, p. 270-276, 2014.

OLIVO, Rubison. **O mundo do Frango: cadeia produtiva da carne de frango**. Criciúma, SC: Editora do Autor, 2006.

PURSLOW, Peter; OISETH, Sofia.; HUGHES, Joanne.; WARNER, Robyn D. The structural basis of cooking loss in beef: Variations with temperature and ageing. **Food Research International**, v. 89, p. 739-748, 2016.

RODRIGUES, Gabriela de Moura; OKURA, Mônica Hitomi. Cogumelos comestíveis no Brasil: uma revisão bibliográfica. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 8, e24711830830, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i8.30830>

STEPHAN, Alexander; AHLBORN, Jenny; KAJUL, Martina; ZORN, Holger. Edible mushroom mycelia of *Pleurotus sapidus* as novel protein sources in a vegan boiled sausage analog system: functionality and sensory tests in comparison to commercial proteins and meat sausages. **European Food Research and Technology**, v. 244, p. 577 –924, 2018. DOI: [10.1007/s00217-017-3012-1](https://doi.org/10.1007/s00217-017-3012-1)

STOFFEL, Fernanda; *et al.* Use of *Pleurotus albidus* mycoprotein flour to produce cookies: Evaluation of nutritional enrichment and biological activity. **Innovative Food Science Emerging Technologies**, v. 68, 102643, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102642>.

STOFFEL, Fernanda; *et al.* Production of edible mycoprotein using agroindustrial wastes: Influence on nutritional, chemical and biological properties. **Innovative Food Science Emerging Technologies**, v. 58, 102227, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102227>

TBCA - Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. Universidade de São Paulo (USP). **Food Research Center (FoRC)**. Versão 7.2. São Paulo, 2023. Acesso em: 21 mar 2023. Disponível em: <http://www.fcf.usp.br/tbca>. Acesso em: 27 set. 2023.

TENDÊNCIAS E PERSPECTIVAS PARA O MERCADO DE PROTEÍNAS ALTERNATIVAS EM 2023. **Food Connection**, 2023. Disponível em: <https://www.foodconnection.com.br/proteina-anim/tendencias-e-perspectivas-para-o-mercado-de-proteinas-alternativas-em-2023>. Acesso em: 27 set. 2023.

TERRA, Nelcindo Nascimento. **Apontamentos de tecnologia de carnes**. São Leopoldo: Editora Unisinos, 1998. 216 p.

WANG, Xuping; ZHOU, Pengfei; CHENG, Zingrong; CHEN, Zhiyo; LIU, Xueming. Use of straw mushrooms (*Volvariella volvacea*) for the enhancement of physicochemical, nutritional and sensory profiles of Cantonese sausages. **Meat Science**, v. 146, p. 18–25, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.07.033>

VELIOĞLU, Hasan Murat; VELIOĞLU, Serap Durakli; BOYACI, Ismail Hakki; YILMAZ, Ismail; KURULTAY, Sefik. Investigating the effects of ingredient levels on physical quality properties of cooked hamburger patties using response surface methodology and image processing technology. **Meat Science**, v. 84, n. 3, p. 477-483, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.10.001>