



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos

**EFEITOS DA SUBSTITUIÇÃO DE GORDURA SUÍNA POR
MUCILAGEM DE PSYLLIUM EM HAMBÚRGUERES DE
CARNE BOVINA**

CAROLINE ISABELA DA SILVA

CAROLINE ISABELA DA SILVA

**EFEITOS DA SUBSTITUIÇÃO DE GORDURA SUINA
POR MUCILAGEM DE PSYLLIUM EM
HAMBÚRGUERES DE CARNE BOVINA**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos da Universidade Estadual de Maringá, como parte dos requisitos para obtenção do título de doutor em Ciência de Alimentos

Maringá

2024

Orientador

Prof. Dr. Ivanor Nunes do Prado

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

S586e

Silva, Caroline Isabela da

Efeitos da substituição de gordura suína por mucilagem de psyllium em hambúrgueres de carne bovina / Caroline Isabela da Silva. -- Maringá, PR, 2024.
57 f. : il. color., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Ivanor Nunes do Prado.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, 2024.

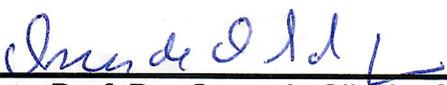
1. Psyllium. 2. limento funcional. 3. Produtos carneos. 4. Prebióticos. I. Prado, Ivanor Nunes do, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos. III. Título.

CDD 23.ed. 664.92

CAROLINE ISABELA DA SILVA

**“EFEITOS DA SUBSTITUIÇÃO DE GORDURA SUÍNA POR MUCILAGEM DE
PSYLLIUM EM HAMBÚRGUERES DE CARNE BOVINA”**

Tese apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos, para obtenção do grau de Doutor em Ciência de Alimentos.



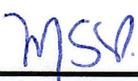
Prof. Dr. Oscar de Oliveira Santos
Junior



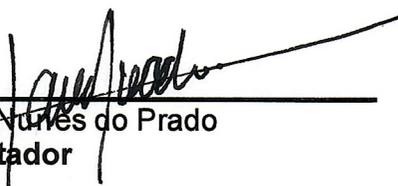
Profa. Dra. Andresa Carla Feihmann



Profa. Dra. Ana Carolina Pelaes Vital



Profa. Dra. Magali Soares dos Santos



Prof. Dr. Ivanor Nunes do Prado
Orientador

BIOGRAFIA

CAROLINE ISABELA DA SILVA nasceu em 06 de agosto de 1993, na cidade de Maringá, no Paraná. Possui graduação em Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá (UEM) e mestrado em Produção Animal pelo Programa de Pós-graduação em Zootecnia, pela mesma instituição (UEM). Tem experiência nas áreas de Produção Animal com ênfase em Nutrição de Ruminantes e Pequenos Ruminantes e Qualidade de Carne e Produtos Cárneos.

*Quando o Senhor trouxe do cativeiro os que voltaram a Sião,
estávamos como os que sonham. Então, a nossa boca se encheu de
riso, e a nossa língua, de cânticos; então, se dizia entre as nações:
Grandes coisas fez o Senhor a estes. Grandes coisas fez o Senhor
por nós, e, por isso, estamos alegres.*

Salmos 126:1-3

Dedico

Aos meus pais José Alberto da Silva (*in memoriam*), Rita de Fátima Moro da Silva e a minha avó Maria Isabel Correia Moro, que sempre me apoiaram e me ensinaram a importância da educação. Aqui estão os resultados dos seus esforços. Sem vocês nada disso seria possível!

AGRADECIMENTOS

A Deus, por todo amor e cuidado durante essa caminhada.

A Universidade Estadual de Maringá e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, que possibilitou o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof Dr. Ivanor Nunes do Prado pela orientação.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, pelos ensinamentos.

Aos funcionários do LANA (Laboratório de Alimentos e Nutrição Animal – UEM) e do COMCAP (Complexo de Centrais de Apoio à Pesquisa-UEM) pelo auxílio nas análises laboratoriais.

Aos colegas de equipe pela dedicação e amizade, que proporcionaram momentos descontraídos durante a condução do experimento e análises.

A minha avó, Maria Isabel C. Moro, minha mãe Rita de Fatima M. da Silva e meu pai José Alberto da Silva (*in memoriam*) por serem essenciais nessa caminhada, acreditando em mim quando eu mesma não acreditava e sempre me apoiando, oferecendo orações, palavras de conforto e, acima de tudo, amor. Sem vocês nada disso seria possível e sou eternamente grata!

As minhas irmãs, Heloisa A. da Silva, Pamella T. A. Ringwald e Vivian M. da Silva, e meus cunhados Derick V. Bruno, Vinicius Ringwald e Cesar T. S. B. da Silva por todo o apoio e por sempre torcerem pelo meu êxito.

Aos meus amigos por sempre estarem presentes.

A todas as pessoas que contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho.

APRESENTAÇÃO

Esta tese de doutorado está apresentada na forma de TRÊS artigos científicos:

1 **O uso de psyllium em diversos segmentos da indústria**

Caroline Isabela da Silva, Ana Carolina Pelaes Vital, Jaisa Casetta, Ivanor Nunes do Prado.

Revista Observatorio de La Economía Latinoamericana | (OLEL)

2 **Efeitos da substituição de gordura suína por mucilagem de psyllium em hamburques de carne bovina sobre o tempo de prateleira e características físico-químicas**

Caroline Isabela da Silva, Ana Carolina Pelaes Vital, Jaisa Casetta, Bianka Rocha Saraiva, Leandro Silva Nascimento, Giovana Pereira Penha, Ivanor Nunes do Prado

*Revista Observatorio de La Economía Latinoamericana | (OLEL)**

*Artigo aceito para publicação

3 **Perfil do consumidor e aceitabilidade de hamburques de carne bovina elaborados com mucilagem de psyllium**

Caroline Isabela da Silva, Ana Carolina Pelaes Vital, Bianka Rocha Saraiva, Gabriela Calvaca Ongaratto, Leandro Silva Nascimento, Giovana Pereira Penha, Ivanor Nunes do Prado

*Revista Observatorio de La Economía Latinoamericana | (OLEL)**

Artigo Submetido na revista*

GENERAL ABSTRACT

INTRODUCTION: Meat and meat products are fundamental components of people's daily diets, as they are sources of essential nutrients for consumers. However, due to the high fat content of meat products, it has become necessary to find options that make them healthier, to meet the expectations of consumers who are increasingly concerned about their health. Beef burgers are among the most consumed meat by-products today and are known for having a high-fat content, which is a limiting factor in their consumption. However, in the quest to make these products healthier by reducing their fat percentage, the food industry has encountered some difficulties because this reduction has a negative impact on the sensory characteristics of the food. To minimize these problems and improve the nutritional properties of products, strategies to replace animal fat with fat substitutes have been used. A suitable fat substitute should mimic fats in terms of structure, texture, and juiciness, and a good option is seed mucilage due to its thickening, emulsifying, and viscosity-modifying properties. Among these seeds are plants of the *Plantago* genus which, when ground, contain a polysaccharide called psyllium husk mucilage. Psyllium is water-soluble and is used in the food, pharmaceutical, and cosmetics industries as a natural alternative to synthetic materials. Its properties are being explored for various diseases, such as irritable bowel syndrome, obesity, colon cancer, constipation, diabetes, high cholesterol, etc. As the replacement of animal fat with another healthier source ends up interfering with the sensory quality of the product, it is necessary to know both its effects on the physical-chemical characteristics of the product and its acceptance by consumers.

OBJECTIVE: This study aimed to evaluate the effects of including psyllium in beef burgers as a fat substitute on pH, chemical composition, color, weight loss, shear force, lipid oxidation, and microstructure and to understand the point of view of consumers through their socio-economic characteristics, consumption habits and acceptability of burgers.

MATERIAL AND METHODS: Different variables were analyzed to assess the effects of replacing pork fat with psyllium mucilage in beef burgers. A 4:100 ratio was used to extract

the mucilage until the mixture became a homogeneous gel. Four treatments were tested: P00 (no psyllium and 20% animal fat); P05 (5% psyllium and 15% animal fat); P10 (10% psyllium and 10% animal fat) and P15 (15% psyllium and 5% animal fat). Each burger was stored in an illuminated refrigerator (4° C) and the samples were analyzed on days 1, 3, and 7 of exposure. To determine the parameters influencing food quality, pH, color, loss on cooking, shear force, and Tbars were determined (days 1, 3, and 7). Complementary analyses included chemical composition, scanning electron microscopy, and microbiological analysis. To analyze the sociodemographic profile of the consumers and the acceptability of the burgers from the different treatments, questionnaires were administered, and a sensory analysis was conducted. **RESULTS AND DISCUSSION:** The percentage of moisture and ash in the burgers increased and protein and lipids decreased linearly with the replacement of pork fat with psyllium mucilage. This showed a favorable result in reducing the total lipid content. The pH values of the treatments with substitution of pork fat by psyllium mucilage were higher, compared to the treatments without the addition of mucilage and the pH values increased over the days of storage. The L* values were lower as the levels of substitution of pork fat for psyllium mucilage increased, while the a* values were higher. These results indicate that the burgers had a darker color with the inclusion of psyllium mucilage. The levels of substitution of pork fat for psyllium mucilage and storage time did not affect the b* (Yellow) values of the burgers. The treatments with the highest levels of fat substitution for mucilage had the highest cooking losses and the lowest shear force, which could be attributed to the high-water content found in psyllium mucilage compared to pork fat, resulting in greater evaporation of water during cooking. The Tbars values were lower in the treatments with psyllium mucilage compared to the control treatment, which could be attributed to the reduced fat content in these treatments. On the other hand, lipid oxidation increased with storage time. About the microstructure of the burgers, the treatment without the inclusion of psyllium mucilage and the treatment containing 15% fat substitution with mucilage were similar in terms of their general structure, contributing to the conclusion that mucilage

can be used as a fat substitute without altering the quality of the product. All the burgers were considered fit for consumption from a microbiological point of view. Most consumers were male, represented by evaluators under the age of 26, all of whom were literate. The highest frequency of hamburger consumption was once or twice a month. Most of the hamburgers were bought in burger shops and restaurants, for consumption on the spot or afterward. Just over half of the participants already knew what prebiotics are and their benefits to human health. However, the vast majority were unfamiliar with psyllium and were unaware of its properties. Despite not knowing the properties of psyllium, most participants were willing to buy and consume it. Consumers found no differences between the treatments for the parameters of color, taste, and odor, but differences were observed for texture and general acceptability. Increasing the levels of psyllium in the burgers improved the texture and overall acceptability of the burgers. **CONCLUSION:** In conclusion, replacing pork fat with psyllium mucilage in beef burgers reduced the total protein and lipid values and increased the moisture and ash values, made the burgers darker (L^* and a^* values) and contributed to reducing lipid oxidation, and showed a similarity in the general structure of the burgers between the treatments. Therefore, burgers formulated with the inclusion of mucilage, especially at 15%, in addition to not interfering with acceptability, had a better texture compared to burgers with only pork fat, proving to be a viable option for fat substitution.

Keywords: Functional foods, health, animal fat, sensory, meat products

RESUMO GERAL

INTRODUÇÃO: A carne e seus derivados são componentes fundamentais da dieta do dia a dia da população sendo fontes de nutrientes essenciais para os consumidores. Entretanto, devido ao alto teor de gordura dos produtos cárneos se torna necessário encontrar opções que os tornem mais saudáveis, satisfazendo as expectativas dos consumidores cada dia mais preocupados com a saúde. Os hambúrgueres estão entre os produtos cárneos mais consumidos atualmente e são conhecidos por possuírem um alto teor de gordura sendo um fator limitante no consumo. Buscando tornar esses produtos mais saudáveis reduzindo a sua porcentagem de gordura, a indústria de alimentos acaba tendo dificuldades, pois essa redução impacta as características sensoriais dos alimentos. Buscando minimizar estes problemas e melhorar as propriedades nutricionais dos produtos estratégias de substituição de gordura animal têm sido utilizadas. Um substituto de gordura adequado deve mimetizar as gorduras em termos de estrutura, textura e suculência e, uma boa opção são as mucilagens de sementes. Entre essas sementes estão as plantas do gênero *Plantago* que, quando moídas formam o psyllium. O psyllium é solúvel em água e utilizado nas indústrias como alternativas naturais para os materiais sintéticos e suas propriedades estão sendo exploradas para diversas doenças. Como a substituição da gordura animal por fontes mais saudáveis acaba interferindo na qualidade sensorial do produto é necessário conhecer seus efeitos nas características físico-químicas do produto e aceitação pelos consumidores. **OBJETIVO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da inclusão de psyllium em hambúrgueres de carne bovina como substituto de gordura sobre o pH, composição química, cor, perda de peso, força de cisalhamento, oxidação lipídica, microestrutura e, ainda, entender o ponto de vista dos consumidores, seus hábitos de consumo e aceitabilidade dos hambúrgueres. **MATERIAL E METODOS:** Diferentes variáveis foram analisadas para avaliar os efeitos da substituição de gordura suína por mucilagem de psyllium em

hamburgueres de carne bovina. Foram testados quatro tratamentos: P00 (sem psyllium e 20% de gordura); P05 (5% de psyllium e 15% de gordura); P10 (10% de psyllium e 10% de gordura) e P15 (15% de psyllium e 5% de gordura). Cada hambúrguer foi armazenado em geladeira vitrine e as amostras analisadas nos dias 1, 3 e 7 de exposição. Para determinação dos parâmetros que influenciam a qualidade dos alimentos foram feitas as análises de pH, cor, perda por cocção, força de cisalhamento e Tbars (dia 1, 3 e 7). E análises complementares sendo composição química, microscopia eletrônica de varredura e análise microbiológica. Com o objetivo de analisar o perfil dos consumidores e a aceitabilidade dos hamburgueres dos diferentes tratamentos foram aplicados formulários e feita uma análise sensorial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A porcentagem de umidade e cinzas dos hambúrgueres aumentou e a de proteína e lipídios diminuiu com a substituição da gordura suína pela mucilagem de psyllium demonstrando um resultado favorável na redução do conteúdo total de lipídios. Os valores de pH dos tratamentos com substituição da gordura suína por mucilagem de psyllium foram maiores e os valores de pH aumentaram ao longo dos dias de armazenamento. Os valores de L* foram menores à medida que os níveis de substituição de gordura suína por mucilagem de psyllium aumentaram, já os valores de a* apresentaram valores mais altos. Esses resultados indicam que os hambúrgueres apresentaram uma cor mais escura com a inclusão da mucilagem de psyllium. Os tratamentos com os maiores níveis de substituição de gordura por mucilagem apresentaram as maiores perdas por cocção e menor força de cisalhamento, podendo ser atribuído ao elevado teor de água encontrado na mucilagem de psyllium em comparação com a gordura suína, resultando em maior evaporação da água durante o cozimento. Os valores de Tbars foram menores nos tratamentos com inclusão de mucilagem de psyllium em comparação com o tratamento controle, podendo ser atribuídos à redução do teor de gordura nesses tratamentos. Por outro lado, a oxidação lipídica aumentou com o tempo de armazenamento. Em relação a microestrutura dos hamburgueres o tratamento sem inclusão de mucilagem de psyllium e o tratamento contendo

15% de substituição da gordura pela mucilagem apresentam uma semelhança em relação à sua estrutura geral contribuindo para a conclusão de que a mucilagem pode ser usada como substituto de gordura sem alterar a qualidade do produto. Todos os hambúrgueres foram considerados próprios para consumo, do ponto de vista microbiológico. Os consumidores, na sua maioria, estavam representados pelo sexo masculino, representados por avaliadores com menos de 26 anos, todos alfabetizados. A maior frequência de consumo de hambúrguer foi de uma a duas vezes ao mês. Os hambúrgueres em sua maioria são comprados em hamburguerias e restaurantes, sendo comprados para consumo in loco ou posterior. Um pouco mais da metade dos participantes já sabiam o que são prebióticos e seus benefícios à saúde humana. No entanto, a grande maioria não conhecia o psyllium e não sabia de suas propriedades. Mesmo não conhecendo as propriedades do psyllium a maioria dos participantes estava disposta a comprá-lo e consumi-lo. Os consumidores não encontraram diferenças entre os tratamentos para os parâmetros de cor, sabor e odor, mas diferenças foram observadas para textura e aceitabilidade geral. O aumento dos níveis de psyllium nos hambúrgueres melhorou a textura e a aceitabilidade geral dos hambúrgueres. **CONCLUSÃO:** Concluindo, a substituição da gordura suína pela mucilagem de psyllium em de hambúrgueres de carne bovina reduziu os valores de proteínas totais e lipídios e aumentou os valores de umidade e cinzas, tornou os hambúrgueres mais escuros (valores de L^* e a^*) e contribuiu para a redução da oxidação lipídica e, ainda, apresentou uma semelhança na estrutura geral dos hambúrgueres entre os tratamentos. Portanto, hamburgueres formulados com a inclusão de mucilagem, principalmente a 15%, além de não interferirem na aceitabilidade apresentaram uma melhor textura em comparação a hamburgueres apenas com gordura suína, provando ser uma opção viável de substituição de gordura.

Palavras-chave: Alimentos funcionais, saúde, gordura animal, sensorial, produtos cárneos

Artigo 1. O uso de psyllium em diversos segmentos da indústria

RESUMO

Os alimentos considerados funcionais são aqueles que, quando consumidos, podem trazer vários benefícios à saúde. Dentro destes encontram-se as plantas do gênero *Plantago*, que tem sido amplamente estudada por seus benefícios para a saúde humana, devido a suas propriedades como agente gelificante, agente suspensivo, ações farmacológicas, cicatrizante, controlador do colesterol, redutor de altos níveis de açúcar no sangue e amplamente utilizado como um laxante, devido a sua mucilagem que é um material fibroso com característica hidrofílica. A partir da planta através da moagem das sementes obtém-se o psyllium, este é solúvel em água e amplamente utilizado na indústria como alternativas verdes aos materiais sintéticos tradicionais. A seguinte revisão é baseada em estudos das diferentes formas de uso do psyllium com resultados já conhecidos, trazendo informações que podem ser úteis para futuras pesquisas e desenvolvimento de novos produtos.

Palavras-chave: Alimentos funcionais, *Plantago ovata*, Mucilagem

ABSTRACT

The foods considered functional are those that, when consumed, can bring several health benefits. Within these are the plants of the genus *Plantago*, which have been widely studied for their benefits to human health, due to their properties as a gelling agent, suspending agent, pharmacological actions, cicatrizing, cholesterol controller, reducer of high blood sugar levels, and widely used as a laxative, due to its mucilage, which is a fibrous material with hydrophilic characteristics. From the plant by grinding the seeds psyllium is obtained, it is water-soluble and widely used in industry as green alternatives to traditional synthetic materials. The following review is based on studies of the different ways of using psyllium with known results, bringing information that can be useful for future research and the development of new products.

Keywords: Functional foods, *Plantago ovata*, Mucilage

RESUMEN

Los alimentos considerados funcionales son aquellos que, al ser consumidos, pueden aportar diversos beneficios a la salud. Entre ellos se encuentran las plantas del género *Plantago*, que han sido ampliamente estudiadas por sus beneficios para la salud humana, debido a sus propiedades como gelificante, agente de suspensión, acciones farmacológicas, cicatrizante, controlador del colesterol, reductor de los niveles elevados de azúcar en sangre y ampliamente utilizado como laxante, debido a su mucílago que es un material fibroso con características hidrofílicas. Moliendo las semillas, se obtiene el psyllium de la planta, que es soluble en agua y ampliamente utilizado en la industria como alternativas ecológicas a los materiales sintéticos tradicionales. La siguiente revisión se basa en estudios sobre las diferentes formas de utilización del psyllium con resultados ya conocidos, aportando información que puede ser útil para futuras investigaciones y el desarrollo de nuevos productos.

Palabras clave: Alimentos Funcionales, *Plantago ovata*, Mucílago

1 INTRODUÇÃO

Os alimentos funcionais são conhecidos como aqueles que podem trazer vários benefícios à saúde quando consumidos, podendo oferecer benefícios fisiológicos específicos (Wildman et al., 2016; Silva et al., 2019; Das et al., 2020). Eles devem apresentar propriedades benéficas além das nutricionais básicas, sendo consumidos em dietas convencionais, mas com capacidade de regular as funções corporais auxiliando na proteção contra certas doenças (Valenzuela et al., 2003; Kaur & Das, 2011; Jiménez-Colmenero et al., 2012). Estes alimentos podem ser classificados quanto à fonte (origem vegetal ou animal) ou quanto aos seus benefícios, atuando nos sistemas gastrointestinal, cardiovascular, no metabolismo de substratos, crescimento, desenvolvimento e diferenciação celular, funções fisiológicas e como antioxidantes (Valenzuela et al., 2003; Kaur & Das, 2011; Jiménez-Colmenero et al., 2012).



Figura 1. *Plantago Ovata*. Fonte: Pexels.

Psyllium é um polissacarídeo natural encontrado na semente de plantas do gênero *Plantago ovata* (Figura 1). Ela é uma planta anual cultivada na maioria das regiões do mundo e tradicionalmente usada para fins medicinais. Conforme relatado ela possui aproximadamente 200 espécies tais como *Plantago asiatica L.*, *Plantago ovata L.*, *Plantago major L.*, *Plantago depressa L.*, *Plantago palmate L.*, *Plantago lanceolata L.*, *Plantago Notata L.*, entre outras (Board, 2003; Dhar et al., 2005; Zhang et al., 2019).

A casca de psyllium (Figura 2) é o principal produto comercializado da planta e a Índia seu principal produtor e exportador, fornecendo cerca de 85% das sementes para o mercado mundial, sendo os EUA o maior importador (Guo et al., 2009; Thakur & Thakur, 2014; Kumar et al., 2017; Zhang et al., 2019).



Figura 2. Casca de psyllium. Fonte: Pexels.

O psyllium é solúvel em água e amplamente utilizado nas indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética, devido ao seu conteúdo de mucilagem, um material fibroso com característica hidrofílica, como alternativas naturais para aos materiais sintéticos tradicionais (Guo et al., 2008; Mishra et al., 2014). Ela é obtida pela moagem e, quando em contato com água, forma uma espécie de gel (Figura 3) (Kumar et al., 2017; Basiri et al., 2020).

Os benefícios da mucilagem para a saúde estão altamente relacionados às suas características gelificantes, que têm sido bem documentados. Estudos na alimentação animal e humana com o psyllium concluíram que ele possui uma grande capacidade geleificante quando em contato com a água, sendo considerada uma fibra mucilagínosa (Gupta et al., 1994; Fischer et al., 2004; Kumar et al., 2017).



Figura 3. Mucilagem de psyllium. Fonte: Pexels.

As propriedades nutracêuticas, farmacêuticas e medicinais do psyllium estão sendo exploradas para diversas doenças, no tratamento da síndrome do intestino irritável, obesidade, câncer de cólon, constipação intestinal, diabetes, colesterol alto, colite ulcerosa e aterosclerose (Mishra et al., 2014).

2 Propriedades medicinais do psyllium

As propriedades nutracêuticas do psyllium têm sido amplamente estudadas, comprovando seus diversos benefícios do seu uso na área. Na saúde humana por exemplo, seus polissacarídeos possuem diversas ações como antioxidante, na modulação da imunidade, antibacteriano, antitumoral entre outras (Beara et al., 2012). (Patel et al., 2018) concluíram que o psyllium pode ser usado como um alimento funcional devido a sua natureza hidrofílica, tendo grande potencial antioxidante e um agente anticancerígeno natural podendo ser usado na indústria nutracêutica (Kumar et al., 2018; Patel et al., 2018; Patel et al., 2019). Pesquisando sobre o uso dos polissacarídeos do psyllium como fonte de antioxidantes naturais constataram uma forte capacidade antioxidante do psyllium em diversos testes (Han et al., 2016; Patel et al., 2018; Wahid et al., 2020).

Após várias análises sobre o uso de uma nano fibra a base de psyllium na regeneração celular estudos concluíram que esta pode ser usada como um candidato promissor para a cura de machucados e outras aplicações biomédicas (Poddar et al., 2021). Estudos sobre pacientes com constipação crônica concluíram que o uso do psyllium foi eficaz na melhoria dos sintomas de constipação, sendo um tratamento válido quando em uso contínuo (McRorie et al., 1998; Erdogan et al., 2016).

Jovanovski et al. (2018) observaram efeito benéfico do psyllium sobre marcadores lipídicos atrasando potencialmente o processo de aterosclerose associada ao risco de doenças cardiovasculares, reforçando seu possível papel terapêutico quando utilizado na dieta. Além disso, a adição de psyllium à dieta demonstrou reduzir significativamente a glicose sérica quando usado como fibra dietética, podendo atuar com duplo potencial para a cura da diabetes mellitus, podendo melhorar o controle metabólico em indivíduos com diabetes tipo 2 e hipercolesterolemia, mostrando alto potencial que o psyllium possui como agente terapêutico (Anderson et al., 1999; Sierra et al., 2002; Singh, 2007; Ricklefs-Johnson et al., 2017).

Aplicação do psyllium na indústria

Existem diversos estudos onde a aplicação do psyllium trouxe resultados positivos em áreas de pesquisa diversas. Monge Neto et al. (2021) utilizando o psyllium como matéria prima para o desenvolvimento de micro encapsulado de urucum como corante natural tiveram sua eficiência confirmada, onde as microcápsulas na formulação do

sorvete proporcionaram não apenas maior homogeneidade de cor, mas também maior estabilidade durante a vida útil do produto.

Para Belorio et al. (2020) e Belorio (2020), o psyllium promoveu mudanças às propriedades do amido similares às obtidas com a goma xantana, sendo um substituto desta em múltiplas aplicações. Krystyjan et al. (2017) utilizaram a mucilagem de psyllium como um agente de estabilidade para filmes a base de amido com o objetivo de obter filmes com propriedades naturais, comestíveis e biodegradáveis, tendo suas propriedades mecânicas e funcionais melhoradas e podendo ser usados na indústria alimentícia como revestimentos protetores.

Tóth & Halász (2019) testando diferentes tipos de extração do psyllium concluíram que os filmes biocompósitos obtidos da casca e da farinha de psyllium podem ser considerados filmes comestíveis novos para a indústria e embalagem de alimentos.

Uso do Psyllium em produtos alimentares

O uso do psyllium de diferentes formas em produtos alimentícios tem sido uma alternativa relativamente inovadora, porém muito promissora. Pejcz et al. (2018) tiveram como objetivo avaliar o efeito de diferentes formas e níveis de adição da planta *Plantago* sobre as propriedades reológicas da massa, a qualidade tecnológica e nutricional do pão de trigo, obtiveram resultados promissores, concluindo que esta possui alto potencial de enriquecimento de produtos alimentícios como fontes de agentes formadores de fibras dietéticas através de sua alta capacidade de ligação e geleificação.

O psyllium utilizado como potencial ingrediente na fabricação de pães sem glúten, prova ser um ingrediente importante para indústria que visa atender expectativas de consumidores deste tipo de dieta (Santos et al., 2020). Além disso, pode ser uma alternativa promissora com um melhor conteúdo de nutrientes, capacidade de controlar a textura do pão, uma capacidade de retardar o endurecimento do miolo, e uma resposta glicêmica reduzida, além da aprovação sensorial (Filipčev et al., 2021; Santos et al., 2021).

Seguindo a linha de aplicação do psyllium em alimentos sem glúten, Fradinho et al. (2020) analisaram os efeitos do tamanho das partículas de psyllium, temperatura de processamento e concentração de gel sobre a qualidade da massa à base de arroz e concluíram que o uso da casca de psyllium em massas sem glúten apresentou boas

propriedades gerais, sendo uma opção válida economicamente e também mais saudável pois a massa com psyllium apresentou um teor muito baixo de lipídios e maior teor de carboidratos, atribuível ao maior teor de fibras saudáveis de psyllium.

Segundo Ladjevardi et al. (2015), o psyllium também pode ser usado como um substituto ideal de gordura em iogurtes, com o objetivo de desenvolver um produto mais saudável. Além das características funcionais do psyllium a caracterização sensorial do iogurte revelou que estes apresentaram melhor aroma, textura e aceitabilidade geral do que os iogurtes de controle.

CONCLUSÃO

Psyllium é um produto natural com benefícios para a saúde comprovados. Ele pode substituir compostos sintéticos em diversos segmentos da indústria graças a sua propriedade espessante e capacidade de absorção de água. Além de ser amplamente utilizado na indústria farmacêutica o psyllium possui aplicações em alguns produtos alimentícios por suas características funcionais, mas ainda são necessários estudos sobre sua influência em diferentes formulações de alimentos.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, J.W.; ALLGOOD, L.D.; TURNER, J.; OELTGEN, P.R.; DAGGY, B.P. Effects of psyllium on glucose and serum lipid responses in men with type 2 diabetes and hypercholesterolemia. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.70, p.466–473, 1999. DOI: 10.1093/ajcn/70.4.466.
- BASIRI, S.; SHEKARFOROUSH, S.S.; MAZKOUR, S.; MODABBER, P.; KORDSHOULI, F.Z. Evaluating the potential of mucilaginous seed of psyllium (*Plantago ovata*) as a new lead biosorbent. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, v.24, p.100242, 2020. DOI: 10.1016/j.bcdf.2020.100242.
- BEARA, I.N.; LESJAK, M.M.; ORČIĆ, D.Z.; SIMIN, N.Đ.; ČETOJEVIĆ-SIMIN, D.D.; BOŽIN, B.N.; MIMICA-DUKIĆ, N.M. Comparative analysis of phenolic profile, antioxidant, anti-inflammatory and cytotoxic activity of two closely-related Plantain species: *Plantago altissima* L. and *Plantago lanceolata* L. **LWT-Food Science and Technology**, v.47, p.64–70, 2012. DOI: 10.1016/j.lwt.2012.01.001.
- BELORIO, M.; MARCONDES, G.; GÓMEZ, M. Influence of psyllium versus xanthan gum in starch properties. **Food Hydrocolloids**, v.105, p.105843, 2020. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2020.105843.
- BELORIO, M.L.S. **Empleo del psyllium para el desarrollo de nuevos productos a base de cereales**. 2020.
- BOARD, N. *Plantago ovata* Forsk: Cultivation. Em: BOARD, N. (Ed.). **Herbs cultivation and their utilization**. Delhi, India: Asia Pacific Business Pres inc., 2003. p.218–228. .

DAS, A.K.; NANDA, P.K.; MADANE, P.; BISWAS, S.; DAS, A.; ZHANG, W.; LORENZO, J.M. A comprehensive review on antioxidant dietary fibre enriched meat-based functional foods. **Trends in Food Science & Technology**, v.99, p.323–336, 2020. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.03.010.

DHAR, M.K.; KAUL, S.; SAREEN, S.; KOUL, A.K. *Plantago ovata*: genetic diversity, cultivation, utilization and chemistry. **Plant Genetic Resources**, v.3, p.252–263, 2005. DOI: 10.1079/pgr200582.

ERDOGAN, A.; RAO, S.S.C.; THIRUVAIYARU, D.; LEE, Y.Y.; COSS ADAME, E.; VALESTIN, J.; O'BANION, M. Randomised clinical trial: mixed soluble/insoluble fibre vs. psyllium for chronic constipation. **Alimentary Pharmacology & Therapeutics**, v.44, p.35–44, 2016. DOI: 10.1111/apt.13647.

FILIPČEV, B.; POJIĆ, M.; ŠIMURINA, O.; MIŠAN, A.; MANDIĆ, A. Psyllium as an improver in gluten-free breads: Effect on volume, crumb texture, moisture binding and staling kinetics. **LWT**, v.151, p.112156, 2021. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.112156.

FISCHER, M.H.; YU, N.; GRAY, G.R.; RALPH, J.; ANDERSON, L.; MARLETT, J.A. The gel-forming polysaccharide of psyllium husk (*Plantago ovata* Forsk). **Carbohydrate Research**, v.339, p.2009–2017, 2004. DOI: 10.1016/j.carres.2004.05.023.

FRADINHO, P.; SOARES, R.; NICCOLAI, A.; SOUSA, I.; RAYMUNDO, A. Psyllium husk gel to reinforce structure of gluten-free pasta? **LWT**, v.131, p.109787, 2020. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.109787.

GUO, Q.; CUI, S.W.; WANG, Q.; GOFF, H.D.; SMITH, A. Microstructure and rheological properties of psyllium polysaccharide gel. **Food Hydrocolloids**, v.23, p.1542–1547, 2009. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2008.10.012.

GUO, Q.; CUI, S.W.; WANG, Q.; YOUNG, J.C. Fractionation and physicochemical characterization of psyllium gum. **Carbohydrate Polymers**, v.73, p.35–43, 2008. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2010.09.027.

GUPTA, R.R.; AGRAWAL, C.G.; SINGH, G.P.; GHATAK, A. Lipid-lowering efficacy of psyllium hydrophilic mucilloid in non-insulin dependent diabetes mellitus with hyperlipidaemia. **The Indian Journal of Medical Research**, v.100, p.237–241, 1994.

HAN, N.; WANG, L.; SONG, Z.; LIN, J.; YE, C.; LIU, Z.; YIN, J. Optimization and antioxidant activity of polysaccharides from *Plantago depressa*. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.93, p.644–654, 2016.

JIMÉNEZ-COLMENERO, F.; HERRERO, A.M.; COFRADES, S.; RUIZ-CAPILLAS, C. Meat and functional foods. Em: HUI, Y.H. (Ed.). **Handbook of meat and meat processing**. Boca Raton: CRC Press. Taylor Francis Group, 2012. v.1p.225–248. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2011.04.007.

JOVANOVSKI, E.; YASHPAL, S.; KOMISHON, A.; ZURBAU, A.; BLANCO MEJIA, S.; HO, H.V.T.; LI, D.; SIEVENPIPER, J.; DUVNJAK, L.; VUKSAN, V. Effect of psyllium (*Plantago ovata*) fiber on LDL cholesterol and alternative lipid targets, non-HDL cholesterol and apolipoprotein B: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.108, p.922–932, 2018. DOI: 10.1093/ajcn/nqy115.

KAUR, S.; DAS, M. Functional foods: An overview. **Food Science and Biotechnology**, v.20, p.861, 2011. DOI: 10.1007/s10068-011-0121-7.

- KRYSZYJAN, M.; KHACHATRYAN, G.; CIESIELSKI, W.; BUKSA, K.; SIKORA, M. Preparation and characteristics of mechanical and functional properties of starch/*Plantago psyllium* seeds mucilage films. **Starch-Stärke**, v.69, p.1700014, 2017.
- KUMAR, D.; PANDEY, J.; KUMAR, P. Microwave assisted synthesis of binary grafted psyllium and its utility in anticancer formulation. **Carbohydrate Polymers**, v.179, 2018. DOI: 10.1016/j.carbpol.2017.09.093.
- KUMAR, D.; PANDEY, J.; KUMAR, P.; RAJ, V. Psyllium mucilage and its use in pharmaceutical field: An overview. **Current Synthetic and System Biology**, v.5, p.1–7, 2017. DOI: 10.4172/2332-0737.1000134.
- LADJEVARDI, Z.S.; GHARIBZAHEDI, S.M.T.; MOUSAVI, M. Development of a stable low-fat yogurt gel using functionality of psyllium (*Plantago ovata* Forsk) husk gum. **Carbohydrate Polymers**, v.125, p.272–280, 2015. DOI: 10.1002/star.201700014.
- MCRORIE, J.W.; DAGGY, B.P.; MOREL, J.G.; DIERSING, P.S.; MINER, P.B.; ROBINSON, M. Psyllium is superior to docusate sodium for treatment of chronic constipation. **Alimentary Pharmacology and Therapeutics**, v.12, p.491, 1998.
- MISHRA, S.; SINHA, S.; DEY, K.P.; SEN, G. Synthesis, characterization and applications of polymethylmethacrylate grafted psyllium as flocculant. **Carbohydrate Polymers**, v.99, p.462–468, 2014. DOI: 10.1016/j.carbpol.2013.08.047.
- MONGE NETO, A.Á.; TOMAZINI, L.F.; MIZUTA, A.G.; CORRÊA, R.C.G.; MADRONA, G.S.; MORAES, F.F. DE; PERALTA, R.M. Direct microencapsulation of an annatto extract by precipitation of psyllium husk mucilage polysaccharides. **Food Hydrocolloids**, v.112, p.106333, 2021. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2020.106333.
- PATEL, M.K.; TANNA, B.; GUPTA, H.; MISHRA, A.; JHA, B. Physicochemical, scavenging and anti-proliferative analyses of polysaccharides extracted from psyllium (*Plantago ovata* Forssk) husk and seeds. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.133, p.190–201, 2019. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.04.062.
- PATEL, M.K.; TANNA, B.; MISHRA, A.; JHA, B. Physicochemical characterization, antioxidant and anti-proliferative activities of a polysaccharide extracted from psyllium (*P. ovata*) leaves. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.118, p.976–987, 2018. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2018.06.139.
- PEJ CZ, E.; SPYCHAJ, R.; WOJCIECHOWICZ-BUDZISZ, A.; GIL, Z. The effect of *Plantago* seeds and husk on wheat dough and bread functional properties. **Lwt**, v.96, p.371–377, 2018. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.05.060.
- PODDAR, S.; AGARWAL, P.S.; SAHI, A.K.; VARSHNEY, N.; VAJANTHRI, K.Y.; MAHTO, S.K. Fabrication and characterization of electrospun psyllium husk-based nanofibers for tissue regeneration. **Journal of Applied Polymer Science**, v.138, p.50569, 2021. DOI: 10.1002/app.50569.
- RICKLEFS-JOHNSON, K.; JOHNSTON, C.S.; SWEAZEA, K.L. Ground flaxseed increased nitric oxide levels in adults with type 2 diabetes: A randomized comparative effectiveness study of supplemental flaxseed and psyllium fiber. **Obesity Medicine**, v.5, p.16–24, 2017. DOI: 10.1016/j.obmed.2017.01.002.
- SANTOS, F.G.; AGUIAR, E. V; CENTENO, A.C.L.S.; ROSELL, C.M.; CAPRILES, V.D. Effect of added psyllium and food enzymes on quality attributes and shelf life of chickpea-based gluten-free bread. **LWT**, v.134, p.110025, 2020. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.110025.

SANTOS, F.G.; AGUIAR, E. V; ROSELL, C.M.; CAPRILES, V.D. Potential of chickpea and psyllium in gluten-free breadmaking: Assessing bread's quality, sensory acceptability, and glycemic and satiety indexes. **Food Hydrocolloids**, v.113, p.106487, 2021. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2020.106487.

SIERRA, M.; GARCÍA, J.J.; FERNÁNDEZ, N.; DIEZ, M.J.; CALLE, A.P. Therapeutic effects of psyllium in type 2 diabetic patients. **European Journal of Clinical Nutrition**, v.56, p.830–842, 2002. DOI: .

SILVA, A.P.S.; ZOTTI, C.A.; CARVALHO, R.F.; CORTE, R.R.; CÔNSOLO, N.R.B.; SILVA, S.L.; LEME, P.R. Effect of replacing antibiotics with functional oils following an abrupt transition to high-concentrate diets on performance and carcass traits of Nellore cattle. **Animal Feed Science and Technology**, v.247, p.53–62, 2019. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2018.10.015.

SINGH, B. Psyllium as therapeutic and drug delivery agent. **International Journal of Pharmaceutics**, v.334, p.1–14, 2007.

THAKUR, V.K.; THAKUR, M.K. Recent trends in hydrogels based on psyllium polysaccharide: a review. **Journal of Cleaner Production**, v.82, p.1–15, 2014. DOI: 10.1016/j.jclepro.2014.06.066.

TÓTH, A.; HALÁSZ, K. Characterization of edible biocomposite films directly prepared from psyllium seed husk and husk flour. **Food Packaging and Shelf Life**, v.20, p.100299, 2019. DOI: 10.1016/j.fpsl.2019.01.003.

VALENZUELA, A.B.; SANHUEZA, J.; NIETO, S. **Natural antioxidants in functional foods: From food safety to health benefits** *Grasas y Aceites*, 2003.

WAHID, A.; MAHMOUD, S.M.N.; ATTIA, E.Z.; YOUSEF, A.-S.; OKASHA, A.M.M.; SOLIMAN, H.A. Dietary fiber of psyllium husk (*Plantago ovata*) as a potential antioxidant and hepatoprotective agent against CCl₄-induced hepatic damage in rats. **South African Journal of Botany**, v.130, p.208–214, 2020. DOI: 10.1016/j.sajb.2020.01.007.

WILDMAN, R.E.C.; WILDMAN, R.; WALLACE, T.C. **Handbook of nutraceuticals and functional foods**. Florida, USDA: Boca Raton, 2016.

ZHANG, J.; WEN, C.; ZHANG, H.; DUAN, Y. Review of isolation, structural properties, chain conformation, and bioactivities of psyllium polysaccharides. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.139, p.409–420, 2019. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.08.014.

Artigo 2 - Efeitos da substituição de gordura suína por mucilagem de psyllium em hambúrgueres de carne bovina sobre o tempo de prateleira e características físico-químicas

RESUMO

Devido ao elevado teor de gordura dos produtos cárneos, encontrar opções que os tornem mais saudáveis e que possam substituir a gordura é a chave para satisfazer as expectativas dos consumidores atualmente. Neste sentido, o psyllium tem sido utilizado como um ingrediente com potencial aplicação nestes novos produtos. Para avaliar os efeitos da inclusão de psyllium em hambúrgueres de carne bovina como substituto de gordura, foram avaliadas as características de composição química, pH, cor, perda por cocção, força de cisalhamento, oxidação lipídica e microestrutura. A substituição da gordura animal pela mucilagem de psyllium na preparação de hambúrgueres de carne bovina reduziu os valores de proteínas totais e lípidios e aumentou os valores de umidade e cinzas, tornando os hambúrgueres mais escuros (valores L^* e a^*) e contribuindo para a redução da oxidação lipídica. Assim, com a substituição de 15% da gordura por mucilagem de psyllium, verificou-se que a estrutura geral dos hambúrgueres foi semelhante, podendo ser utilizada como substituto de gordura, melhorando os parâmetros de qualidade dos produtos cárneos sem alterar a qualidade do produto.

Palavras-chave: Fibra alimentar, Substituto de gordura, Produtos cárneos, Mucilagem

ABSTRACT

Due to the high-fat content of meat products, finding options that make them healthier and that can replace fat is the key to meeting consumer expectations today. In this way, psyllium has been used as an ingredient with potential application in these new products. To assess the effects of including psyllium in beef burgers as a fat substitute, the chemical composition, pH, color, cooking loss, shear force, lipid oxidation, and microstructure characteristics were evaluated. Replacing animal fat with psyllium mucilage in the beef burgers preparation reduced total protein and lipid values and increased moisture and ash values, turn the burgers darker (L^* and a^* values), and contributed to the reduction of lipid oxidation. Thus, with the inclusion of psyllium mucilage with 15% of fat substituted by mucilage, the overall structure of the burgers was similar and could be used as fat replacer, improving the quality parameters of the meat products without changing the product quality.

Keywords: Dietary fiber, Fat replacer, Meat products, Mucilage

RESUMEN

Debido al alto nivel de contenido graso de los productos cárnicos, encontrar opciones que los hagan más saludables y que puedan sustituir a la grasa es la clave para satisfacer las expectativas del consumidor actual. En este sentido, el psyllium se ha utilizado como un ingrediente con potencial aplicación en estos nuevos productos. Para evaluar los efectos de la inclusión de psyllium en hamburguesas de vacuno como sustituto de la grasa, se evaluaron las características de composición química, pH, color, pérdida por cocción, fuerza de cizallamiento, oxidación lipídica y microestructura. La sustitución de grasa animal por mucilago de psyllium en la preparación de hamburguesas de vacuno redujo los valores totales de proteínas y lípidos y aumentó

los valores de humedad y cenizas, oscureció las hamburguesas (valores L^* y a^*) y contribuyó a la reducción de la oxidación lipídica. Así, con la inclusión de mucílago de psyllium con un 15% de grasa sustituida por mucílago, la estructura general de las hamburguesas era similar y podía utilizarse como sustituto de la grasa, mejorando los parámetros cualitativos de los productos cárnicos sin alterar la calidad del producto.

Palabras clave: Fibra alimentaria, Sustituto de grasa, Productos cárnicos, Mucílago

1 INTRODUÇÃO

A carne desempenha um papel crucial como fornecedor de proteínas de alta qualidade e nutrientes essenciais para os consumidores. Os seus derivados são um componente fundamental das refeições do dia a dia, servindo como excelentes fontes de nutrientes vitais (Olmedilla-Alonso et al., 2013).

Os consumidores, especialmente a geração mais jovem, têm uma forte preferência por diversos produtos cárneos (Carvalho et al., 2020; Carvalho et al., 2017). No entanto, os crescentes problemas associados ao consumo excessivo de alimentos ricos em gordura e açúcar, juntamente com a crescente preocupação do público com a melhoria da saúde através da dieta, levaram a uma busca por alternativas mais saudáveis. Para atingir este objetivo, podem ser utilizadas diversas estratégias, tais como a redução dos compostos nocivos e o aumento dos compostos benéficos nos produtos à base de carne (Monteschio et al., 2020; Vital et al., 2016).

Para criar produtos menos calóricos que tenham a mesma qualidade dos tradicionais, os pesquisadores têm investigado os substitutos de gordura para produzir alimentos com as características sensoriais e funcionais das gorduras, mas sem seu alto valor calórico. O objetivo é oferecer aos consumidores produtos saborosos e visualmente atraentes, voltados para o bem-estar e a saúde. Os alimentos funcionais, que são conhecidos por seus benefícios clínicos ou de saúde comprovados, além de seus efeitos nutricionais, se enquadram nessa categoria (Biesalski et al., 2009; Olmedilla-Alonso et al., 2013).

A gordura desempenha um papel crucial nos produtos cárneos, melhorando sua textura, sabor e suculência (Pethick et al., 2011). No entanto, o excesso de gordura pode ser prejudicial à saúde humana. Apesar disso, a redução do teor de gordura pode representar desafios durante a fabricação de um produto, alterando a textura e os atributos sensoriais (Choi et al., 2013). Um substituto de gordura adequado para carnes deve imitar as gorduras em termos de estrutura, textura e suculência. O uso de fibra alimentar como alternativa à gordura não só aumenta o perfil nutricional do produto,

mas também reduz seu valor calórico (Han & Bertram, 2017). Além disso, as fibras alimentares, como o psyllium, têm sido utilizadas como espessantes em produtos cárneos devido às suas propriedades de formação de gel. O psyllium, uma rica fonte de fibra solúvel e insolúvel, ganhou atenção por suas possíveis vantagens para a saúde e aplicações em vários produtos alimentícios (Franco et al., 2020; Guo et al., 2009).

A forte capacidade de gelificação de seus polissacarídeos está fortemente ligada às suas vantagens para a saúde e à sua função como agente ligante na indústria alimentícia. Quando dissolvido em água, ele cria um gel e atua como um forte agente gelificante aumentando a viscosidade no desenvolvimento de produtos cárneos (Talukder, 2015). Pesquisadores também investigaram as propriedades nutracêuticas, farmacêuticas e medicinais do psyllium para tratar doenças como síndrome do intestino irritável, obesidade, câncer de cólon, constipação, diabetes, colesterol alto, colite ulcerativa e aterosclerose (Mishra et al., 2014; Wahid et al., 2020).

É amplamente conhecido o fato de que a inclusão de alimentos ricos em fibras na dieta humana traz inúmeras vantagens para a saúde, ajudando a evitar e a controlar doenças crônicas. O psyllium, uma fibra solúvel derivada das cascas das sementes de plantas do gênero *Plantago*, destaca-se como uma fibra suplementar popular, especialmente abundante em áreas subtropicais específicas. Inicialmente explorada por suas possíveis propriedades promotoras de saúde, a pesquisa se ampliou para examinar suas possíveis aplicações em vários itens de consumo, desde suplementos dietéticos até produtos de cuidados com a pele e medicamentos (Guo et al., 2008).

A semente de *Plantago* contém um polissacarídeo de elevado valor acrescentado, chamado mucilagem de casca de psyllium. Essa mucilagem é predominantemente composta de arabinoxilanos, com 22,6% de arabinose e 74,6% de xilose. Ao longo da história, ela tem sido utilizada para tratar várias condições, como constipação, síndrome do intestino irritável, câncer de cólon e diarreia. Além disso, demonstrou ter efeitos benéficos, como redução dos níveis de colesterol, diminuição do risco de câncer de cólon e hiperglicemia, bem como auxílio no controle de peso (Wahid et al., 2020). Além disso, apresenta aplicações promissoras na indústria alimentícia como agente estabilizador e gelificante (Franco et al., 2020).

Inúmeros projetos de pesquisa foram realizados para ampliar a aplicação do psyllium em vários setores (Kumar et al., 2019), incluindo filmes biodegradáveis (Tóth & Halász,

2019), o desenvolvimento de produtos sem glúten (Fradinho et al., 2020) e o aprimoramento de produtos cárneos (Osheba et al., 2013).

Este trabalho foi desenvolvido para avaliar os efeitos da inclusão de psyllium em hambúrgueres de carne bovina como substituto de gordura sobre o pH, a composição química, a cor, as perdas de peso, a força de cisalhamento, a oxidação lipídica e a microestrutura.

2 MATERIAL E METODOS

2.1 Amostras de carne

A carne usada para esse experimento foi o corte *Spinallis dorsi* de bois Nelore, terminados em pastos de *brachiaria*, pesando em média 500,00 kg e abatidos aos 24 meses. A carne foi obtida em um açougue da cidade de Maringá, Paraná, Brasil. O peso médio das peças foi de 8,5 kg.

2.2 Extração da mucilagem de psyllium

Para a extração da mucilagem de psyllium, foi utilizada a metodologia descrita por Guo et al. (2008), com modificações. Após diversos testes para padronização e melhor utilização da mucilagem foi determinado o uso da proporção 4:100, ou seja, a adição de 4 gramas de psyllium para cada 100 ml de água destilada, com aquecimento a 80° C por 30 min em constante agitação, até a mistura se tornar um gel homogêneo.

2.3 Tratamentos e confecção dos hambúrgueres

Os hambúrgueres foram elaborados no Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Animal, pertencente à Universidade Estadual de Maringá e formulados de acordo com Carvalho et al. (2017) com o objetivo de avaliar o efeito da substituição gradual de gordura suína por mucilagem de psyllium. Foram testados quatro tratamentos, sendo: P00 (sem psyllium e 20% de gordura animal); P05 (5% de psyllium e 15% de gordura animal); P10 (10% de psyllium e 10% de gordura animal) e P15 (15% de psyllium e 5% de gordura animal). Cada hambúrguer foi armazenado em bandejas de isopor, envolvidos em plástico filme e colocados em uma geladeira vitrine iluminada (4° C) e as amostras foram analisadas nos dias 1, 3 e 7 de armazenamento.

2.4 Composição química

As amostras de hambúrguer foram picadas, homogeneizadas e analisadas em triplicata no dia um. O teor de umidade, cinzas e proteína bruta do hambúrguer foi determinado de acordo com a AOAC (2005).

2.5 pH

O pH foi medido em 1, 3 e 7 dias de armazenamento, usando um pHmetro (Tradelab, Contagem, MG, Brasil), conforme descrito por Vital et al. (2016).

2.6 Perda de água e perda por cocção

Os pesos individuais dos hambúrgueres foram registrados a cada dia de análise. Os resultados foram expressos como uma porcentagem relativa ao peso inicial do hambúrguer (dia 0).

A perda por cocção foi determinada seguindo a metodologia descrita por Carvalho et al. (2017), onde um hambúrguer previamente pesado foi envolto em folha de alumínio para posterior cozimento. Cada amostra foi cozida em grelha pré-aquecida (Grill Philco Jumbo Inox, Philco SA, Brasil) a 200° C até atingir a temperatura interna de 72° C. Após atingir a temperatura ambiente (25° C), as amostras foram novamente pesadas e as perdas por cocção calculada.

2.7 Força de cisalhamento

A força de cisalhamento (N) foi analisada usando o TA.XT Plus (texturômetro - Texture Technologies 15 Corp., Reino Unido) com uma lâmina Warner-Bratzler. Os parâmetros usados foram uma carga de 5 kg e uma velocidade de 1 mm/s. Quatro amostras foram grelhadas a 200 °C em um grill elétrico (Grill Philco Jumbo Inox, Philco SA, Brasil) até 72 °C. Em seguida, as amostras foram resfriadas (25 °C), cortadas e analisadas no centro.

2.8 Cor

A cor foi avaliada com 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*).

2.9 Oxidação lipídica (TBARS)

Substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS) foram determinadas em amostras dos tratamentos para quantificação do Malonaldeído, produto secundário da oxidação lipídica, utilizando o método modificado por Vital et al. (2016). A amostra (5 g) foi misturada com solução de TCA (7,5% TCA, 0,1% EDTA e 0,1% de ácido gálico) (10 ml), homogeneizada usando um Ultra Turrax, centrifugada a 4000 rpm, a 4 °C, por 15 min. O sobrenadante foi filtrado e misturado (1:1 v / v) com reagente TBA (1% TBA, 562,5 µM HCl, 15% TCA). A mistura foi aquecida (100° C) durante 15 min, depois esfriada e a leitura foi realizada em absorvância de 532 nm. As concentrações foram determinadas usando uma curva padrão MDA (1,3,3-tetrametoxipropano), variando de 0 a 60 µM. Os resultados foram expressos em mg MDA/kg de amostra.

2.10 Microscopia eletrônica de varredura

A análise de microestrutura foi realizada de acordo com Matumoto-Pintro et al. (2011), com a utilização de um microscópio eletrônico de varredura (MEV) (Superscan, Shimadzu SS-550) a 15 kV. O preparo das amostras foi feito a partir dos hambúrgueres do dia 1 de armazenamento onde as amostras foram congeladas em nitrogênio líquido e liofilizadas para posterior análise. Para as análises de microscopia as amostras foram colocadas em stubs de alumínio e revestidas com uma camada de ouro (sputter coater, Bal-Tec, SCD 050).

2.11 Análises estatísticas

As variáveis observadas foram submetidas à análise de variância usando o modelo linear generalizado (GLM) com o pacote estatístico SPSS (IBM SPSS Estatístico, SPSS Inc., Chicago, USA) do Windows. As médias e erros padrões das médias foram calculadas para todas as variáveis. Os tratamentos (níveis de substituição da gordura animal pela mucilagem de psyllium) e o tempo de display/estocagem (pH, coloração, perdas por gotejamento e cocção, textura e oxidação) foram considerados fatores fixos em um desenho fatorial, com três repetições por tratamento para cada análise. Quando as diferenças diferiram, o teste de Tukey foi usado com diferença estatísticas = $P < 0,05$.

3 RESULTADOS AND DISCUSSÃO

3.1 Composição química

A porcentagem de umidade e cinzas dos hambúrgueres aumentou linearmente ($P < 0,001$) com a substituição da gordura suína pela mucilagem de psyllium (Tabela 1). Esse resultado é atribuído diretamente à maior porcentagem de umidade (11 a 15%) e à maior quantidade de fibra presente na mucilagem de psyllium, que varia de 4 a 5% (Antigo et al., 2020).

Ao contrário, a porcentagem de proteína e lipídios dos hambúrgueres diminuiu linearmente ($P < 0,001$) com a substituição da gordura suína pela mucilagem de psyllium (Tabela 1). Essa redução se deve à menor porcentagem de proteína e de lipídios totais na mucilagem de psyllium. O conteúdo total de lipídios na mucilagem de psyllium pode variar de 0,5 a 1,1% (Antigo et al., 2020).

Portanto, o uso de psyllium em hambúrgueres como substituto da gordura animal demonstrou um resultado favorável na redução do conteúdo total de lipídios. Essa redução na porcentagem de gordura é benéfica para a saúde humana (Toldrà & Reig, 2011), sendo uma descoberta importante pois, os consumidores modernos estão cada vez mais preocupados com a saúde, buscando opções alimentares mais saudáveis que reduzam a gordura sem sacrificar a qualidade do produto (Biesalski et al., 2009).

Tabela 1. Efeito dos níveis de substituição de gordura suína por mucilagem de psyllium na composição química de hambúrgueres de carne bovina

Composição	Tratamentos				EPM ⁵	P < Valor ⁶
	P00 ¹	P05 ²	P10 ³	P15 ⁴		
Umidade	60.37d	62.44c	64.53b	72.37a	0.56	0.001
Proteína	19.43a	19.33a	17.32b	15.69c	0.80	0.001
Lipídios totais	38.09a	37.45a	35.10b	33.45c	0.50	0.001
Cinzas	3.63a	4.28b	4.31b	5.97a	0.14	0.001

¹P00: Sem adição de psyllium, ²P05: Substituição de 5% de psyllium por gordura suína, ³P10: Substituição de 10% de psyllium por gordura suína, ⁴P15: Substituição de 15% de psyllium por gordura suína. Os resultados são expressos como média e erro padrão da média. As médias seguidas por letras diferentes, na mesma linha, são diferentes ($P < 0,05$). ⁵EPM - Erro padrão da média.

3.2 pH

Os resultados de pH dos hambúrgueres estão apresentados na Tabela 1. Nos dias 1 e 3, os tratamentos não influenciaram ($P > 0,05$) os valores de pH dos hambúrgueres (Tabela 2), que variaram dentro da faixa de pH conhecida (Cardoso et al., 2023;

Nascimento et al., 2020). No sétimo dia, os valores de pH dos tratamentos com substituição da gordura suína por mucilagem de psyllium foram maiores ($P < 0,001$) em comparação com os tratamentos sem adição de mucilagem (Tabela 2). Essa diferença pode ser devido ao maior teor de umidade da mucilagem de psyllium em comparação com a gordura suína.

Tabela 2. Efeito dos níveis de substituição de gordura suína por mucilagem de psyllium e tempo de armazenamento nos valores de pH de hambúrgueres de carne bovina

Dias	Tratamentos				EPM ⁵	P < Valor ⁶
	P00 ¹	P05 ²	P10 ³	P15 ⁴		
1	5.68B	5.77B	5.69B	5.62B	0.02	0.691
3	5.75B	5.85B	5.79B	5.74B	0.02	0.843
7	6.00cA	6.42aA	6.19bA	6.29bA	0.01	0.001
EPM	0.02	0.01	0.02	0.02		
P < Valor	0.001	0.001	0.001	0.001		

¹P00: Sem adição de psyllium, ²P05: Substituição de 5% de psyllium por gordura suína, ³P10: Substituição de 10% de psyllium por gordura suína, ⁴P15: Substituição de 15% de psyllium por gordura suína. Os resultados são expressos como média e erro padrão da média. As médias seguidas por letras diferentes, na mesma linha, são diferentes ($P < 0,05$). ⁵EPM - Erro padrão da média.

Os valores de pH aumentaram significativamente ($P < 0,05$) ao longo dos dias de armazenamento (Tabela 2), passando de 5,68 para 6,42. Em geral, o pH da carne e dos hambúrgueres aumenta com o tempo de armazenamento (Cardoso et al., 2023; Nascimento et al., 2020). Conforme afirmado por Zarei e colaboradores (2015), o aumento do pH do hambúrguer ao longo do período de armazenamento está associado à deterioração causada por alterações na atividade glicolítica, levando à quebra de aminoácidos por meio do metabolismo microbiano, resultando na formação de amônia e trimetilamina por enzimas endógenas ou microbianas.

3.3 Cor

Os parâmetros de cor dos hambúrgueres (L^* , a^* e b^*) estão apresentados na Tabela 3. Os valores de L^* foram menores à medida que os níveis de substituição de gordura suína por mucilagem de psyllium aumentaram ($P > 0,05$). Esses valores mostram que quanto maior a inclusão da mucilagem de psyllium, mais escuros ficam os hambúrgueres. A ausência de luminosidade dos hambúrgueres é influenciada por seus ingredientes e pela forma como são feitos, pois esses elementos podem diferir significativamente. Portanto, na maioria dos casos, a duração do armazenamento diminui o valor L^* dos produtos de carne bovina (Nascimento et al., 2020) ou o mantém inalterado (Cardoso et al., 2023).

Os valores de a^* apresentaram uma diferença significativa ($P > 0,05$) nos dias 3 e 7 de armazenamento dos hambúrgueres em todos os tratamentos (Tabela 3). Assim, os tratamentos com níveis mais altos de substituição de gordura suína por mucilagem de psyllium apresentaram valores mais altos de a^* . Estes valores variaram de 7,5 a 14,2 pontos, da mesma forma que observado em outros estudos (Cardoso et al., 2023).

O tempo de armazenamento teve um efeito ($P < 0,001$) na variação dos valores de a^* dos hambúrgueres em todos os tratamentos (Tabela 3). Os dias de armazenamento reduziram linearmente ($P < 0,05$) os valores de a^* em todos os tratamentos. Portanto, a mucilagem de psyllium tornou os hambúrgueres mais vermelhos (escuras).

Tabela 3. Efeito dos níveis de substituição de gordura suína por mucilagem de psyllium e tempo de armazenamento na cor de hambúrgueres de carne bovina.

Dias	Tratamentos				EPM ⁵	P < Valor ⁶
	P00 ¹	P05 ²	P10 ³	P15 ⁴		
	L^*					
1	46.43	46.57	47.34	43.95	2.33	0.683
3	49.89a	47.33a	45.56b	43.79b	2.00	0.001
7	46.54a	46.15a	46.88a	41.03b	1.66	0.001
EPM	1.77	0.050	0.050	0.050		
P < Valor	0.381	0.575	0.399	0.471		
Dias	a^*				EPM ⁵	P < Valor ⁶
1	13.35A	14.16A	13.56A	13.24A	1.28	0.979
3	9.01bB	10.10bB	12.40aB	11.96aB	1.53	0.010
7	8.12bC	7.58bC	9.26aC	9.64aC	1.04	0.010
EPM	1.25	1.44	1.38	1.11		
P < Valor	0.001	0.001	0.001	0.001		
Dias	b^*				EPM ⁵	P < Valor ⁶
1	15.25	14.41	17.61	16.78	1.56	0.676
3	15.17	14.41	17.61	16.78	1.57	0.665
7	14.17	14.65	15.89	15.35	0.86	0.752
EPM	1.66	1.72	1.83	1.15		
P < Valor	0.712	0.915	0.383	0.222		

¹P00: Sem adição de psyllium, ²P05: Substituição de 5% de psyllium por gordura suína, ³P10: Substituição de 10% de psyllium por gordura suína, ⁴P15: Substituição de 15% de psyllium por gordura suína. Os resultados são expressos como média e erro padrão da média. As médias seguidas por letras diferentes, na mesma linha, são diferentes ($P < 0,05$). ⁵EPM - Erro padrão da média.

Os valores de L^* e a^* indicaram que os hambúrgueres apresentaram uma cor mais escura com a inclusão da mucilagem de psyllium. De acordo com Jovanovski et al. (2018), a mucilagem de psyllium é obtida a partir da moagem de sementes de *Plantago*, que são marrom-claras, contribuindo assim para um leve escurecimento dos

hambúrgueres.

Os níveis de substituição da gordura suína por mucilagem de psyllium e o tempo de armazenamento não tiveram efeito ($P > 0,05$) sobre os valores de b^* (Amarelo) dos hambúrgueres (Tabela 3). Sendo que, em hambúrgueres os valores de b^* variam de 14,17 a 17,61 sem considerar o tratamento e o tempo de armazenamento.

3.4 *Perdas de água e perdas por cocção*

A substituição da gordura suína pela mucilagem de psyllium e o tempo de armazenamento não tiveram influência ($P > 0,05$) na perda por gotejamento dos hambúrgueres nos três dias de armazenamento (1, 3 ou 7 dias) (Tabela 4). As perdas de água foram baixas e variaram de 1,54 a 1,63%, dentro da média encontrada em estudos sobre hambúrgueres (1,0 a 3,0%) (Vital et al., 2021; Cardoso et al., 2023).

As perdas por cocção apresentam uma diferença significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos nos dias 3 e 7 de armazenamento (Tabela 4), onde os tratamentos com os maiores níveis de substituição de gordura por mucilagem de psyllium apresentaram as maiores perdas. A razão por trás desse resultado pode ser atribuída ao elevado teor de água encontrado na mucilagem de psyllium em comparação com a gordura suína, resultando em maior evaporação da água durante o cozimento, conforme destacado por Antigo et al. (2020).

O tempo de armazenamento não influenciou ($P > 0,05$) as perdas por cocção nos tratamentos CONT, P05 e P10, mas aumentou ao longo do tempo de armazenamento ($P < 0,001$) com a adição de 15% de substituição da gordura suína por mucilagem de psyllium. No entanto, as perdas por cocção ficaram em torno de 20-25%, o que é considerado aceitável para hambúrgueres (Vital et al., 2021; Cardoso et al., 2023).

3.5 *Textura*

A substituição da gordura suína pela mucilagem de psyllium melhorou linearmente ($P < 0,001$) a textura dos hambúrgueres (menor força de cisalhamento) (Tabela 4). Assim, a força de cisalhamento diminuiu de uma média de 1,44 kg no tratamento sem inclusão de psyllium para 0,56 kg nos hambúrgueres com 15% de substituição da gordura animal por mucilagem de psyllium. A diferença na textura do hambúrguer também está relacionada à textura da mucilagem de psyllium em relação à gordura animal, influenciando diretamente o resultado.

Porém, a substituição da gordura suína por mucilagem de psyllium durante o tempo de armazenamento (1, 3 ou 7 dias) não teve efeito ($P > 0,05$) na textura dos hambúrgueres, sendo a força de cisalhamento semelhante em todos os casos (Tabela 5).

Tabela 4. Efeito dos níveis de substituição de gordura suína por mucilagem de psyllium e tempo de armazenamento nas perdas de peso e cocção e força de cisalhamento (kg) de hambúrgueres de carne bovina

Dias	Tratamentos				EPM ⁵	P < Valor ⁶
	P00 ¹	P05 ²	P10 ³	P15 ⁴		
Perda de água						
1	1.55	1.54	1.56	1.56	0.03	0.334
3	1.56	1.57	1.57	1.58	0.01	0.336
7	1.59	1.60	1.59	1.63	0.01	0.335
EPM	0.02	0.02	0.01	0.03		
P < Valor	0.336	0.432	0.225	0.444		
Perdas por cocção						
1	21.70	21.20	20.90	21.80B	0.70	0.854
3	22.60a	22.70a	23.10a	25.20bA	0.50	0.001
7	22.90a	22.50a	21.80a	24.20bA	0.80	0.001
EPM	0.60	0.70	0.60	0.80		
P < Valor	0.449	0.361	0.356	0.001		
Força de cisalhamento						
1	1.78a	0.74b	0.81b	0.55c	0.27	0.001
3	1.20a	1.08b	0.78c	0.54d	0.27	0.001
7	1.33a	0.84b	0.78b	0.59c	0.30	0.001
EPM	0.25	0.28	0.26	0.26		
P < Valor	0.150	0.112	0.114	0.635		

¹P00: Sem adição de psyllium, ²P05: Substituição de 5% de psyllium por gordura suína, ³P10: Substituição de 10% de psyllium por gordura suína, ⁴P15: Substituição de 15% de psyllium por gordura suína. Os resultados são expressos como média e erro padrão da média. As médias seguidas por letras diferentes, na mesma linha, são diferentes ($P < 0,05$). ⁵EPM - Erro padrão da média.

3.6 Oxidação Lipídica

Os valores de Tbars foram menores ($P < 0,001$) nos tratamentos com inclusão de mucilagem de psyllium em comparação com o tratamento de controle (Tabela 5). Além disso, essa redução foi maior ($P < 0,01$) com a substituição de 10 e 15% da gordura por mucilagem de psyllium. Em geral, níveis de malonaldeído superiores a 2,0 mg/100 gramas por kg de carne são considerados inaceitáveis para consumo, de acordo com Campo et al. (2006), e os hambúrgueres, devido ao seu maior processamento em comparação com a carne fresca, podem apresentar níveis de oxidação ainda mais altos. Neste estudo, somente os hambúrgueres preparados sem a inclusão de psyllium e após sete dias de armazenamento podem ser considerados inadequados para o consumo humano.

Com a adição de psyllium, os valores de TBARS ficaram todos abaixo de 2,0. Os valores mais baixos de TBARS foram observados nos hambúrgueres preparados com a inclusão de psyllium. Esses resultados podem ser atribuídos à redução do teor de gordura nesses tratamentos, e como a mucilagem de psyllium tem um baixo teor de lipídios totais, conseqüentemente, a oxidação lipídica nesses tratamentos será menor em comparação com o tratamento de controle.

Tabela 5. Efeito dos níveis de substituição da gordura suína por mucilagem de psyllium e tempo de armazenamento na oxidação lipídica (Tbars) de hambúrgueres de carne bovina

Dias	Tratamentos				EPM ⁵	P < Valor ⁶
	P00 ¹	P05 ²	P10 ³	P15 ⁴		
1	1.27aA	0.90bA	0.82bA	1.08b	0.07	0.001
3	1.62aB	0.95bA	0.86bA	0.96b	0.08	0.001
7	2.52aC	1.77bB	1.21cB	1.28c	0.15	0.001
EPM	0.08	0.09	0.12	0.11		
P < Valor	0.001	0.001	0.001	0.001		

¹P00: Sem adição de psyllium, ²P05: Substituição de 5% de psyllium por gordura suína, ³P10: Substituição de 10% de psyllium por gordura suína, ⁴P15: Substituição de 15% de psyllium por gordura suína. Os resultados são expressos como média e erro padrão da média. As médias seguidas por letras diferentes, na mesma linha, são diferentes (P < 0,05). ⁵EPM - Erro padrão da média.

Por outro lado, a oxidação lipídica aumentou com o tempo de armazenamento, com os valores mais baixos (P < 0,001) sendo observados antes do armazenamento e os mais altos 7 dias após o armazenamento (Tabela 5). Dessa forma, o tempo de armazenamento aumenta a oxidação lipídica (valores mais altos de TBARS), como geralmente observado na literatura para hambúrgueres. A oxidação de lipídios é um elemento significativo que tem o potencial de afetar a qualidade da carne e está ligada à deterioração da carne (Carvalho et al., 2020).

3.7 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Para investigar o comportamento da mucilagem de psyllium como substituto de gordura a microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi utilizada (Figura 1). No tratamento sem adição de psyllium observa-se uma matriz proteica com uma distribuição bastante homogênea do tamanho dos poros. Na imagem com maior aumento (2000x) é possível observar algumas partículas de gordura, porém acaba sendo difícil diferenciá-las, pois estas estão aprisionadas na matriz proteica. Liu & Lanier (2015) apresentaram a mesma observação em seu experimento onde compararam diferentes métodos de microscopia eletrônica em carnes mecanicamente

processadas e, segundo estes, os detalhes nas de propriedades dos poros da matriz proteica e sua interação com os glóbulos de gordura podem ser obscurecidos nas microscopias tradicionais, resultando na dificuldade de visualização. Ainda segundo os pesquisadores esse efeito pode ser explicado, pois a gordura poderia derreter e se espalhar na rede a nível microscópico, tanto durante a confecção dos hambúrgueres quanto durante as imagens à temperatura ambiente.

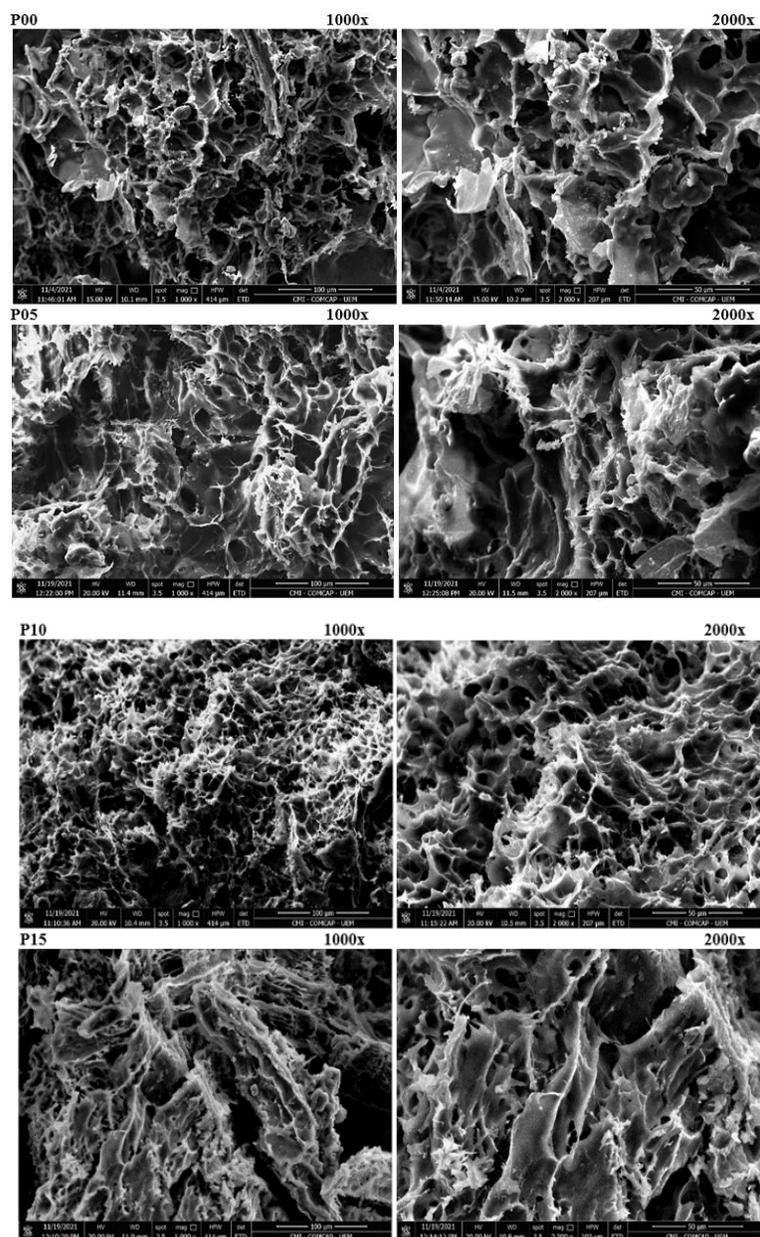


Figura 1. Microscopia eletrônica de varredura de amostras de hambúrgueres: P00 - Sem adição de psyllium; P05 - Adição de 5% de psyllium em substituição à gordura animal; P10 - Adição de 10% de psyllium em substituição à gordura animal e P15 - Adição de 15% de psyllium em substituição à gordura animal. Com aumento de 1000x e 2000x, respectivamente.

Com a inclusão da mucilagem de psyllium ao longo dos tratamentos, observa-se a matriz proteica com uma distribuição mais heterogênea do tamanho dos poros, sem a

visualização de partículas de gordura, indicando que a inclusão de mucilagem modifica a microestrutura dos hambúrgueres. A rede da matriz apresentou-se menos porosa em relação ao tratamento sem a inclusão de psyllium, devido à textura da mucilagem que contém uma maior quantidade de água agindo na matriz proteica de uma forma diferente da gordura, modificando sua estrutura e diminuindo a quantidade dos poros. Esse efeito do uso de produtos substitutos de gordura em forma de mucilagem pode ser observado em diversas categorias de produtos alimentícios (Salgado-cruz, et al. 2017; Lee & Chin, 2020; Ferraro et al., 2022; Osman et al., 2022).

Observando o tratamento sem inclusão de mucilagem de psyllium e o tratamento contendo 15% de substituição da gordura pela mucilagem nota-se uma semelhança em relação à estrutura geral dos hambúrgueres, contribuindo para a conclusão de que a mucilagem pode ser usada como substituto de gordura sem alterar a qualidade do produto e melhorando suas propriedades funcionais.

5 CONCLUSÃO

A substituição da gordura suína pela mucilagem de psyllium na confecção de hambúrgueres de carne bovina reduziu os valores de proteínas totais e lipídios e aumentou os valores de umidade e cinzas. A substituição também tornou os hambúrgueres mais escuros (valores de L^* e a^*) e contribuiu para a redução da oxidação lipídica. Com relação à microestrutura, foi observada uma semelhança na estrutura geral dos hambúrgueres entre os tratamentos. Dessa forma, a mucilagem de psyllium pode ser usada na preparação de hambúrgueres de carne bovina como substituto de gordura, melhorando os parâmetros de qualidade dos produtos cárneos sem alterar a qualidade do produto e melhorando suas propriedades funcionais.

REFERÊNCIAS

- ANTIGO, J. L. D., BERGAMASCO, R. C., & MADRONA, G. S. (2020). How drying methods can influence the characteristics of mucilage obtained from chia seed and psyllium husk. **Ciência Rural**, 50(8), 1–10. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190913>.
- AOAC. (2005). - Association Official Analytical Chemist. In A. O. A. Chemist (Ed.), **Official Methods of Analysis** (Official M). AOAC.
- BIESALSKI, H. K., DRAGSTED, L. O., ELMADFA, I., GROSSKLAUS, R., MÜLLER, M., SCHRENK, D., WALTER, P., & WEBER, P. (2009). Bioactive compounds: Definition and assessment of activity. **Nutrition**, 25(11–12), 1202–1205. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2009.04.023>

- CALDERÓN-DOMÍNGUEZ, G. S. (2017). Microstructural characterisation and glycemic index evaluation of pita bread enriched with chia mucilage. **Food Hydrocolloids**, 69, 141–149. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.01.027>.
- CAMPO, M. M., NUTE, G. R., HUGHES, S. I., ENSER, M., WOOD, J. D., & RICHARDSON, R. I. (2006). Flavour perception of oxidation in beef. **Meat Science**, 72(2), 303–311. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.07.015>.
- CARDOSO, M. A. P., VITAL, A. C. P., MEDEIROS, A., SARAIVA, B. R., & PRADO, I. N. (2023). Goji berry effects on hamburger quality during refrigerated display time. **Food Science and Technology**, 43(e68322), 1–7. <https://doi.org/10.1590/fst.68322>.
- CARVALHO, C. B., MADRONA, G. S., MITCHA, J. G., VALERO, M. V, GUERRERO, A., SCAPIM, M. R. S., YAMASHITA, F., & PRADO, I. N. (2020). Effect of active packaging with oregano oil on beef burgers with low sodium content. **Acta Scientiarum Technonology**, 42(e42892), 1–11. <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v42i1.42782>.
- CARVALHO, C. B., VITAL, A. C. P., KEMPINSKI, E. M. B. C., MADRONA, G. S., RECHE, P. M., GUERRERO, A., ORNAGHI, M. G., & PRADO, I. N. (2017). Quality and sensorial evaluation of beef hamburger made with herbs, spices, and reduced sodium content. **Journal of Culinary Science & Technology**, 16(3), 254–267. <https://doi.org/10.1080/15428052.2017.1363108>.
- CHOI, Y. M., PARK, H. J., JANG, H. I., KIM, S. A., IMM, J. Y., HWANG, I. G., & RHEE, M. S. (2013). Changes in microbial contamination levels of porcine carcasses and fresh pork in slaughterhouses, processing lines, retail outlets, and local markets by commercial distribution. **Research in Veterinary Science**, 94(3), 413–418. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2012.11.015>.
- FERRARO, G. FRATINI, E., SACCO, P., ASARO, F. CUOMO, F., DONATI, I., LOPEZ, F. (2022). Structural characterization and physical ageing of mucilage from chia for food processing applications. **Food Hydrocolloids**, 129, 107614. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107614>.
- FRADINHO, P., SOARES, R., NICCOLAI, A., SOUSA, I., & RAYMUNDO, A. (2020). Psyllium husk gel to reinforce structure of gluten-free pasta? **LWT**, 131, 109787. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109787>.
- FRANCO, E. A. N., SANCHES-SILVA, A., RIBEIRO-SANTOS, R., & MELO, N. R. (2020). Psyllium (*Plantago ovata* Forsk): From evidence of health benefits to its food application. **Trends in Food Science & Technology**, 96, 166–175. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.12.006>.
- GUO, Q., CUI, S. W., WANG, Q., GOFF, H. D., & SMITH, A. (2009). Microstructure and rheological properties of psyllium polysaccharide gel. **Food Hydrocolloids**, 23(6), 1542–1547. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.10.012>.
- GUO, Q., CUI, S. W., WANG, Q., & YOUNG, J. C. (2008). Fractionation and physicochemical characterization of psyllium gum. **Carbohydrate Polymers**, 73(1), 35–43. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.09.027>.
- Han, M., Bertram, H. C. (2017). Designing healthier comminuted meat products: Effect of dietary fibers on water distribution and texture of a fat-reduced meat model system. **Meat Science**, 133, 159-165. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.07.001>.
- JIMÉNEZ-COLMENERO, F., & DELGADO-PANDO, G. (2013). Fibre-enriched meat products. In J. A. Delcour & K. Potanmen (Eds.), *Fibre-rich and wholegrain foods* 1(1),

- 329–347. **Woodhead and Publishing Limited.**
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.04.007>
- KUMAR, D., PANDEY, J., KHAN, N., KUMAR, P., & KUNDU, P. P. (2019). Synthesize and characterization of binary grafted psyllium for removing toxic mercury (II) ions from aqueous solution. **Materials Science and Engineering: C**, 104, 109900. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2019.109900>.
- LIU, W., & LANIER, C. T. (2015). Combined use of variable pressure scanning electron microscopy and confocal laser scanning microscopy best reveal microstructure of comminuted meat gels. **LWT - Food Science and Technology**, 62(2), 1027–1033. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.02.001>.
- MATUMOTO-PINTRO, P. T., RABIEY, L., ROBITAILLE, G., & BRITTEN, M. (2011). Use of modified whey protein in yoghurt formulations. **International Dairy Journal**, 21(1), 21–26.
- MISHRA, S., SINHA, S., DEY, K. P., & SEN, G. (2014). Synthesis, characterization and applications of polymethylmethacrylate grafted psyllium as flocculant. **Carbohydrate Polymers**, 99, 462–468. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.08.047>.
- MONTESCHIO, J. O., SOUZA, K. A., PRADO, R. M., VITAL, A. C. P., GUERRERO, A., PINTO, L. M., VALERO, M. V., OSÓRIO, J. C. S., CASTILHO, R. A., SAÑUDO, C., & PRADO, I. N. (2020). Acceptability by sensory and visual analyses of meat from Nellore heifers fed with natural additives and finished in feedlot. **Journal Science and Food Agriculture**, 100(13), 4782–4790. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10537>.
- OLMEDILLA-ALONSO, B., JIMÉNEZ-COLMENERO, F., & SÁNCHEZ-MUNIZ, F. J. (2013). Development and assessment of healthy properties of meat and meat products designed as functional foods. **Meat Science**, 95(4), 919–930. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.03.030>.
- OSHEBA, A. S., HUSSIEN, S. A., & EL-DASHLOUTY, A. A. (2013). Evaluation of some vegetal colloids on the quality attributes of beef sausage. **Advance Journal of Food Science and Technology**, 5(6), 743–751. <https://doi.org/10.19026/ajfst.5.3158>.
- PETHICK, D. W., BALL, A. J., BANKS, R. G., & HOCQUETTE, J. F. (2011). Current and future issues facing red meat quality in a competitive market and how to manage continuous improvement. **Animal Production Science**, 51(1), 13–18. <https://doi.org/10.1071/AN10041> 10.1038/nrg2575.
- TALUKDER, S. (2015). Effect of dietary fiber on properties and acceptance of meat products: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 55(7), 1005–1011. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.682230>.
- TOLDRÁ, F., & REIG, M. (2011). Innovations for healthier processed meats. **Trends in Food Science & Technology**, 22(9), 517–522. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.08.007>
- TÓTH, A., & HALÁSZ, K. (2019). Characterization of edible biocomposite films directly prepared from psyllium seed husk and husk flour. **Food Packaging and Shelf Life**, 20, 100299. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2019.01.003>.
- VITAL, A. C. P., GUERRERO, A., MONTESCHIO, J. O., VALERO, M. V., CARVALHO, C. B., ABREU FILHO, B. A., MADRONA, G. S., & PRADO, I. N. (2016). Effect of edible and active coating (with rosemary and oregano essential oils) on beef characteristics and consumer acceptability. **PLoS ONE**, 11(8), 1–15.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160535>.

WAHID, A., MAHMOUD, S. M. N., ATTIA, E. Z., YOUSEF, A.-S., OKASHA, A. M. M., & SOLIMAN, H. A. (2020). Dietary fiber of psyllium husk (*Plantago ovata*) as a potential antioxidant and hepatoprotective agent against CCl₄-induced hepatic damage in rats. **South African Journal of Botany**, 130, 208–214. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.01.007>.

ZAREI, M., RAMEZANI, Z., EIN-TAVASOLY, S., & CHADORBAF, M. (2015). Coating effects of orange and pomegranate peel extracts combined with chitosan nanoparticles on the quality of refrigerated silver carp fillets. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 2180–2187. <https://doi.org/doi.org/10.1111/jfpp.124>

Artigo 3 - Perfil do consumidor e aceitabilidade de hambúrgueres de carne bovina elaborados com mucilagem de psyllium

RESUMO

A demanda por produtos que sejam saborosos, visualmente atrativos e que, ao mesmo tempo visem à saúde e o bem-estar vem crescendo, tornando-se um desafio para a indústria de alimentos moderna. Devido a crescente busca por produtos cárneos mais saudáveis devido ao seu alto teor de gordura, é importante sugerir ingredientes mais saudáveis, mas também capazes de substituir a gordura e o psyllium tem sido usado como um ingrediente com potencial de aplicação importante em novos produtos alimentícios. Este trabalho tem como objetivo avaliar o perfil do consumidor e aceitabilidade de hambúrgueres de carne bovina desenvolvidos substituindo gordura suína por mucilagem de psyllium. O uso de mucilagem de psyllium como substituto de gordura suína não interferiu na aceitabilidade de outros parâmetros (cor, aroma, sabor) e apresentaram uma melhor textura em comparação aos outros tratamentos, podendo ser usado como substituto de gordura.

Palavras-chave: Consumidores, Hambúrguer, Gordura, Psyllium, Sensorial

ABSTRACT

The demand for products that are tasty, visually attractive and, at the same time, promote health and well-being is growing, becoming a challenge for the modern food industry. Due to the growing search for healthier meat products due to their high fat content, it is important to suggest healthier ingredients that are also capable of replacing fat and psyllium has been used as an ingredient with potential for important application in new food products. This work aims to evaluate the consumer profile and acceptability of beef burgers developed by replacing pork fat with psyllium mucilage. The use of psyllium mucilage as a pork fat substitute did not interfere with the acceptability of other parameters (color, aroma, flavor) and presented a better texture compared to other treatments and can be used as a fat substitute.

Keywords: Consumers, Burger, Fat, Psyllium, Sensory

RESUMEN

La demanda de productos que sean sabrosos, visualmente atractivos y, al mismo tiempo, promuevan la salud y el bienestar está creciendo, convirtiéndose en un desafío para la industria alimentaria moderna. Debido a la creciente búsqueda de productos cárnicos más saludables por su alto contenido de grasa, es importante sugerir ingredientes más saludables que también sean capaces de reemplazar la grasa y el psyllium se ha utilizado como un ingrediente con potencial de importante aplicación en nuevos productos alimenticios. Este trabajo tiene como objetivo evaluar el perfil del consumidor y la aceptabilidad de las hamburguesas de carne de vacuno desarrolladas sustituyendo la grasa de cerdo por mucílago de psyllium. El uso de mucílago de psyllium como sustituto de la grasa de cerdo no interfirió con la aceptabilidad de otros parámetros (color, aroma, sabor) y presentó una mejor textura en comparación con otros tratamientos, pudiendo utilizarse como sustituto de la grasa.

Palabras clave: Consumidores, Hamburguesa, Grasa, Psyllium, Sensorial

1 INTRODUÇÃO

A carne é uma importante fonte de proteínas de alto valor biológico e nutrientes valiosos e seus produtos parte importante da dieta diária (Silva et al., 2021; Grasso et al., 2024; Kang et al., 2024). A gordura é um dos componentes essenciais dos produtos cárneos, estando diretamente ligada aos atributos sensoriais como o sabor, a textura e a suculência, bem como aos atributos tecnológicos como as perdas por cocção, as propriedades reológicas e a capacidade de retenção de água (Jiménez-Colmenero & Colmenero, 1996; Delgado-Pando et al., 2011; Hocquette et al., 2011; Pethick et al., 2011). Entretanto, a carne e seus produtos apresentam uma alta quantidade de gordura saturada e colesterol, que são frequentemente associados aos problemas da saúde humana (Webb & O'Neill, 2008; Matsushita et al., 2010; Ba, Van et al., 2013; Wu et al., 2013; Rivaroli et al., 2016).

Os hambúrgueres de carne bovina estão entre os produtos cárneos mais consumidos (Carvalho et al., 2017; Nascimento et al., 2020; Patinho et al., 2021; Cardoso et al., 2023). Em geral, hambúrgueres são produzidos com alto teor de gordura (20-30%) (Carvalho et al., 2017; Heck et al., 2017; Ramos et al., 2020), sendo um fator limitante pois, a procura por produtos mais saudáveis tem crescido, a estimulando o desenvolvimento de produtos à base de carne com baixo teor de gordura (Bis-Souza et al., 2020).

No entanto, a indústria de alimentos tem enfrentado dificuldades em reduzir a gordura em produtos cárneos, especialmente hambúrgueres, pois a redução da gordura impacta negativamente as características sensoriais dos alimentos (Afshari et al., 2017). Para minimizar estes problemas e melhorar as propriedades nutricionais dos produtos à base de carne com baixo teor de gordura, são utilizadas estratégias de substituição de gordura animal com os chamados substitutos de gordura, estes devem se assemelhar às gorduras na estrutura, textura e suculência (Choi et al., 2009; Gök et al., 2011; Abbasi et al., 2019; Patinho et al., 2021).

As mucilagens de sementes são consideradas boas candidatas para incorporação em produtos alimentares devido às suas propriedades espessantes, emulsionantes e modificadoras da viscosidade/consistência (Krystyjan et al., 2017; Yu et al., 2017; Beikzadeh et al., 2020). A mucilagem é um polissacarídeo complexo solúvel em água, composto principalmente por monossacáridos e ácidos urônicos ligados por ligações glicosídicas, glicoproteínas e bioativos (Cakmak et al., 2023). Ela é obtida pelo processo

de moagem, que produz um agente gelificante incolor com propriedades nutricionais que pode ser utilizado como suplemento nutricional à base de fibras solúveis e insolúveis (Patel et al., 2018; Patel et al., 2019).

Entre as sementes utilizadas para produção de mucilagem encontra-se as plantas do gênero *Plantago*, que pela moagem produzem o psyllium, uma fibra solúvel da casca da semente. Ele é considerado um prebiótico, sendo excelente fonte de fibras solúveis e insolúveis que tem sido estudado por seus potenciais benefícios à saúde e suas aplicações em alimentos e outros produtos (Guo et al., 2009; Franco et al., 2020).

Embora existam vários estudos na literatura sobre o desenvolvimento de hambúrgueres utilizando substitutos de gordura (Barros et al., 2021; Essa & Elsebaie, 2022; Oliveira et al., 2022) até onde sabemos a inclusão de psyllium como substituto de gordura em hambúrgueres de carne de bovina ainda não foi explorada. Sabe-se que a substituição da gordura animal por outra fonte mais saudável afeta a qualidade sensorial do produto, o que muitas vezes leva a rejeição pelo consumidor (Saldaña et al., 2019). Portanto, quando um novo produto é proposto, surge a necessidade de conhecer mais sobre as preferências dos consumidores, possíveis mercados e falhas.

Saber o motivo dos consumidores escolherem determinado produto é essencial para avaliar sua motivação de compra e consumo pois, existem diversos outros fatores além da qualidade do produto que podem interferir na motivação dos consumidores para a compra. Além disso, entender como os consumidores agem diante de novas tecnologias é fundamental para a inovação dos produtos alimentares. (Vital et al., 2018).

Com isso, o objetivo deste trabalho foi entender o ponto de vista dos consumidores através de suas características socioeconômicas e seus hábitos de consumo, além de fatores que poderiam influenciar sua intenção de compra e aceitabilidade de hambúrgueres de carne bovina desenvolvidos substituindo gordura suína por mucilagem de psyllium.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Este experimento foi aprovado pelo Departamento de Produção animal e Comitê de ética na Pesquisa da Universidade Estadual de Maringá (CAAE: 63777416.3.9-0000.010), e seguiu as e seguiu as diretrizes das pesquisas com animais número 081/2014.

2.1 Amostras de carne

A carne usada para esse experimento foi o corte *Spinallis dorsi* de bois Nelore, terminados em pastos de *brachiaria*, pesando em média 500,00 kg e abatidos aos 24 meses. A carne foi obtida em um açougue da cidade de Maringá, Paraná, Brasil. O peso médio das peças foi de 8,5 kg.

2.2 Extração da mucilagem de psyllium

Para a extração da mucilagem de psyllium, foi utilizada a metodologia descrita por Guo et al. (2008), com modificações. Após diversos testes para padronização e melhor utilização da mucilagem foi determinado o uso da proporção 4:100, ou seja, a adição de 4 gramas de psyllium para cada 100 ml de água destilada, com aquecimento a 80° C por 30 min em constante agitação, até a mistura se tornar um gel homogêneo.

2.3 Tratamentos e confecção dos hambúrgueres

Os hambúrgueres foram confeccionados no Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Animal, pertencente à Universidade Estadual de Maringá e formulados de acordo com Carvalho et al. (2017) com o objetivo de avaliar o efeito da substituição gradual de gordura suína por mucilagem de psyllium.

Tabela 1. Composição de hambúrgueres de carne bovina com mucilagem de psyllium como substituto de gordura.

Ingredientes %	Hambúrgueres			
	P00 ¹	P05 ²	P10 ³	P15 ⁴
Carne bovina	78,9	78,9	78,9	78,9
Sal	1,0	1,0	1,0	1,0
Pimenta	0,1	0,1	0,1	0,1
Gordura suína	20,0	15,0	10,0	5,0
Mucilagem de psyllium	0,0	5,0	10,0	15,0

¹P00: Sem adição de psyllium, ²P05: Substituição de gordura suína por 5% de psyllium; ³P10 Substituição de gordura suína por 10% de psyllium; ⁴P15: Substituição de gordura suína por 15% de psyllium.

Foram testados quatro tratamentos, sendo: P00 (sem psyllium e 20% de gordura animal); P05 (5% de psyllium e 15% de gordura animal); P10 (10% de psyllium e 10% de gordura animal) e P15 (15% de psyllium e 5% de gordura animal) (tabela 1). Cada hambúrguer foi armazenado em bandejas de isopor, envolvidos em plástico filme e colocados em uma geladeira vitrine iluminada (4° C).

2.4 Análises microbiológicas

As amostras coletadas no momento da produção dos hambúrgueres foram usadas para garantir a qualidade microbiológica e os níveis seguros de acordo com as normativas Brasileiras de saúde dos alimentos (ANVISA, 2022). *Estafilococos coagulase* positiva UFC/g, *Escherichia coli*, MPN/g, microrganismos aeróbicos mesófilos a 30° C, UFC/g e *Salmonella*, foram avaliados, quantificados e detectados de acordo com a metodologia descrita por Silva et al. (2007).

2.5 Aceitabilidade do consumidor e questionário

Com o objetivo de analisar a aceitabilidade dos hambúrgueres dos diferentes tratamentos testados. Os participantes foram selecionados aleatoriamente pelo campus da Universidade Estadual de Maringá (estudantes, funcionários e visitantes), sendo uma amostra representativa da população da universidade e dividido em gênero e intervalos de idade (de 18 a 20 anos, de 21 a 25 anos, de 26 a 35 anos, e maiores que 36 anos). O teste de aceitabilidade dos consumidores envolveu 102 participantes, divididos em 12 sessões.

Antes da análise sensorial, um questionário complementar foi aplicado para obter maiores informações sobre os hábitos de consumo dos participantes. Neste questionário eles responderam perguntas sobre variáveis socioeconômicas, frequência de consumo e preferências sobre hambúrgueres e psyllium.

Cada consumidor avaliou quatro amostras identificadas com um código de três dígitos, correspondentes aos quatro tratamentos testados (P00, P05, P10 e P15). As amostras foram fornecidas para um participante de cada vez, seguido uma ordem aleatória. Para a cocção dos hambúrgueres, cada um foi envolvido por papel alumínio e cozido em um grill pré-aquecido a 200° C (Philco Grill Jumbo Inox, PHILCO S.A., Brasil) até a temperatura interna alcançar 72° C. Cada hambúrguer foi então cortado (cubos 2 x 2 cm), embalados em papel alumínio e mantidos a 50° C até a avaliação dos consumidores (10s após a cocção).

Cada participante recebeu uma torrada sem sal e um copo de água para limpar o paladar antes de avaliar cada amostra, incluindo a primeira e só foram informados que iriam avaliar amostras de hambúrguer de carne bovina. Todos os participantes foram solicitados a provarem as amostras de hambúrguer e então avaliarem a aceitabilidade de cinco atributos: cor, aroma, sabor, textura e aceitabilidade geral; sendo utilizada uma

escala hedônica de nove pontos variando de 1 = desgostei muito a 9 = gostei muito, onde um nível médio não foi incluído de acordo com as metodologias descritas por (Font-i-Furnols et al., 2008).

2.6 Análises estatísticas

As análises estatísticas foram efetuadas utilizando o software SPSS v 27.0 (IBM SPSS Statistics, SPSS Inc., Chicago, USA). Para análise dos dados dos consumidores, os tratamentos foram considerados como um fator fixo e os consumidores foram considerados como variáveis aleatórias. As diferenças estatísticas entre os médias foram analisadas utilizando o teste de Tukey ($P \leq 0.05$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análises microbiológicas

Os resultados das análises microbiológicas se encontram na tabela 2. Durante todas as etapas de preparo, armazenamento e transporte de alimentos, é possível que ocorra a presença indesejável de microrganismos, destacando a relevância das análises microbiológicas. Essa análise é essencial para assegurar as boas práticas de higiene e manipulação, promovendo a segurança alimentar ao garantir a ausência de microrganismos prejudiciais na avaliação dos consumidores. Dessa forma, é fundamental para garantir a qualidade na avaliação sensorial das amostras.

Tabela 2. Análises microbiológicas dos hambúrgueres com adição de psyllium como substituto da gordura

Microrganismos	Tratamentos			
	P00 ¹	P05 ²	P10 ³	P15 ⁴
Estafilococos coagulase positiva UFC/g	< 10 ¹	< 10 ¹	< 10 ¹	< 10 ¹
Escherichia coli, MPN/g	4.5 x 10 ¹	3.9 x 10 ¹	3.9 x 10 ¹	3.9 x 10 ¹
Microrganismos aeróbicos mesofilos 30° C, UFC/g	4.6 x 10 ²	1.5 x 10 ²	1.5 x 10 ²	1.5 x 10 ²
Salmonella, 25g	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

¹P00: Sem adição de psyllium, ²P05: Substituição de gordura suína por 5% de psyllium; ³P10 Substituição de gordura suína por 10% de psyllium; ⁴P15: Substituição de gordura suína por 15% de psyllium.

De acordo com os resultados dessas análises, os hambúrgueres de todos os tratamentos se encontraram dentro do limite estabelecido pela legislação brasileira de segurança alimentar (ANVISA, 2023). Não foram observadas diferenças ($P > 0,05$)

entre tratamentos. Dentro da normativa, os valores permitidos são de até 5×10^2 UFC/g para *Estafilococos coagulase* positiva, 5×10^1 NMP/g para *Escherichia coli*, 5×10^5 UFC/g para microrganismos mesófilos e ausência para *Salmonella* sp. em 25 g de amostra, como observados por outros autores nas mesmas condições de trabalho (Carvalho et al., 2017; Ramos et al., 2020). Desta forma, todos os hambúrgueres foram considerados próprios para consumo, do ponto de vista microbiológico, podendo ser utilizados na avaliação sensorial.

3.2 Caracterização sociodemográfica dos consumidores

O questionário sociodemográfico foi desenvolvido para obter características mais detalhadas dos consumidores. Os resultados são apresentados na tabela 3. Os consumidores, na sua maioria, estavam representados pelo sexo masculino (51,97%). Na verdade, em estudos de avaliação sensorial procura-se equilibrar os representantes de cada sexo.

Na grande maioria os consumidores estavam representados por avaliadores com menos de 26 anos de idade (60,79%). Ainda, pequena parcela estava representada por uma população acima de 36 anos (16,66%). Esta grande maioria de jovens são explicados por dois fatores. Em primeiro lugar, a avaliação sensorial deste estudo foi realizada dentro da Universidade Estadual de Maringá, com discentes, professores e agentes administrativo, onde a população é mais jovem. Além disso, os consumidores de hambúrgueres são de pessoas mais jovens (Moreira Júnior, 2016; Vessoni et al., 2019).

Em relação ao poder aquisitivo dos consumidores, a percentagem de quem ganham até dois salários-mínimos não foi negligenciável (39,22%), considerando que o estudo foi realizado no meio universitário, esperando que esta percentagem poderia ser menor. Essa percentagem é semelhante àquela observado por Nascimento et al. (2023) em ambiente semelhante (37,76%). No entanto, em estudos realizados fora do ambiente universitário essa percentagem foi próxima da metade (15%) (Vital et al., 2018; Mottin et al., 2019; Passetti et al., 2020).

Quando questionados pelo grau de instrução, todos responderam que eram alfabetizados. Como mencionado antes, esta resposta não é surpresa uma vez que a enquête foi realizada num ambiente universitário. Todavia, resposta como essa foi relatada em um grupo de estudo com consumidores de carne e seus derivados (Passetti

et al., 2020; Matos et al., 2023; Nascimento et al., 2023). Neste estudo, 79,4% afirmaram que tem estudo universitário incompleto (39,2%) ou completo (40,2%), mostrando assim, o elevado grau de instrução dos entrevistados. Quando feito um recorte por gênero, as mulheres tiveram uma percentagem menor de ensino médio completo (5,89%) em relação aos homens (14,70%). Ao contrário, no que concerne o universitário incompleto, as mulheres são maioria (23,54%) em relação aos homens (15,68%).

Tabela 3. Caracterização sociodemográfica dos consumidores (n = 102)

Idade	População total, %	Homens, %	Mulheres, %
< 21	39,22	15,68	23,54
21-25	21,57	12,74	8,83
26-35	22,55	12,76	9,79
> 36	16,66	10,79	5,87
Total	100.00	51,97	48,03
<i>Renda familiar, salários-mínimos</i>			
Menos de 2	31,37	16,67	14,70
De 2 a 6	40,20	19,60	20,6
De 6 a 10	18,62	9,81	8,81
Mais de 10	9,81	4,92	4,89
Total	100.00	51,00	49,00
<i>Nível Educacional</i>			
Ensino fundamental incompleto	0	0	0
Ensino fundamental completo	0	0	0
Ensino médio incompleto	0	0	0
Ensino médio completo	20,59	14,70	5,89
Superior incompleto	39,22	15,68	23,54
Superior completo	40,19	20,58	19,61
Total	100,00	50,96	49,04

3.4 Hábitos de consumo e compra dos consumidores

Os questionários aplicados acrescentaram informações em relação aos hábitos de consumo e de compra dos consumidores de hambúrgueres (Tabela 4).

A maior frequência de consumo de hambúrguer entre os consumidores foi de duas

vezes ao mês (48,10%) e uma vez por mês (31,7%). Vessoni et al. (2019) estudando o consumo de carne bovina e seus derivados também encontraram resultados semelhantes, onde consumidores em sua maioria consumiam de uma a duas vezes ao mês (29,5 % e 28,5 % respectivamente).

Os hambúrgueres em sua maioria são comprados em hamburguerias e restaurantes (56,86%), seguidos pela compra em supermercados (33,33%), totalizando 90% dos locais de compra. Este hábito pode ser explicado pela facilidade e comodidade de compras.

Como esperado, o local de compra dos hambúrgueres para consumo *in loco* ou para consumo posterior ocorre nas hamburguerias ou restaurantes (55,88%), sendo a compra em boutiques especializadas (4,91%) e açougues (4,90%), de baixa frequência.

O modo de compra dos hambúrgueres preferido pelos consumidores é pronto para consumo (55,88%) ou congelado (24,52%), poucos são aqueles que preferem comprar a carne e preparar seus hambúrgueres em casa (19,60%). Esses resultados corroboram com a afirmação anterior, de que a praticidade é o principal fator que influencia o consumo dos hambúrgueres, principalmente na nova geração. De acordo com diversos pesquisadores, o hambúrguer é o alimento pronto mais atrativo para os consumidores (Soltanizadeh et al., 2008; Patinho et al., 2021; Essa & Elsebaie, 2022).

Segundo os pesquisadores, a preferência pelo consumo de hambúrguer acaba crescendo pela praticidade do produto, além de possuir nutrientes importantes para a dieta. Essa opinião também aparece nos resultados (Tabela 4) onde 24,5% dos consumidores afirmam escolher o consumo de hambúrguer pela facilidade de compra. A aparência do produto fica em primeiro lugar, onde 33,35% dos consumidores afirmaram ser o fator mais importante no momento da compra.

Um pouco mais da metade dos participantes (54,9%) já sabiam o que são prebióticos e seus benefícios à saúde humana. No entanto, a grande maioria deles (74,51%) não conhecia o psyllium e não sabia de suas propriedades. Ainda, mesmo não conhecendo as propriedades do psyllium a maioria dos participantes estava disposta tanto a comprar produtos com adição deste (67,65%), quanto a consumi-lo adicionado em hambúrgueres com o objetivo de reduzir a quantidade de gorduras (94,12%). Devido a crescente preocupação dos consumidores com a saúde, alimentos que tragam benefícios acabam chamando a atenção, fazendo com que os consumidores

considerem o consumo de novos produtos alimentícios.

Tabela 4. Hábitos de consumo e compra de hamburgueres de carne bovina com psyllium como substituto de gordura (n = 102)

<i>Qual a frequência de consumo de hamburguers</i>	População total, %
Uma vez ao mês	31,70
Duas vezes ao mês	48,10
Uma vez por semana	17,31
De duas a quatro vezes por semana	2,89
Total	100,00
<i>Local de compra</i>	
Açougue	4,9
Supermercado	33,33
Boutique de carnes	4,91
Hamburguerias e restaurantes	56,86
Total	100,00
<i>Como prefere comprar o hambúrguer?</i>	
Comprar carne e preparar em casa	19,60
Comprar congelado	24,52
Hamburguerias, restaurantes etc.	55,88
Total	100,00
<i>Qual o fator mais importante no momento da compra?</i>	
Aparência (cor, embalagem etc.)	33,35
Facilidade de compra	24,50
Higiene do local de compra	22,55
Inspeção sanitária	2,94
Marca	5,88
Preço	10,78
Total	100,00
<i>Você sabe o que são prebióticos?</i>	
Sim	54,9
Não	45,1
Total	100,00
<i>Você conhece a fibra alimentar chamada psyllium?</i>	
Sim	25,49
Não	74,51
Total	100,00
<i>O Psyllium é considerado um prebiótico, conhecido por suas propriedades funcionais e respostas positivas a saúde. Você compraria um hambúrguer com adição deste ingrediente?</i>	
Sim	67,65
Não	0
Talvez	32,35
Total	100,00
<i>Você comeria um hambúrguer com adição de psyllium buscando reduzir sua quantidade de gordura?</i>	
Sim	94,12
Não	5,88
Total	100,00

3.5 Análise sensorial dos hambúrgueres

Na tabela 5 pode-se observar os resultados dos atributos para os diferentes níveis de substituição de gordura suína por mucilagem de psyllium nos hambúrgueres. Neste caso, o escore de pontuação foi de 1 a 9, com exclusão da nota 5, sendo que escore acima de 7,0 considera-se um atributo como aceitável e aprovado. Neste quesito, apenas a cor (6,60) e o odor (6,64) situaram-se abaixo de 7,0 para todos os tratamentos.

Tabela 5. Avaliação sensorial de hamburgueres de carne bovina com psyllium como substituto de gordura

Atributos	Tratamentos				EPM ⁵	P < Valor
	P00 ¹	P05 ²	P10 ³	P15 ⁴		
Cor	6,54	6,63	6,58	6,65	0,071	0,32
Sabor	7,30	7,37	7,41	7,36	0,088	0,28
Odor	6,88	6,57	6,47	6,71	0,075	0,25
Textura	7,09c	7,20b	7,26b	7,64c	0,082	0,03
Aceitabilidade geral	7,23b	7,37a	7,41a	7,36a	0,078	0,02

¹P00: Sem adição de psyllium, ²P05: Substituição de gordura suína por 5% de psyllium; ³P10 Substituição de gordura suína por 10% de psyllium; ⁴P15: Substituição de gordura suína por 15% de psyllium. ⁵EPM – Erro padrão da média.

Os consumidores não encontraram diferenças ($P > 0,05$) entre os tratamentos para os parâmetros de cor, sabor e odor (Tabela 5). Todavia, diferenças foram observadas para textura e aceitabilidade geral. O aumento dos níveis de psyllium nos hambúrgueres melhorou de forma linear a textura, passando de 7,09 tratamento controle para 7,64 com níveis de inclusão de 15%. Do mesmo modo, a inclusão de psyllium em todos os níveis melhoraram a aceitabilidade geral dos hambúrgueres.

A principal preocupação quando pensamos na redução de gordura em um produto cárneo é que, a retirada dessa gordura animal interfere diretamente em sua textura, deixando-o mais rígido e reduzindo a aceitabilidade pelos consumidores, o que foi o resultado em diversos tipos de substitutos de gordura (Bis-Souza et al., 2020; Patinho et al., 2021; Essa & Elsebaie, 2022). Todavia, ao contrário destes, o uso da mucilagem de psyllium em substituição de gordura por mucilagem, apresentou uma maior aceitação em comparação ao tratamento controle. Esse resultado nos mostra que, em geral a mucilagem de psyllium pode ser incorporada aos hamburgueres como substituto

de gordura sem influenciar negativamente nas características sensoriais deste.

Além disso, a substituição da gordura animal por mucilagem de psyllium no hambúrguer de carne bovina poderia ter uma maior aceitação no mercado, podendo ser considerado uma opção de hambúrguer mais saudável.

4 CONCLUSÃO

O uso de mucilagem de psyllium como substituto de gordura suína pode ser considerado como uma estratégia nutricional, tecnológica e sensorial muito promissora. Hamburgueres formulados com a inclusão de mucilagem, principalmente com 15%, além de não interferirem na aceitabilidade dos outros parâmetros (cor, aroma, sabor) apresentaram uma melhor textura em comparação aos outros tratamentos, provando ser uma opção viável de substituição de gordura em hamburgueres.

REFERÊNCIAS

- ABBASI, E.; SARTESHNIZI, R.A.; GAVLIGHI, H.A.; NIKOO, M.; AZIZI, M.H.; SADEGHINEJAD, N. Effect of partial replacement of fat with added water and tragacanth gum (*Astragalus gossypinus* and *Astragalus compactus*) on the physicochemical, texture, oxidative stability, and sensory property of reduced fat emulsion type sausage. **Meat Science**, v.147, p.135–143, 2019. DOI: 10.1016/j.meatsci.2018.09.007.
- AFSHARI, R.; HOSSEINI, H.; MOUSAVI, K.A.; KHAKSAR, R. Physico-chemical properties of functional low-fat beef burgers: Fatty acid profile modification. **LWT**, v.78, p.325–331, 2017. DOI: 10.1016/j.lwt.2016.12.054.
- ANVISA. **Manual de microbiologia clínica para o controle de infecção relacionada à assistência à saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, 2022. RDC 724 IN 161.
- BA, H. VAN; AMNA, T.; HWANG, I. Significant influence of particular unsaturated fatty acids and pH on the volatile compounds in meat-like model systems. **Meat Science**, v.94, p.480–488, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.04.029>.
- BARROS, J.C.; MUNEKATA, P.E.S.; CARVALHO, F.A.L.; DOMÍNGUEZ, R.; TRINDADE, M.A.; PATEIRO, M.; LORENZO, J.M. Healthy beef burgers: Effect of animal fat replacement by algal and wheat germ oil emulsions. **Meat Science**, v.173, 2021. DOI: 10.1016/j.meatsci.2020.108396.
- BEIKZADEH, S.; KHEZERLOU, A.; JAFARI, S.M.; PILEVAR, Z.; MORTAZAVIAN, A.M. **Seed mucilages as the functional ingredients for biodegradable films and edible coatings in the food industry**. **Advances in Colloid and Interface Science**, 2020.
- BIS-SOUZA, C.V.; PENNA, A.L.B.; SILVA BARRETTO, A.C. Applicability of potentially probiotic *Lactobacillus casei* in low-fat Italian type salami with added fructo oligosaccharides: In vitro screening and technological evaluation. **Meat Science**, v.168, 2020. DOI: 10.1016/j.meatsci.2020.108186.

- CAKMAK, H.; ILYASOGLU-BUYUKKESTELLI, H.; SOGUT, E.; OZYURT, V.H.; GUMUS-BONACINA, C.E.; SIMSEK, S. A review on recent advances of plant mucilages and their applications in food industry: Extraction, functional properties and health benefits. **Food Hydrocolloids for Health**, v.3, 2023. DOI: 10.1016/j.fhfh.2023.100131.
- CARDOSO, M.A.P.; VITAL, A.C.P.; MEDEIROS, A.; SARAIVA, B.R.; PRADO, I.N. Goji berry effects on hamburger quality during refrigerated display time. **Food Science and Technology**, v.43, p.1–7, 2023. DOI: 10.1590/fst.68322.
- CARVALHO, C.B.; VITAL, A.C.P.; KEMPINSKI, E.M.B.C.; MADRONA, G.S.; RECHE, P.M.; GUERRERO, A.; ORNAGHI, M.G.; PRADO, I.N. Quality and sensorial evaluation of beef hamburger made with herbs, spices, and reduced sodium content. **Journal of Culinary Science & Technology**, v.16, p.254–267, 2017. DOI: 10.1080/15428052.2017.1363108.
- CHOI, Y.-S.; CHOI, J.-H.; HAN, D.-J.; KIM, H.-Y.; LEE, M.-A.; KIM, H.-W.; JEONG, J.-Y.; KIM, C.-J. Characteristics of low-fat meat emulsion systems with pork fat replaced by vegetable oils and rice bran fiber. **Meat Science**, v.82, p.266–271, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.01.019>.
- DELGADO-PANDO, G.; COFRADES, S.; RUIZ-CAPILLAS, C.; SOLAS, M.T.; TRIKI, M.; JIMÉNEZ-COLMENERO, F. Low-fat frankfurters formulated with a healthier lipid combination as functional ingredient: Microstructure, lipid oxidation, nitrite content, microbiological changes and biogenic amine formation. **Meat Science**, v.89, p.65–71, 2011. DOI: 10.1016/j.meatsci.2011.03.022.
- ESSA, R.Y.; ELSEBAIE, E.M. New fat replacement agent comprised of gelatin and soluble dietary fibers derived from date seed powder in beef burger preparation. **LWT - Food Science and Technology**, v.156, 2022. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.113051.
- FONT-I-FURNOLS, M.; GISPERT, M.; GUERRERO, L.; VELARDE, A.; TIBAU, J.; SOLER, J.; HORTÓS, M.; GARCÍA-REGUEIRO, J.A.; PÉREZ, J.; SUÁREZ, P.; OLIVER, M.A. Consumers' sensory acceptability of pork from immunocastrated male pigs. **Meat Science**, v.80, p.1013–1018, 2008. DOI: 10.1016/j.meatsci.2008.04.018.
- FRANCO, E.A.N.; SILVA, A.S.; SANTOS, R.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.
- GÖK, V.; AKKAYA, L.; OBUZ, E.; BULUT, S. Effect of ground poppy seed as a fat replacer on meat burgers. **Meat Science**, v.89, p.400–404, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.04.032>.
- GRASSO, S.; ESTÉVEZ, M.; LORENZO, J.M.; PATEIRO, M.; PONNAMPALAM, E.N. The utilization of agricultural by-products in processed meat products: Effects on physicochemical, nutritional and sensory quality—Invited Review. **Meat Science**, v.211, p.109451, 2024. DOI: 10.1016/j.meatsci.2024.109451.
- GUO, Q.; CUI, S.W.; WANG, Q.; GOFF, H.D.; SMITH, A. Microstructure and rheological properties of psyllium polysaccharide gel. **Food Hydrocolloids**, v.23, p.1542–1547, 2009. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2008.10.012.
- GUO, Q.; CUI, S.W.; WANG, Q.; YOUNG, J.C. Fractionation and physicochemical

- characterization of psyllium gum. **Carbohydrate Polymers**, v.73, p.35–43, 2008. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2010.09.027.
- HECK, R.T.; VENDRUSCOLO, R.G.; ARAÚJO, M.E.; CICHOSKI, A.J.; MENEZES, C.R.; BARIN, J.S.; LORENZO, J.M.; WAGNER, R.; CAMPAGNOL, P.C.B. Is it possible to produce a low-fat burger with a healthy n – 6/n – 3 PUFA ratio without affecting the technological and sensory properties? **Meat Science**, v.130, p.16–25, 2017. DOI: 10.1016/j.meatsci.2017.03.010.
- HOCQUETTE, J.F.; LEGRAND, I.; JURIE, C.; PETHICK, D.W.; MICOL, D. Perception in France of the Australian system for the prediction of beef quality (Meat Standards Australia) with perspectives for the European beef sector. **Animal Production Science**, v.51, p.30–36, 2011. DOI: 10.1071/AN1004510.1016.
- JIMÉNEZ-COLMENERO, F.; COLMENERO, F.J. Technologies for developing low-fat meat products. **Trends in food science & technology**, v.7, p.41–48, 1996. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0924-2244\(96\)81327-6](http://dx.doi.org/10.1016/0924-2244(96)81327-6).
- KANG, K.-M.; LEE, D.B.; KIM, H.-Y. Industrial research and development on the production process and quality of cultured meat hold significant value: a review. **Food Science of Animal Resources**, 2024. DOI: 10.5851/kosfa.2024.e20.
- KRYSZYJAN, M.; KHACHATRYAN, G.; CIESIELSKI, W.; BUKSA, K.; SIKORA, M. Preparation and characteristics of mechanical and functional properties of starch/*Plantago psyllium* seeds mucilage films. **Starch-Stärke**, v.69, p.1700014, 2017.
- MATOS, A.M.; DUARTE, V.; TAGIARIOLLI, M.A.; BONIN, E.; VITAL, A.C.P.; GUERRERO, A.; PRADO, R.M.; COSTA E SILVA, L.F.; ÁVILA, V.D.; CARVALHO, V.M.; PRADO, I.N. Meat acceptability of crossbred bulls fed a high-grain feedlot diet with antimicrobial compounds and a blend of organic trace minerals and yeast. **Animal Production Science**, v.63, p.85–95, 2023. DOI: 10.1071/AN22092.
- MATSUSHITA, M.; JÚNIOR, A.C.M.; GOMA, E.A.; MACEDO, F.A.F.; VISENTAINER, J. V.; SOUZA, N.E. Influence of slaughter weight on the proximate composition and fatty acid profile of feedlot-fattened lamb meat. **Acta Scientiarum.Technology**, v.32, p.315–318, 2010. DOI: 10.4025/actascitechnol.v32i3.4769.
- MOREIRA JÚNIOR, R.C.S. **Análise das preferências do consumidor de hambúrguer gourmet**. 2016. 40 p.p. Universidade Federal da Paraíba.
- MOTTIN, C.; EIRAS, C.E.; CHEFER, D.M.; BARCELOS, V.C.; RAMOS, T.R.; PRADO, I.N. Influencing factors of consumer willingness to buy cattle meat: An analysis of survey data from three Brazilian cities. **Acta Scientiarum.Animal Sciences**, v.41, 2019. DOI: 10.4025/actascianimsci.v41i1.43871.
- NASCIMENTO, K.F.; PINTO, L.A.M.; MONTESCHIO, J.O.; SILVEIRA, R.; VITAL, A.C.P.; GUERRERO, A.; MADRONA, G.S.; PRADO, I.N. Active alginate-based edible coating containing cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) and marjoram (*Origanum majorana* L.) essential oils on quality of Wagyu hamburgers. **Research, Society and Development**, v.9, p.e2459108429, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i10.8429.
- NASCIMENTO, L.S.; GUERRERO, A.; CARDOSO, M.A.P.; SILVA, C.I.; PENHA, G.P.; VITAL, A.C.P.; AZÊVEDO, J.A.G.; ONGARATTO, G.C.; PRADO, I.N. Substituição parcial de cloreto de sódio pelo cloreto de potássio e inclusão de óleos de orégano

- e tomilho na aceitabilidade pelos consumidores de hambúrgueres bovinos. **PUBVET**, v.17, p.e1445, 2023. DOI: 10.31533/pubvet.v17n9e1445.
- OLIVEIRA, F.M.; OLIVEIRA, R.M.; BUCHWEITZ, L.T.G.; PEREIRA, J.R.; HACKBART, H.C.S.; NALÉRIO, É.S.; BORGES, C.D.; ZAMBIAZI, R.C. Encapsulation of olive leaf extract (*Olea europaea* L.) in gelatin/tragacanth gum by complex coacervation for application in sheep meat hamburger. **Food Control**, v.131, p.108426, 2022. DOI: 10.1016/j.foodcont.2021.108426.
- PASSETTI, R.A.C.; MACEDO, F.A.F.; SANTOS, G.R.A.; BONIN, E.; VITAL, A.C.P.; RAMOS, T.R.; PASSETTI, L.C.G.; ORNAGHI, M.G.; COSTA, I.C.A.; PRADO, I.N. Sensorial, color, lipid oxidation, and visual acceptability of dry-aged beef from young bulls with different fat thickness. **Animal Science Journal**, v.91, p.1–10, 2020. DOI: 10.1111/asj.13498.
- PATEL, M.K.; TANNA, B.; GUPTA, H.; MISHRA, A.; JHA, B. Physicochemical, scavenging and anti-proliferative analyses of polysaccharides extracted from psyllium (*Plantago ovata* Forssk) husk and seeds. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.133, p.190–201, 2019. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.04.062.
- PATEL, M.K.; TANNA, B.; MISHRA, A.; JHA, B. Physicochemical characterization, antioxidant and anti-proliferative activities of a polysaccharide extracted from psyllium (*P. ovata*) leaves. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.118, p.976–987, 2018. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2018.06.139.
- PATINHO, I.; SELANI, M.M.; SALDAÑA, E.; BORTOLUZZI, A.C.T.; RIOS-MERA, J.D.; SILVA, C.M.; KUSHIDA, M.M.; CONTRERAS-CASTILLO, C.J. *Agaricus bisporus* mushroom as partial fat replacer improves the sensory quality maintaining the instrumental characteristics of beef burger. **Meat Science**, v.172, 2021. DOI: 10.1016/j.meatsci.2020.108307.
- PETHICK, D.W.; BALL, A.J.; BANKS, R.G.; HOCQUETTE, J.F. Current and future issues facing red meat quality in a competitive market and how to manage continuous improvement. **Animal Production Science**, v.51, p.13–18, 2011. DOI: 10.1071/AN10041 10.1038/nrg2575.
- RAMOS, T.R.; VITAL, A.C.P.; MOTTIN, C.; TORRECILHAS, J.A.; VALERO, M. V.; GUERRERO, A.; KEMPINSKI, E.M.B.C.; PRADO, I.N. Sodium reduction by hyposodic salt on quality and chemical composition of hamburgers. **Acta Scientiarum. Technology**, v.42, p.1–8, 2020. DOI: 10.4025/actascitechnol.v42i1.47690.
- RIVAROLI, D.C.; GUERRERO, A.; VALERO, M. V.; ZAWADZKI, F.; EIRAS, C.E.; CAMPO, M.M.; SAÑUDO, C.; JORGE, A.M.; PRADO, I.N. Effect of essential oils on meat and fat qualities of crossbred young bulls finished in feedlots. **Meat Science**, v.121, p.278–284, 2016. DOI: 10.1016/j.meatsci.2016.06.017.
- SALDAÑA, E.; SILDARRIAGA, L.; CABRERA, J.; BEHRENS, J.H.; SELANI, M.M.; RIOS-MERA, J.; CONTRERAS-CASTILLO, C.J. Descriptive and hedonic sensory perception of Brazilian consumers for smoked bacon. **Meat Science**, v.147, p.60–69, 2019. DOI: 10.1016/j.meatsci.2018.08.023.
- SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A.; NETO, R.C.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. Campinas, Brazil: Varela, 2007. v.1 56p.

- SILVA, R.R.; PRADO, I.N.; SILVA, F.F.; ROTTA, P.P.; RODRIGUES, L.B.O.; PRADO, R.M.; MESQUITA, B.M.A.C.; ALBA, H.D.R.; CARVALHO, G.G.P. Fatty acid profile and chemical composition of meat from Nellore steers finished on pasture with different amounts of supplementation. **Canadian Journal of Animal Science**, v.101, p.558–566, 2021. DOI: 10.1139/cjas-2020-0099.
- SOLTANIZADEH, N.; KADIVAR, M.; KERAMAT, J.; FAZILATI, M. Comparison of fresh beef and camel meat proteolysis during cold storage. **Meat Science**, v.80, p.892–895, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.04.007>.
- VESSONI, N.G.; PIAIA, A.F.; BERNARDI, D.M. Pesquisa de consumo de carne bovina, produtos cárneos, hambúrguer e alimentos funcionais. **Journal of Health**, v.1, p.26, 2019. DOI: 10.35984/fjh.v1i4.88.
- VITAL, A.C.P.; GUERRERO, A.; KEMPINSKI, E.M.B.C.; MONTESCHIO, J.O.; SARY, C.; RAMOS, T.R.; CAMPO, M.M.; PRADO, I.N. Consumer profile and acceptability of cooked beef steaks with edible and active coating containing oregano and rosemary essential oils. **Meat Science**, v.143, p.153–158, 2018. DOI: 10.1016/j.meatsci.2018.04.035.
- WEBB, E.C.; O'NEILL, H.A. The animal fat paradox and meat quality. **Meat Science**, v.80, p.28–36, 2008.
- WU, J.-H.; CHANG, Y.-K.; HOU, Y.-C.; CHIU, W.-J.; CHEN, J.-R.; CHEN, S.-T.; WU, C.-C.; CHANG, Y.-J.; CHANG, Y.-J. Meat-fat dietary pattern may increase the risk of breast cancer—A case-control study in Taiwan. **Tzu Chi Medical Journal**, v.25, p.233–238, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tcmj.2013.09.003>.
- YU, L.; YAKUBOV, G.E.; ZENG, W.; XING, X.; STENSON, J.; BULONE, V.; STOKES, J.R. Multi-layer mucilage of *Plantago ovata* seeds: Rheological differences arise from variations in arabinoxylan side chains. **Carbohydrate Polymers**, v.165, p.132–141, 2017. DOI: 10.1016/j.carbpol.2017.02.038.

CONCLUSÃO GERAL

A mucilagem obtida do psyllium já é conhecida como suplemento nutricional devido sua uma boa fonte de fibra solúvel e insolúvel. Este gel é reconhecido por suas propriedades nutricionais por sua capacidade de formar polissacarídeos naturais e usado na culinária. O psyllium, também tem função funcional em alimentos devido às suas fortes propriedades hidrofílicas e gelificantes, estabilizando o poder de suspensão e emulsificante. Os derivados alimentares foram descritos e produzem alimentos com baixas calorias e menos gordura. como substituto do glúten e gorduras.

A partir dos resultados obtidos a substituição da gordura animal pela mucilagem de psyllium na preparação de hambúrgueres de carne bovina reduziu os valores de proteínas totais e lipídeos e aumentou os valores de umidade e cinzas. Os hambúrgueres tornaram mais escuros (valores L^* e a^*) e contribuíram para a redução da oxidação lipídica. Além disso, a estrutura geral dos hambúrgueres foi semelhante, podendo ser utilizada como substituto de gordura, melhorando os parâmetros de qualidade dos hambúrgueres.

Desta forma, o uso da mucilagem de psyllium adicionado em derivados da carne como, por exemplo, os hambúrgueres seria uma alternativa viável para as indústrias reduzirem o teor de gorduras e aumentar a fibra digestível destes produtos.